



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu / 5th Engineers of Future International Student Symposium (EFIS)

EFIS 2021 PROCEEDINGS BOOK

ISBN NUMBER: 978-605-9678-27-8

Arş. Gör. Dr. Engin KOCAMAN

Editörler

Arş. Gör Semih ENGÜN

CONTENTS / İÇİNDEKİLER TABLOSU

<u>Bildiri Başlığı</u>	<u>Sayfa No</u>
Spatial Data Services Via Mobile Phone: Case Studyseismicity Data Service	1
Nevşehir İli Sifir Atık Çalışmaları	11
Fotovoltaik Güneş Paneli Tarafından Üretilen Elektrik Enerjisinin Hazneli Pompaj Depolamalı Yöntem ile Potansiyel Enerji Olarak Depolanması ve Dinamik İnverter Sisteminin Hibrit Olarak Modellenmesi	18
Farklı Makine Öğrenimi Yöntemleri İle Covid-19 Hastalığı Belirtileri Üzerinden Tahmin Analizi	26
Konut Fiyatlarının Makine Öğrenmesi Yolu İle Tahmin Edilmesi: Eskişehir Örneği	32
Covid19'la Mücadelede Yüz Maskesi Kullanımının Görüntü İşleme Teknikleriyle Kontrol Edilmesi	37
Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçiminde Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı	44
Elektriksel Aydınlatmanın Görsel Ergonomi Üzerindeki Etkisi	52
Kuyu Temellerde Zemin Sınıfı Değişikliğinin Tasarım Boyutlarına Etkisi	60
Pelemir Bitkisi Tohum Yağının Çevreci Yakıt Biyodizelin Üretiminde Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin Analizlerle Belirlenmesi	68
Biyokütleden Yakıt: Biyodizel	76
Characteristics of Molecular Weight Distribution of Natural Organic Matter and Trihalomethane Formation Properties in Conventional Drinking Water Treatment Processes	84
Korelasyonsuz Gözlemlerin Robust Kestirim Yöntemleri ve Serbest Ağ Yöntemi ile Dengelenmesinin Karşılaştırılması	91
Tarima Yönelik Android İşletim Sistemi Temelli Otomatik Sulama Sistemi	99
Error Performance Comparisons for Physical Layer Techniques Over Different Codes	105
Derin Temel İmalatı Ve Sayısal Model Analizi	113
Derin Kazi Destekleme Sistemi Tasarımına Ait Vaka Analizi Değerlendirmesi	122
Gnss Ağlarındaki Uyuşumsuz Ölçülerin Farklı Robust Kestirim Yöntemleri Ve Serbest Ağ Yöntemi İle Belirlenmesi	129
Altı Sigma Uygulamaları	137
Secure Cooperative Spectrum Sensing In Cognitive Radio Networks	145

Java Kodlari İçin Otomatik Kod Yorum Satiri Üretme Araci	153
Kötü Amaçlı Yazılım Tespiti İçin Makine Öğrenme Yöntemlerinin İncelenmesi Ve Hibrit Model Önerisi	162
Karayolu Projelerinde Yapılan Kübaj Hesaplarında Farklı Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılması	168
Bir Doğru Akım Servo Motorun Model Öngörülü Kontrolör, Lineer Kuadratik Regülatör ve Lyapunov Tabanlı Geri Beslemeli Kontrolör ile Tork ve Açık Değişiminin Karşılaştırılması	176
Baret Takan İşçilerin Derin Öğrenme Ve Görüntü İşleme Yöntemleri ile Tespiti	184
Betonarme Konsol İstinat Duvarı Tasarımı	193
Pamuklu Polo Tişört Üretimi Aşamalarının Çevresel Etkilerinin Farklı Enerji Tüketimleri Bazında Değerlendirilmesi	201
Türkiye'de Hidrojen Enerjisi Ve Geleceği	209
Örnek Bir Tesiste Biyodizel Üretim Prosesi	216
NOAA-CPC Uydu Yağış Ürününün Muğla İli Ve Çevresinde Değerlendirilmesi	221
Some Quality Characteristics and Sensorial Properties of Gluten-Free Cookies Made of Chestnut, Almond, and Coconut Flour Blends	230
Yeraltı Maden İşyerlerindeki Kazaların Açık Kaynak Kodlu CBS ile Zamansal Mekansal Analizi: TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Örneği	239
Classification of Blood Cell Images with Deep Convolutional Neural Network	247
Konsolidasyonlu-Drenajlı Deneyden Elde Edilen Kayma Parametrelerinin Atterberg Limitleriyle İlişkisinin İncelenmesi	255
Elektromanyetik Spektrumun Tarım Teknolojilerinde Kullanımı	263
Zonguldak İli Alaplı İlçesi İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Özelliklerinin İncelenmesi	271
3D Printer ile Redüktör İmalatı	279
Karayolu Şevlerinin Limit Denge ve Sonlu Elemanlar Yöntemleri Kullanılarak Stabilite Analizi	286
Production and Characterization of In-Situ SiC-B4C Composite with Low Residual Carbon From Undesired Carbon-Rich B4C	296
Karadeniz'deki Mikroplastik Kirliliği	304
Türkiye'nin Kadastro 2014 Vizyonu Performansının Analizi	311
Kampüslerde Yaşam Kalitesi: Kocaeli Üniversitesi Örneği	321
Panel Veri Modelleri İle OECD Ülkeleri Arasında Covid-19 Vaka Sayısını Etkileyen Kısıtlayıcı Faktörlerin Analizi	329

Modifiye Edilmiş Grafen Oksit ve Çeşitli Katkı Malzemeler ile Epoksi Esaslı Polimer Kompozit Kaplamanın Üretimi	339
Alın Levhali Bulonlu Kiriş Kolon Birleşim Bölgesinin Eurocode 3 Yönetmeliğine Göre Moment Dönme İlişkisinin Belirlenmesi	347
Htea Ve Bulanık Promethee İle Bir İnşaat Şirketindeki İş Kazalarının Risk Analizi	355
Üniversite Öğrencilerinin Ortak Proje Gerçekleştirmeleri İçin İş Birliği Uygulaması	364
Perakende Sektöründe Gıda Atıklarının Yönetimi	372
Deprem Sualti Fiziksel Yüzeyine Etkisinin İncelenmesi: Sığacık Limanı Örneği	380
Hasarlı Bir Pervanenin CAD Modelinin, Optik Tarama ve Tersine Mühendislik Metotları ile Oluşturulması	386
QR Kod ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Beraber Kullanıldığı Bir İnovasyon Çalışması: Balık Marketlerde Kullanımı	394
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Hidrolojik Modelleme	401
Tarımsal Ürün İzlemede Uydu Görüntüsü Seçim Kriterlerinin İrdelenmesi	407
Sokak Aydınlatma Sistemlerinde Güç Tüketiminin Akıllı Sistemler ile Optimize Edilmesi	413
Sustainable Buildings And Example Applications	420
Sustainability and Its Applications in the Automotive Industry	428
Covid-19 Kısıtlamalarında Hava Kalitesinin Değişimi	434
Determination of Sustainable Waste Management Strategies in Smart Cities Using Fuzzy Multi Criteria Decision Making Approach	442
Cantor Fraktal Dizimli Alçıpan-Hava Akustik Yüzey Tasarımı	448
Thue-Morse ve Lucky Serileri ile Karma Metaldielektrik Optik Filtre Tasarımı	455
Hadfield Çeliği Esaslı Örtülü Elektrot Üretimi ve Yüzey Alaşımlama İşlemine Çeşitli Katkıların Etkisi	462
Zonguldak – Devrek – Adatepe Yöresi Sülfür Tipi Metalik Cevherleşmelerin Jeokimyasal İncelenmesi	470
17-4 PH Çeliğinin Laser Biriktirme Yöntemi ile Üretiminde Lazer Gücünün Etkisinin İncelenmesi	478
Linyit Kömür Sahası İçin Sürdürülebilir Enerji ve Karbon Depolama Potansiyelinin İncelenmesi	487
Geleceğin Tarımsal Üretim Modeli: Kent Tarımı Yaklaşımı	495
Kalın Kesitli Porselen Karoların Sinterleme Süresinin Düşürülmesi ve Enerji Etkin Üretimi	503

Algae as Dyestuff and Its Environmental Benefits	512
RF Enerji Hasatlama İçin Doğrultucu Anten Tasarımı ve Analizi	516
Akıllı Fabrikalardaki Bakım, Onarım ve Mühendislik Eğitime Katkı Sağlamak Amacıyla Android Tabanlı Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamasının Geliştirilmesi	525
Fitoremediasyon Teknolojisi	533
Çoklu-Robot Koordinasyonu Yöntemiyle Deprem Göçüklerinde Yaralı Konum Tespiti	543
Fe-Mo-B Esaslı Sert Dolgu Elektrotlarının Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelemesi	557
Sualti Akustiğine Bağlı Mesafe Ölçüm Simülatörü	564
Fe-Mo-Ti-B Esaslı Sert Dolgu Alaşımlarına Mn-C Etkisi	572

SEMPOZYUM ONURSAL BAŞKANI (

Prof. Dr. Mustafa ÇUFALI (ZBEÜ Rektörü)

SEMPOZYUM BAŞKANI (

Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER (ZBEÜ-Mühendislik Fakültesi Dekanı)

DÜZENLEME KURULU (ORGANIZATION COMMITTEE)

- Dr. Öğr. Üyesi Berna AKSOY (Düzenleme Kurulu Başkanı)
- Arş. Gör. Dr. Engin KOCAMAN
- Arş. Gör. Volkan AKGÜL
- Arş. Gör. Muhammet KARABULUT
- Arş. Gör. Semih ENGÜN
- Elif ERKAN
- İlayda İrem MUMCU
- Çağla Aytaç DURSUN
- Rahmah ALHARBİ
- Tuğba KAN
- Gülsüm Ezgi ÖZ
- Metin Berk YONTAR

BİLİM KURULU (SCIENTIFIC COMMITTEE)

Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER	Dekan (Dean of Engineering Faculty), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Şaduman ŞEN	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Kaizmierz BECEK	Geomatics Engineering, Wrocław University of Science and Technology, Poland
Prof. Dr. Ayten GENÇ	Çevre MÜhendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Uğur ŞEN	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Yılmaz YILDIRIM	Çevre MÜhendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hamit AYDIN	Maden Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN	Maden Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Emrah DOĞAN	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Servet KARASU	İnşaat Mühendisliği, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Melih GENİŞ	Maden Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet YETMEZ	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Hamdi ÖZYİĞİT	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ	İnşaat Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hüseyin TOPAN	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Süreyya ALTIN	Çevre Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Rahime Seda TIĞLI AYDIN	Biyomedikal Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hale SÜTCÜ	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Adnan TOPUZ	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Bülent EKMEKÇİ	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Şinasi KAYA	Geomatik Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mrutyunjay PANIGRAHĪ	Materials and Metallurgical Engineering, Indus University, India
Assoc. Prof. Dr. Weibing DU	School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, China
Doç. Dr. Saygın ABDİKAN	Geomatik Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Kadir ÖZDEMİR	Çevre Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Rifat HACIOĞLU	Elektrik Elektronik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Okan ERKAYMAZ	Bilgisayar Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Mahmut ŞEKER	Gıda Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Jan BLACHOWSKI	Geodesy and Geoinformatics Department, Wrocław University of Science and Technology, Poland
Doç. Dr. Okan SU	Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Zonguldak Meslek Yüksek Okulu, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR	İnşaat Mühendisliği, Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER	İnşaat Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ	Geomatik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Serkan DIŞLITAŞ	Bilgisayar Mühendisliği, Hitit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Rukiye UZUN ARSLAN	Elektrik Elektronik Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Beytullah ERDOĞAN	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Oğuz KOÇAR	Makina Mühendisliği, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
Dr.Öğr. Üyesi Hakan ÖZTÜRK	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Necati MERT	İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

PROCEEDINGS / BİLDİRİLER



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**SPATIAL DATA SERVICES VIA MOBILE PHONE: CASE STUDY-
SEISMICITY DATA SERVICE**

Abdul Matin MURADZADA¹

¹Department of Geomatics Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit University, Turkey

muradzadamatin@yahoo.com Tel.: +1-519-731-2743

ABSTRACT

This case study addresses the problem of spatial data service for users by utilizing Android smartphone. The data comes from geoinformation system (GeoJSON) which includes the information of different locations. In this research, we target the seismicity data for experiments by developing an android application to service the spatial data. Firebase cloud database is utilized with the android studio development platform that provides the online data service for consumers. Proposed solution for Android application includes unique features like, to show the selected location's latitude and longitude with its name for better data presentation. Besides, the user can get the distance in kilo meters (KM) from current location to chosen location on the applications' map that makes it more significant. On the other hand, various types of information including the name of the location, current time and data, magnitude, alert, type etc. of selected location are displayed on the output of developed smartphone application. In addition, it is a location-based service application which takes the data from server and shows to the users with more efficient way. Finally, this implemented application is very useful for the consumers to service the spatial data by using smartphone and as well as for the various organizations to interpret the seismicity data for clearer insights.

Keywords: Spatial data, geoJSON, seismicity, android, firebase.

1. INTRODUCTION

The introduction of the seismicity case study is being described here for getting the familiarization with the system. The background of the project including the introduction of android operating system is going to be described here. In the past, various research has been conducted for spatial data analysis which are also being considered here to find the gap and proposed a solution for them. A detailed introduction of the project is describing in the below subsections.

1.1 Background

Smartphone devices growth is a very significant trend in this era of modern word technology. There is huge number of users of smartphone due to the applications for their entertainment, education, sports, and many more etc. The usage of cellular users across the world already exceeds 3 billion and in the very next many years it is expected to continue to rise from many hundred million [1]. China, USA, and India have the largest number of mobile users and that each nation quickly reaches 0.1 billion. Smartphones are mostly used at a certain time for information sharing, enabling telephony and Text message delivery. At some point in time, the two patterns begin to converge. Most people take this period 2007, the launch of the very first iPhone, even though they produced a first mobile in the 1990s. Therefore, a new paradigm has arisen that has begun to evolve very rapidly, primarily among companies like Apple and Samsung caused by heavy rivalry. Over period, smartphones started pushing devices like Audio, Web, and photos from marketplace.

1.2 Android OS (Operating System)

Android- based platform that Google had established for smartphones and some other handheld devices like tablets. It will work on a variety of different apps from a bunch of different vendors. App offers SDK (software development) which lets you compose source code and install configuration files for develop applications for Android consumers [2]. Android frequently offers a marketplace for the sale of content. Everything together, Android is an environment for smartphone applications. It is a world's most prevalent smartphone app, Android powered tens of millions of smart phones in much more over 190 countries worldwide. It also has the highest user base of any smartphone network and is rising high. Each day, millions of people fuel their Android smartphones for its first time and trying to search for software, sports, and other interactive material.

Android offers a responsive user experience (UE) to communicate with smartphones. Android UI (user interface) is primarily focused on the direct exploitation. Users use touch screen such as brushing, clicking, and rubbing to control on-screen items. In contrast to a keyboard use, there is indeed a personalized text response keypad on screen. Android will also accommodate gaming controls for USB-connected keyboards.

1.3 Overview of case study

There is very important android application on mobile phones is Google maps that assists to find the location of the various places with respect to current location of the user [4]. In past, various researchers proposed the solutions for developing the mapping application for smartphone by using the Google map. A very important study is proposed the solution for mobile devices by implementing the mapping android application to collaborate with

web-based systems for improving the performance of the system[5]. Moreover, location-based services (LBS) android applications are also very significant for user to search the various places on the basic of their interest. To find the location of rental boarding house on google map is performed by using android operating system [6]. The finding of this study is very helpful for user to find required location and it also very beneficial for property owners to promote their boarding houses.

In a recent research, a system is built for public transport for backing a smart city in Indonesia based on traveling status by a Tracer App [7]. This system is very helpful to avoid the traffic violation in smart city by analyzing the passengers traveling status through vehicle sensors, mobile application and the server which holds the data for analyzing. This solution provides the more insights about the JSON data which is traveling between the devices. Moreover, this research also helpful to minimize the people violation during traveling.

To seeing the above studies, we purposed a solution for spatial data service via smartphones. This data come from Google maps GeoJSON that is very important and consist of huge data. The aim of this case study is to take the data from firebase server and served to the users for better and optimized solution. For this case study, seismicity data service is considered from firebase server which is very useful to find the seismicity locations through smartphones. An android mobile application is being developed that shows the seismicity information on the smartphone with respect to the user's current location including its longitude, latitude, magnitude, current date, and time etc. The objective of this study is to service the JSON data from GeoJSON on Google maps for users and shows the seismicity affected locations with respect to the current location of the users.

1.4 Purpose of case-study

Conventionally, owing to the high expense of landscape retrieval, real world spatial knowledge is acquired for use in a spatial data through technologies such as the computerization or processing of maps on papers. Such maps represent simply rigid abstractions including its physical realm at a given moment. The aim of such maps was to build a real prototype from cartographic context, which is mostly for metric usage and analyzing. In other terms, the map steps would accurately reflect the ones which would be done if the analyzes were conducted out on map area directly.

The main goal of this project is to service the spatial data for users particularly the seismicity data. We will service the data by using an android application on mobile phone. It is very difficult to manually handle this big data, so we purposed a solution to perform the data service for the users. This application is very useful to show all the places that undercomes on seismicity data and provide all the necessary information regarding the places. Moreover, Google maps are very helpful so that is why we show the information of places using them that is more effective and reliable to shows the location of places.

1.5 Objective of case-study

There are some very important objectives of this study which will be fulfil by our mapping application for android users. It is very necessary to fulfil the objective while building the solution for the seismicity locations presentations on smartphones. Some of the significant objectives are listed below:

- To service the spatial data via smartphones for users
- To demonstrate the seismicity data on the Google map with country name

- To display the distance (KM) of the seismicity from current location
- To show the longitude and latitude of the effected location
- To provide a functional application that runs on android smartphones
- To find the functional and nonfunctional requirements of the application
- To deliver a detailed literature review in geo spatial using mobile applications
- To make a robust android application by using the GeoJson data for seismicity

1.6 Problem Statement

Spatial data service is very helpful and useful technique to service data for users. There is a need to tackle the data through a proper technique. So, we purposed a solution for GeoJSON data by utilizing the seismicity data for user. Moreover, there is a need to develop an application that used to show the locations which have seismicity data information from user's current location. We are being proposed a solution for this problem and proposed the application for most popular android operating system. Our application will being utilize the GeoJSON data on Google maps to show the seismicity data location.

2. EXPERIMENTAL METHOD

2.1 Overview

This subsection contains the details of all methodology that are being followed throughout the study. There are some tools that are utilized for developing the mobile mapping application with more efficiently. Moreover, there are some important requirements that are also considered to while implementing the solution for application. There are some editors and supporting software which are also discussed in this section to make more understanding about the system.

2.2 Architecture diagram of Application

Here, we presented the application architecture diagram to describe its skeleton. This diagram is showing how to get the GeoJSON data is acquired using their API and then select the Seismicity database. The spatial database presentation is also shown on Android application using the API for accessing the data. Figure 3

2.3 Use-case diagram

See figure 1

2.4 Class diagram

See figure 2

2.5 Tools for Application

In development phase a few software and hardware tools are utilized to build the application. These are very important and have much significance for our building the solution in development phase. These are listed below:

2.5.1 Hardware

- a. Dell latitude F6330 laptop with Windows 10 OS specifications
Education64-bit: Intel® Pentium® Processor CPU B964 @ 2.32GHz (4 CPUs),
~ 2.2 GHz; Memory 819922MB RAM.

- b. Tablet Mypad with Android Version 5.0.5-lollipop; Processor Octa Core 1.9GHz, 20124MB RAM Memory, Dual SIM, G Sensor, GPS satellite.
- c. Samsung J6 smartphone with Android Version 7.1.2-Jelly Bean specifications. 2GHz double Core Processor, 22048 MB RAM Memory, G Sensor, GPS satellite.

2.5.2 Software

- a. ADT Bundle
- c. Java 9 Update 12
- d. Sublime
- e. MS word 2019

2.6 Implementation phase

Here, the implantations details are shown.

2.6.1 Application Requirements

The application requirements to make the mobile mapping system are being established here and must be capable to show the earthquake information of various location on the Google map. The GeoJSON data is utilized for this purpose. There are some specific requirements that are listed below:

- a. Shows a data of seismicity locations on Google Map.
- b. Input data is GeoJSON data by Google.
- c. Exhibits the stored database.
- d. Displays the locations of seismicity data from user current location
- e. Importing the GeoJSON database.
- f. Editing gathered dataset.
- g. Share locations of seismicity

2.6.2 Design of application

This phase is utilized to transform the above mentioned requirements into illustration with software before coding starts.

- a. Google Map API is integrated with application for android programming. There is a need of API key before collaboration with API that is obtained by using command prompt for generation of API key.
- b. Firebase database is utilized for importing the dataset for android platform. It is the most famous and effective platform to import the database for out project.

2.6.3 Coding and run environment of application

The coding of the application is performed on Eclipse editor by using the java programming. For android application SDK is considered and ADT is utilized for plugin. Moreover, the android project is run directly on device because android emulator did not support the Google map API execution with it.

2.7 Implementation of Application

The android application for data spatial is displayed the various results when the user run it. These display results are discussed here in this section along with its detailed overview. Different sub sections are being discussed here

including the output of the implemented solution screen shots for more precise understanding. The implementation phase output is shown here to get the idea of the employed solution. The icon of android application, seismicity data presentation on map and seismicity location information is being discussed here.

2.8 Icon of Application

The android application icon name is 'data presentation' that is shown below in figure 11 for clearer interpretation on the consumers smartphone. The name of application is very compulsory for recognizing it on the handset. The icon of the application is also very necessary for the end users. To fulfil this need, we set its name for the consumers to make it more clear.



Figure 3: Seismicity spatial data application Icon

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this section, a detailed overview of the results is being presented for the android application on seismicity data. Each subsection is being described the output of the application including its output for each phase.

3.1 Data selection and presentation for Application

The data selection and presentation from firebase server is being discussed here to get the knowledge about it with more precisely. A detailed overview of the firebase server will be discussed here. Data presentation, selection and

other steps are being discussed here for getting the familiarization about the deployment phase. Moreover, different steps of each phase also being considered here.

3.1.1 Overview of data from firebase server

In the beginning, the overview of the data firebase server is shown here. All types of the data are shown here. Consumers can select any type of data which fulfil their needs. In this analysis we only consider the earthquake data for building an android application solution for spatial data analysis. The following Figure 6 is showing the firebase server You can see the different selection of the data here and we only target the earthquake data.

3.2 Real time database from firebase server

We used the firebase server JSON data in our experiments for data spatial on mobile phones. We select the GeoJSON data of Seismicity for specific region (North America). We can import any data from the server but for this case-study we only consider the Seismicity data for presentation with android smartphone. In below figure 8 we can easily see that how we can import/export the json data from firebase server in real time. Firebase server is very helpful and easy to use for developing the different mobile application that needs a database for their application. Moreover, it has many advantages for developer because it provides the data in JSON format which is very feasible for them to develop any type of application. In addition, real time databases also got much significance due to the fast and reliable data transfer with less time and more efficient way for real life case-studies. So, we utilized the firebase server for real time database for our android smartphone application for better and accurate results.

3.3 Download Seismicity GeoJson Dataset

The Seismicity dataset is downloaded in different from like CSV, ATOM and KML etc. It depends on the needs of the users. We are going to build the application for the android operating, so for this purpose GeoJSON format is compulsory that is shown in figure 9. Other formats of the data are not feasible for the developers to build the solution for smartphone because they did not recommend this approach. Usually, developers used the GeoJSON format for implementing the solution for mobile application. GeoJSON format is very popular for building the solution for mobile application because it is easy to embed the data within application. In addition, there are other advantages of this format like easy to handle, maximum accuracy, more efficient and very useful to get the optimized solution for the give problem. Besides, developers used only this format for building the application for android operating system due to its easy handling on the backend of the application.

4. CONCLUSIONS

The conclusion of the application of seismicity case study is being shown here by showing it outcome of the implemented solution. Moreover, the future work is also being described here to get the idea of future improvements in the implemented solutions. Besides, the future work is also very helpful for other researchers to get the idea of making application in other domains which increase it significance. So, these both subsections are being discussed below:

Finally, we developed an android application for Seismicity spatial data service for mobile user by utilizing the Java android programming. The user could get the results of various Seismicity locations through his smartphone. This application shows the total distance of all target locations with respect to his current location for better experience. Some of the important features in application that includes the target location latitude and longitude information as well. Moreover, this application also very helpful to get the idea of the data which we are using currently. In this case-study we utilized the Seismicity data that is also shown by application when we select the target location information on map by utilizing the android application. Moreover, our methodology and implantation section include all the deep details regarding to the proposed and implemented solution for android application. At the end, this application is very useful for android smart phone user and other companies to get the Seismicity data service for their needs.

The future work is discussed below along with some important suggestions:

- We can implement this solution for other data services that are available on firebase server
- We can include the spatial data service with location base service to get the more insights
- A better UI/UX could be designed for android application for user's better experience
- In android application, more features could be included to make application more effective and useful
- A new android application could be built that have more information regarding the target location as compared to this current propose solution

REFERENCES

- 1 Weakliam, J., Wilson, D., and Bertolotto, M.: 'Personalising map feature content for mobile map users': 'Map-based Mobile Services' (Springer, 2008), pp. 125-145
- 2 <https://google-developer-training.github.io/android-developer-fundamentals-course-concepts-v2/unit-1-get-started/lesson-1-build-your-first-app/1-0-c-introduction-to-android/1-0-c-introduction-to-android.html>2020
- 3 <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- 4 Svennerberg, G.: 'Beginning Google Maps API 3' (Apress, 2010. 2010)
- 5 Kolesnikov, A., Kikin, P.M.J.I.A.o.t.P., Remote Sensing, and Sciences, S.I.: 'DEVELOPMENT OF MAPPING APPLICATIONS FOR MOBILE DEVICES', 2016, 41
- 6 Iqbal, M.M., Isnanto, R.R., and Kridalukmana, R.J.J.T.d.S.K.: 'Perancangan Aplikasi Mobile Location Based Service (LBS) Untuk Lokasi Penyewaan Rumah Kos di Kota Semarang Berbasis Android', 2015, 3, (2), pp. 198-206
- 7 Sumarudin, A., Suheryadi, A., Puspaningrum, A., Firmansyah, R., Yani, M., and Junfithrana, A.P.: 'The Tracer Application of Public Transportation Based on Travel Information for Supporting Smart City in Indramayu', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book The Tracer Application of Public Transportation Based on Travel Information for Supporting Smart City in Indramayu' (IEEE, 2019, edn.), pp. 1-5
- 8 Reichenbacher, T.J.J.o.G.S.: 'Adaptive concepts for a mobile cartography', 2001, 11, (1), pp. 43-53
- 9 Ling, W.: 'Adaptive concepts for mobile cartography', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Adaptive concepts for mobile cartography' (IEEE, 2011, edn.), pp. 2907-2910
- 10 Goyal, H., Sharma, C., and Joshi, N.J.I.J.o.C.A.: 'An integrated approach of GIS and spatial data Mining in big Data', 2017, 169, (11), pp. 1-6

- 11 Virrantaus, K., Markkula, J., Garmash, A., Terziyan, V., Veijalainen, J., Katanosov, A., and Tirri, H.: 'Developing GIS-supported location-based services', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Developing GIS-supported location-based services' (IEEE, 2001, edn.), pp. 66-75
- 12 Coleman, D.J., Rajabifard, A., and Kolodziej, K.W.J.I.j.o.d.e.: 'Expanding the SDI environment: comparing current spatial data infrastructure with emerging indoor location-based services', 2016, 9, (6), pp. 629-647
- 13 Lee, J.-G., and Kang, M.J.B.D.R.: 'Geospatial big data: challenges and opportunities', 2015, 2, (2), pp. 74-81
- 14 de Abreu Freire, C., and Painho, M.J.P.T.: 'Development of a mobile mapping solution for spatial data collection using open-source technologies', 2014, 16, pp. 481-490
- 15 Dao, D., Rizos, C., and Wang, J.J.G.S.: 'Location-based services: technical and business issues', 2002, 6, (3), pp. 169-178
- 16 El-Sheimy, N.: 'El-Sheimy, Naser. (2005). An Overview of Mobile Mapping Systems. ', 2005
- 17 Witayangkurn, A., Horanont, T., and Shibasaki, R.: 'Performance comparisons of spatial data processing techniques for a large scale mobile phone dataset', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Performance comparisons of spatial data processing techniques for a large scale mobile phone dataset' (2012, edn.), pp. 1-6
- 18 Gao, S., Liu, Y., Wang, Y., and Ma, X.J.T.i.G.: 'Discovering spatial interaction communities from mobile phone data', 2013, 17, (3), pp. 463-481
- 19 Trasarti, R., Olteanu-Raimond, A.-M., Nanni, M., Couronne, T., Furletti, B., Giannotti, F., Smoreda, Z., and Ziemlicki, C.J.T.P.: 'Discovering urban and country dynamics from mobile phone data with spatial correlation patterns', 2015, 39, (3-4), pp. 347-362
- 20 Louail, T., Lenormand, M., Ros, O.G.C., Picornell, M., Herranz, R., Frias-Martinez, E., Ramasco, J.J., and Barthelemy, M.J.S.r.: 'From mobile phone data to the spatial structure of cities', 2014, 4, (1), pp. 1-12
- 21 Kumar, S., Qadeer, M.A., and Gupta, A.: 'Location based services using android (LBSOID)', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Location based services using android (LBSOID)' (IEEE, 2009, edn.), pp. 1-5
- 22 Zhang, D., Chen, C., Zhou, Z., Li, B.J.I.J.o.P.R., and Intelligence, A.: 'Identifying logical location via GPS-enabled mobile phone and wearable camera', 2012, 26, (08), pp. 1260007
- 23 Huang, H., Gartner, G., Krisp, J.M., Raubal, M., and Van de Weghe, N.J.J.o.L.B.S.: 'Location based services: ongoing evolution and research agenda', 2018, 12, (2), pp. 63-93

OTHER INFORMATIONS

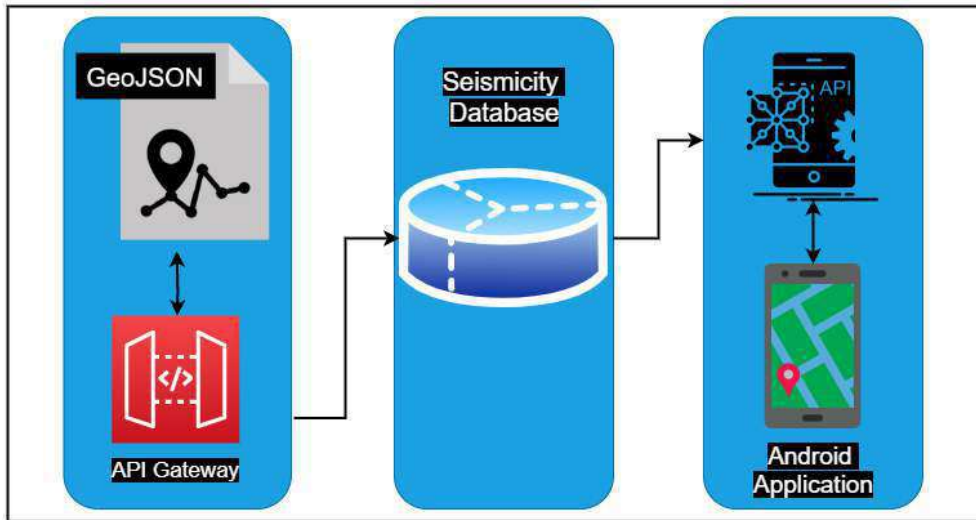


Figure 4: Application architecture diagram for Seismicity Case-study

Figure 1: Use Case diagram for Seismicity Case-study

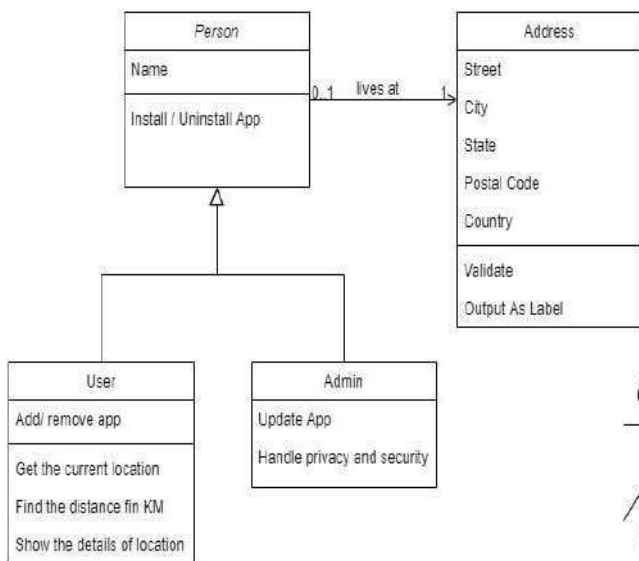
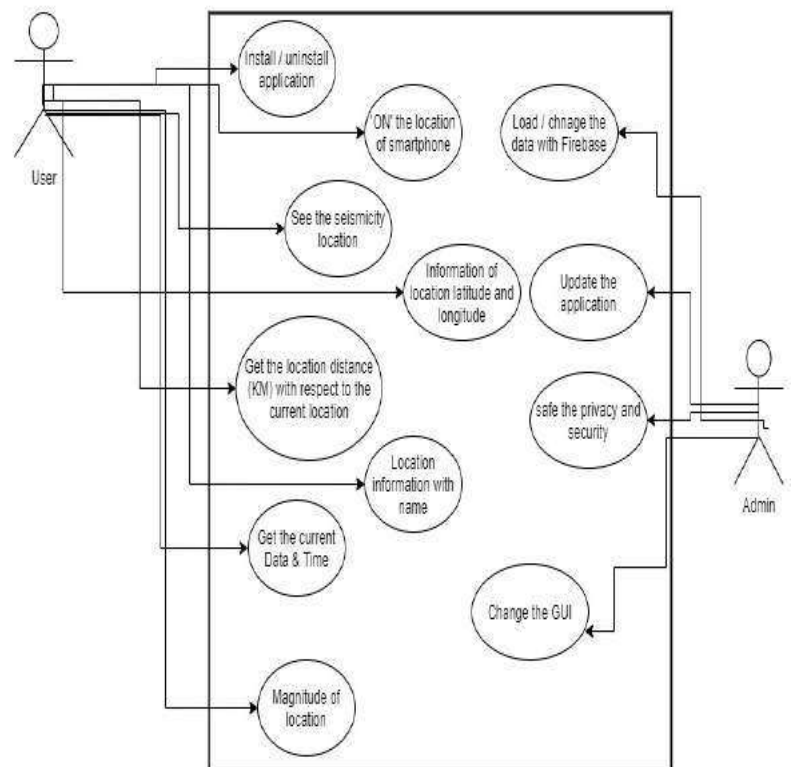


Figure 2: Class diagram for Seismicity Case-study





EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

NEVŞEHİR İLİ SIFIR ATIK ÇALIŞMALARI

Ahmad Firoz ZARİFİ^{1,*}, Yılmaz YILDIRIM²

¹Çevre Mühendisliği Bölümü (Yüksek Lisans Öğrencisi) Zonguldak Bülen Ecevit Üniversitesi, Türkiye
zarificabir@gmail.com

²Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülen Ecevit Üniversitesi, Türkiye
yilmaz.yildirim@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: zarificabir@gmail.com; Tel.: +90-531-6792899

ÖZET

Bu çalışma kapsamında Nevşehir İl merkezinde Çevre ve Şehircilik İl müdürlüğü görev, yetki ve yükümlülükleri kapsamında yürütülmekte olan Sıfır Atık proje çalışmaları konusunda gerçekleştirilen faaliyetler 2018-2021 tarihleri arasında irdelenmiştir. Sıfır atık çalışmaları kapsamında sisteme geçen belediye sayısı, atık getirme merkezi sayısı, kompost tesisi ve üretim miktarı, atık toplama kutu sayısı, geçici atık depolama sayısı, çalışan kişi sayısı ve eğitim çalışmaları bazında kayıt altına alınırken atık geri kazanım miktarları irdelenmiştir. Yapılan çalışmalarda geri kazanılan atıklar kendi aralarında oranlandığında 3 yıllık dönem için (2018-2020) en fazla geri kazanım oranı %88,01 Kâğıt-karton, %9,87 ile plastik atıkların ve %2,12 oranı ile diğer atıkların (cam, pil, bitkisel yağ, atık motor yağı ve atık elektrik ve elektronik eşyalar) geri kazanımı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıfır atık, atık yönetimi, atık geri kazanım, Nevşehir

ZERO WASTE STUDIES IN NEVŞEHİR PROVINCE

ABSTRACT

Within the scope of this study, the activities carried out on Zero Waste project studies carried out in Nevşehir Province were examined between 2018-2021. Within the scope of zero waste studies, the number of municipalities that entered the system, the number of waste collection centers, the composting facility and the amount of production, the number of waste collection boxes, the number of temporary waste storage, the number of employees and training activities were recorded, while the amount of waste recovery was examined. When the wastes recovered in the studies are proportioned among themselves, the highest recovery rate for the 3-year period (2018-2020) is 88.01% of paper-cardboard, 9.87% of plastic wastes and 2.12% other wastes (glass, batteries, vegetable oil, waste motor oil and waste electrical and electronic equipment) were recycled.

Key Words: Zero waste, waste mangement, waste recycle, Nevşehir

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyanın değişik yerlerinde olduğu gibi ülkemizde de atıkların ortaya çıkardığı çevre sorunları ve doğal kaynaklara verdiği zararların gün geçtikçe artması sonucunda atıkların, bölgenin sosyoekonomik yapısı ve nüfus yoğunluğuna göre uygun atık yönetiminin uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Atıkların, yeni teknolojilerle uygun atık yönetim sisteminin birleşimi atıkların geri dönüşümü ve geri kazanımını en faydalı hale getirmektedir.

Tüm dünyada yeni ve en uygun atık yönetim sistemi olarak kabul edilen Sıfır Atık Projesi ülkemizde de uygulanmaya başlanmıştır. Atık yönetimi ve bertarafı konusunda nihai sorumlu kurumlar belediyeler olduğundan ülkemiz genelinde yapılan çalışmalar belediyeler üzerine yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte Hastaneler gibi diğer kamu kurum ve kuruluşları ile özel şirketler temelinde yapılan bazı sıfır atık çalışmaları da bulunmaktadır. Temmuz 2019 tarihinde yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliği hem kamu kurumlarını hem de özel şirket kuruluşlarını kapsamakta olup Sıfır Atık Sistem kurulumunu zorunlu hale getirmiştir (Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019)

Türkiye genelinde Sıfır Atık projesi tanıtım toplantısı ilk olarak 26 Eylül 2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında öncelikle kamu kurum ve kuruluşları, alışveriş merkezleri, havaalanları, okullar, üniversiteler, hastaneler, toplu konutlar olmak üzere toplumun tüm kesiminin projeye dâhil edilerek takip eden yıllarda bu projenin tüm ülkede uygulanması için yola çıkılmıştır. Plastik atık, ahşap atık, metal atık, atık pil, bitkisel atık yağ, cam atık, elektronik atık, kâğıt atık, organik atık, tekstil atığı, kompozit atık ve tıbbi atık gibi 12 değişik atık türünün geri kazanım çalışması proje kapsamında ele alınmıştır.

Sıfır atık yönetimi konusundaki yönetmelik 2019 yılında yayımlanmasına ve yeni olmasına karşın bu konudaki çalışmalar 2010'lu yıllarda başlamıştır ve ilk yapılan çalışmalardan birisi ofis tipi binalardaki sıfır atık yönetimi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Er 2012). Takip eden yıllarda fazla bir hareketlilik olmazken 2018 yılından itibaren çalışmalar gittikçe artarak başta büyükşehir belediyeleri olmak üzere İlçe belediyeleri, üniversiteler ve şehir hastaneleri gibi birimlerde artarak devam etmektedir [Ulaşlı 2018, Demir 2019, Karaman 2019, Yıldırım&Altun 2020]

Atık geri dönüşümü ve yeniden kullanımı, atık yönetiminde Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifi (2008/98 / EC) tarafından dayatılan ana hedef olup 2020'den itibaren plastik, kâğıt ve karton, cam ve metallerin en az% 50'si yeniden kullanıma hazır hale getirilmeli veya geri dönüştürülmesi gerektiği belirtilmektedir. Atıklar için bütüncül yaşam döngüsü analizi önemlidir. Yapılan bir çalışmada, farklı kaynaktan ayırma yoğunlukları için, merkezi İtalya'da bulunan belirli bir kentsel bölgenin atık yönetim sisteminin bütüncül bir Yaşam döngüsü analizi gerçekleştirilmiştir ve sonuçta en iyi çevresel performans biyolojik kurutma işlemi ile katı geri kazanılmış yakıt üreten yönetim sistemi için elde edilmiştir (Di Maria ve Micala 2014).

Entegre atık yönetiminde geri kazanma sıfır atık uygulaması açısından da önemlidir. Bu amaçla kâğıt-karton, plastik, metal, kompozit maddelerin geri kazanılması, geri dönüştürülmesi ve hammadde olarak tekrar başka üretim malzemelerinde kullanılması çalışmaları önemlidir. Bu konularda yapılan bilimsel çalışmalar dünya

genelinde oldukça dikkat çekmektedir. Bu atıkların başında kullanım alanlarının oldukça geniş bir yer aldığı plastik atıklar ön sıralarda bulunmaktadır (Ragaert vd. 2017).

Yıkıntı inşaattan geri kazanılan katı ahşabın lamine ahşap ürünlere dönüştürülmesi üzerine yapılan bir araştırmada eko-verimlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada inşaattan geri kazanılan katı ahşabın yapıştırılmış lamine ahşap ürünlerine dönüştürülmesi için yeni geri dönüşüm teknolojisi geliştirilmiştir. Katı ahşabın geri dönüşümü yapıldığında yakmaya kıyasla % 29'a kadar daha düşük çevresel etkilerin olduğu ve % 32'ye kadar daha düşük maliyetlerin olduğu tespit edilmiştir (Risse vd. 2019).

Tek kullanımlık plastik atıklar günümüz atıklar arasında en fazla üretilen plastik atıkların başında gelmektedir. Tek kullanımlık plastiklerin ömrü kısadır ve bu atığın çoğu küresel gıda endüstrilerinden gelen ambalajlarla üretilmektedir. Kanada'da üreticilerin sorumluluğu kapsamında olan tek kullanımlık plastik ambalaj atığının geri kazanılmasını teşvik etmek için genişletilmiş stratejilerinin uygulanması konusunda bir araştırma gerçekleştirilmiştir (Dagle and Walker, 2020)

Bu çalışmada Nevşehir İlinde sıfır atık projesi uygulaması konusunda yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

2. MATERYEL VE METOT(EXPERIMENTAL METHOD)

Bu bölümde Nevşehir il bazında yapılan sıfır atık çalışmaları kapsamında İlin genel tanıtımı yapılarak uygulanan yöntemler açıklanmaktadır.

2.1 Çalışma Alanının Tanıtılması (Introducing the Study Area)

Nevşehir Türkiye'nin iç kesimlerinde İç Anadolu Bölgesinde yer alan bir ildir. Nevşehir ili 38-39 kuzey enlemleri ile 34-35 doğu boylamları arasında yer almaktadır. Konya kapalı havzasına giren Derinkuyu ilçesi dışında, tamamıyla ora Kızıl Irmak havzasında yer alan Nevşehir ili, konum olarak Türkiye'nin tam ortasında yer almaktadır. Nevşehir ilinin yüz ölçümü 5392 kilometre karedir. Nüfusu 282.337'dir.

Nevşehir ili genel olarak engebeli bir yapıya hâkimdir. Erciyes, Melendiz ve Hasan Dağı gibi sönmüş aktif olmayan eski yanar dağların kül ve lavlarının birikmesiyle oluşmuş, Kızıl Irmak vadisinin güney yamacına kurulmuş geniş bir plato üzerinde yer alan bir ildir. Nevşehir ilinde, Ürgüp, Avanos, Gülşehir, Derinkuyu, Acıgöl, Kozaklı ve Hacıbektaş olmak üzere toplamda merkez harici 7 ilçesi bulunmaktadır. Nevşehir İlinin yerleşim bölgesi ve ilçelerini gösteren harita Şekil 1'de verilmektedir.

2.2 Sıfır Atık Projesinin Uygulanması Teknikleri (Application Techniques of Zero Waste Project)

Sıfır Atık Yönetmeliği kapsamında kurum/kuruluşlarda yapılacak Sıfır Atık Yönetim Sistemi Uygulama Projesi genel anlamda yedi adımdan oluşmaktadır. Bu aşamalar odak noktasının oluşturulması, mevcut durumun analiz edilmesi, planlama çalışmaları, ihtiyaçların belirlenmesi ve temin edilmesi, eğitim çalışmaları, proje uygulaması

ile raporlama ve takip aşamasından oluşmaktadır. Bu format dâhilinde Nevşehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü verilerine göre sıfır atık sistemine geçen belediye sayısı, atık getirme sınıfı ve merkezi sayısı, mobil atık getirme merkezi sayısı, kompost tesisi ve üretilen kompost miktarı, yerleştirilen kumbara ve konteyner sayısı geçici atık depolama alanı sayısı, çalışan eleman sayısı, sisteme geçen kurum sayısı, eğitim verilen kişi sayısı ve eğitime katılan öğrenci sayısı temelinde değerlendirilmiştir. Ayrıca aynı dönem içerisinde atık kâğıt-karton, atık plastik, atık cam, atık metal, atık piller, atık bitkisel yağ ve atık motor yağı geri kazanım miktarı ile üretilen kompost miktarları da değerlendirmelere dâhil edilmiştir.



Şekil 1. Nevşehir İl Haritası ve Türkiye'deki Bölgesel Konumu

2. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Bu bölümde Nevşehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü verilerine göre sıfır atık proje kapsamında 2018-2020 yılları arasında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetler ve atık kazanım miktarları irdelenmektedir. Çizelge 1'de 2018 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanım miktarları verilmektedir. Çizelge irdelendiğinde sisteme geçen belediye sayısının 2 olduğu, kumbara ve konteyner yerleştirme işlemlerinin başlatıldığı, eğitim faaliyetlerinin ise başlatıldığı görülmektedir. Geri kazanım madde ve oranları incelendiğinde kâğıt-karton, plastik, atık pil ve atık motor yağlarının geri kazanıldığı, geri kazanım oranlarına bakıldığında ise yaklaşık %83 ile en fazla Atık Kâğıt-Karton, ikinci sırada ise yaklaşık %14 ile atık plastiklerin geri kazanıldığı görülmektedir. Diğer taraftan kompost üretiminin henüz başlatılmadığı da tespit edilmiştir.

Çizelge 2'de 2019 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanım miktarları verilmektedir. Çizelge irdelendiğinde 2018 yılına göre sisteme geçen belediye sayısının oldukça arttığı ve 24 olduğu, kumbara ve konteyner yerleştirme işlemlerinin arttırıldığı, eğitim faaliyetlerinin ve eğitime katılan öğrenci sayısının arttığı,

sisteme geçen kurum sayısının 280 gibi bir sayıya çıktığı, bir adet mobil atık getirme merkezinin kurulduğu ve işletildiği ve geçici atık depolama sayısının 26 olarak arttığı görülmektedir. Geri kazanım madde ve oranları incelendiğinde kâğıt-karton, plastik, cam, metal, atık pil, atık bitkisel yağ, atık motor yağları ve Atık Elektrik ve Elektronik Eşyaların (AEEE) geri kazanıldığı ve kazanılan atık miktarı ve çeşitliliğinin 2018 yılına göre arttığı görülmektedir. 2018 yılına göre geri kazanılan atık miktarının arttığı ancak geri kazanım oranlarına bakıldığında ise yaklaşık %96 ile en fazla atık kâğıt-karton, ikinci sırada ise yaklaşık %3 ile atık plastiklerin geri kazanıldığı görülmektedir. Diğer taraftan 2019 yılında da kompost tesisi kurulumu ve kompost üretiminin henüz başlatılmadığı da tespit edilmiştir.

Tablo 1. Nevşehir İlinde 2018 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanım miktarları

Sıfır Atık Faaliyetleri 2018	Adet	Atık Geri Kazanımı 2018	Birim (Kg) ve (%)
Sisteme Geçen Belediye Sayısı	2	Atık Kâğıt-Karton	6400 (% 83.20)
1. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Plastik	1100 (% 14.30)
2. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Cam	0
3. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Metal	0
Mobil Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Piller	42 (% 0.55)
Kompost Tesisi Sayısı	0	Atık Bitkisel Yağ	0
Üretilen Kompost Miktarı (Kg)	0	Atık Motor Yağı	150 (% 1.95)
Yerleştirilen Kumbara Sayısı	4	AEEE	0
Yerleştirilen Konteyner Sayısı	2		
Geçici Atık Depolama Alanı Sayısı	7		
Çalışan Sayısı (Kişi)	87		
Sisteme Geçen Kurum Sayısı	2		
Eğitim Verilen Kişi Sayısı	271		
Öğrenci Sayısı	0	TOPLAM MİKTAR (kg)	7692

Tablo 2. Nevşehir İlinde 2019 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanım miktarları

Sıfır Atık Faaliyetleri 2019	Adet	Atık Geri Kazanımı 2019	Birim (Kg) ve (%)
Sisteme Geçen Belediye Sayısı	24	Atık Kâğıt-Karton	4082720 (% 96.12)
1. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Plastik	129400 (% 3.05)
2. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Cam	8684 (% 0.21)
3. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Metal	2168 (% 0.05)
Mobil Atık Getirme Merkezi Sayısı	1	Atık Piller	11077 (% 0.26)
Kompost Tesisi Sayısı	0	Atık Bitkisel Yağ	775 (% 0.02)
Üretilen Kompost Miktarı (Kg)	0	Atık Motor Yağı	3410 (% 0.08)
Yerleştirilen Kumbara Sayısı	40	AEEE	9371 (% 0.22)
Yerleştirilen Konteyner Sayısı	2		
Geçici Atık Depolama Alanı Sayısı	26		
Çalışan Sayısı (Kişi)	10328		
Sisteme Geçen Kurum Sayısı	280		
Eğitim Verilen Kişi Sayısı	18839		
Öğrenci Sayısı	52219	TOPLAM MİKTAR	4247605

Tablo 3'de COVID-19 virüs salgın dönemin de başladığı 2020 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanım miktarları verilmektedir. Çizelge irdelendiğinde sisteme geçen belediye sayısının 3 olduğu, 2018 ve 2019 yıllarına göre kumbara ve konteyner yerleştirme işlemlerinin arttırıldığı, eğitim faaliyetlerinin ve eğitime katılan öğrenci sayısının arttığı, sisteme geçen kurum sayısının 652 gibi bir sayıya çıktığı ve geçici atık

depolama sayısının 556 gibi bir sayıya yükseldiği görülmektedir. Geri kazanım madde ve oranları incelendiğinde kâğıt-karton, plastik, cam, metal, atık pil, atık bitkisel yağ, atık motor yağları ve Atık Elektrik ve Elektronik Eşyaların (AEEE) geri kazanıldığı ve kazanılan atık miktarı ve çeşitliliğinin 2018 yılına göre arttığı, atık miktarının ise 2019 yılına göre azaldığı görülmektedir. Atık geri kazanım oranlarına bakıldığında ise yaklaşık %85 ile en fazla atık kâğıt-karton, ikinci sırada ise yaklaşık %11 ile atık plastiklerin geri kazanıldığı görülmektedir. Diğer taraftan 2020 yılında kompost tesisi kurulumu ve kompost üretiminin başlatıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Nevşehir İlinde 2020 yılında gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri ve atık kazanımı

Sıfır Atık Faaliyetleri 2020	Adet	Atık Geri Kazanımı 2020	Birim (Kg) ve (%)
Sisteme Geçen Belediye Sayısı	3	Atık Kâğıt-Karton	519025 (% 84.71)
1. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Plastik	72388 (% 11.82)
2. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Cam	10868 (% 1.78)
3. Sınıf Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Metal	1376 (% 0.22)
Mobil Atık Getirme Merkezi Sayısı	0	Atık Piller	184 (% 0.03)
Kompost Tesisi Sayısı	1	Atık Bitkisel Yağ	4245 (% 0.69)
Üretilen Kompost Miktarı (Kg)	155	Atık Motor Yağı	3445 (% 0.56)
Yerleştirilen Kumbara Sayısı	747	AEEE	1167 (% 0.19)
Yerleştirilen Konteyner Sayısı	169		
Geçici Atık Depolama Alanı Sayısı	556		
Çalışan Sayısı (Kişi)	12705		
Sisteme Geçen Kurum Sayısı	652		
Eğitim Verilen Kişi Sayısı	22100		
Öğrenci Sayısı	54648	TOPLAM MİKTAR (Kg)	612698

Nevşehir İli genelinde sıfır atık proje çalışmalarında yıllara göre sıfır atık faaliyetleri sonucu tahmin edilen geri kazanımlar, tasarruflar ve miktarları Tablo 4’de verilmektedir. Çizelge irdelendiğinde Atık depolama alanında tasarruf edilirken tüketilen su miktarı, tüketilen enerji miktarı, salınan sera gazı miktarlarının azaltıldığı, harcanması gereken petrol miktarı ve doğal hammadde miktarının önlendiği ve elde edilen atıklardan üretilebilecek biyodizel ile baz yağ miktarının da artırıldığı görülmektedir. Üretilebilecek biyodizel miktarı toplanan atık bitkisel yağ miktarı ile doğru orantılıdır.

Tablo 4. Nevşehir İlinde yıllara göre gerçekleştirilen sıfır atık faaliyetleri sonucu tahmin edilen geri kazanımlar, tasarruflar ve miktarları (**Çevre ve Şehircilik 2021**)

Faaliyet	2018 Yılı	2019 Yılı	2020 Yılı
Kesilmesi Önlenecek Ağaç Sayısı	22 Adet	13881 adet	1765 adet
Atık Depolama Alan Tasarrufu	4 m ³	2152 m ³	310 m ³
Tasarruf Edilen Su Miktarı	36 m ³	22863 m ³	2907 m ³
Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	6836 kW	3535058 kW	530428 kW
Salınımı Önlenecek Sera Gazı Miktarı	238 kg	145970 kg	19230 kg
Harcanması Önlenecek Petrol Miktarı	717 litre	84369 litre	47197 litre
Harcanması Önlenecek Hammadde Miktarı	0	11 ton	4 ton
Üretilebilecek Biyodizel Miktarı	0	775 litre	4245 litre
Üretilebilecek Baz Yağ Miktarı	0	2 litre	2 litre

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Nevşehir ili sıfır atık çalışmaları genel olarak değerlendirildiğinde sıfır atık sistemi için başvuran kurum sayısının alınan belge sayısı açısından oldukça yüksektir. Sisteme katılan belediye sayısının yüksek olduğu, eğitim faaliyetlerinin genişletilerek devam ettirildiği, atıklar için yerleştirilen kumbara ve konteyner sayılarının artırıldığı, çalışan kişi sayısının artırıldığı ve sisteme geçen kurum sayısının güngeçtikçe yükseldiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan kurulan kompost tesisinde kompost üretiminin gerçekleştirildiği ve 8 çeşit değişik atıkların geri kazanımının yapıldığı belirlenmiştir. Geri kazanılan atıklar arasında birinci oranda en fazla geri kazanılan atık türünün atık kâğıt-karton olduğu tespit edilirken ikinci sırayı plastik atıklar ve üçüncü sırada ise cam atıklar olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR (RESOURCES)

- Demir K., (2019). “ Adana İlinde Sıfır Atık Projesinin Uygulanması” Nevşehir Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir, 2019.
- Di Maria, F and Micale, C. “A holistic life cycle analysis of waste management scenarios at increasing source segregation intensity: The case of an Italian urban area”, Waste Management 2014, 34, 2382–2392.
- Digle, A and Walker, T.R “Implementation of harmonized Extended Producer Responsibility strategies to incentivize recovery of single-use plastic packaging waste in Canada”, Waste Management, 2020, 110, 20–23
- Er, M. K. "Sıfır Atık Yönetimi ve Ofis Tipi Binalarda Uygulanması", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.
- Karaman, S. “Kayseri Şehir hastanesi örneği sıfır atık projesinin geliştirilmesi" Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 2019.
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre Şube Müdürlüğü, Sıfır Atık Projesi Çalışmaları, Nevşehir, (yayımlanmamış), 2021.
- Ragaert, K., Delva, L and Geem, K.V. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste, Waste Management, 2017, 69, 24–58
- Risse, M., Webere-Blaschke, G and Richter, K. Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products, Science of the Total Environment 2019, 661, 107–119
- Sıfır Atık Yönetmeliği (2019), <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm>.
- Ulaşlı, K. "Geri Kazanılabilir Atıkların ve Sıfır Atık Projesi Uygulamaları: Kadıköy Belediyesi", Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep, 2018.
- Yıldırım, Y and Altun Y. “Solid waste management in Zonguldak Bülent Ecevit university” 5th Euroasia waste management symposium, Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, 2020.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELİ TARAFINDAN ÜRETİLEN
ELEKTRİK ENERJİSİNİN HAZNELİ POMPAJ DEPOLAMALI
YÖNTEM İLE POTANSİYEL ENERJİ OLARAK DEPOLANMASI VE
DİNAMİK İNVERTER SİSTEMİNİN HİBRİT OLARAK
MODELLENMESİ**

Muhammed Maşuk DOĞANAY^{1,*}

¹Muhammed Maşuk DOĞANAY, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali

Üniversitesi, Türkiye

muhammedmasuk@windowslive.com.

* Sorumlu yazar; E-Mail: muhammedmasuk@windowslive.com;

ÖZET

Fotovoltaik güneş enerjisi ile pompaj depolamalı hidroelektrik santrali için yeni hibrit model tasarlayarak; bu modeli dinamik olarak işleyerek fotovoltaik güneş enerjisi tarafından üretilen elektrik enerjisini kimyasal olarak depolamaya alternatif olarak potansiyel enerji olarak depolamak, aynı zamanda inverterdan dolayı oluşan harmoniklere çözüm sunmak amacıyla sistemi anlık veya belli zaman dilimlerinde dinamik inverter olarak çalıştırıp daha kaliteli elektrik enerjisini üretmek, fotovoltaik güneş enerjisi için kullanılan akü kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak, ayrıca akü bakım maliyetleri ortadan kaldırmak, akülerin belli periyotlar ile değişimini ortadan kaldırmak buna bağlı olarak kullanılan akü şarj devresi kullanımını ortadan kaldırarak çözüm sağlanacaktır. Ayrıca pompaj depolamalı hidroelektrik santral yöntemi ile elektrik enerjisi üretimi yapabilmek için daha önceden başka bir tesis tarafından üretilmiş olan elektrik enerjisi kullanılarak elektrik enerjisi üretimi yapılabilmektedir. Buda sistemin elektrik enerjisi üretiminde bağımsız olmamasından dolayı sistem için dezavantaj olan bu durumu ortadan kaldırmak için sistemin elektrik enerjisi üretimi için tam bağımsız olarak elektrik enerjisi üretebilmek ve dönüştürme işlemi yapabilen dinamik inverter modeli tasarlayarak çözüm sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hibrit model tesis, dinamik inverter, potansiyel enerji depolama, hibrit tesis ve sistem modeli



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

STORING THE ELECTRIC ENERGY GENERATED BY PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL AS POTENTIAL ENERGY BY THE METHOD WITH STORAGE PUMPING AND HYBRID MODELING OF THE DYNAMIC INVERTER SYSTEM

ABSTRACT

By designing a new hybrid model for photovoltaic solar energy and pumped storage hydroelectric power plant; By processing this model dynamically, in order to store the electrical energy produced by photovoltaic solar energy as potential energy as an alternative to chemically storage, and at the same time to provide a solution to the harmonics caused by the inverter, to run the system as a dynamic inverter instantly or in certain time periods to produce better quality electrical energy, A solution will be provided by reducing or eliminating the use of batteries used for charging, as well as eliminating battery maintenance costs, eliminating the replacement of batteries with certain periods, and accordingly eliminating the use of battery charging circuits. In addition, in order to produce electrical energy with the pumped storage hydroelectric power plant method, it can produce electrical energy by using the electrical energy previously produced by another facility. In order to eliminate this situation, which is a disadvantage for the system due to the fact that the system is not independent in the production of electrical energy, it is aimed to provide a solution by designing a dynamic inverter model that can generate electrical energy for the system's electrical energy generation and transform.

Key Words: Hybrid model plant, dynamic inverter, potential energy storage, hybrid plant and system model

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünde bulunan fosil yakıtları işleyerek enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Fakat fosil yakıtlarının dünyada sınırlı olması, işlenmesi, maliyetin yüksek olması ve yerleşim yerlerinde yaşayan insanlara ve diğer canlı varlıklar üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu olumsuz sonuçlardan dolayı sistemlerin enerji ihtiyacını karşılamak ve fosil yakıtlarının ortaya koyduğu olumsuz durum azaltmak veya ortadan kaldırmak için daha güvenli, ucuz ve çevreci olan yeni kaynakların ortaya konulması ihtiyacı doğmuştur. Yenilenebilir enerji olarak adlandırılan rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, dalga enerjisi, jeotermal enerjisi gibi yeni enerji üretim kaynakları ortaya konulmuştur. Fakat bu sistemlerin enerji üretimi ise dünyanın sahip olduğu enerji ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle rüzgârdan enerji üretebilmek, güneşten enerji üretebilmek veya diğer kaynaklardan enerji üretebilmek için yeryüzünde süreklilik arz eden bir durumun olması gerekmektedir. Bu durum mümkün olmadığından dolayı yenilenebilir kaynakların enerji üretimi için bir dezavantajdır. Bu durumu ortadan kaldırmak ya da azaltabilmek için sistemleri hibrit olarak tasarlanması veya enerji üretimin fazla olduğu ve enerji talebinin az olduğu zaman zarfında tüketilmeyen enerjiyi depolayarak ya da enerji üretimin az olduğu ve enerji talebinin fazla olduğu zaman aralığı içerisinde depolanan enerjiyi tekrar kullanarak yenilenebilir enerji üretiminin dezavantajını azaltmak ya da ortadan kaldırmak mümkün olabilmektedir.

2. FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ (PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY)

Gelişen yarı iletken teknolojisi ve güç elektroniği teknolojisi sayesinde güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirerek ihtiyaç duyulan elektrik enerjiyi üretme imkânı sağlamaktadır. Bu teknoloji sayesinde daha çevreci, ucuz kullanımı kolay olan fotovoltaik enerji santralleri kurulumu yaygınlaştırarak ihtiyaç duyulan enerji talebi karşılanmaya başlayarak daha kısa zamanda santral ve tesis kurulumları yapılabilmektedir. Genel olarak fotovoltaik enerji sistemleri güneşten aldığı enerjiyi elektrik enerjisini dönüştürerek yenilenebilir bir enerji ihtiyacı ortaya koymaktadır. Fotovoltaik enerji sistemlerinin oluşturduğu araçlar güneş panelleri, aküler, şarj cihazları ve inverterlerden oluşmaktadır.

2.1. Solar akü (Solar battery)

“Solar aküler, sistem voltajı ve depolama kapasitesine bağlı olarak seri, paralel veya her ikisinin bir kombinasyonu olarak konektörler üzerinden bağlanabilir. Önemli bir kapasiteye sahip bir solar akü sistemi düzenli bakım ile, 5 ila 10 yıl arasında kullanılabilir [1].” Solar akünün fotovoltaik güneş enerjisi sistemi için kullanılmasının sistem maliyetinin artması, akü şarj devresinin kullanılması, akü bakım belli aralıklarla yapılması ve bakım maliyeti, akünün belli bir süre kullanımından sonra akünün değiştirilmesi gibi dezavantajları mevcuttur.

2.2. Solar inverter (Solar inverter)

Solar inverterler elektronik olarak tasarlandıkları için güneş panelin üretmiş olduğu doğru akımı teorik ve pratik olarak tam sinüs dalga formuna getirmesi mümkün değildir. Bu nedenle piyasada bulunan en kaliteli inverterler tam sinüs olarak adlandırılmalarına karşın inverter analog olarak sinüs çıkış sinyali üretememektedir. Sadece sinüs

sinyaline yakın bir çıkış sinyali üretebilmektedir. Bu nedenle çıkış sinyalinin sinüs ya da tam sinüs olmaması durumunda bazı hassas cihazların zarar görmesine, çalışmamasına veya cihazın kullanım ömrü kısa olmasına neden olabilir. ‘‘Örneğin HD TV ve müzik sistemlerinde Modifiye sinüs inverter kullanımı sonucunda görüntüde karlama, çizgiler ve gölgeler, seste parazitler, istenmeyen dip sesler oluşabilir.’’ Bu nedenle inverter seçiminde çok hassas davranılması gerekir.

‘‘Sinüzoidal, yani yumuşak bir geçişle artıp azalarak salınım yapan dalga tam sinüs, akım yönünün daha çok aç kapa (1, 0, -1) mantığı ile ileri geri hareket ettirildiği dalga tipine de Modifiye sinüs olmuş olur [4].’’

3. POMPAJ DEPOLAMALI HES (PUMPING STORAGE HES)

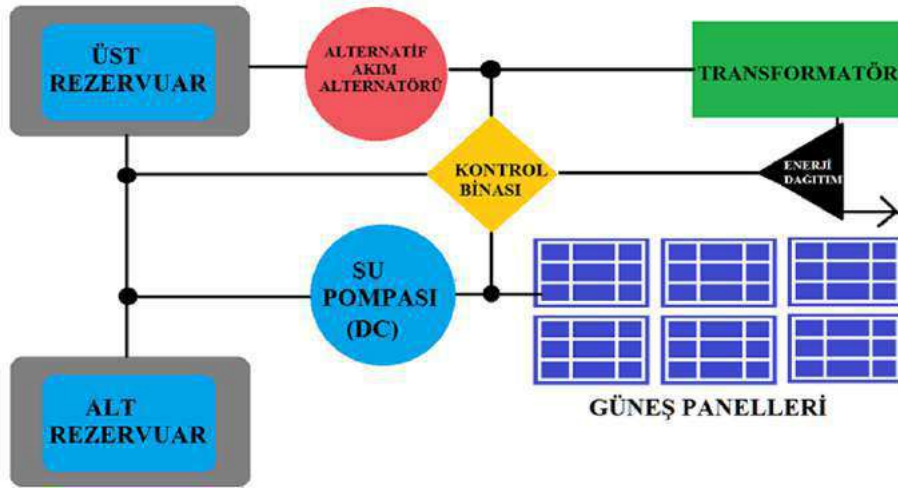
Pompaj depolamalı hidroelektrik santrali alt rezervuar ve üst rezervuar olmak üzere iki adet su depolama alanı mevcuttur. Santral elektrik enerjisinin ucuz olduğu zaman diliminde alt rezervuardan üst rezervuara doğru su pompalayarak üst rezervuarda su depolanır. Elektrik enerjisinin pik yaptığı yani elektrik enerjisinin pahalı olduğu zaman dilim içerisinde üst rezervuarda depolanan su tekrar alt rezervuara, suyu aşağı doğru akıtılarak kinetik enerjiyi su türbini sayesinde mekanik enerjisine daha sonra türbine bağlı olan jeneratör mili sayesinde elektrik enerjisi üretimi sağlanmış olur. [5]. Pompaj depolamalı hidroelektrik sisteminde ise, ilk yatırım maliyetinin yüksek ve geri ödeme süresi uzun olması, sistemin enerji üretimi yapabilmesi için mevcut olan enerji üretim tesisinde enerji almak zorundadır. Bu nedenle sistemin enerji üretimi için tam bağımsız olmaması dezavantajları mevcuttur.

4. AMAÇ (Purpose)

Fotovoltaik güneş enerjisi ile pompaj depolamalı hidroelektrik santrali için yeni hibrit model oluşturmak ve bu model sistemi dinamik olarak işleyerek fotovoltaik güneş enerjisi tarafından üretilen elektrik enerjisini kimyasal olarak depolamaya alternatif olarak potansiyel enerji olarak depolamak; solar inverterdan dolayı oluşan harmoniklere çözüm sunmak amacıyla sistemi anlık veya belli zaman dilimlerinde dinamik inverter olarak çalıştırıp daha kaliteli elektrik enerjisini üretmek ve fotovoltaik güneş enerjisi için kullanılan akü kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak, buna bağlı olarak akü bakım maliyetleri ortadan kaldırmak, akülerin belli periyotlar ile değişimini ortadan kaldırmak, buna bağlı olarak kullanılan akü şarj devresi kullanımını ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. İnverter çıkış sinyali tam sinüs işaretli olmadığından dolayı harmoniklerin oluşmasına neden olduğundan dolayı bazı hassas elektronik cihazların bozulmasına, cihazların düzenli çalışmamasına ve cihazların kullanım ömürlerinin kısa olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle daha kaliteli elektrik enerjisi üretebilmek için elektronik DC-AC invertere alternatif olarak dinamik inverter olarak sistemi anlık veya belli zaman periyotları ile kullanılarak daha kaliteli elektrik enerjisi ve tam sinüs işaretli DC-AC inverter modeli tasarımı amaçlanmıştır. Pompaj depolamalı hidroelektrik santral yöntemi ile elektrik enerjisi üretimi yapabilmek için daha önceden başka bir tesis tarafından üretilmiş olan elektrik enerjisi kullanılarak elektrik enerjisi üretimi yapılabilmektedir. Buda sistemin elektrik enerjisi üretiminde bağımsız olmamasından dolayı sistem için dezavantaj olan bu durumu ortadan kaldırmak için sistemin elektrik enerjisi üretimi için tam bağımsız olarak elektrik enerjisi üretebilmek ve dönüştürme işlemi yapabilen dinamik inverter modeli tasarlayarak çözüm sunmak. Hibrit santral ve sistem olarak bir arada bulunan bu model sayesinde yeni hibrit veya karma model sistem olarak adlandırabileceğimiz faydalı bir tesis ortaya konulmuş olacaktır.

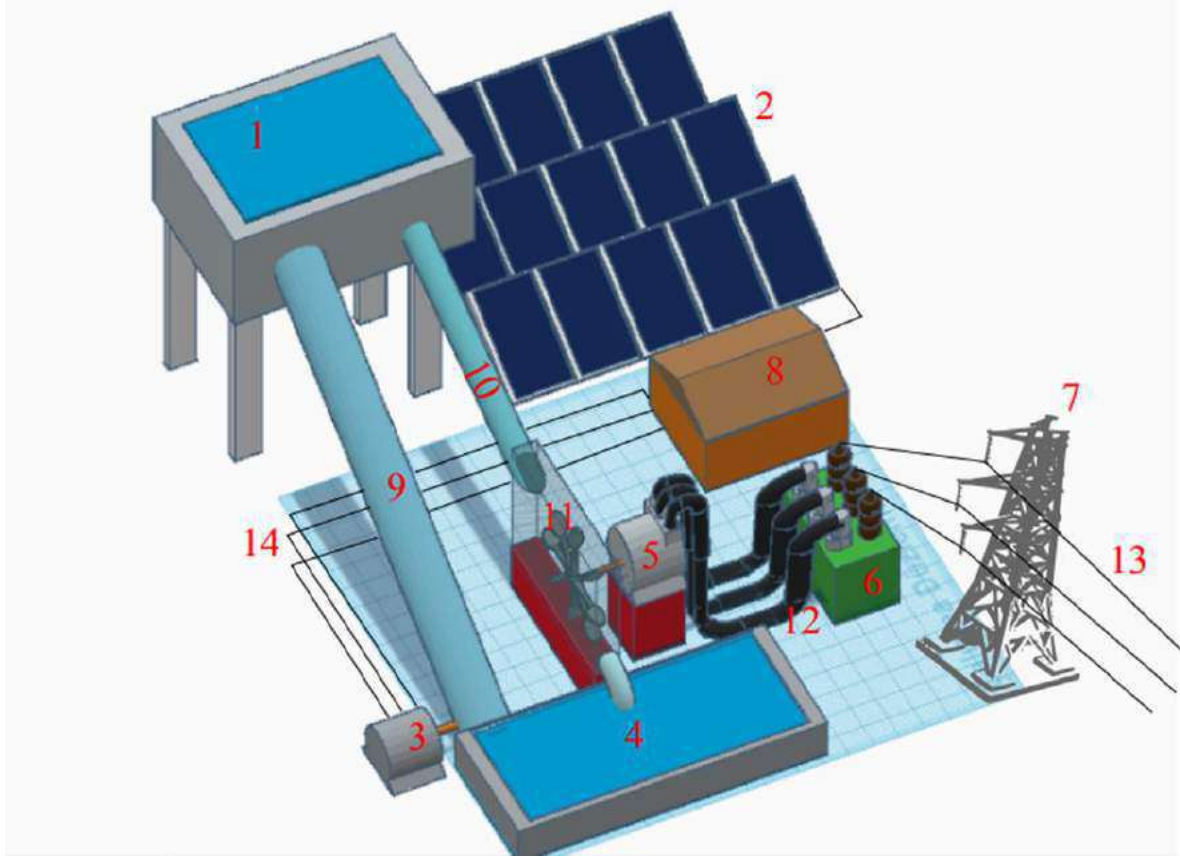
5. MATERYAL ve YÖNTEM (Material and method)

Fotovoltaik güneş enerjisi tarafından üretilen doğru akım elektrik enerjisi anlık olarak kullanılmadığı takdirde bu enerjiyi depolamak amacıyla kimyasal enerji olarak aküler kullanılarak, fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretmediği zaman dilimlerinde aküde depolanan enerji kullanılarak ihtiyaç duyulan enerji karşılanmaktadır. Ayrıca panellerin ürettiği elektrik enerjisi zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmeyen dc genlikli işaret olmasından dolayı, zamana bağlı yönü ve şiddeti değişen ac genlikli yükleri çalıştırabilmek için dc-ac inverter kullanılması gerekmektedir. Fakat hassas olan bazı cihazlar inverterin oluşturduğu harmoniklerden dolayı düzgün çalışmadıkları veya cihazların hiç çalışmamasına neden olmaktadır. Bunun nedeni ise dc-ac inverter tarafından Modifiye olarak elde edilmiş olan sinüs işaretin tam sinüs işaret olarak elde edilmediğinden kaynaklı sorunlardır. Fotovoltaik güneş enerjisi ile pompaj depolamalı hidroelektrik santrali birbirine entegre edilerek üst rezervuara su pompalamak amacıyla ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini fotovoltaik güneş panellerin ürettiği doğru akım elektrik enerjisini, su pompalamak amacıyla kullanılan su pompasını doğru akım ile çalışan motor kullanılarak dc-ac dönüştürücü yapmadan panellerin ürettiği elektrik enerjisi ile su pompasının ihtiyaç duyduğu enerji karşılanarak üst rezervuara doğru su pompalayarak anlık olarak kullanılmayan elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolamaya alternatif olarak potansiyel enerji olarak depolama imkanı sağlanmış olur. Ayrıca pompaj depolamalı hidroelektrik santralin ihtiyaç duyduğu enerji bağımlılığına da çözüm sunmuş olur. Fotovoltaik güneş panellerinin enerji üretimi yapmadığı zaman dilimleri içerisinde potansiyel enerji olarak üst rezervuarda depolanmış olan potansiyel enerji tekrar alt rezervuara doğru kinetik enerji olarak dönüştürüp daha sonra bu enerjiyi su türbini sayesinde mekanik enerjiye dönüştürerek türbine bağlı olan jeneratör mili sayesinde elektrik enerjisi elde edilmiş olur.



Şekil 1. Hibrit model tesis blok diyagramı (Hybrid model plant block diagram)

Sistemde elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılacak alternatör alternatif akım alternatörü seçilerek güneş panellerin ürettiği doğru akım ile doğru akım ile çalışan su pompasını çalıştırıp pompa ile depolanan su, pompaj depolamalı hidroelektrik sistem sayesinde anlık olarak ya da ihtiyaç duyulan zaman dilimleri içerisinde sistemi aktif hale getirilerek alternatif akım alternatörü sayesinde dinamik olarak DC-AC inverter olarak sistem aktif kullanılabilir.



Şekil 9. Hibrit tesis 3D modeli (Hybrid plant 3D model)

1.Üst rezervuar: Fotovoltaik güneş panellerinin üretmiş olduğu ihtiyaç fazlası olan enerjiyi kimyasal depolama yerine potansiyel enerji olarak suyun depolandığı yer. Depolama alanı yapay gölet veya beton olarak tasarlanabilir.

2.Fotovoltaik güneş panelleri: Suyu alt rezervuardan üst rezervuara depolamak için sistemde kullanılan su pompasının ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Bu sayede sistem bağımsız bir şekilde enerji üretimi yapmış olur.

3.Doğru akım su pompası: Alt rezervuardan üst rezervuara su depolamak aynı zamanda, tesiste güneş panellerin üretmiş olduğu enerjiyi anlık olarak sistemde su sirkülasyonunu sağlayarak alternatif akım alternatörü ile senkron çalıştırıp dinamik olarak DC-AC dönüştürme sağlamak için kullanılmıştır.

4.Alt rezervuar: Üst rezervuarda su depolamak amacıyla kaynak olarak su depolama alanı ve daha sonraki süreç içerisinde üst rezervuardan akıtılan suyu tutmak ve tekrar kaynak suyu olarak kullanmak.

5.Alternatif akım alternatörü: Potansiyel enerji olarak depolanan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek ayrıca alternatörü dinamik DC-AC inverter olarak kullanılması amaçlanmıştır. Bu sayede daha kaliteli enerji üretilmiş olacaktır.

6.Transformatör: Alternatörün üretmiş olduğu alternatif gerilimi yükselterek iletim hatlarındaki kayıpları azaltılacaktır.

7.Direk: Enerji iletim hattında kullanılan iletkenleri taşımak ve izolasyon işlemi için yalıtım sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

8.Kontrol binası: Genel olarak tesisi kumanda ve kontrol etmek amacıyla, sistemde kullanılacak olan kontrol ünitelerini ve kontrol cihazlarını yağmur, kar, dolu gibi dış etkenlerden korumak amacıyla kullanılmıştır.

9.Basınçlı boru: Alt rezervuardan üst rezervuara su pompalamak amacıyla kullanılmıştır.

10.Cebri boru: Kuvvet tüneli ile türbin arasındaki basınçlı borudur. Alınan suyun basıncını arttırmak için kullanılmıştır.

11. Türbin: Üst rezervuarda potansiyel enerji olarak depolanan suyu mekanik enerjiye dönüştürerek türbine bağlı olan jeneratörü mili döndürmek amacıyla kullanılmıştır.

12.Güç kabloları: Alternatörde indüklenen enerjiyi transformator ile bağlantının sağlanması için kullanılmıştır.

13.Enerji iletim hattı: Üretilen elektrik enerjisinin enterkonnekte şebekeye bağlayarak enerji iletim işlemi yapmak için kullanılmıştır.

Genel olarak 3D olarak ortaya konulan birim ve elemanların ne olduğu açıklanmıştır. Tesis daha da detaylandırılabilir. Buradaki detaylandırma olarak sistemin kontrolünü sağlamak amacıyla her bir birimde kullanılacak olan kontrol elemanları, ölçüm elemanları (sensörler ve diğer elemanlar), analizörler, otomasyon sistemi, kumanda panoları gibi, sistemin izlenilmesi ve kontrolü için ihtiyaç duyulan diğer elemanlar ele alınabilir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Elektrik enerjisini elde etmek için tasarlanmış olan sistem ve tesisler için olumlu durumların olduğu gibi bazı olumsuz durumlarda olduğu görülmektedir. Bu durumda farklı tasarımlara sahip olan sistem ve tesisler için ortaya çıkan dezavantajlarını ortadan kaldırmak ya da azalmak için hibrit yaklaşımlar ile bu durumlar minimize etmek mümkündür. Bu sayede ortaya konulacak olan yeni modeller sayesinde daha ekonomik, daha verimli ve süreklilik arz eden enerji üretimi, daha kaliteli enerji ve kararlı olan bir durum ortaya konulabilmektedir. Aynı zamanda kısıtlı olan enerji kaynaklarını daha etkili kullanılmasıyla maximum verim ile elektrik enerjisi ortaya koymak önem arz etmektedir. Bu durumda ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi üretimi ve işlenmesi de ekonomik anlamda büyük bir önem arz etmektedir. Hali hazırda mevcut kurulu olan elektrik enerji santralleri veya kurulacak olan yeni elektrik santrallerinin daha verimli işletilebilmesi ve ekonomik olarak kazanç sağlanabilmesi için farklı özelliklerinden dolayı avantaj sağlayan tesislerin hibrit olarak tasarımlarının geliştirilmesi ve yeni model tasarımların ortaya konulması ekonomik, verim ve kısıtlı olan enerji kaynaklarını etkili bir şekilde kullanmak enerji sürekliliği için önemli bir husus arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmamızda pompaj depolamalı hidroelektrik santrali ile fotovoltaik güneş enerjisi sistemi hibrit olarak tasarlanmasıyla bu sistemlerde dezavantaj olarak görülen durumlara alternatif çözümler sunularak sistemlerin daha etkili ve senkron bir şekilde çalışmasına katkı sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

<https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/solar-aku-nedir-cesitleri-nelerdir>

https://www.researchgate.net/publication/321491768_ENDUSTRIYEL_TIP_GUNES_PANELI_ILE_CALISAN_SOLAR_INVERTORLER_VE_SU_POMPASININ_ENERJISI_ICIN_KULLANILMASI Aydın GÜLLÜ, Eray YILMAZLAR, Hilmi KUŞÇU

Sayısal İşaret İşleme kitabı Sarp Ertürk Birsen Yayınevi

<https://mundasolar.com/2018/10/20/inverter-nedir-genel-bilgiler/>

POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SİSTEMLER Ümit Ünver* Yrd. Doç. Dr., Hilal Bilgin, Alpaslan Güven https://mmo.org.tr/sites/default/files/3d6f7389d828d6b_ek.pdf

tinkercad online 3D modelleme programı <https://www.tinkercad.com/>

Fotovoltaik Sistemde Bulunan Üç Seviyeli Diyot Kenetlemeli Eviricinin Çıkış Gerilimi Toplam Harmonik Distorsiyonunun Simulasyon ve Analizi Süleyman ADAK, Hasan CANGİ

FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERDE AKTİF FİLTRE İLE HARMONİK BİLEŞENLERİN SÜZÜLMESİ Dr.Öğr. Üyesi Süleyman ADAK, Hasan CANGI, Prof.Dr.Ahmet Serdar YILMAZ

Indion Institute of science department of electronic systems engineering Prof.L. Umanand

Gemi yardımcı makinalara-1, pompalar, Prof.Dr.Adnan PARLAK

Problems and solutions of grid-connected in photovoltaic solar plants, Nursal ARICI, Aslı İSKENDER



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

FARKLI MAKİNE ÖĞRENİMİ YÖNTEMLERİ İLE COVID-19 HASTALIĞI BELİRTİLERİ ÜZERİNDEN TAHMİN ANALİZİ

Nebi KIRAMANLIOĞLU^{1*}, Durmuş ÖZDEMİR²

¹Nebi KIRAMANLIOĞLU, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

nebi.kiramanlioglu@ogr.dpu.edu.tr

²Durmuş ÖZDEMİR, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

durmus.ozdemir@dpu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: nebi.kiramanlioglu@ogr.dpu.edu.tr; Tel.: 0 274 443 43 43

ÖZET

Covid-19 pandemisi nedeniyle tüm dünyada sağlık, ekonomik, ve sosyal alanlarda işlenmesi gereken pek çok ham veri ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Covid-19 belirtileri olan hastaların test sonuçlarını içeren kaggle platformunda paylaşılmış kamuya açık kişisel veri kümesinden farklı yöntemler kullanılarak tahmin analizi yapılmıştır. Veri setinde kişilerdeki breathing problem, fever, dry cough, sore throat, running nose, asthma, maske kullanma durumu vb. Sağlık problemlerine bakılarak covid-19 pozitif test sonucu tahmin edilmiştir. Bu sağlık alanına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Tahmin analizi çerçevesinde makine öğrenimi, makine öğrenim aşamaları, uygulama alanları ve sonuçları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Covid-19 belirtileri verileri ile makine öğrenmesi yöntemleri sayesinde belirli hastalıklardan veya ortam etkenlerinden anlamlandırılan veriler ile önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada Makine öğrenmesi yöntemlerinden Lojistik Regresyon (%96), En Yakın Komşu (%97), Karar Ağacı (%97), Yapay Sinir Ağları (%98), Gradyan Artırma (%98), Aşırı Gradyan Artırma (%98) ve Destek Vektör makineleri (%98) algoritmaları oranlarında başarılı tahminler üretmiştir. Kullanılan algoritmalarda hiper parametre kullanılarak fine tuning yapılmış ve yüksek oranda tahmin başarısına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Covid-19 Belirtilerinden hastalık tahmini Analizi, Veri Analizi, Makine Öğrenimi.

PREDICTIONAL ANALYSIS ON COVID-19 DISEASE SYMPTOMS WITH DIFFERENT MACHINE LEARNING METHODS

ABSTRACT

Due to the Covid-19 pandemic, many raw data that need to be processed in health, economic and social fields have emerged all over the world. In this study, prediction analysis was performed using different methods from the publicly available personal dataset shared on the kaggle platform, which includes the test results of patients with Covid-19 symptoms. In the data set, breathing problem, fever, dry cough, sore throat, running nose, asthma, mask usage status etc. The covid-19 positive test result was estimated based on health problems. It is aimed to contribute to this field of health. Within the framework of prediction analysis, machine learning was evaluated

within the framework of machine learning stages, application areas and results. Thanks to the data of Covid-19 symptoms and machine learning methods, important results have been achieved with the data made sense from certain diseases or environmental factors. In the study, Logistic Regression (96%), Nearest Neighbor (97%), Decision Tree (97%), Artificial Neural Networks (98%), Gradient Boosting (98%), Extreme Gradient Boosting (98%) and Support Vector machines (98%) produced successful predictions of algorithms rates. Fine tuning was made using hyper parameter in the algorithms used, and a high rate of prediction success was achieved.

Key Words: Disease prediction Analysis from Covid-19 Symptoms, Data Analysis, Machine Learning.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Covid-19 virüsünün tüm dünyamız üzerinde oluşturduğu etki ve sonuçlarına hepimiz yakından şahit olmaktayız. Oluşturduğu sonuçların en başında şüphesiz sağlık sektöründeki sonuçlar geliyor [1]. Tüm ülkelerde virüsünün tespit edilmesi, karantina süreçleri, uygulanan aşı çalışmaları gibi bir çok sağlık sektörünü yakından ilgilendiren uygulamaların ölümle sonuçlanmaması için kişilerde kronik hastalıklar, yaş veya toplumla olan ilişkisi göz önüne alınarak bu uygulamalar öncelikli olarak gerçekleştirilmektedir. Vakaları tespit ederken en güvenli yol PCR testi adı verilen testlerin yapılması olarak belirtilmiştir [2]. Test yapılması veya sonucunun alınması belirli bir sürede gerçekleşiyor. Bu nedenle hastalığın bulaştaki yayılım hızı dolaylı olarak artıyor. Testin sağlık sektörü yönünden maliyetini, uygulama alanlarını ve bu test için toplumun her kesiminin ulaşabilirliğini değerlendirdiğimizde imkansız ya da çok maliyet gerektiren bir iş olduğunu görmekteyiz. Bir diğer taraftan testlerin yapılması için belirli hastahanelerin laboratuvarlarında test kitleri ile gerçekleştirildiğini biliyoruz bu durumda ülkemiz açısından her kesimin yeterli test yaptıramaması durumuna neden oluyor. Bu çalışmada, daha önce test yaptıran kişilerin nefes alma problem, ateş, kuru öksürük, boğaz ağrısı, astım, maske kullanıp kullanmama durumu vb. 13 farklı sütun bilgisinde yer alan veriler göz önüne alarak makine öğrenmesi yöntemleri ile analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda %98'lere varan yüksek oranlarda tahmin doğruluğu olan elde edilmiştir. Bu uygulama sayesinde kişilerin test yaptırmadan önce Covid-19 hastalığına yakalanıp yakalanmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Veriseti ve Kullanılan Platformlar

Bu çalışmada Covid-19 belirtileri olan hastaların test sonuçlarını içeren kaggle platformunda paylaşılmış kamuya açık kişisel veri kümesi kullanılmıştır. Verisetine <https://www.kaggle.com/hemanthhari/symptoms-and-covid-presence> linkinden ulaşılabilir. Verisetine toplam 21 farklı kolon yer almaktadır. Araştırmamızda bu kolonlardan kolerasyon katsayısı değeri ilişkili olan kovid-19 belirtilerini veren 13 farklı kolon kullanılmıştır. Veri seti içinde virüsün bulaşıcı etkileri ve kişilerin daha önceki hastalıklarının olup olmadığı (nefes alma problem, ateş, kuru öksürük, boğaz ağrısı, astım, maske kullanıp kullanmama durumu vb.) ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır. Çalışmada makine öğrenmesi algoritmalarının kütüphanelerini içeren python programlama dili pycharm IDE'si aracılığı ile kullanılmıştır [3]. Verileri okuyup işleyebilmek için Pandas kütüphanesi, hiper parametleri bulmak için numpy kütüphanesi, data ön işleme ve kolerasyon tablosu için seaborn ve matplotlib.pyplot kütüphaneleri kullanılmıştır [4], [5].

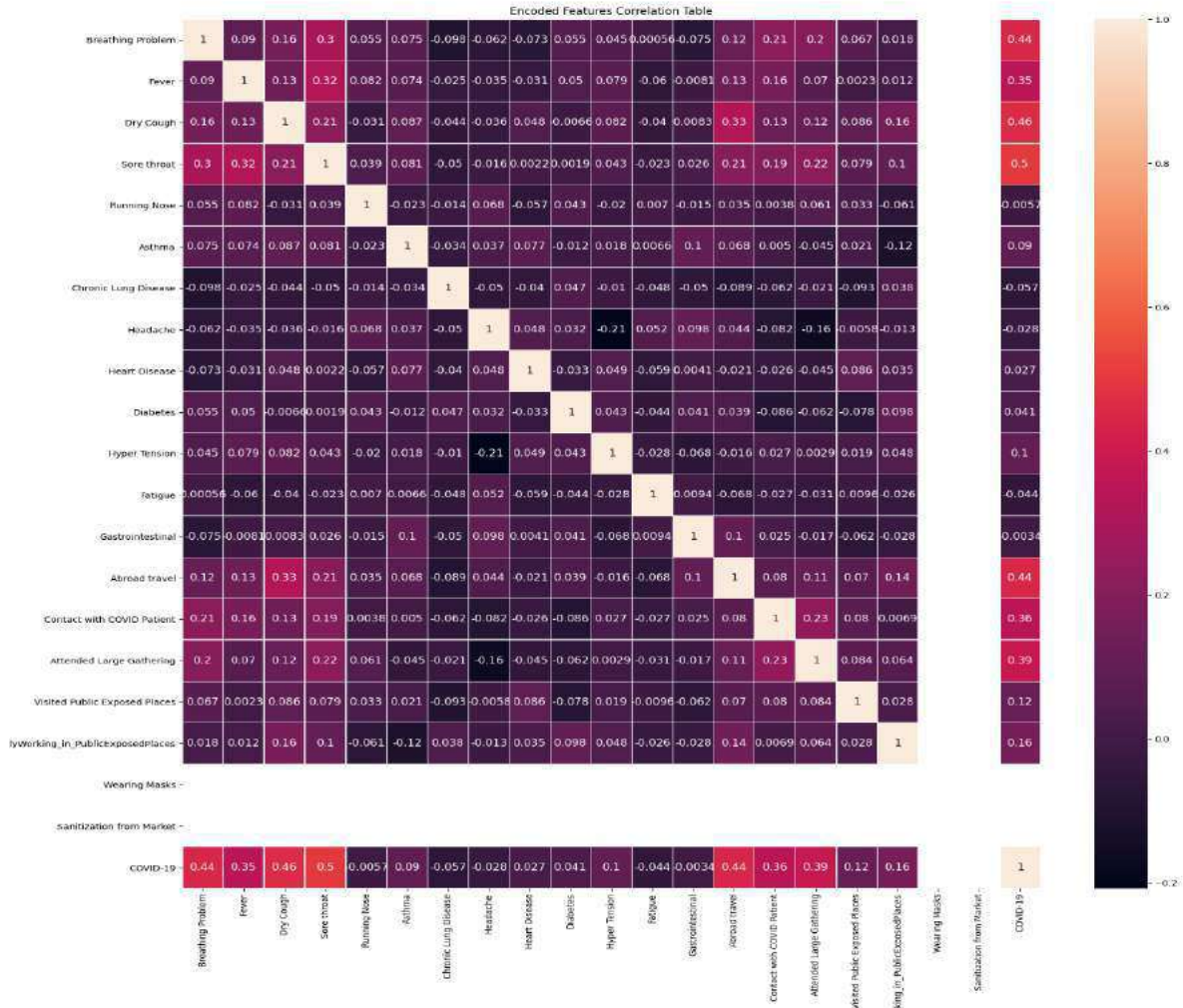
2.2. Kullanılan Makine Öğrenmesi Yöntemleri

Makine öğrenmesi ile veri analizi yapmak için genel istatistiksel yöntem veya sezgisel ön inceleme önemlidir. Veri setindeki bilgileri makine öğrenimi için uygun hale getirmek amacı ile aykırı sonuçlar üretme ihtimali olan hatalı veriler ayıklanmıştır. Hazırlanan bu verilerle makine öğrenmesi yöntemlerinden Lojistik Regresyon [6], En Yakın Komşu algoritması [7], Karar Ağacı yapıları [8], Yapay Sinir Ağları [9], Gradyan Artırma [10], Aşırı Gradyan Artırma [11] ve Destek Vektör makineleri [12] algoritmaları kullanılmıştır.

2.3. Veri Ön İşleme (Data Preprocessing)

Veri kümesinde hastalık belirtileri ve Covid-19 sonuçları Yes/No olarak bulunmaktadır. Öncelikle bu verilerin genel istatistiksel sonuçlarına bakıp ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel değerlerde Covid-19 olanların bu veri kümesi üzerinde %80.7, olmayanların ise %19.3 olarak sonucu alınmıştır. Verisetindeki hastalıkların Covid-19 üzerindeki etkisi olma durumu olanları grafikler yardımı ile yorumlanmıştır. Analiz için önemli olan korelasyon tablosu üzerinden hastalık belirtilerinin birbirleri ile olan ilişkisine bakılmıştır. Bu tablo üzerinden Covid-19 alanı ile diğer alanların ilişkisi üzerinden negatif değer oluşturanları çıkarılmıştır. Bu sayede makine öğrenmesinin eğitim aşamasında öğrenmeyi olumsuz yönde etkilemesi durumu saf dışı bırakılmıştır. Tablo 2.1' de oluşturulan korelasyon tablosu sunulmuştur.

Tablo 2.1 Korelasyon Grafiği (Table 2.1 Correlation Chart)



2.4. Analiz, Veri Modelleme (Analysis, Data Modelling)

Makine öğrenmesi denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenme olarak iki çeşittir [13]. Denetimli öğrenme, elimizde bulunan veri kümesinden öğreneceği birimi bildiğimiz ve makineye bunu belirttiğimiz öğrenme çeşididir. Denetimsiz öğrenme, veri kümesinin belirli koşullara göre gruplanıp değerlendirmeye alındığı öğrenme çeşididir. Bu aşamada çalışmamızda denetimli öğrenme ile tahmin analizi yaptık. Denetimli öğrenme içinde regresyon ve sınıflandırma olarak ikiye ayrılır. Bu ayrılmalar içinde birden fazla algoritmalar ile eğitim gerçekleşir. Öncelikle daha önce test edilen yedi adet algoritma ile tahmin analizi yapılmıştır.

İlk olarak veri kümesinden hangi değerlerin eğitime girip hangi alanı öğrenmesi gerektiği belirlenmiştir. Veri setindeki Hastalık belirtileri sütunları eğitime girip Covid-19 alanı öğrenmesi için seçilmiştir. Veri kümesini belirlenen algoritmalar ile eğitime girmeden önce algoritmaların başarı sonuçlarını daha iyi değerlendirebilmek için eğitim ve test verisi olarak %70 ve %30 oranında iki parçaya ayrılmıştır.

Veri kümesi içindeki değerler 0 ve 1 olunca bunu daha standart hale getirerek öğrenmeyi daha hızlı ve başarı değerlerini artırma yapılmıştır. Başlık 2.2'de verilen yöntemler ve algoritmalar içinden ilk olarak lojistik regresyon ile eğitim başlatılmıştır. Python programlama dili içinde yer alan scikitlearn kütüphanesinden LogisticRegression methodu ile eğitim için ayrılan verilerden eğitim gerçekleştirilmiştir. Test için ayrılan veri kümesi ile tahmin sonuçları elde edilmiştir. Analiz içinde kullanılan bazı model doğrulama fonksiyonları ile doğrulanmıştır. Accuracy Value değerleri ile %96.8 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Sonraki yöntem yapay sinir ağları olarak bilinen Neural Network kullanılmıştır. Bu yöntem yine scikitlearn kütüphanesinden neural_network fonksiyonunun MLPClassifier metodunu kullanarak eğitim için ayrılan verilerle öğrenim gerçekleştirilmiştir. Bu model üzerinden test için ayrılan veri kümesi ile tahmin seti oluşturularak model doğrulama ile %98.22 oranında bir doğruluk elde edilmiştir.

Bir diğer yöntem ise karar ağacı ile modelidir. Bu modelde eğitim için ayrılan verilerle öğrenim gerçekleştirip test kümesi ile test ettikten sonra doğruluk oranı %97.97 oranında bir oran elde edilmiştir. K-NN En Yakın Komşu algoritması ile eğitim veri kümesiyle eğitim sonrasında test veri kümesi ile tahmin ettirdikten sonra oluşan doğruluk oranı %97.85 olarak elde edilmiştir. Beşinci algoritma gradyan attırma algoritması ile eğitim gerçekleştirdikten sonra test kümesi ile test edilerek doğruluk oranı %98.22 elde edilmiştir. Altıncı algoritma aşırı gradyan artırma algoritması ile eğitim veri kümesini eğitip test veri kümesi ile test ettikten sonra doğruluk oranı %98.22 olmuştur. Son olarak destek vektör algoritması ile eğitim veri kümesi ile eğitip test veri kümesi ile test ettikten sonra %98.22 oranında doğruluk oranı elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR (RESULTS)

Tablo 3.1'de görüldüğü üzere uygulanan algoritmaların skorları sunulmuştur. Bu skorlar yüksek doğruluk oranını göstermektedir. Algoritmalarından en iyi sonuç verenler yapay sinir ağları, gradyan artırma, aşırı gradyan artırma ve destek vektör makineleri algoritmaları olmuştur. Bu sonuçlara göre bu dört algoritmalarından birini

seçerek istenilen yapı içerisinde kullanarak Covid-19 test kitlelerine gerek duymadan sonuçların alınması ve bireylerin ve her kesimin ulaşabileceği en üst uygulama alanından en küçük uygulama alanına entegre edilebilir.

Tablo 3.1 Algoritmaların Doğruluk Oranı (Table 3.1 Accuracy Rate Of Algorithms)

Model Adı (Model Name)	Skor (Score)
#Lojistik Regresyon (Logistic Regreyon)	96.873
# K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbor)	97.854
# Karar Ağacı (Decision Tree)	97.915
# Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)	98.221
# Granyan Arttırma(Gradient Boosting)	98.221
# Aşırı Gradyan Arttırma (Extreme Gradient Boosting)	98.221
# Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines)	98.221

Makine öğrenimi yöntemlerinin hastanelerde kullanılan uygun sistemlere ya da ülkemizdeki e-nabız gibi sistemlere entegre edilmesi ile bazı hastalıkların önceden tahmin edilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] H. İşsever, T. İşsever, and G. Öztan, “Covid-19 Epidemiyolojisi,” *Sağlık Bilim. İleri Araştırmalar Derg.*, vol. 3, no. S1, pp. 1–13, 2020.
- [2] L. J. Carter *et al.*, “Assay techniques and test development for COVID-19 diagnosis.” ACS Publications, 2020.
- [3] Q. N. Islam, *Mastering PyCharm*. Packt Publishing Ltd, 2015.
- [4] E. Bisong, “Matplotlib and Seaborn,” in *Building machine learning and deep learning models on google cloud platform*, Springer, 2019, pp. 151–165.
- [5] W. McKinney, *Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*. “ O’Reilly Media, Inc.,” 2012.
- [6] Ö. Çokluk, “Lojistik Regresyon Analizi: Kavram ve Uygulama.,” *Educ. Sci. Theory Pract.*, vol. 10, no. 3, 2010.
- [7] D. KILINÇ, E. BORANDAĞ, F. YÜCALAR, V. TUNALI, M. ŞİMŞEK, and A. ÖZÇİFT, “KNN algoritması ve r dili ile metin madenciliği kullanılarak bilimsel makale tasnifi,” *Marmara Fen Bilim. Derg.*, vol. 28, no. 3, pp. 89–94, 2016.
- [8] A. S. Albayrak and S. K. Yılmaz, “VERİ MADENCİLİĞİ: KARAR AĞACI ALGORİTMALARI VE İMKB VERİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA.,” *Suleyman Demirel Univ. J. Fac. Econ. Adm. Sci.*, vol. 14, no. 1, 2009.

- [9] E. Öztemel, “Yapay sinir ağları,” *PapatyaYayincilik, Istanbul*, 2003.
- [10] F. V. Şahinarslan, “Makine Öğrenmesi Algoritmaları İle Nüfus Tahmini: Türkiye Örneği.” Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019.
- [11] S. Çalışır, R. Atay, M. K. Pehlivanoglu, and N. Duru, “Intrusion Detection Using Machine Learning and Deep Learning Techniques,” in *2019 4th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 2019, pp. 656–660.
- [12] T. Kavzoğlu and İ. Çölkesen, “Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi,” *Harit. Derg.*, vol. 144, no. 7, pp. 73–82, 2010.
- [13] M. Atalay and E. Çelik, “Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları-artificial intelligence and machine learning applications in big data analysis,” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 9, no. 22, pp. 155–172, 2017.

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

KONUT FİYATLARININ MAKİNE ÖĞRENMESİ YOLU İLE TAHMİN EDİLMESİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

Emrah KOCA^{*1}, Durmuş ÖZDEMİR²

¹Emrah KOCA, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

emrahkoca23@gmail.com

²Durmuş ÖZDEMİR, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

durmus.ozdemir@dpu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: emrahkoca23@gmail.com Tel.: 5388110189

ÖZET

Bu çalışmada konut fiyat tahmini için yapay zeka temelli makine öğrenimi yöntemlerinden çoklu doğrusal regresyon modeli kullanarak Eskişehir ilinin en büyük iki merkez ilçesi olan Tepebaşı ve Odunpazarı'na ait konut fiyatlarının tahmini yapılmıştır. Konutların tahmininde belirli bir kıstas oluşturulması amacı ile konutlara ait olan bina türü, büyüklüğü, oda sayısı, bulunduğu kat, konutun bulunduğu binadaki toplam kat sayısı, ısıtma sistemi, banyo sayısı, wc sayısı, eşya durumu ve bina yaşı gibi parametreler kullanılmıştır. Konutlara ait gelecek dönem tahminini en doğru şekilde hesaplamak amacı ile erişime açık olan yıllık konut endeks bilgileri ülkemizdeki ünlü bir ilan platformundan alınarak uygun model oluşturulmuş ve çoklu doğrusal regresyon modeli uygulanmıştır. Bu bağlamda makine öğrenimi ve çok regresyon modelinin konutlara ait fiyat tahmininde etkili bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Konut Fiyat Tahmini, Makine Öğrenimi, Çoklu Doğrusal Regresyon.

ESTIMATING HOUSING PRICES BY MACHINE LEARNING: THE EXAMPLE OF ESKİSEHIR

ABSTRACT

In this study, the house prices of Tepebaşı and Odunpazarı, the two largest central districts of Eskişehir, were estimated by using multiple linear regression model, one of the artificial intelligence-based machine learning methods, for house price estimation. Parameters such as building type, size, number of rooms, floor, total number of floors in the building where the house is located, heating system, number of bathrooms, number of WCs, furniture condition and building age were used in order to establish a certain criterion in the estimation of the houses. In order to calculate the future period forecast of the houses in the most accurate way, the annual housing index information, which is open to access, was taken from a famous advertisement platform in our country, and a suitable model was created and a multiple linear regression model was applied. In this context, it has been seen that machine learning and multiple regression model can be used effectively in the price estimation of houses.

Keywords: House Price Prediction, Machine Learning, Multiple Linear Regression.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Konut, insanlara ekonomik ve toplumsal faydalar sağlayan gerektiğinde yatırım aracı olması nedeni ile bireyler tarafından tercih edilen ve ticari faaliyetler açısından da büyük bir öneme meskendir [1]. Hane halkları giderleri arasında çok ciddi bir orana sahip olan konut edinme ve barınma için yapılan harcamalar konutun önemini belirlemektedir. Bu bağlamda konut fiyatlarındaki tutarlılık, doğruluk sadece konut sektörünü değil ülke ekonomisi içinde bir gösterge oluşturmaktadır [2]. Konut fiyatlarının gelecekteki fiyatlarının veriler ışığında en doğru tahmini üretmek için yatırımcı ve satıcı için gerçek bir piyasa beklentisi oluşturmak amacı ile doğru tahmin oluşturulması çok önemlidir. Konut fiyat tahmini çok sayıda parametrenin dikkate alınmasını gerektiren bir durumdur. Makine öğrenimi, bilgi toplamak ve gelecekteki olayları tahmin etmek için işletme, bilgisayar mühendisliği, endüstri mühendisliği, biyoinformatik, tıp, ilaç, fizik ve istatistik gibi disiplinlerde kullanılmıştır. Emlak piyasasındaki hızlı artış ve büyüme ile birlikte, makine öğrenimi bir konutun fiyatını tahmin etmede önemli bir rol oynayabilir [3]. Konut fiyatlarının farklı yapay zeka yöntemleri ile tahmin etmek mümkündür. Bu çalışmada konut fiyatı tahmini makine öğrenimi yöntemlerinden çoklu regresyon modeli ile yapılmıştır [4]. Bu yöntem ile geçerli ve doğruya en yakın tahmini oluşturabilmek için gerekli parametreleri gözden geçirmek ve kullanılan verileri dikkatli bir şekilde sayısallaştırmak gerekmektedir. Bu çalışmanın örneklemini Eskişehir ilinin en büyük iki merkez ilçesi olan Tepebaşı ve Odunpazarı oluşturmaktadır. Konut satışı için gerçek veriye ulaşmak amacı ile web tabanlı konut satış platformlarından (emlak-jet) kamuya açık konut fiyat verileri alınmıştır. Daha sonrasında fiyatların tutulması amacı ile veri tabanı oluşturulmuştur. Python selenium kütüphanesi ile emlak-jet üzerinden 2020 yılının Aralık ayına ait Eskişehir merkez ilçelerinde satışı bulunan konutlara ait özellikler ve fiyatlar çekilmiştir. Geliştirilen programlama ile merkez bankasına ait yıllık artış oranı belirlenerek gelecekteki ev fiyat tahmininin oluşturulması ve bu bilgiler doğrultusunda öngörülebilir bir tahmin sistemi oluşturulmuştur.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

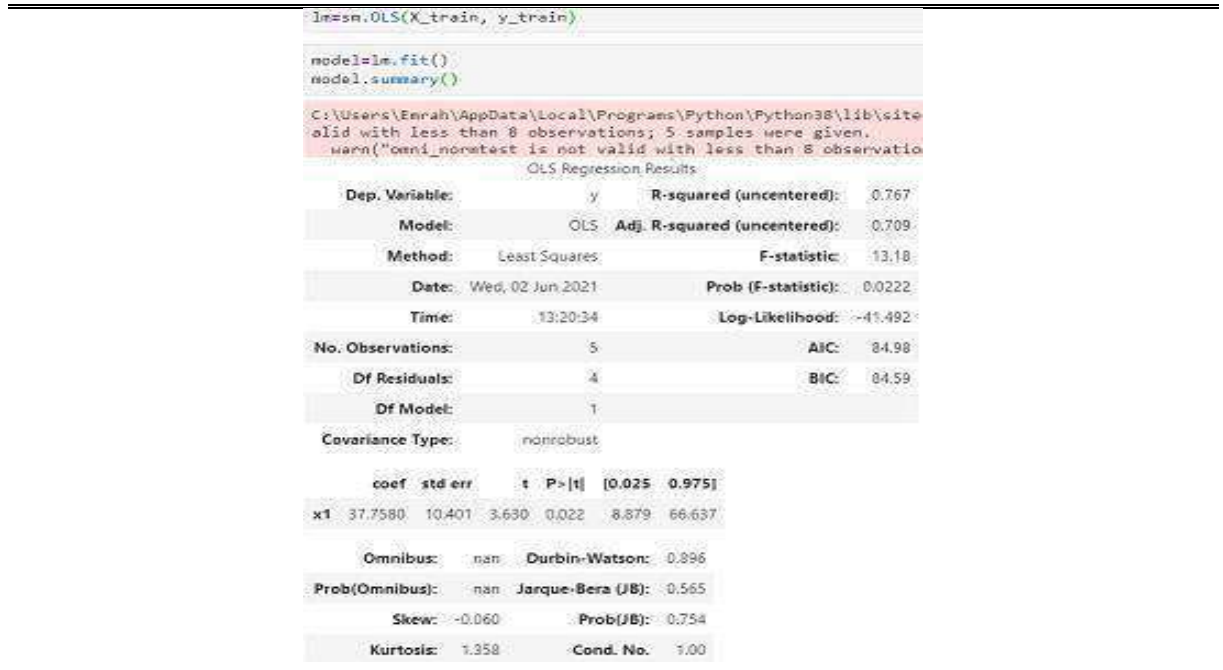
Bu bölümde çalışmamızda konut fiyatının tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerden olan makine öğrenmesi çoklu doğrusal regresyon ele alınmıştır. Regresyon, üzerinde durulan yanıt değişkeni ile ilişkili olabileceği düşünülen açıklayıcı değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir [5]. Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şekli regresyon modelleri ile incelenmektedir. Kullanılması gereken regresyon modeli verinin yapısına göre farklılık göstermekte ve yanlış model kullanılması hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir. Çoklu doğrusal regresyon modeli ise sistemde birden fazla bağımsız değişkenin sonucu etkilediği durumlarda kullanılmaktadır. Konut fiyat tahmininde birçok parametre kriteri göz önüne alındığında en uygun yöntemin çoklu doğrusal regresyon yöntemi olduğu öngörülmüştür [6].

Çalışmanın veri kümesini 2020 yılının Kasım-Aralık tarihleri arasında Eskişehir'in en büyük iki merkez ilçeleri için internet ortamında satış ilanı bulunan konutların fiyat ve özellik bilgisi oluşturulmaktadır. 405 konut verisi python selenium kütüphanesi kullanılarak otomatik ve belirli şartlar doğrultusunda alınarak %75' i öğrenme, %25'si test (doğrulama) verisi için ayrılmıştır.

Literatür incelendiğinde konut fiyatlarını etkileyen kriterlerin konut fiyat üzerinde pozitif yönde etkisinin olduğu belirlenmiş ve sayıca fazla olması nedeniyle çoklu doğrusal regresyon modeli tercih edilmiştir [7]. Çalışmamızda konut fiyatını tahmin etmek kullanılan parametreler şunlardır: Konutun büyüklüğü, oda sayısı, banyo sayısı, wc

sayısı, eşya durumu, bina yaşı, daire katı, site durumu, tramvay durağına uzaklık ve ısınma durumu gibi önemli özellikler kullanılmıştır.

Ayrıca modelin kurulumu verilerin işlenmesi, düzenlenmesi ve etiketlenerek istatistiksel numerik haline dönüştürülmesi ve son olarak ara yüz tasarlanması için python programlama platformu python 3.8 jupyter-lab editörü kullanılmıştır. Modelin algoritması için python kütüphanesinde yer alan ve tahminleme işlemleri için en çok kullanılan xgboost tercih edilmiştir [8]. Tasarlanan regresyon modeli xgboost algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Modelleme veya tahminlemede bulunmadan önce veri setimizi bir eğitim ve test setine ayırarak modelimizi eğitir ve test seti üzerinde tahminler yapabiliriz. Y değişkeni benim hedef değişkenim yani tahminde bulunacağım değişken. X ise veri kümesinin tüm özellikleridir. X ve Y değişkenlerini x_test, x_train, y_test, y_train olarak gözlem ve test seti olarak modelde kullanırız. Eğitilen modelde bağımlı değişkenimiz konut fiyatı bağımsız değişkenler ise fiyat dışında kalan konut özellikleridir. Bu yaklaşımdan dolayı modeli eğitmek için x 'e bağımsız değişken olan konut özelliklerini y'e ise benim hedef değişkenim yani tahminde bulunacağım bağımlı değişkendir. Çoklu doğrusal regresyon model denklemine göre; $y=b_0+b_1*x_1+b_2*x_2+...+b_n*x_n$ denklemde yer alan y değişkeni bağımlı değişkeni(tahmin edilen fiyat) b_0 sabit değer, x değerleri bağımsız değişken olan ve konut özellikleri neticesinde fiyatı etkileyen parametre olarak kullanılmıştır. Şekil-1' de belirtilen anlamlılık değeri ve katsayı oranları 405 adet veri için yüzde 77' ye yakın doğru tahmin oluşturduğunu göstermiştir.



Şekil-1 Model Doğruluk Oranı (Model Accuracy Rate)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Çalışmada oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulan model eğitilip test verileri okunduktan sonra mevcut konutlara yakın bir tahmin oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Oluşturulan fiyat tahmini Merkez Bankası aylık ve yıllık konut indeks verileri alınarak artış oranı hesaplanmış üretilen fiyat tahmin modeli üzerinde katsayı olarak

kullanılarak gelecek fiyat tahmininde doğru bir oran oluşturmuştur. Kurulan model sonuçları ile birlikte Merkez Bankası verileri alınarak şekil-2’de tahmin edilen ve gerçek fiyat gösterilmiştir.

The screenshot displays a web application interface for housing price prediction. It features a grid of input fields for various parameters, each with a 'Seç' (Select) button. The parameters include:

- İLÇE (District): Topkapı
- YAPIL TÜRÜ (Building Type): Daire
- ODA SAYISI (Floor Count): 1+1
- SİTE DURUMU (Site Status): Sıfır
- TAHMİN YILI SEÇİNİZ (Select Prediction Year): 2021
- EŞYA DURUMU (Furniture Status): Hayır
- BİNA YAŞI (Building Age): 20
- NET METREKARESİ (Net Area): 100
- BRÜT METREKARESİ (Gross Area): 110
- İSTİMA TÜRÜ (Construction Type): Beton Değeri
- BANYO SAYISI (Bathroom Count): 1
- WC SAYISI (WC Count): 2
- DAİRE KATI (Floor Level): Sıfır

Below the input fields, there is a large orange button labeled 'TAHMİN OLUŞTUR'. To the right of this button, the results are displayed in a table:

Şimdiki Fiyatı :	334514
Tahmin Fiyatı :	387570

The interface is set against a dark blue background. A small 'Emlak EDC' logo is visible in the bottom right corner.

Şekil-2 Proje Sonuç Ekranı (Project Result Screen)

Gelişen teknoloji ve bilim ile birlikte konut sektöründe daha güvenilir ve daha doğru tahmin yapılması sektörde yer alan tüm unsurların ve paydaşların doğru karar almalarını sağlayacak şekilde bir nitelik olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışma makine öğrenme yöntemlerinden biri olan ve bu anlamda kullanılan çoklu doğrusal regresyon tekniklerinin konut fiyatlarının doğruya en yakın şekilde tahmin edilmesi yönünde bir araç olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Eskişehir’deki konut fiyatlarında etkili olan faktörler girdi teşkil etmek üzere belirlenmiştir. Konut fiyatlarında etkisi olan konut özellikleri daha doğru sonuç üretmek ve belirleyici olmak adına girdi olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki amaç regresyon modeli kullanılarak veri işlenmesi ve eğitilip test edilerek en doğru tahmini oluşturmasıdır. Tahminleme için kullanılan modelin az hataya sahip ve doğruluk oranının ise en yüksek olduğu görülmüştür. Konutların özellikleri ve fiyatları arasındaki ilişkinin makine öğrenmesi çoklu doğrusal regresyonunun incelendiği bu çalışmanın illerdeki konut fiyat tahmini ve Türkiye genelinde konut fiyatları tahmini çalışmalarına katkısı olacağına inanılmaktadır. İleriye yönelik yapılacak çalışmalarda kapsamlı modele daha fazla girdi teşkil edecek değişkenler girilip çeşitlendirildiği durumda sektörün tüm paydaşları için konut fiyat tahminlerinin kullanılması öngörülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

KAYNAKÇA

- [1] Y. COŞKUN, “Konut fiyatları ve yatırımı: Türkiye için bir analiz,” *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, vol. 9, no. 2, pp. 201–217, 2016.
- [2] S. GÖZÜBÜYÜK and K. O. Y. Ayben, “Türkiye’de konut üretiminin belirleyicileri: ekonomik büyüme ve konut faiz oranı,” *Bankacılık ve Sermaye Piyas. Araştırmaları Derg.*, vol. 4, no. 9, pp. 1–10, 2020.
- [3] B. Park and J. K. Bae, “Using machine learning algorithms for housing price prediction: The case of Fairfax County, Virginia housing data,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, no. 6, pp. 2928–2934, 2015.
- [4] E. H. Jeon, “Multiple regression,” in *Advancing quantitative methods in second language research*,

Routledge, 2015, pp. 131–158.

- [5] K. K. Lwin, K. Sugiura, and K. Zettsu, “Space–time multiple regression model for grid-based population estimation in urban areas,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 8, pp. 1579–1593, 2016.
- [6] C. Maheswari, E. B. Priyanka, S. Thangavel, S. V. R. Vignesh, and C. Poongodi, “Multiple regression analysis for the prediction of extraction efficiency in mining industry with industrial IoT,” *Prod. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 457–471, 2020.
- [7] G. ÇALMAŞUR and M. E. AYSİN, “Konut fiyatlarına etki eden faktörlerin hedonik modelle belirlenmesi: TR1 alt bölgesi üzerine bir uygulama,” *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Derg.*, no. 22, pp. 77–92, 2019.
- [8] A. Ogunleye and Q.-G. Wang, “XGBoost model for chronic kidney disease diagnosis,” *IEEE/ACM Trans. Comput. Biol. Bioinforma.*, vol. 17, no. 6, pp. 2131–2140, 2019.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

COVID19'la Mücadelede Yüz Maskesi Kullanımının Görüntü İşleme Teknikleriyle Kontrol Edilmesi

Rana KIRDAL¹, Gültekin ÇAĞIL²

^{1,2} Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

¹rana.kirdal@ogr.sakarya.edu.tr ²cagil@sakarya.edu.tr

Öz

Covid19 pandemisi 2020 yılının en önemli sorunu olmuştur. Corona virüsünün bulaşma ihtimalinin azaltılmasında maske kullanımının yüksek oranda etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durum pek çok ülkede maske kullanımını zorunlu kılmıştır. İç ve dış mekanlarda çok sayıda insanın maske kullanımının sürekli kontrolü görüntü takip sistemleri ile mümkün olabilmekte, bu takip sistemleri yapay zekâ destekli görüntü işleme teknikleriyle otomatize edilebilmektedir. Görüntü işleme ile hızlı, düşük maliyetli ve hassas bir takip yapılabilir. Bu çalışma insan yüzünde maske olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak, insan yüzündeki maskenin tanınması modeli YoloV4 algoritmasıyla Google Colabratory platformu aracılığıyla geliştirilmiş, Maske Tespit Programı, Python dilinde OpenCV kütüphanesinden yararlanılarak yazılmıştır. Eğitilen model ile yüksek doğrulukta tespit yapılabildiği görülmüş, bu sonuçların ışığında sistemin çeşitli kontrol noktalarında kullanılmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Görüntü işleme, OpenCV, YoloV4, Maske Tespiti

In The Fight Against COVID19 Checking Face Mask Use With Image Processing

Abstract

Covid19 pandemic has become the biggest issue of 2020. Mask usage has detected as highly efficient on decreasing contamination of corona virus. In this situation, wearing face masks is mandatory in many countries. Checking mask usage of many people constantly, in both outdoors and indoors is possible with image tracking systems. Image tracking systems can be automatise with artificial intelligence-based image processing techniques. With image processing a fast, sensitive and low costed tracking system can be built. In this work the aim is to detect whether the mask is worn on human face. to reach this aim mask recognition model in human face developed with YoloV4 algorithm through Google Colabratory platform. Face Mask Detection Application has developed with Python programming language and OpenCV library. High accuracy level on detecting face mask has been reached with trained model. In the light of the results building image processing systems in various control points can be useful on successfully detecting the face mask usage.

Keywords: Image Processing, OpenCV, YoloV4, Mask Detection

1.Giriş (Introduction)

İnsanın görme ve gördüğünü anlamlandırabilme kabiliyetinin bilgisayara kazandırılmasına Bilgisayarlı Görü ya da Görüntü işleme denmektedir. Bilgisayarların girdi verilerinden yeni veriler üretmesine öğrenme denir, derin öğrenmede katmanlar ile öğrenim güçlendirilebilir. Görüntü işleme, derin öğrenme yöntemleri kullanılarak bilgisayarın görüntülerden çıkarım yapabilmesi amaçlanır. Görüntü işleme ile nesne tespiti günümüzde pek çok alanda kullanılabilir. Bazen bir hastalığın teşhisi için karar destek sisteminde (Bulut,[1]) bazen de su altı görüntülerinde balık çeşitlerinin tespitinde (Rathi, [2]) kullanılmıştır.

2020 yılında tüm dünyayı saran COVID19 pandemisi sebebiyle artık dünyanın pek çok yerinde hijyenik yüz maskelerinin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu maskelerin kullanılmasının virüsün yayılmasında alınabilecek en etkili önlem olduğu düşünülmektedir (Feng, [3]). Bu sebeple maskenin kullanımı hayati önem taşımaktadır. Yine tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de maske kullanımının kontrolü önem arz etmektedir. Pek çok mekânda, maske takmamak idari para cezasına tabidir.

Pandemi haricinde koruyucu yüz maskelerinin fabrika, laboratuvar ve bazı üretim alanlarında kullanımı da sağlık gereksinimleri dolayısıyla mecburidir. Maske kullanımının kontrolü zaman alıcı ve maliyetlidir. Ayrıca kontrol edicinin gözünden kaçan durumlar olabileceğinden hassas bir kontrol yapılması zordur, hassasiyeti iyileştirmek için çok sayıda çalışana ihtiyaç duyulabilir. Bu durumun getireceği zaman kaybı, maliyetler ve düşük güvenilirliğin azaltılmasında görüntü işleme kullanılabilir. Bu çalışmada maske kullanımı kontrolünün sağlanmasında görüntü işlemeden faydalanılması önerilmektedir.

Maske kullanımı, çeşitli çalışma ortamlarında çalışan sağlığını, salgın hastalık durumlarında ise toplum sağlığını korumak için zaruri olmuştur.

Bu çalışmada maske kullanımının önemi göz önüne alınarak, bir kontrol sistemi geliştirilmek istenmiştir. Çalışma içerisinde insan yüzündeki maskenin tespitini gerçekleştiren programın yazımında Python programlama dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Tespiti gerçekleştirecek derin öğrenme modeli ise Darknet evrimsel sinir ağları tabanlı Yolo algoritması kullanılarak Google Colab Platformunda geliştirilmiştir.

Literatürde yer alan, maske tespitini gerçekleştirmek üzere yapılmış benzer çalışmalara yazının devamında yer verilmiştir.

Loey ve diğerlerinin, derin öğrenme metodlarının bir hibridini kullanarak yüz maskesi tespiti yaptıkları çalışmada geliştirdikleri model, derin aktarımlı öğrenme ve klasik derin öğrenme algoritmalarının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Çalışmada özellik çıkarımında derin aktarımlı öğrenme (ResNet50), eğitim, doğrulama ve test aşamalarında ise klasik derin öğrenme metodlarından karar ağaçları, destek vektör makinesi, ensemble yaklaşımı (KNN, Doğrusal Regresyon, Lojistik Regresyon) kullanılmıştır. MATLAB programlama dili aracılığıyla 96gb Ram'li Intel Xeon İşlemci (2ghz) ile deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. 3 farklı sınıflandırma aracıyla; karar ağaçları, destek vektör makinesi, ensemble, 4 farklı veri seti, DS1: gerçek maskeli yüzler, DS2: sahte maskeli yüzler, DS3: DS1 ve DS2'nin bir bileşimi ve DS4: maske simülasyonlu yüzler ile deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Veri setleri %70 eğitim, %10 doğrulama, %20 test için ayrılmıştır. Sonuç olarak en

yüksek test doğruluk oranı %99,64 ile SVM (destek vektör makinesi) aynı zamanda eğitim süresi en kısa sınıflandırıcı olmuştur. (Loey, [4])

Maske tespiti üzerine yapılan bir başka çalışmada Bhuiyan ve arkadaşları, Darknet YoloV3 ile Google Colabatory üzerinden model eğitimi yapılmıştır. 300'ü maskeli 300'ü maskesiz insanlara ait görüntülerden oluşan 600 görüntülük veri ile çalışılmıştır. Eğitim sonunda aldıkları sonuçlara göre %96 hassasiyetle, saniyede 17 kare işleyerek maskenin olup olmadığını kontrol edebilmişlerdir (Bhuiyan, [5]).

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Veri Seti (Data Set)

Maske tanıma sisteminde kullanmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Birinci sınıf "Maske Var", ikinci sınıf "Maske Yok" şeklindedir. Bu iki sınıfa uygun olacak şekilde mümkün olan en fazla çeşitlilikte görüntüler toplanmıştır. Örneğin maskeli insan yüzleri toplanırken çeşitli maskeler, insan yüzünün farklı renkleri, kadın ve erkek yüzleri, farklı aydınlatma koşullarının olduğu, farklı açılardan çekilmiş resimler toplanmaya özen gösterilmiştir. Bunun yanı sıra bu görüntüler yalnızca ücretsiz kullanıma açık kaynaklardan ve kişisel hakları ihlal etmeyecek şekilde kullanım rızası olan verilerden toplanmıştır.

Etiketleme işlemi görüntü işlemede önemli aşamalardan biridir. Bu işlem, tespit edilmek istenen nesnesinin sınırlarını çizerek girdi verisi elde etmeye yarar. Etiketleme, boylamda; insan yüzünün alından çeneye kadar, enlemde; çene hattının bitişine kadar olan kısım seçilerek yapılmıştır. Ücretsiz ve kolay bir kullanım sunan MakeSenseAI yazılımı online olarak kullanılarak etiketlemeler tamamlanmıştır. Bu yazılım etiketleme işleminin sonunda, Yolo formatına uygun metin dosyaları şeklinde indirmeye olanak sağlar.

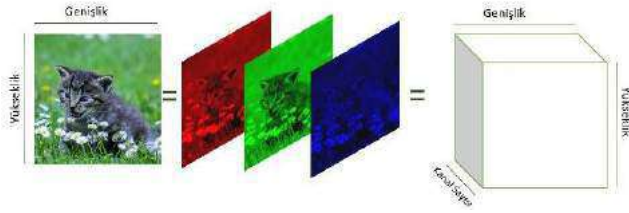


Şekil 1. Görüntülerin Etiketlenmesi Örnekleri

Modelin eğitimine başlamadan önce veriler eğitim ve test olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Toplam 900 görüntü dosyasının 160'ı test, 740'ı eğitim verisi olarak eğitim sürecine dahil edilmiştir.

2.2 Konvolüsyonel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks)

Konvolüsyonel sinir ağları bilgisayarlı görü ile tanıma işlemlerinde sıkça kullanılan bir derin öğrenme yöntemidir. Bu derin öğrenme metodunun diğer yapay sinir ağlarından farkı filtrelerden en az birinin özellik çıkarımı yapmasıdır. Bir konvolüsyonel sinir ağının yapısı girdi katmanı, konvolüsyon katmanı, ortaklama katmanı ve tam bağlantılı katmandan oluşur. Girdi katmanında, sayı değerleri alan bir matrisle ifade edilen resim kullanılır. Matrisin kaç boyutlu olacağı resmin özelliğine göre değişebilmektedir. Resim özellikleri renk yani kanal sayısı, yükseklik ve genişlik gibi değerler olabilir.



Şekil 2. 3 kanallı bir görüntünün renk katmanları ve kanal sayısı

Konvolüsyon katmanında belirlenen bir boyutta filtre matrisleri uygulanır. Resmin girdi matrisi üzerinde bu filtreler yer değiştirerek bütün pikselleri gezer ve özellik çıkarmaya çalışır. Ortaklama katmanı, yapay sinir ağı eğitim süresini kısaltmaya yarayan katmandır. Genellikle maksimum ortaklama ve ortalama ortaklama kullanılır. Tam bağlantılı katmanda görüntüye uygulanan özellik çıkarımı, boyut küçültme ve normalizasyon işlemlerinin sonundaki veri kullanılır (Gülcü ve Kuş, [6]).

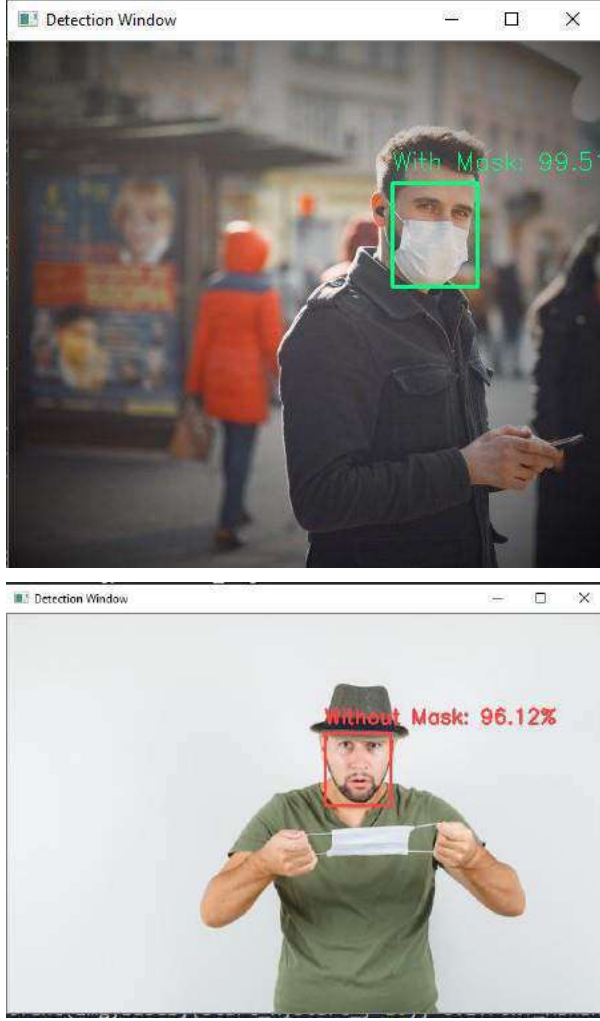
2.3 Yolo Algoritması (Yolo Algorithm)

Bu çalışmada kullanılan YOLO (You only look once) konvolüsyonel sinir ağlarını temel alan bir algoritmadır. Kullanıcıya kolay ve hızlı bir süreç sunan bu algoritmayla bir ya da birden fazla nesnenin tespitini yapmak mümkündür. Yolo algoritmasında işlenecek olan görüntü öncelikle bölgelere ayrılır. Daha sonra bir yapay sinir ağı, görüntü üzerinde hareket ederek nesne tespiti çerçevelerini çizer ve bu çerçeve içinde nesnenin bulunma olasılıklarını hesaplar. Bu hesaplamaların bir evrişimde yapılması sayesinde oldukça hızlı bir nesne tanıma süreci sunar. Temel Yolo modelinin saniyede 45 kare işleyebilme kapasitesi vardır. Daha küçük bir ağ kullanan Fast Yolo ise saniyede 155 kareye kadar işleyebilmektedir (Redmon, [7]).

2.4 OpenCV

Bu çalışmada temel işlemlerden birkaçını gerçekleştirebilmek için görüntü işleme kütüphanelerinden biri olan OpenCV kullanılmıştır. OpenCV, Intel firmasının C ve C++ dilleriyle geliştirdiği farklı işletim sistemleri üzerinde çalışabilen ücretsiz bir kütüphanedir (Culjak, [8]).

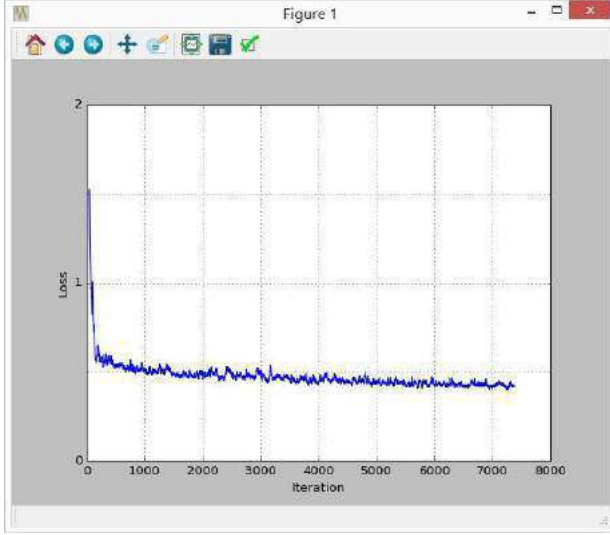
Çalışmayı yürütürken video karelerini işleme, görüntüleri okumada, eğitilmiş olan modele bağlanmada OpenCV kütüphanesinden yararlanılmıştır. Ayrıca nesne tespitini gerçekleştirme, tespit edilen nesnelere için güven seviyesini belirlenmesi, etiketlerle birlikte tespit sınır çerçevelerinin çizilmesi ve tespit penceresinin oluşturulması işlemleri de OpenCV ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. OpenCV ile oluşturulan tespit penceresi örnekleri

3. Performans Ölçütü (Performance Criterion)

Model eğitimi sürerken, her iterasyonda yapılan testlerde Yitim Fonksiyonu (Loss Function) ile yitim değerleri hesaplanır. Sınıflandırma yitimi (classification loss), yapılan tespitin doğru sınıfa yerleştirilmemesiyle; yerleşim yitimi (localization loss), çizilen sınır çerçevelerinin konumunun ve boyutunun hatalarıyla; güven yitimi (confidence loss), çizilen sınır çerçevelerinde tespit edilmek istenen nesnenin bulunma olasılığı hatalarıyla ilgili değerlerin işlenmesidir. Yolo'nun kullanmış olduğu yitim fonksiyonu, güven yitimi, yerleşim yitimi ve sınıflandırma yitiminin toplamıdır. Yolo tarafından eğitim süresince güncellenen bir grafik içeren "plot.jpg" adlı görüntü dosyası oluşturulur. Bu grafik incelendiğinde yitim değerlerinin her iterasyonla birlikte azaldığı ve eğrinin giderek düzleşmeye başladığı görülebilir.



Şekil 4. Yitim fonksiyonu grafiği

Model eğitildikten sonra Yolo'nun vermiş olduğu IoU (Intersection over Union), TP (True Positive) ve FP (False Positive) değerlerine göre modelin hassasiyet değeri (Precision) incelenmiştir.

IoU, görüntü üzerinde bizim çizdiğimiz nesne çerçevesinin ve modelin çizdiği nesne tespiti çerçevesinin kesişimlerinin, bu çerçevelerin birleşimine oranıdır. Bu oran modelimizde 0.50'dir. Buna göre IoU'nun 0.5'ten büyük olduğu durumlar TP sayılmakta, IoU'nun 0.5'in altında olduğu durumlar ise FP sayılmaktadır.

TP, doğru olumlu manasına gelmektedir. Örneğin, veri setimizde yer alan maske takmış bir insan yüzünün görüntüsü ele alındığında, tespit de 'Maske Var' şeklindeyse bu doğru olumlu anlamındadır.

FP, yanlış olumlu manasına gelmektedir. Buna örnek olarak da maske kullanımının olmadığı bir görüntüde, 'Maske Var' tespitinin yapılması verilebilir.

Hassasiyet değeri, yapılan tüm tespitler içindeki, doğru tespitlerin sayısını yüzde cinsinden temsil eder. Hassasiyet hesabı aşağıda verilen formüle göre yapılır (Hendrya, Chen, [9]).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

Darknet model eğitimi sonunda Google Colabatory ekranında yer alan bilgiler dahilinde IoU değerinin 0.5 alındığı ve hassasiyet değeri %99.8 olarak elde edilmiştir.

4.Sonuç (Conclusion)

Bu çalışmada Python programlama dili ve OpenCV kütüphanesinden; Darknet ve Yolov4 algoritmasından yararlanılarak geliştirilen sistemle, COVID19 ortamında hayati önem taşıyan ve zaman alıcı bir iş olan maske tespitinin yüksek hassasiyetle yapılabildiği görülmüştür. Hassasiyet değeri, Darknet model eğitimine dahil edilen 160 test görüntüsünde yer alan maskeli ve maskesiz insan yüzlerindeki tüm etiketlemeler içerisinden %99,8'inin doğru tespit edilebildiğini göstermiştir.

Bu ve buna benzer görüntü işleme sistemlerinin kullanımıyla fabrika ve laboratuvar gibi ortamlarda işçinin sağlığının korunması, Pandemi ortamı açısından bakıldığında da virüsün bulaşma risklerinin azaltılması sağlanabilir.

Görüntü işleme yaklaşımının daha hızlı ve güvenilir, uzun vadede daha az maliyetli bir sistem olması, onu geleneksel yöntemlerden ayıran önemli bir fark olarak düşünülebilir.

Kaynaklar (References)

- [1] Bulut, F., Kılıç, İ., İnce, İ. (2018). Beyin Tümörü Tespitinde Görüntü Bölütleme Yöntemlerine Ait Başarımların Karşılaştırılması ve Analizi. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*. 20. 173-186. 10.21205/deufmd.2018205815.
- [2] Rathi D., Jain S., Indu S., (2017) "Underwater Fish Species Classification using Convolutional Neural Network and Deep Learning," 2017 Ninth International Conference on Advances in Pattern Recognition (ICAPR), Bangalore, pp. 1-6.
- [3] Feng S., C. Shen, N. Xia, W. Song, M. Fan, B.J. Cowling, "Rational use of face masks in the COVID-19 pandemic", *Lancet Respirat. Med.* 8 (5) (2020) 434–436.
- [4] Loey M., Manogaran G., Hamed M., Taha N., Eldeen N., Khalifad M. (2021) "A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic", *Measurement*, Volume 167.
- [5] Bhuiyan M.R., Khushb S. A., Islam M. S., (2020) "A Deep Learning Based Assistive System to Classify COVID-19 Face Mask for Human Safety with YOLOv3," 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Kharagpur, India, pp. 1-5.
- [6] Gülcü A., Kuş Z., (2019) "Konvolüsyonel Sinir Ağlarında Hiper-Parametre Optimizasyonu Yöntemlerinin İncelenmesi," *Gazi Üniversitesi Fen Bilim. Derg. Part C Tasarım ve Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 503–522.
- [7] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. (2016) "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, pp. 779-788.
- [8] Culjak I., Abram D., Pribanic T., Dzapo H., Cifrek M. (2012) "A brief introduction to OpenCV," *2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO*, Opatija, 2012, pp. 1725-1730.
- [9] Hendry, Rung-Ching Chen, (2019) "Automatic License Plate Recognition via sliding-window darknet-YOLO deep learning", *Image and Vision Computing*, Volume 87, Pages 47-56.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE UZAKTAN
ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI**

Erdal UZUNAY ^{1,*} Eray KÖKSAL²

¹Erdal UZUNAY, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
uzunayerdal@yahoo.com

²Eray KÖKSAL, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
eraykoksal@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: uzunayerdal@yahoo.com; Tel.: +90 05557318921

ÖZET

Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini konusunda Güneş, dünyamız için bitmeyen bir enerji kaynağıdır. Son yıllarda Güneş enerjisinden elektrik üretebilmek amacı ile yapılan çalışmalar devam etmekte olup teknolojinin gelişmesine paralel olarak güneş enerjisinden yararlanma oranımız her geçen gün artmaktadır. Güneş enerjisinden en iyi faydayı sağlayabilmek için santral kurulacak alanların seçimi son derece önemlidir. Güneş enerji santrali kurulabilecek alanların seçiminde arazinin güneş alma potansiyeli, eğimi, enerji nakil hatlarına uzaklığı, yerleşim alanlarına uzaklığı, sulak alanlara uzaklığı, fay hatlarına uzaklığı, verimli tarım arazilerine uzaklığı gibi birçok değişkenin göz önünde bulundurulması ve en uygun kararın verilmesi gerekmektedir. Bu karar alma sürecinde uzaktan algılama ile elde edilmiş verilerden ve analiz yöntemlerinden yararlanılması yapılacak çalışmalarda optimum fayda sağlayabilmek açısından önemlidir.

Bu çalışmada elektrik enerjisi üretimi amaçlı güneş enerji santrali yeri belirlenmesi aşamasında uzaktan algılama verilerinin analizi yardımı ile en uygun yatırım kararının nasıl verilebileceği anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, güneş enerjisi santrali



USE OF REMOTE SENSİNG AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN SOLAR POWER PLANT LOCATION SELECTION

ABSTRACT

As for the production of energy from renewable sources, The Sun is an endless source of energy for our world. In recent years, studies have been continuing to produce electricity from solar energy, and in parallel with the development of technology, our rate of use of solar energy is increasing every day. In order to get the best benefit from solar energy, the choice of areas to be installed in the power plant is extremely important. A solar energy plant that can be built in the selection of the potential of the land areas to the sun, slope, distance to power transmission lines, residential areas, and distance to wetlands in the distance, the distance to the fault, such as distance to many variables to consider and productive agricultural land should be given to the most appropriate decision. In this decision-making process, it is important to use the data obtained by remote sensing and analysis methods to provide optimal benefits in the work to be done.

In this study, it will be explained how the most appropriate investment decision can be made with the help of remote sensing data analysis at the stage of determining the location of a solar power plant for electricity generation.

Key Words: Remote sensing, geographic information systems, solar power plant

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlilerindedir. Gelişmiş dünya ülkeleri güneşten en iyi şekilde yararlanabilmek amacı ile ar-ge çalışmalarına önem vermekte ve güneş enerjisi kullanımını destekleyici politikalar üretmektedir. İngiltere ve Japonya gibi ülkeler 2030 yılına kadar fosil yakıtla çalışan araçlar yerine elektrikli araçların kullanılabilmesi için çalışmalar yapmakta ve bu politika gelişmiş dünya ülkeleri tarafından benimsenmektedir. Fosil yakıtla çalışan araçların yerine elektrikle çalışan araçların kullanılması küresel ısınma ve çevre kirliliğini önemli ölçüde azaltmakla birlikte elektrik ihtiyacını artıracaktır. Küresel bazda elektrik ihtiyacını fosil yakıtlar yerine yenilenebilir kaynaklardan karşılayabilmek için güneş enerjisini kullanmak teşvik edildiği ve güneş enerjisi kullanım miktarını artırmak genel bir politika olduğu için güneş enerjisinden azami fayda sağlayabilecek teknolojiler gelişmektedir.

Ülkemizde 2019-2023 yılı 11.kalkınma planında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi artırılacak, yenilenebilir enerji üretiminin şebekeye güvenli bir şekilde entegrasyonunun sağlanması amacıyla gerekli planlama ve yatırımlar gerçekleştirileceği belirtilmiştir (URL 1).

Ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 stratejik planında yenilenebilir enerjilerin kullanımının artırılması, yenilenebilir enerjilerin üretiminde yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi noktasında çalışmaların yapılması gerekliliği belirtilmektedir (URL 2).

Güneş, nükleer enerji hariç yeryüzündeki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır (Kanat 2019). Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edebilmek için günümüzde 2 farklı sistem kullanılmaktadır. Bu çalışmada sadece fotovoltaik (PV) sistem ile ilgili bilgiler verilecektir.

1.1 Fotovoltaik (PV) Sistem (Photovoltaic (PV) system)

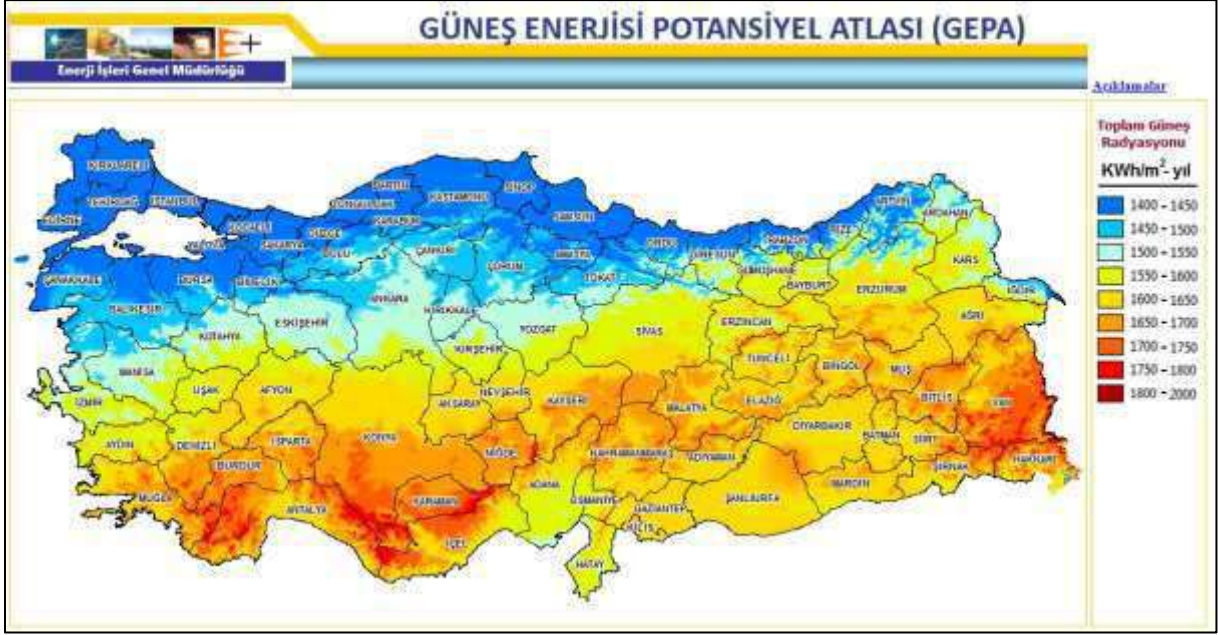
Güneş pilleri olarak da adlandırılan fotovoltaik (PV), güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren elektronik cihazlardır. Modern güneş pili muhtemelen çoğu insanın tanıyacağı bir görüntüdür. Evlere ve hesap makinelerine monte edilen panellerde bulunurlar. 1954 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Bell telefon laboratuvarlarında icat edildi. Bugün, PV en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji teknolojilerinden biridir ve gelecekteki küresel elektrik üretim karışımında önemli bir rol oynamaya hazırdır (URL 3).

Birden fazla sayıdaki güneş hücresinin birbirlerine paralel yada seri bağlanıp bir yüzey üzerine monte edilmesiyle gerilimi ve dolayısıyla güç çıkışını artırmak mümkündür. Bu yapıya PV modül adı verilmektedir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine paralel yada seri bağlanarak üretim sistemleri kurulabilir (Cebeci 2017).

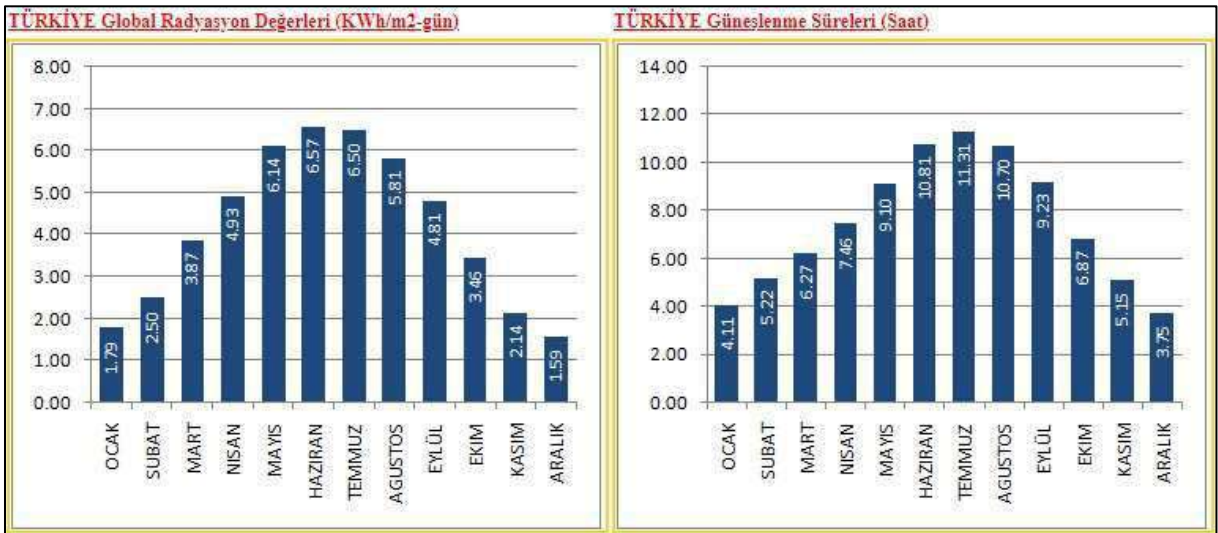
1.2 Güneş Enerji Santrali Yer Seçimine Etki Eden Faktörler (Factors Affecting Solar Power Plant Location Selection)

Güneş enerji santrali yatırımlarına etki eden en önemli faktör güneş alma potansiyelidir. Ülkemiz güneşlenme süresi bakımından dünyanın birçok gelişmiş ülkesine göre iyi durumdadır. Türkiye Enerji İşleri Genel

Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına göre (Şekil 1.1) ülkemizin kuzey kıyıları ve Trakya bölgesinde güneşlenme potansiyeli diğer bölgelere göre daha az olup İç Anadolu, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerimizde güneşlenme potansiyeli yüksektir. Ülkemizde Kasım, Aralık, Ocak aylarında güneşlenme süreleri ve radyasyon değeri düşük, diğer aylarda özellikle Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında yüksektir (Şekil 1.2)



Şekil 1.1 Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (Atlas of Solar Energy Potential in Turkey) (URL 4)



Şekil 1.2 Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri (Turkey Global Radiation values and sunbathing Times) (URL 4)

Güneş enerji santrallerinin verimliliği yerel iklim koşullarından da etkilenmektedir. Santral kurulacak alanlardaki aşırı iklim koşulları (aşırı yağış, şiddetli rüzgâr, kar gibi) kurulacak tesisin zarar görmesine neden olabilir. Santral

kurulacak arazinin yapısı da verimliliği etkileyen faktörlerdendir. Santrallerin yer seçiminde genellikle çok eğimli ve dalgalı olmayan arazi yapısı verimlilik açısından önemlidir. Arazinin düz olması da yağmur suyu birikintilerine sebep olabileceği için tercih edilmemelidir. Güneş panellerinin güneşi daha fazla görebilmesi verimliliği artıracığı için güney ve güney ara yönlerine bakan araziler tercih edilmelidir (Şenlik, 2017).

Santral kurulacak alanın arazi kullanım durumu da verimliliği etkileyen faktörlerdendir. Santral kurulacak alan yerleşim yerlerine çok yakın olmamalıdır. Doğal bitki örtüsü gölgelenmeyi artıracığı için ağaçlık alanlar tercih edilmemelidir. Doğal bitki örtüsü ağaçlık olmayan alanda GES kurulumu daha verimli olacaktır. Akarsu ve göl kenarlarında olması su baskınlarından zarar görmesine neden olacağı için tercih edilmemelidir.

Sit alanları ya da doğal koruma alanlarında, kıyı alanlarında, askeri yasak bölgelerde, havaalanı yakınlarında santral kurulumlarına izin verilmemektedir. Verimli tarım arazilerinde arazi maliyetleri çok yüksek olacağı için santral kurulumuna uygun değildir. Santral kurulacak alanın mevcut elektrik şebekesine ve trafolarına çok uzak mesafede olması ilk yatırım maliyetlerini artıracığı için tercih edilmemelidir. Santral kurulacak alana yol bağlantısının olması önemlidir. Santral kurulum ve işletme aşamalarında araçların gelip gitmesi için anayola bağlantısı olmalıdır. Şehir merkezine çok uzak olması ulaşım maliyetlerini artıracığı için tercih edilmemelidir.

Güneş enerji santrali yatırımlarında yer seçimi birden çok değişken içermektedir. GES projelerinde ilk kurulum maliyetleri çok yüksek olduğu için yer seçimi çok önemlidir. Yer seçiminde coğrafik verilerin çok geniş alanlarda değerlendirilebilmesi için uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen coğrafik veriler ile birlikte coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarının kullanılması yatırımın verimliliğini yükseltme açısından önemli olacaktır.

2. DENEYSEL METOD (EXPERİMENTAL METHOD)

GES için en uygun yer seçimi projesinde Japonya Uzay Araştırma Ajansı tarafından oluşturulmuş olan ve açık erişimli kullanıma sunulan 30 mt pixel çözünürlüklü Alos Global Dijital Yüzey Modeli (Aw3D30) verileri kullanılabilir (URL 5). İl ve İlçe sınırı olarak Harita Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan ve açık erişimli olarak kullanıma sunulan haritalar kullanılabilir (URL 6). Cbs yazılımı olarak açık erişimli olarak kullanıma sunulan açık kaynak kodlu Quantum Gis (Qgis) 3.18 programı kullanılabilir (URL 7). Güneşlenme ve güneş radyasyonu bilgileri olarak Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA) kullanılabilir. Sorgulama sonuçları Google Earth Pro uydu görüntüleri üzerinden kontrol edilebilir ve analizler sonucunda uygun olduğu tespit edilen alanlar saha keşfi yapılarak nihai karar verilmelidir.

2.1 Çalışmada Kullanılan Veri Ve Programlar (Data and Programs Used in The Study)

2.1.1 Aw3D30 Sayısal Yükseklik Modeli (Aw3d30 Digital Height Model)

Küresel ölçekte haritacılık, afet izleme, kaynak araştırması ve bölgesel gözlemler yapabilmek amacı ile JAXA (Japonya Havacılık Ajansı) tarafından ALOS (Advanced Land Observing Satellite) uydusu Japonya'daki

Tanageshima uzay merkezinden H-IIA fırlatma aracı vasıtası ile 2006 yılında planlanmış yörüngesine fırlatılmıştır. Alos uydusunun uçuş yüksekliği ekvatorda yaklaşık 691,65 km ve ağırlığı yaklaşık 4 ton'dur (URL 5).

Aw3d30 sayısal yükseklik modeli verisi Japonya Uzay Ajansı tarafından hazırlanan proje kapsamında uzaya fırlatılan ALOS uydusu üzerinde bulunan PRİSM sensörü tarafından toplanan verilerin işlenmesi ile oluşturulmuştur. Pixel çözünürlüğü 30 m olup açık erişimli olarak kullanıma sunulmuştur.

2.1.2 QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi Programı (QGIS Geographic Information System Program)

Açık Kaynak Coğrafya Vakfı (OSGeo) tarafından oluşturulmuş olan QGIS programı açık kaynak kodlu, lisanslama ücreti olmayan ve isteyen herkes tarafından kullanılabilen bir CBS programıdır. Bu program ile yersel ölçümler veya uydu görüntüleri ile toplanmış veriler işlenebilmekte, analiz edilmekte ve sunumu yapılabilmektedir (URL 7).

2.2 Uygulama (Application)

GES en uygun yer seçimi projesi için arazinin eğim durumu çok önemlidir. Çok fazla eğimli olan arazide paneller yerleştirilemeyeceği için yüksek eğimli alanlar bulunup araştırma kapsamı dışına çıkarılması gerekmektedir. Eğimi olmayan arazide su baskınları, çamurlaşma gibi sorunlar olabileceği için eğimi olmayan ya da çok az olan alanlarında araştırma kapsamı dışına çıkarılması gerekmektedir. Projede eğim aralığı %2 - %8 aralığında olan alanlar çalışma kapsamına alınıp %2 eğimden daha az eğimli alanlar ve %8 değerinden daha büyük eğimli alanlar çalışma kapsamından çıkartılmalıdır.

Eğim hesabı yapımının ardından ikinci önemli veri bakı durumudur. Arazinin eğim yönü güneşlenme süresi ve şiddeti açısından verimliliği etkileyen en önemli faktörlerdendir. Ülkemiz kuzey yarım kürede bulunduğu için santral kurulması planlanan alanın eğiminin güney yönüne doğru olması güneş panellerinin güneşi görme sürelerini artıracak ve santralin verimliliği önemli oranda artacaktır. Güney yönünde 20° doğu ve batı yönlerine doğru tolerans sınırı eklediğimizde arazinin bakı açısını 160°-200° aralığında sınırlandırmak uygun olacaktır. Bakı hesabı yapılmış olan dosyada raster hesaplayıcı yardımı ile bakı durumu 160°-200° aralığında olacak şekilde sınırlandırma yapıp yeni dosya oluşturulur.

Eğim ve bakı dosyaları hazırlığının tamamlanmasının ardından bu dosyalardaki verilerin kesiştirilmesi işlemi yapılır. Eğim durumu uygun olan veriler ile bakı durumu uygun olan verilerin birleştirilmesi işlemi yapılır. Raster hesaplayıcı modülü çalıştırılıp eğim ve bakı değeri uygun olan verilerin dosyası oluşturulur.

Projede tek katman içerisinde eğim ve bakı durumları uygun olan değerler bulunmaktadır. 1 mW elektrik üretebilme kapasitesine sahip GES kurulumu yapılabilmesi için yaklaşık 2 hektarlık araziye ihtiyaç duyulmaktadır. Daha düşük kapasitede santral yapmak yatırım ve işletme maliyetleri açısından uygun olmayacağı için proje

alanının en az 2 hektar olmasının planlanması gerekmektedir. Eğim ve bakı durumu uygun olan katman içerisinde alanı 2 hektardan az olan alanların çıkartılması gerekmektedir. Uydu verisinin çözünürlüğü 30 mt olduğu için 22 adet pixel alanı 19.800 m² olacaktır. Projede bitişik durumda en az 22 pixel olmalı şartı eklendiği zaman en küçük alan yaklaşık 2 hektar olan yeni bir tabaka oluşacaktır. Bu işlemi yapabilmek için raster menüsünde Sieve (elek) komutunun çalıştırılması gerekmektedir. Bu işlem tamamlandığı zaman alanı yaklaşık 2 hektardan büyük olan alanlar aynı katman içerisine alınacaklardır.

Raster verilerin işlenmesi ile başlayan proje raster verilerin sorgulanması ve istenilen özellikleri sağlayan verilerin ayıklanması işlemlerinden sonra vektör veri formatına çevrilmiş durumdadır. Vektör dosyaları üzerinde tampon oluşturma (Buffer Analiz) yöntemleri kullanılarak çeşitli sorgulamalar yapılabilir. Yerleşim yerlerinden, akarsu, göl, yol gibi alanlardan belirli mesafelerde uzak olan bölgeler için tampon analizleri yapılabilir ve santral yapımına uygun olmayan bölgeler çalışma kapsamı dışına çıkarılabilir. Askeri yasak bölgeler, havalimanları, korunması gerekli kültür ve tabiat varlıkları gibi alanlarda yapılaşmaya ve santral yapımına izin verilmeyeceği için çalışma kapsamından çıkarılması gerekmektedir. Çalışma kapsamından çıkarılması gereken bölgelerin vektör verileri temin edilip mevcut alanlardan çıkarılması yöntemi ile santral yapılabilecek alanlar elde edilebilecektir.

GES yapılabilecek alanların olduğu vektör dosyası Google Earth programına dönüştürülüp uygun olmayan alanlar tespit edilmelidir. Google Earth programı güncel uydu görüntülerinin açık erişim olarak kullanıcılara sunulduğu bir programdır. Çalışma yapılacak bölgede uydu görüntüleri güncelliği kontrol edilmeli ve ön fizibilite çalışması yapılabilecek durumda olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Analizler sonucunda GES için uygun olduğu belirlenen alanlar saha keşfi yapılarak yatırım yapılabilir durumda olduğu kontrol edilir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanabilmek bütün dünya ülkelerinin ortak amaçlarından bir tanesidir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirebilen sistemler teknolojinin gelişimine paralel olarak gelişme göstermektedir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim amaçlı güneş enerji santralleri yapımı kuruluş maliyeti yüksek olan bir yatırımdır ve verimliliğini optimum düzeye yükseltmek için santral yeri seçimi oldukça önemlidir.

GES yapımı için en uygun yer tespit etme çalışmasında web sitesi üzerinden ücretsiz olarak temin edilebilen uydu verileri ve açık kaynak kodlu Cbs yazılımı kullanılarak verilerin analizi yapılabilir.

Uydu verileri ve Cbs yazılımları kullanılarak farklı sektörler için en uygun yer tespiti çalışmaları yapılabilir. Yeni yerleşim alanları, turizm tesisi alanları, rüzgâr enerji santrali alanları, katı atık depolama tesisi alanları gibi ilk yatırım maliyeti yüksek olan projeler için en uygun yer tespitinin yapılması sonrasında yatırım kararının verilmesi yatırımın verimliliği açısından önemli olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Kanat, H.**, 2019, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Yatırımlarını Etkileyen Faktörler: Konya Güneş Enerjisi Yatırımları Analizi, *Yüksek lisans tezi*, Selçuk Üniversitesi, Konya
- Cebeci, S.**, 2017, Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, *Uzmanlık tezi*, T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No:2977, Ankara
- Şenlik, İ.**, 2017, Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi, *Emo Dergisi 2017 Ekim, Sayı-462*, Ankara.
- Sefercik, U.G.**, 2010, Generation and Evaluation of DEMs Derived by TerraSAR-X InSAR Images, *Doktora tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- İnspire, Avrupa Coğrafi Veri Altyapısı**, 2018, İnspire Direktifinin Uygulanmasına Yönelik Yatay Sektörde Kapasite Geliştirme İçin Teknik Destek Projesi Eğitim Kitabı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara

İNTERNET KAYNAKLARI (INTERNET REFERENCES)

- URL-1 <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>
- URL-2 https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plani.pdf
- URL-3 <https://www.irena.org/solar>
- URL-4 <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>
- URL-5 <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>
- URL-6 <https://www.harita.gov.tr/urun/dilsiz-turkiye-mulki-idare-bolumleri-haritasi/274>
- URL-7 <https://qgis.org/tr/site/>



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ELEKTRİKSEL AYDINLATMANIN GÖRSEL ERGONOMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Muhammed Maşuk DOĞANAY ^{1,*}

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

* Sorumlu yazar; E-Mail: muhammedmasuk@windowslive.com

ÖZET


İnsanın görme duyusu işlevini gerçekleştirebilmesi için ışık kaynağına ve ışığın yansıtılmış olduğu nesne ve yüzeylerin olması şarttır. Bu sebeple insanların yaşamış olduğu ya da bulunduğu ortamda rahat hareket etmesi, nesnelere algılayabilmesi için ortamın ışıklandırılması çok önemlidir. Aynı zamanda ortam için yapılan ışıklandırma miktarı belirli bir seviyede olması da önemlidir. Aksi durumda ışığın az olması ya da fazla olması insanın görme duyusunda olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu sebeple çevrenin ya da ortamın hesaplı ve doğru bir biçimde aydınlatılması insan için psikolojik ve fizyolojik açıdan, görsel ergonomi için uygun koşulların sağlanması önemli bir husustur. Görsel ergonomi sayesinde insanın yapacağı hareketlerinde daha düzenli olarak yapması ve hareket kabiliyetinin etkin olarak kullanılmasına olanak sağlayacağına dolaylı olarak yapacağı işi verimli ve düzenli bir şekilde yaparak, insan üzerinde pozitif bir etki bırakacaktır. Aynı zamanda insanın biyolojik ve fiziksel olarak kendisini daha iyi hissetmesine fayda sağlayacaktır. Bu sebeple çalışma ortamı etkili bir biçimde yapıldığı zaman sağlayacağı faydalar ele alınmıştır. Şayet bu durum tam aksi yönde yapıldığı takdirde, yapılan elektriksel aydınlatmanın doğuracağı zararların sonuçları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aydınlatmanın önemi, elektriksel aydınlatma, görsel ergonomi

EFFECT OF ELECTRICAL LIGHTING ON VISUAL ERGONOMICS

ABSTRACT

In order for humans to perform the function of sense of sight, it is necessary to have the light source and the objects and surfaces reflected by the light. For this reason, it is very important to light the environment so that people can move comfortably in the environment where they live or are in, and perceive objects. It is also important that the amount of lighting for the environment is at a certain level. Otherwise, too little or too much light can have negative consequences for the eyesight. For this reason, it is an important issue to provide suitable conditions for visual ergonomics in terms of psychology and physiological for people to illuminate the environment or environment in

 EFIS 2021	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
http://www.efis.beun.edu.tr	

an economical and eastern way. Thanks to visual ergonomics, it will allow people to do their movements more regularly and to use their mobility effectively, so it will have a positive effect on people by doing their work efficiently and regularly. At the same time, it will benefit the person to feel better biologically and physically. For this reason, the benefits of the working environment when it is done effectively are discussed. If this situation is done in the opposite direction, the consequences of the damages to be caused by the electrical lighting are discussed.

Key Words: Importance of lighting, electrical lighting, visual ergonomics

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1.1 Aydınlatmanın Önemi (Importance of Lighting)

İnsanın nesnelere görebilmesi için ışık kaynağı önemli bir ihtiyaçtır. Bu nedenle hayatımızın her noktasında ışık mevcuttur. Çevremizde bulunan canlıları, nesnelere ve diğer varlıkları beş temel duyumuz ile algılayarak tanımlayabiliriz. Fakat bu algılama ve tanımlama ise çok detaylı ve kapsamlı olabilmesi için görme duyusu çok önemli bir etkidir. İnsanın görme duyusu işlevini gerçekleştirebilmesi için ışık kaynağına ve ışığın yansıtılmış olduğu nesne ve yüzeylerin olması şarttır. Bu sebeple insanların yaşamış olduğu ya da bulunduğu ortamda rahat hareket etmesi, nesnelere algılayabilmesi için ortamın ışıklandırılması çok önemlidir. Aynı zamanda ortam için yapılan ışıklandırma miktarı belirli bir seviyede olması da önemlidir. Aksi durumda ışığın az olması ya da fazla olması insanın görme duyusunda olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu sebeple çevrenin ya da ortamın hesaplı ve doğru bir biçimde aydınlatılması insan için psikolojik ve fizyolojik açıdan görsel ergonomi için uygun koşulların sağlanması önemli bir husustur [1].

1.2 Aydınlatma Çeşitleri (Types of Lighting)

İnsan görme duyusu için ihtiyaç duyulan ışık kaynağı birçok farklı yöntem ile yapılarak ortamın aydınlatılması ihtiyacı için görme duyusu için istenilen görsel ve aydınlatma konforu için koşullar sağlanabilmektedir. Aydınlatma için yapılan teknik ve türler ise şu şekilde sıralayabiliriz;

- Doğal aydınlatma; Aydınlatmanın kaynağı güneş olan aydınlatma türüdür.
- Yapay aydınlatma; Elektriksel aydınlatma olan ışık kaynakları ile üretilmiş olan ışık ile yapılan aydınlatma türüdür.
- Bütünleşik aydınlatma; Gün ışığı ile yapılan aydınlatmanın yetersiz olduğu durumda ihtiyaç duyulan ışık miktarını karşılayabilmek elektriksel aydınlatma olarak elde edilen ışığı takviye ya da tamamlayıcı olarak hibrit olarak yapılan aydınlatma türüdür.

Genel olarak aydınlatma ise yapıldığı yerlere göre sınıflandırılması ise iki tür sınıflandırma yapılmaktadır. Fakat farklı kaynaklarda aydınlatma sınıflandırılması iki ya da ikiden fazla olması muhtemel olabilir.

- İç aydınlatma; Genel olarak kapalı olan ortamların aydınlatılması için yapılan sınıflandırmadır. Bu ortamlar ise evler, okullar, iş yerleri, devlet binaları, fabrikalar, atölyeler, okullar, hastaneler, kapalı otoparklar, alış-veriş merkezleri, oteller, spor salonları, mağazalar, üretim tesisleri vb. gibi yapıların iç mekanların aydınlatılması için yapılan aydınlatma işlemi ve uygulamasıdır.
- Dış aydınlatma; Bina dışı olan alanların gün ışığının yetersiz olduğu zaman dilimlerinde ya da gece vakitlerinde ihtiyaç duyulan dış mekânın çevresi veya alanın aydınlatılması için yapılan sınıflandırmadır. Bu ortamlar ise piknik alanları, kır düğünleri alanı, açık otoparklar, açık halı sahaları veya açık spor kompleksleri, yollar, şehir merkezleri, binaların çevresi, sokaklar, caddeler vb. gibi yerlerin aydınlatılması için yapılan işlem ve uygulamalardır [1].

2. ELEKTRİKSEL AYDINLATMANIN ETKİLİ BİR BİÇİMDE YAPILMASI DURUMDA SAĞLAYACAĞI FAYDALAR (BENEFITS OF ELECTRICAL LIGHTING IF IT IS EFFECTED)

Bir alanda veya çevrede etkili bir aydınlatma yapıldığı zaman insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik açıdan görsel olarak konfor sağlamaktadır. Bu konfor sayesinde insanın yapacağı fiiller de daha düzenli olarak yapması ve hareket kabiliyetinin etkin olarak kullanılmasına olanak sağlayacağına dolayı yapacağı işi daha verimli ve düzenli bir şekilde yaparak insan üzerinde pozitif bir etki bırakacaktır. Aynı zamanda insan biyolojik ve fiziksel olarak kendisini daha iyi hissedecektir. Bu nedenle çalışma ortamının etkili bir şekilde aydınlatmasının sağlayacağı faydalar ise;

- Ekonomik olarak fayda sağlaması; üretim tesislerinde gece vardiyasında çalışan insanlar için etkili aydınlatma yapılması üretimde verimin artırılmasına fayda sağlayacaktır.
- İş verimini arttırmasına fayda sağlaması; çalışma ortamında iyi bir aydınlatma yapıldığı zaman gözün daha keskin görmesini sağlayarak gözün yorulmaması sayesinde yapılan işin daha hızlı ve daha düzgün yapılmasına ve hata oranlarında azalma sağlamasıyla iş veriminin artmasına fayda sağlayacaktır.
- Gözün görme yeteneğinin artmasına fayda sağlaması; çalışma ortamındaki nesnelere ve cisimlerin daha düzgün ve detaylı olarak algılanmasına fayda sağlayacaktır.
- Göz sağlığının korunmasına fayda sağlaması; yapılan etkili aydınlatma sayesinde insanın fizyolojik, psikolojik ve gözün optik yapısının zarar görmesini engellenmesine fayda sağlayacaktır.
- İş kazalarının azalmasına fayda sağlaması; çalışma ortamında iyi bir aydınlatma yapıldığında iş yerinde veya çalışma ortamında dinamik olan sistemlerin hareketlerin algılanması veya diğer nesnelere veya cisimlerin daha iyi algılanması sayesinde görsel algılamaya bağlı oluşan iş kazalarının azalmasına veya tamamen ortadan kaldırılmasına fayda sağlayacaktır [2].

3. ELEKTRİKSEL AYDINLATMANIN ETKİLİ BİR BİÇİMDE YAPILMAMASI DURUMUNDA MEYDANA GELEBİLECEK OLUMSUZLUKLAR (NEGATIVES THAT MAY OCCUR IF ELECTRICAL LIGHTING IS NOT EFFECTIVELY)

Giriş kısmında etkili bir aydınlatmanın yapılması ele alınarak aydınlatmanın öneminden bahsedilerek insan üzerindeki fizyolojik ve psikolojik olarak etkilediğinin ve bu etkinin insan üzerindeki faydaları ele alınmıştı. Şayet bu durum aksi yönde olması durumunda da oluşabilecek olumsuzluklar ele alındığında;

- Çalışılan ortamda yapılan yanlış aydınlatmadan dolayı insanlarda bazı hastalıkların meydana gelmesine neden olacaktır. Bu hastalıklar ise insanın görme duyusuna etki edeceğinden ve buna bağlı olarak insan üzerinde yorulma, uyuşma, görmede zorluk ve algılamada seçicilik gibi olumsuzlukların doğmasına neden olacağından yapılan işlerde veya işlemlerde yanlış yapılmasına ya da verimin düşmesine neden olacaktır.

- Çalışma ortamı için yapılan aydınlatma düzeyinin aşırı olması da insan gözünün kamaşmasına neden olacağından dolayı çevresindeki nesnelere geçici olarak görme yetisi azalabilir ya da göremeyebilir. Bu nedenle yapılacak olan işin yapılamaz hale gelmesine ya da iş kazalarına neden olacaktır.
- Bir alanın ya da çevrenin yapay olarak aşırı aydınlatma yapılması aynı zamanda fazla enerji tüketimine neden olacaktır.
- Ortamdaki aydınlatma seviyesinin yetersiz olması durumunda belli bir süre sonra gözün yorulmasına neden olacağından dolayı kişide baş ağrısı, görme bulanıklığı, göz kuruluğu, göz yaşarması, göz tahrişi, göz kaşıntısı gibi olumsuzluklara bağlı olarak insanın çalışma verimi ve iş kazalarına neden olacaktır [5].

Aydınlatmanın etkili bir şekilde yapılmadığı takdirde oluşabilecek bazı olumsuz durumlar ele alınarak aydınlatmaya bağlı olarak çalışma ortamında oluşan iş kazaları veya çalışma veriminin düşmesine neden olacağından dolayı ekonomik anlamda zarar edilmesi, üretimin aksamasına, iş kazalarının artması gibi birçok olumsuzluğa meydan vermektedir. Bu nedenle iş ortamı veya çalışma ortamı için aydınlatmaya bağlı olarak oluşan bu olumsuz durumlar için en uygun ve en etkili biçimde aydınlatma yapılması önemli bir işlemdir.

4. AYDINLATMANIN ETKİLİ BİR BİÇİMDE YAPILMASI (MAKING LIGHTING EFFECTIVELY)

Etkili aydınlatma yapabilmek için yapılacak olan uygulamanın nasıl olması ve çalışma ortamı için kritik noktaların aydınlatılması için alınması gereken tedbirlerin ve yapılması gereken işlemler ele alınmalıdır.

4.1 Çalışma Ortamı İçin Uygun ve Homojen Aydınlatmanın Sağlanması (Providing Appropriate and Homogeneous Lighting for the Working Environment)

Çalışma ortamında bulunan teçhizat, makine, donanım ve malzemelerin detaylı olarak algılanabilmesi için, iş yapılan ve iş gören istasyonlar için özel olarak uygun bir şekilde aydınlatma yapılmalıdır. Bu sayede aydınlatması yapılan iş istasyonunda kontrastın azalmasıyla ışıklık miktarı artmasına bağlı olarak makine, teçhizat ve malzemeler üzerindeki detaylar daha iyi gözükeneğinden dolayı görme algısı daha iyi olacaktır.

4.2 Çalışma Ortamı İçin Parlamaların Önlenmesi (Glare Prevention for the Work Environment)

Çalışma ortamında parlaklığın fazla olması çalışma ortamında göz kamaşmasına, üzerinde işlem yapılan, çalışılan nesne veya cisimler üzerinde parlama olduğu zaman görmenin zorlaşmasıyla gözün görme uyumunun zorlamasına, gözün kamaşması veya gözün yorulmaması için nesnelere veya yüzeylerin mat renkte boyatılması, ışık kaynağının göz hizasında 45 derece üzerinde ışık kaynağı olmaması gerekir ve çalışılan istasyon üzerinden ışığın sol ve üst tarafından gelmeli ve aydınlık farkı çok fazla olmaması gerekir. Bunun için çalışma ortamının parlaklık seviyesi uygun düzeyde yapılarak görme kalitesi artırılmalıdır.

4.3 Çalışma Ortamı İçin Işık Titreşimlerinin Önlenmesi (Prevention of Light Flickers for the Working Environment)

Alternatif akım ile çalışan ışık kaynakların akımın yön değiştirmesine bağlı olarak ışık kaynağında saniyede 50 defa yanıp sönmeye flicker [11] olarak adlandırılmaktadır. Bu etkiye bağlı olarak ışıkta titreşimlerin meydana gelmesine bağlı olarak gözün yorulmasına neden olduğundan dolayı çalışma verimini düşürmesi, ışık kaynağının titreşimine bağlı olarak gözün yanılmasına neden olacağından dolayı bazı tehlikelerin doğmasına neden olması, dinamik olarak dönen cisimlerin aynı frekansta çalışan makinelerin gözün hareketi duruyor olarak algılanmasına ve yüksek frekans ile çalışan dönen cisimleri ise ters yönde hareket ediyormuş gibi algılanması neden olduğundan dolayı torna, matkap ve freze gibi işlem yapılan tezgahlarda iş kazalarına neden olmaktadır. Bu durumların ortadan kaldırılması için farklı frekansta çalışan cihazlar için ayrı ayarı aydınlatma yapılması, işletmede dengeli olarak fazları yüklenmesine dikkat edilmesi, doğal aydınlatmadan yararlanmak, bakımların zamanında yapılması gibi hususlar dikkat edilerek bu durum engellenmelidir.

4.4 Çalışma Ortamına Uygun Aydınlatma İçin Gölgeleme Tekniğinden Yararlanılması (Using Shading Technique for Lighting Suitable for Working Environment)

Malzemenin üzerine düşen ışığın geliş açısını değiştirerek malzeme üzerinde hatların daha iyi ve keskin görünmesi ayarlanabilir. Aynı zamanda normal koşullar altında görülmeyen nesne veya cisimler için daha iyi aydınlatma yapılarak ortamda bulunan malzemelerin parlamasıyla gölgeleme işlemi yapılarak daha keskin ve daha kaliteli incelenme sağlanabilir.

4.5 Çalışma Ortamı Uygun Renkte Seçilmesi ve Yeterli Işıklandırma Düzeni Sağlanması (Choosing the Working Environment in Appropriate Color and Providing Adequate Lighting)

Çalışma ortamı veya diğer malzemenin aydınlatma ve algılanması için doğru renk seçimi yapılarak aydınlatmanın iyi olması ve gözün algılama kalitesinin artmasına ve ortamda kullanılacak olan ışık kaynaklarının uygun aralıklar ile yerleştirilmesi algılama ve aydınlatmanın iyi yapılması için önemlidir.

4.6 Verimin Artması İçin Gözlerin Dinlendirilmesi (Choosing the Working Environment in Appropriate Color and Providing Adequate Lighting)

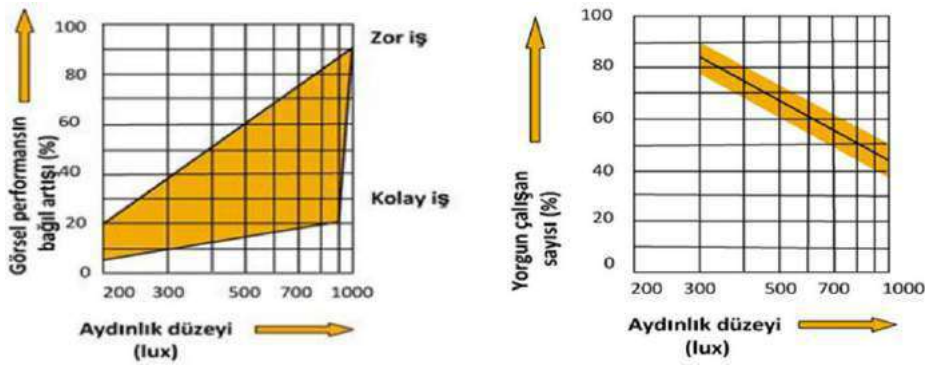
Herhangi bir işte çalışan kişinin uzun süreli olarak hassas olan işlerde veya kalite kontrolün yapıldığı işler için gözleri belli periyotlar ile dinlendirerek verimin artmasına ve gözün yorulmaması için önemlidir. Uzun süre yakın mesafe olarak çalışan veya uzak mesafe olarak çalışan kişiler için belli periyotlar ile yakın çalışan kişi uzağa, uzun mesafe çalışan kişi ise yakına bakarak gözü dinlendirilmesi, aynı zamanda gözün belli periyotlar ile gün ışığı altında dinlendirerek verimi arttıracaktır.

4.7 Çalışma Ortamında Bulunan Işık Kaynaklarının Düzenli Olarak Bakım Yapılması (Regular Maintenance of Light Sources in the Working Environment)

Çalışma ortamında bulunan ışıklandırma kaynakları zaman içerisinde tozlanmaya bağlı olarak kirlenerek aydınlatma seviyesinin azalmasından dolayı ışık kaynaklarının belli periyotlar ile temizlenmesi gerekir. Ayrıca ışık kaynaklarının bozulmuş ya da ışık miktarının az olması halinde yenisi ile değiştirilmesi veya ışığa engel olan malzemelerin doğru yere ve doğru bir açı ile yerleştirilmesi gerekir.

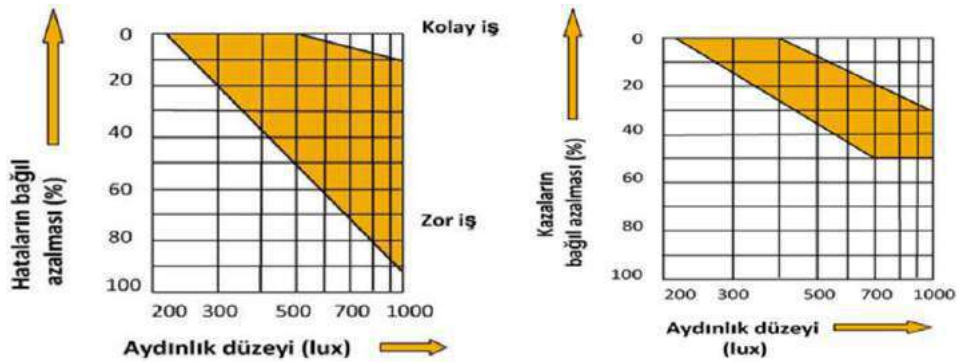
4.8 Aydınlatmanın Etkili Bir Biçimde Yapılmasına Bağlı Olarak Kalite ve Verimin Artması (Increasing Quality and Efficiency Due to Effective Lighting)

Çalışma ortamının uygun bir aydınlatmanın yapılmasına bağlı olarak yapılan işin kaliteli ve verimli olması üzerinde önemli bir işlemdir. Bunun için yukarıda bahsedilen adımları doğrultusunda aydınlatma işlemi yapılarak çalışma ortamı için ihtiyaç duyulan aydınlatma seviyesi yapılmalıdır. Bu sayede çalışma ortamı için yapılan etkili bir aydınlatmada işin kaliteli ve verimli olmasında büyük fayda sağlayacaktır.



Şekil 1. Aydınlanma düzeyinin verim ve konfor üzerindeki etkisi (Effect of illuminance on efficiency and comfort)

- Daha az yorgunluk
- Fiziksel iyilik
- Uyanıklık



Şekil 2. Aydınlanma düzeyinin kalite ve güvenlik üzerindeki etkisi (Effect of illuminance on quality and safety)

- Hatanın önlenmesi, kaliteli ürün, müşteri memnuniyeti
- Emniyet gerekleri
- İş kazalarında azalma
- Hastalıkların önlenmesi

Etkili aydınlatmanın yapılması insanda görme duyusu üzerinde çok büyük bir etken olmasından dolayı yapılan işin kalitesini ve verimini etkilediği için çalışma koşulları için aydınlatma tekniği ve görsel ergonomi çok önemli bir etkidir [5].

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu durumda elektriksel aydınlatma olarak yapılan aydınlatma işlemi, yaşam ve çalışma ortamı için çok büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple aydınlatma işleminin en ideal ve en etkili şekilde yapılması önemlidir. Aydınlatmanın yapılacağı ortam ve alan için gerekli olan aydınlatma ihtiyacını doğru bir şekilde tespit ederek doğru bir şekilde uygulanması, insan için çok önemli olan görme işlemi için önemli olan görsel ergonominin sağlanması sayesinde çevrede bulunan nesne ve objelerin daha detaylı görülmesi aynı zamanda çalışma ortamı için yapılan işin daha iyi yapılması sayesinde, işlenecek olan ürünün veya işin daha rahat ve daha kaliteli olmasına büyük katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Milli eğitim bakanlığı modülleri elektrik elektronik teknolojisi aydınlatma projeleri

<https://prosafety.com.tr/isyerlerinde-aydinlatmanin-etkileri///>

https://pbs.bozok.edu.tr/user_dosyalar/558-25661.pdf//

<http://web.hitit.edu.tr/dosyalar//hulyacakmak@hititedutr011220189A6L8V9X.pdf//>

Karadeniz Teknik Üniversitesi ergonomi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü ÇEVRE FAKTÖRLERİ / AYDINLATMA Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ

Aydınlatma Sistemleri ve Enerji Verimliliği 2012 Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Yrd. Doç. Dr. Ahmet TEKE, Hakan EZGİN

Yiğit Ünlü, D, Şahin, N. (2021). Spor Tesislerinin Aydınlatmasında Yüksek Enerji Verimli ve LED’li Aydınlatma Araçları. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (1), 277-286. DOI: 10.17798/bitlisfen.788748

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ. Karadeniz Teknik Üniversitesi ergonomi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü ÇEVRE FAKTÖRLERİ / AYDINLATMA

Aydınlatma Sistemleri ve Enerji Verimliliği 2012 Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

BALCI, V., & Koçak, F. (2014). SPOR VE REKREASYON ALANLARININ TASARIMINDA VE KULLANIMINDA ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 46-58.

İmal, N, Taşkan, B. (2016). Yol Aydınlatmasında Flicker Etkisi Esaslı Direk Açıklığı Tespiti. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2), 0-0. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dubited/issue/24379/258390>



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**KUYU TEMELLERDE ZEMİN SINIFI DEĞİŞİKLİĞİNİN TASARIM
BOYUTLARINA ETKİSİ**

Eray AFŞAR^{1,*}, Gamze BİLGEN²

¹ Eray AFŞAR, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
erayafsar@hotmail.com

² Gamze BİLGEN, Alaplı MYO, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
gamzebilgen@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: erayafsar@hotmail.com; Tel.: +90-544-767-54-43

ÖZET

Son zamanlarda özellikle kentsel dönüşüm projeleriyle birlikte, kentlerin gelişmesi ve nüfusun artmasına bağlı olarak dar alanlarda ve mevcut binalara bitişik olarak inşa edilen yapı sayılarında artış meydana gelmiştir. Söz konusu yapı inşaatlarının birçoğunda derin kazılar yapılmaktadır. Yapılan bu derin kazılarda çukurun stabilizesini sağlamak, göçmeyi ve aşırı deformasyonu engellemek için “Derin kazı destekleme” sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerin geliştirilmesindeki en önemli etmen daha az alana oturan güvenilir temellere ihtiyaç duyuluyor olmasıdır. Ülkemizde, özellikle bitişik yapı durumlarında en tercih edilen kazı destekleme sistemlerden biri betonarme keson kuyu temellerdir. Temel tasarımında, temellerin ebatlarını etkileyen en önemli faktörler, temel arkasında yanal basınç oluşturan, taşıma gücüne esas mevcut zeminin özelliği ve temelin yapıldığı bölgenin depremselliğidir. Bu çalışmada kuyu temel tasarımında zemin etkilerinin önemi incelenmiştir. Bu amaçla örnek olarak modellenen bir kuyu temelin arkasına farklı zemin sınıfına ait (ML, SM, SP, SW, GP, GW) on iki adet zemin yerleştirilmiş, zemin etkileri dikkate alınarak İstCAD 2021 programında kuyu temel analizleri yapılmıştır. Analiz aşamasındaki statik ve dinamik hesaplara göre, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 – Bölüm 16 ışığında gerekli tahkikler yapılarak örnek olarak modellenmiş olan betonarme kuyu temelin güvenilir olan minimum ebatları belirlenmiştir. Yapılan çözümlerde zemin sınıfının yanı sıra zeminlerin relatif sıklık değerlerine göre de kıyaslamalar yapılmış, gevşek zemin ve sıkı zemin durumuna göre farklar olduğu gözlemlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgularla, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 – Bölüm 16) koşullarına göre, zemine bağlı olarak daha güvenilir ve ekonomik kuyu temel tasarımlarına ilişkin bazı sonuç ve öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuyu temel, toprak basıncı, zemin sınıfı, relatif sıklık



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

EFFECT OF SOIL CLASS ON DESIGN IN WELL FOUNDATIONS

ABSTRACT

Recently, especially due to urban transformation projects, there has been an increase in the number of buildings constructions in narrow areas and adjacent to existing buildings due to the development of cities and the increase in population. Deep excavations are carried out in most of the mentioned building constructions. In these deep excavations, “Deep excavation support” systems have been developed to ensure the stability of the well and prevent the collapse and the excessive deformation. The most important factor in the development of these systems is the need for reliable foundations on less area. In Turkey, one of the most preferred excavation support systems, especially in adjacent building situations, is reinforced concrete caisson well foundations. In the foundation design, the most important factors affecting the dimensions of the foundations are the characteristics of the existing soil, which creates lateral pressure behind the foundation, and the seismicity of the area where the foundation is made. In this study, the importance of soil effects in well foundation design was investigated. For this purpose, twelve soils belonging to different soil classes (ML, SM, SP, SW, GP, GW) were placed behind a well foundation modelled as an example, and well foundation analyses were carried out in IstCAD 2021 program, considering the ground effects. According to the static and dynamic calculations in the analysis phase, the necessary investigations were made in the light of the current earthquake code (Turkey Building Earthquake Code 2018 – Chapter 16), and the reliable minimum dimensions of the reinforced concrete well foundation, which was modelled as an example, were determined. In the solutions made, comparisons were made according to the relative density values of the soils as well as the soil class, and it was observed that there were differences according to the loose soil and tight soil conditions. With the findings obtained as a result of the analysis, some conclusions and suggestions have been made regarding more reliable and economical well foundation designs depending on the soil, according to the conditions of the current earthquake code (Turkish Building Earthquake Code 2018 – Chapter 16).

Key Words: Well foundation, soil pressure, soil class, relative density

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde kent nüfusunun hızla artması konut, işyeri, kanalizasyon ve otopark gibi altyapı hizmetlerine duyulan gereksinimi arttırmıştır. Kent merkezlerinde boş parsellerin giderek azalması ve maliyetlerin artması, diğer taraftan imar yönetmeliklerinin zemin üstündeki yapı hacimlerini sınırlaması, mevcut arazileri daha verimli halde kullanmaya itmiştir. Bu amaçla yapılan inşaatlarda derin kazı yapılması zorunlu hale gelmiştir [1]. Bu sebeplerden dolayı derin kazı destekleme uygulamalarının önemi de artmıştır.

Zeminde açılan bir çukur, kazı bölgesindeki gerilme durumunun değişimine yani gerilme boşalmasına yol açacaktır. Zemin kaldırıldığında oluşan yatay yöndeki gerilme azalması, zeminin stabilizesini bozacak kadar büyükse, oluşan bu gerilme kaybı yapılacak destekleme sisteminin düşey yönde oluşan denge kaybını dengeleyemez [2].

1.2. Derin Kazılara Etkiyen Yanal Toprak Basınçları (Lateral Soil Pressures Affecting Deep Excavations)

Kazı yapılacak arsalarda zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak yapılması planlanan iksa sistemine yanal toprak basınçları etki etmektedir [2]. Zeminde sükunetteki toprak basıncı, aktif toprak basıncı ve pasif toprak basıncı olmak üzere üç temel basınç durumu vardır. Bu üç basınç şekli aynı parametrelere bağlı olarak oluşmaktadır. Ancak aralarındaki fark zeminin aldığı yük veya zorlanma durumunu ifade eden "K" katsayısıdır. Bunun dışında yanal basınç derinliğe ve zeminin birim hacim ağırlığına bağlıdır. "K" katsayısı da zemini içsel sürtünme açısı (θ) ve kohezyona (c) bağlıdır [3, 4, 5]. Derin kazılarda iksa sistemine herhangi bir noktada etkiyen yanal toprak basıncı (Eş. 1) ile hesaplanır. Burada P_h : herhangi bir noktadaki yanal toprak basıncını, γ : zeminin birim hacim ağırlığını, K: toprak basıncı katsayısını ve z: derinliği ifade etmektedir.

$$P_h = \gamma \cdot K \cdot z \quad (1)$$

1.3. Betonarme Keson Kuyu Temeller (Reinforced Concrete Caisson Well Foundations)

Bitişik nizam durumundaki, kazık makinalarının çalışamayacağı, proje alanının kısıtlı olduğu parsellerde, yeraltı su seviyesinin derinde olması ve zeminin kendini tutabilmesi halinde, betonarme keson kuyu temeller diğer derin kazı destekleme sistemlerine göre daha çok tercih edilmektedir [6]. Kuyu temellerin uygulamada sağladığı birtakım avantajlar aşağıdaki gibidir.

- Diğer derin kazı uygulamalarına göre yer kaybı minimum olup, kullanım alanından kar sağlar.
- Kuyu temel için oluşturulan bina çukurunda otopark, depo vb. mahallerin yapılmasına olanak sağlar.
- Kuyu temel perdeleri taşıyıcı bodrum perdesi görevi de yapar.
- Kuyu temel perde yüzeylerine ekstra iççilik yapılmaksızın direk izolasyon yapılabilir.

Bu avantajların yanında kuyu temellerin perde betonları, parça parça döküldüğünden ciddi oranda soğuk derz olabilmekte ve ekstra önlemler alınması gerekmektedir [7]. Ayrıca kuyu temellerde uygulamada karşılaşılan en büyük problem su izolasyonudur[8].

1.4. Deprem Yönetmeliği Parametreleri

(The Parameters of Earthquake Regulation)

Yapılan çalışmada; ZC zemin sınıfına göre, Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından Zonguldak İline ait ortama S_s (Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı) değeri alınarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 de belirtilen parametreler ışığında kuyu temel betonarme perde duvarlarının davranışı irdelenmiştir [4]. Kullanılan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 parametreleri Tablo 1 de ve aşağıda sıralanan eşitliklerde belirtilmektedir [9].

(TBDY 2018) 16.8.4.1 – Yatayda kayma ile ilgili olarak statik ve depremi içeren yüklenme durumlarının her birinde denklem (16.9)'daki eşitsizlik sağlanacaktır. İlgili yönetmelikteki denklem 16.9, Eş. 2 de verilmiştir.

$$V_{th} \leq R_{th} + 0.3 R_{pt} \quad (2)$$

(TBDY 2018) 16.12.1.1 – Dayanma yapısının devrilmeye karşı güvenliğinin olması için denklem (16.21)'deki koşul sağlanmalıdır. İlgili yönetmelikteki denklem 16.21, Eş. 3 de verilmiştir.

$$E_{dev} \leq \frac{R_{dev}}{\gamma_{Rdev}} \quad (3)$$

(TBDY 2018) 16.12.2.1 – Toprak basınçlarının hesabında kullanılacak yatay ve düşey statik-eşdeğer deprem katsayıları denklem (16.22)'de tanımlanmıştır. İlgili yönetmelikteki denklem 16.22, Eş. 4 de verilmiştir.

$$k_h = \frac{0.4S_{DS}}{r} \quad ; \quad k_v = 0.5 k_h \quad (4)$$

Tablo 1. Deprem yönetmeliğinde dayanma yapıları için r katsayıları
(Table 1. r coefficients for bearing structures in earthquake code)

Dayanma Yapısının Tipi	r
En fazla 120 S_{DS} (mm) yer değiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar	2.0
En fazla 80 S_{DS} (mm) yer değiştirmeye izin verilen ağırlık tipi duvarlar	1.5
Ankrajlı duvarlar, yer değiştirmesine izin verilmeyen ağırlık tipi duvarlar	1.0

(TBDY 2018) 16.12.2.3 – Dayanma yapısına etkileyen toplam (statik ve dinamik) toprak basıncının bileşkesi denklem (16.23) ile hesaplanacaktır. İlgili yönetmelikteki denklem 16.23, Eş. 5 de verilmiştir.

$$P_t = K (1 \pm k_v) \left(\frac{1}{2} \gamma \times H^2 + qH \right) + P_{su} + \Delta P_{su} \quad (5)$$

Tablo 2. Deprem yönetmeliğinde yüzeysel temeller için dayanım katsayıları
(Table 2. Strength coefficients for shallow foundations in earthquake code)

Dayanım Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1.4
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1.1
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1.4

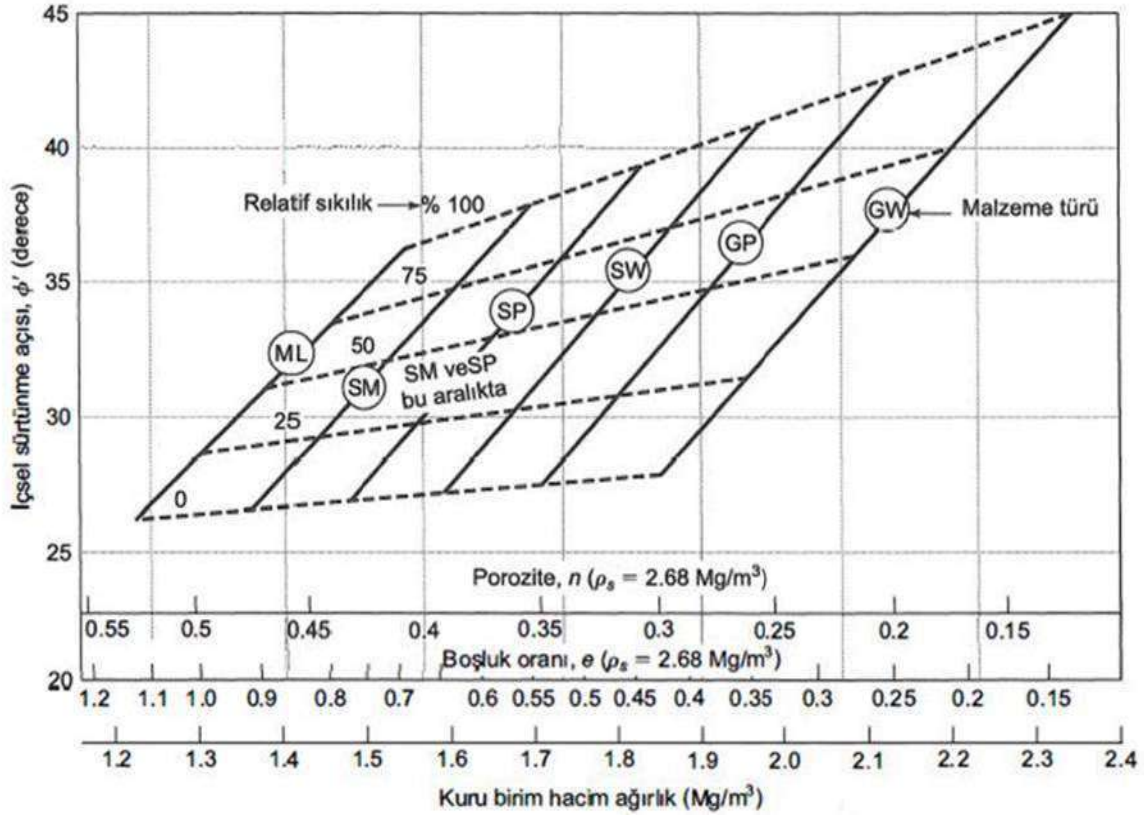
2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada 6 farklı zemin sınıfına ait (ML, SM, SP, SW, GP, GW) zeminler araştırma zemini olarak seçilmiştir. Her bir zemin sınıfında en az ve en çok boşluk oranı değerleri baz alınarak 2 farklı rölatif sıklık değerine sahip alt zeminler belirlenerek toplamda on iki adet zemin, kuyu temel betonarme duvarı arkasındaki zemin olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Analizlerde kullanılan zemin parametreleri
(Table 3. Soil parameters used in the analysis)

Zemin Türü	Relatif Sıklık	İçsel Sürtünme Açısı	Kuru Yoğunluk
ML	%0	25.5°	1.22 t/m ³
	%100	37°	1.53 t/m ³
SM	%0	26°	1.37 t/m ³
	%100	38°	1.69 t/m ³
SP	%0	26.5°	1.48 t/m ³
	%100	39°	1.81 t/m ³
SW	%0	27°	1.59 t/m ³
	%100	41°	1.95 t/m ³
GP	%0	27.5°	1.71 t/m ³
	%100	42.5°	2.13 t/m ³
GW	%0	28°	1.85 t/m ³
	%100	45°	2.34 t/m ³

Belirlenen zeminlerdeki kayma direnci etkilerinin değerlendirilebilmesi için bu zeminlerin içsel sürtünme açıları ve kuru yoğunluk değerlerine ihtiyaç duyulmuş bu sebeple hesaplamalarda kullanılacak olan yoğunluk, içsel sürtünme açısı gibi özellikler aşağıdaki grafikten (şekil 5) elde edilmiştir. Ayrıca analizlerde kullanılan hesap değerleri Tablo 3' de verilmiştir. Mevcut arazi zemin özellikleri ve duvar önü zemin özellikleri için ise tüm çözümlerde aynı değerler kullanılmıştır.



Şekil 5 Çalışmada kullanılan zemin özellikleri [10]

Hesaplamalarda İstCAD 2021 program yazılımı kullanılmıştır. Bu program yazılımı, “TS 7994 / Şubat 1990 zemin dayanma yapıları” yönetmeliğine uygun olarak istinat yapısının toptan göçme analizini gerçekleştirmektedir. Yapılan çalışmada analiz modeli olarak; Şekil 6 da örneği verilmiş olan; 3,00 m (H1) yüksekliğe sahip kuyu temel perde duvarı tasarlanmıştır. Tasarlanan kuyu temel modelinde, duvar arkasında kullanılan zemin türüne göre duvar kalınlığı (B1), temel ampatman boyu (B2), ve temel kalınlığı (H2) değerleri değiştirilmiştir. Kuyu temel için C30 beton sınıfı ve S420 demir sınıfı esas alınmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada kuyu temel betonarme perde duvarı arkasındaki zemin özellikleri değiştirilerek, 6 ana zemin olmak üzere toplam 12 adet zemin türü için kuyu temel analizleri yapılmıştır. Bu analizler yapılırken; kuyu temel boyutları güvenli çıkacak şekilde değerler değiştirilmiştir. Analiz sonucu hesaplanan minimum güvenli kuyu temel ebatları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Analiz sonucu değerleri
(Table 4. Analysis results)

Zemin Türü	Perde Duvar Genişliği (B1) (cm)	Perde Duvar Yüksekliği (H1) (cm)	Temel Ampatman Boyu (B2) (cm)	Temel Kalınlığı (H2) (cm)
ML %0	70	300	160	200
ML %100	70	300	125	200
SM %0	70	300	170	200
SM %100	50	300	140	200
SP %0	65	300	165	200
SP %100	50	300	115	200
SW %0	60	300	165	200
SW %100	25	300	100	200
GP %0	45	300	170	200
GP %100	25	300	90	200
GW %0	45	300	175	200
GW %100	25	300	65	200

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan analizler sonucunda kuyu temel ebatlarının, relatif sıklığı %100 olan iyi derecelendirilmiş çakıllı (GW) zeminde en uygun değerleri verdiği, relatif sıklığı %0 olan siltli kum (SM) zeminde ise kuyu temel boyutlarının büyük çıktığı görülmüştür. Tüm bu veriler ışığında kuyu temellerin uygulanabileceği en uygun zeminin boşluk oranı az, iyi derecelendirilmiş çakıllı (GW) zemin olduğu söylenebilir. Tasarlanan kuyu temel boyutlarının artmasının maliyet artışına da sebep olacaktır.

Yapılan çalışmada tüm analizler sadece betonarme perde duvarlı kuyu temeller için yapılmıştır. Aynı çalışma pratikte yapılan diğer kazı destekleme türleri için de denenmelidir. Aynı zamanda zemin sınıflandırma yapılırken sadece 0 ve 100 değerlerindeki relatif sıklılıklar kullanılmıştır. Daha detaylı sonuç elde etmek için aradaki diğer değerlere sahip zeminler de denenmelidir.

Yapılan çalışmada kuyu temelini uygulanacağı zemin için kohezyon ihmal edilerek zeminler kohezyonsuz olarak değerlendirilmiştir. Kohezyonlu zeminler de kullanılarak analiz yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada kuyu temel boyutları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Boyutların maliyete olan etkisini görebilmek adına boyutlara bağlı maliyet analizlerinin de yapılmasında yarar vardır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yılmaz Z Çeşitli Toprak Basıncı Dağılımları İçin Ankrajlı Perde Hesabı. Tez (Yüksek Lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001
- [2] Büyükgökçe F Derin Kazılarda Yanal Yüke Maruz İksa Sistemlerinin Parametrik Analizi. Tez (Yüksek Lisans), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018
- [3] TS 7994 / Şubat 1990 Zemin Dayanma Yapıları
- [4] TBDY 2018 Türkiye Deprem Bölgeleri Yönetmeliği
- [5] Koyuncu S Derin Kazı Problemlerinde Betonarme Perde ve Mini Kazık Analizi. Tez (Yüksek Lisans), Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
- [6] Dayıoğlu M Derin Kazıların İncelenmesi ve Derin Kazı Uygulaması Üzerine Bir Örnek: Harbiye Kongre Merkezi Derin Temel Kazısı. Tez (Yüksek Lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010
- [7] Sağlamer A Derin Kazıların Sorunları ve Destekleme Sistemleri. Derin Kazılar ve İksa Methodları Sempozyumu, Bogaziçi Üniversitesi, 1985
- [8] Özberk L (2017) Dayanma Yapılarının DBYBHY ve TBDY Göre Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 17. Ulusal Konferansı, 2018
- [9] Özberk B.S. Ankraj Destekli Derin İksalarda Deformasyonların İncelenmesi. Tez (Yüksek Lisans), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009
- [10] Holtz R D, Kovacs W D, Sheahan T C (2015) Geoteknik Mühendisliğine Giriş, 2. Baskı, ISBN: 978-605-133-745-6, Nobel Yayıncılık, Ankara, 852



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**PELEMİR BİTKİSİ TOHUM YAĞININ ÇEVRECİ YAKIT
BİYODİZELİN ÜRETİMİNDE HAMMADDE OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ANALİZLERLE BELİRLENMESİ**

Yasin ÇANTIK ¹, Hülya KARABAŞ ^{1*}, Omca DEMİRKOL ², İnci CERİT ²

¹Yasin ÇANTIK, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
g140112023@sakarya.edu.tr

¹Hülya KARABAŞ, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
hkarabas@sakarya.edu.tr

²Omca DEMİRKOL, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
omcad@sakarya.edu.tr

²İnci CERİT, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
incicantik@sakarya.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: hkarabas@sakarya.edu.tr Tel.: +90-264-295-37-12

ÖZET

Günümüzde petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kaynaklı yakıtların hızla tükenen rezervler olduğu göz önüne alındığında, gelecekte oluşacak krizlerin önüne geçmek için alternatif enerji kaynaklarına yönelim artmaktadır. Biyoyakıtlar hem alternatif enerji kaynağı olmaları hem de net sera emisyonlarını ve iklim değişikliğini azaltma özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi biyolojik kaynaklardan elde edilen yenilenebilir bir yakıttır. Dünya çapında, biyodizel hammaddesi olarak kolza tohumu, soya fasülyesi, hurma yağı, aspir, keten tohumu gibi bitkisel kaynaklar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, buğday tarlalarında yabani olarak yetişen doğal bir bitki türü olan pelemir tohumu yağının biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, laboratuvar ortamında ekstrakte edilen pelemir tohumu yağına yoğunluk, renk, pH, kırılma indisi, serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit analizleri uygulanarak fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, pelemir tohumunun yağ, protein ve nem içeriği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pelemir yağının yüksek yağ oranı (%23,19) biyodizel kullanımında hammadde olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca yağın diğer fizikokimyasal analiz sonuçları literatürdeki çalışmalarla büyük oranda uyumlu bulunmuştur. Ek olarak, pelemirin içerdiği yüksek protein miktarı (%17,66), kusunun farklı alanlarda protein kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmayla genellikle Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde tahıl tarlalarında yetişen pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisi tohum yağının, çevreci yakıt biyodizelin üretiminde hammadde olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel üretimi, pelemir, yağlı tohum



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DETERMINATION OF USAGE OF PELEMIR SEED OIL AS RAW
MATERIAL IN ENVIRONMENTAL FUEL BIODIESEL PRODUCTION**

ABSTRACT

Considering that today's fossil fuels such as oil, natural gas and coal are rapidly depleting reserves, the tendency towards alternative energy sources increases in order to prevent future crises. Biofuels have become prominent in being an alternative energy source and reducing net greenhouse emissions and climate change. Biodiesel is a renewable fuel obtained from biological sources such as vegetable and animal oils. Rapeseed, soybean, palm oil, safflower, flaxseed are vegetable sources used as biodiesel raw materials worldwide. In this study, the usability of pelemir seed oil, which is a natural plant species growing in wheat fields, was investigated as raw material in biodiesel production.

For this purpose, density, color, pH, refractive index, free fatty acidity, and peroxide analyzes were applied to pelemir seed oil extracted in the laboratory to determine the physicochemical properties. In addition, the oil, protein and moisture content of pelemir seed were determined. According to the results, the high oil content of pelemir oil (23.19%) shows that it can be used as a raw material biodiesel production. The results of other physicochemical analyzes of pelemir seed oil were substantially compatible with the studies in the literature. Moreover, it was demonstrated that the residue could be considered as a protein source in different areas due to the high protein content of pelemir pulp (17.66%). In conclusion, pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) seed oil, which is generally grown in cereal fields in the southeast region of Turkey, can be used as a raw material in the production of environmental fuel biodiesel.

Key Words: Biodiesel production, pelemir, oilseed

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji, insanlığın var oluşundan beri ihtiyaç duyulan ve ekonomik kalkınmanın en önemli unsurlarından olan bir olgudur. Dünyada enerji üretiminin %80'i kömür, doğalgaz ve petrol kaynaklarıyla karşılanmakta ve bu rezervler güngeçtikçe azalmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların çevreye olumsuz etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Türkiye'nin, toplam enerjisinin büyük bölümünü ithal eden bir ülke olarak alternatif bir yakıtı ihtiyaç duyduğu açıkça görülmektedir. Tarımsal açıdan zengin olan Türkiye'de, biyodizel üretiminin alternatif enerji olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır [1].

Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (peleminir yağı, keten, kanola, pamuk, yer fıstığı, soya fasulyesi, hindistan cevizi, kolza ve palmye bitkilerinden), kullanım ömrünü tüketmiş atık kızartma yağlarından, hayvansal kökenli yağlardan ve her türlü biyolojik yoldan oluşan yağdan bir katalizör sayesinde kısa zincirli bir alkol ile (etanol veya metanol) reaksiyon sonucunda oluşan yağ asidi metil esterleridir. Petrol kökenli dizel yakıtları ile fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından benzerlik göstermektedir. Bitkisel yağlar dizel motorlarında kullanılamayacak kadar pahalı olmaları, üretimde atık yağların kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Ancak atık yağlar, çeşitli prosesler sonucunda açığa çıktığı için (kızartma ile yağın sıcaklığının yükselmesi, çeşitli kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi) kullanılmamış bitkisel yağlara göre özelliklerinin değişmesi söz konusu olmaktadır. Bu durumda öncelikle atık yağların viskozite, yoğunluk gibi özelliklerinin belirlenip biyodizel üretimine uygunluğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda yağ üretiminde kullanılmayan ancak yağ içeriği yüksek olan bitkisel kökenli bir kaynağın biyodizel üretiminde kullanılmasının büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir [2].

Peleminir, buğday tarlalarında yabani olarak yetişen doğal bir bitki türüdür. Yağ oranını % 21-26 civarında olması peleminir bitkisinin Türkiye'de 1970'li yıllara kadar, yağ kaynağı olarak kullanılmasına sebep olmuştur (Baytop, 1999). Peleminir yağı yeşile yakın sarı renkli olup, kokusu hoştur. Peleminir yağı yemeklik yağ olarak veya diğer yağlarla karıştırılarak farklı şekillerde kullanılmıştır. Fakat peleminir yağında bulunan % 7-8 dolayındaki epoksi asit bu yağın yemek amaçlı olarak kullanılmaması gerektiğini göstermektedir. Çeşitli iklim ve toprak tiplerine uyum sağlayabilen peleminir bitkisi soğuk iklimlere karşı oldukça dayanıklı tek yıllık bir bitkidir. Toprak derinliği az olan eğimli ve erozyona maruz arazilerde tarımı kolaylıkla yapılabilecek yağlı tohum bitkisidir [3-4].

Bu çalışmanın amacı, peleminir bitkisi tohumu yağının biyodizel hammaddesi kullanımına uygunluğunun fizikokimyasal analizlerle belirlenmesidir. Laboratuvar şartlarında tohumdan ekstrakte edilen yağın yoğunluk, renk, pH, kırılma indisi, asit sayısı, serbest yağ asitliği, peroksit analizleri uygulanmıştır. Ek olarak, peleminir tohumunun yağ, protein ve nem oranı tespit edilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Bu tez kapsamında kullanılan peleminir tohumları, Yozgat İlinde organik tarım yapan üreticiden temin edilmiş ve yağ ekstraksiyonu yapılana kadar oda sıcaklığında ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir.

2.2. Pelemir Tohum Yağının Ekstrakte Edilmesi (Extraction of Pelemir Seedoil)

Tohumdan yağ ekstraksiyonu için öncelikle pelemir tohumları Waring blender ile öğütülmüş ve 1:10 oranında olacak şekilde hekzan ile 30 dakika karıştırılarak 2 kere muamele edilmiştir. Toplanan yağ, organik çözücünden rotary evaporatör kullanılarak 40°C'de ayrılmıştır. Pelemir yağının içinde kalan safsızlıkların uzaklaştırılması 50 dakika, 4200 rpm koşullarında santrifüjlenerek (Hettich, Universal) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yağa aşağıdaki fizikokimyasal analizler uygulanmıştır [5].

2.3. Nem Tayini (Moisture Analysis)

Pelemir tohumunda nem tayini için nem tayin cihazı (AND-MX50) kullanılmıştır. Öncelikle öğütülmüş 3-4 g örnek alüminyum kaplara tartılmış ve cihaza yerleştirilmiştir. Daha sonra 105°C'ye programlanan cihazda otomatik olarak nem miktarı belirlenmiştir.

2.4. Toplam Yağ Tayini (Total Oil Content)

Tohumda yağ tayini Soxhtherm yağ tayin cihazında yapılmıştır [6].

2.5. Yoğunluk Tayini (Density Analysis)

Pelemir yağının yoğunluk tayini piknometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir [7].

2.6. Renk Tayini (Color Analysis)

Yağın renk değerleri Lovibond marka (L*, a*, b*) renk tayin cihazı ile belirlenmiştir. Cihazın kalibrasyonu için beyaz ve siyah plakalar kullanılmıştır. L* değeri aydınlık-karanlık, a* değeri kırmızılık-yeşillik, b* değeri ise sarılık-mavilik değerlerini ifade etmektedir.

2.7. pH Tayini (pH Analysis)

Yağın pH değeri pH metre kullanılarak belirlenmiştir. Cihazda ölçüm öncesi 3 noktalı kalibrasyon (pH:4, pH:7, pH:10) gerçekleştirilmiştir.

2.8. Kırılma İndisi Tayini (Refractive Index Analysis)

Pelemir yağında, saflık derecesinin bir göstergesi olan kırılma indisi tayini uygulanmıştır. Bunun için abbe refraktometresi su ile kalibre edilmiş daha sonra yağın kırılma indisi değeri belirlenmiştir [8].

2.9. Serbest yağ asitliği ve asit sayısı tayini (Free fatty acid and acid value analysis)

Serbest yağ asitliği ve asit sayısı standart titrimetrik metot ile belirlenmiştir [9].

2.10. Peroksit tayini (Peroxide analysis)

Pelemir yağının peroksit sayısı standart titrimetrik metot ile belirlenmiştir [10].

2.11. Protein tayini (Protein analysis)

Protein tayininde Kjehdahl yöntemi kullanılmış olup azoru proteine çevirme faktörü 5,30 olarak kullanılmıştır [11].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Pelemir tohumuna ait nem, yağ ve protein içerikleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Pelemir tohumunun nem içeriği %7,03, yağ içeriği ise %23,19 olarak belirlenmiştir. Uslu [12] tarafından yapılan çalışmada pelemirin nem içeriği %6.08 olarak tespit edilmiştir. Kavak ve Baştürk’ün [13] Türkiye’nin farklı bölgelerinde yetişen pelemir tohumlarının antioksidan aktivite, uçucu bileşen ve yağ asidi kompozisyonunu incelediği çalışmalarında ise pelemir tohumu yağ içeriklerinin %11,2 ile %24,0 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine kimyasal, organik ve biyolojik gübrelerin Suriye Cephalaria’nın (*Cephalaria syriaca L.*) agrobiyolojik ve antioksidan özelliklerine etkisin incelendiği başka bir çalışmada pelemir tohumunun yağ içeriği %19,32 ile %25,15 arasında olduğu rapor edilmiştir [14]. Buna göre, kullanılan pelemir tohumları yağ içeriklerinin yüksek olduğu ve böylelikle biyodizel üretimi için elverişli olduğu söylenebilir.

Çalışma kapsamında pelemir tohumunun protein içeriği de incelenmiş ve yağsız kuru madde üzerinden Tablo 1’de belirtildiği gibi %17,66 olarak tespit edilmiştir. Türk pelemirinin fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, tohumun yağı alından sonra elde edilen yağsız katı kısmında protein içeriğinin %20,4 olduğu belirtilmiştir [15]. Biyodizel üretiminde tohumun yağ kısmı kullanılmaktadır ancak geriye kalan posanın değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Pelemirin içerdiği protein miktarı onu önemli bir protein kaynağı haline getirmektedir. Öyle ki Uslu [12] tarafından yapılan çalışmada zayıf unların ekmeçlik kalitelerinin pelemir ekstraktı ilavesiyle geliştirilmesi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan pelemir tohumunun protein içeriği %15,54 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, pelemir ekstraktı ilavesi ile zayıf unların belli düzeylerde ekmeçlik olarak kullanılma potansiyeli kazandığı belirlenmiştir.

**Tablo 1. Pelemir tohumunun nem, yağ ve protein içeriği
(Moisture, oil and protein contents of pelemir seed)**

Parametreler	Pelemir tohumu
Nem içeriği (%)	7,03±0,12
Yağ içeriği (%)	23,19±0,40
Protein içeriği (%)	17,66±0,12

Laboratuvar şartlarında ekstrakte edilen pelemir yağlarına ait fizikokimyasal özellikler Tablo 2’de gösterilmiştir. Pelemir yağının yoğunluğu 0,923 ve pH değeri 5,28 olarak kaydedilmiştir. Yazıcıoğlu vd. [15], pelemir tohumu yağının özelliklerini inceledikleri çalışmalarında 25°C’deki özgül yoğunluğunu 0.9229 olarak tespit etmiştir ve bu değer çalışmamızla paralel olduğu görülmektedir.

Refraktif indeks tayininde, ortam değiştirirken doğrultusu değişen ışığın fiziksel özelliğinden faydalanılır. Kırılma indisi her maddeye özgü bir fiziksel özelliktir. Her ortamın kırılma indisinin farklı olması sayesinde konsantrasyon ve madde miktarı ölçülebilmektedir. Kırılma indisi yağların saflık derecelerini belirtirken yağın acılığı arttıkça kırılma indisi de artmaktadır [16]. Karabaş [5], ham meşe palamudu çekirdek yağından biyodizel üretiminin incelediği çalışmasında meşe palamudu yağının refraktif indeks değerini 1,460 olarak tespit etmiştir. Pelemir tohumu yağının refraktif indeks değerinin meşe palamudu yağından daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine yapılan diğer bir araştırmada, pelemir yağının refraktif indeks değeri 1,4706 olarak rapor edilmiş ve çalışmamızda bulunan değere yakın olduğu belirlenmiştir [15].

Tablo 2. Pelemir tohum yağının fizikokimyasal özellikleri (Physicochemical properties of pelemir seed oil)

Parametreler	Laboratuvarda ekstrakte edilen pelemir yağı
Yoğunluk (15°C)	0,923
Refraktif indeks (20°C)	1,472
pH	5,28
Serbest yağ asitliği (%)	0,68±0,07
Asit sayısı (mg KOH/g)	1,37±0,15
Peroksit değeri (meşg O ₂ /kg)	25,16±0,90
Renk	5,77L-5,12A-8,16B

Pelemir yağının serbest yağ asitliği, % oleik asit cinsinden ifade edilmiş olup değerler Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında pelemir yağının serbest yağ asidi içeriğini inceleyen tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Türkiye’nin farklı bölgelerindeki pelemir tohumu yağı özelliklerinin incelendiği araştırmada serbest yağ asidi değerleri %0,27-0,83 aralığında olduğu, sadece bir örneğin değerinin %2,38 olduğu rapor edilmiştir [13]. Bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında, laboratuvarda ekstrakte edilen yağın sahip olduğu serbest yağ asitliği değeri, bu çalışmayla paralellik göstermiştir.

Peroksit değeri yağ kalitesini karakterize etmede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Peroksit sayısı yağlardaki aktif oksijen miktarının ölçüsü olup, 1000 gram örnekteki aktif oksijenin miliekivalent olarak eşdeğeridir. PV değeri 1 ile 5 meşgO₂/kg olması düşük seviyeli, 5 ile 10 meşgO₂/kg olması orta seviyeli, 10 ile

20 meşgO₂/kg ise yüksek oksidasyon göstergesi olmaktadır [17]. Bu çalışmada kullanılan yağların peroksit sayıları 25,16 meşgO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değer Kavak ve Baştürk'ün [13] pelemir tohumu yağıyla yaptığı çalışmasındaki değerlerden (2,46-5,39 meşgO₂/kg) yüksek olduğu görülmektedir. Ancak Karabaş [5] tarafından ham meşe palamudu çekirdek yağıyla yapılan çalışmada peroksit değeri 200 g/kg O₂ olduğu tespit edilmiştir.

Yağların kalitesinin belirlenmesinde önemli olan bir diğer özellik renk değerleridir. Çalışma kapsamında renk değerleri belirlenirken renk tayin cihazında mevcut olan sıvı örnek küveti kullanılmış ve yağ numuneleri bu aparata doldurularak ölçüm yapılmıştır. Renk analizlerinde değerler belirlenirken aynı zamanda cihazda ayarlanan ölçüm parametreleri de verilmelidir. Bu çalışmada kullanılan cihazda ışık kaynağı D65 ve açısı 10°'dir. Ayrıca kullanılan küvetin kalınlığı da 1 cm'dir. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla parlaklık, kırmızı-yeşillik ve sarı-maviliği temsil etmektedir. Renk değerleri Tablo 2'de gösterildiği gibidir. Yine Kavaş ve Baştürk'ün [13] yaptığı çalışmaya göre, pelemir tohumundan elde edilen yağların L* değerlerinin 18,63-24,87, a* değerlerinin -1,01-2,37 ve b* değerlerinin 4,73-13,32 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler ile karşılaştırıldığında L* ve a* değerlerinin farklı, b* değerlerinin ise benzer olduğu görülmektedir. Renk değerleri arasında farklılıklar, bitkilerin toplandığı coğrafi konumlardaki yer, toprak ve iklim koşulları farklılığıyla ilişkilendirilebilir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma kapsamında, ağırlıklı olarak Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde tahıl tarlalarında yabancı ot olarak yetişen pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisi tohum yağının, çevreci yakıt biyodizelin üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliğinin bazı fizikokimyasal analizlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlara göre, pelemir tohumunun yüksek yağ içeriği (%23,19), biyodizel üretiminde yağ hammaddesi olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Çalışmada kullanılan yağın yoğunluk, serbest yağ asitliği, refraktif indeks değerleri literatürdeki diğer çalışmalarla uyumlu bulunurken peroksit değerinin biraz yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yağı alındıktan sonra geriye kalan posa kısmının değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Pelemirin içerdiği yüksek protein miktarı (%17,66), farklı alanlarda protein kaynağı olarak kullanımına olanak sağlayabileceği düşünülmektedir. Tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde, pelemir tohumu yağının çevreci yakıt olarak biyodizel üretiminde değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Alptekin, Ertan, and M. Çanakçı. "Biyodizel ve Türkiye'deki durumu." *Mühendis ve Makine* 47.561 (2006): 57-64.
- [2] Özdemir, Zafer Ömer, and Halil Mutlubaş. "Biyodizel Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri." *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 2.2 (2016): 129-143..
- [3] Sezgin, Mehmet, et al. "Bazı Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) Çeşitlerinin Türkiye'nin Farklı Ekolojik Koşullarında Verim ve Kalite Değerlerinin Belirlenmesi." *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 20 (2017): 192-195.

- [4] Karahan, Ali MÜcahit, and Osman Kılınççeker. "Pelemir (Cephalaria syriaca) Tohumunun Bazı Özellikleri ve Gıda Sektöründe Kullanımı."
- [5] Karabas, Hülya. "Biodiesel production from crude acorn (Quercus frainetto L.) kernel oil: An optimisation process using the Taguchi method." *Renewable Energy* 53 (2013): 384-388..
- [6] Özcan, Tamer. "Characterization of Turkish Quercus L. taxa based on fatty acid compositions of the acorns." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84.7 (2007): 653-662.
- [7] Turkish standard methods. Animal and Vegetable Oils and Fats- Determination of Specific Gravity. TS 4959
- [8] Turkish standard methods. Animal and Vegetable Oils and Fats- Determination of Refractive Index. TS 4960 ISO 6320
- [9] Turkish standard methods. Animal and Vegetable Oils and Fats- Determination of Acid Value and of Acidity. TS 1605 ISO 660
- [10] Turkish standard methods. Animal and Vegetable Oils and Fats- Determination of Peroxide Value. TS 4964
- [11] AOAC. Determination of moisture, ash, protein and fat, 18th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, USA. (2005).
- [12] Uslu, Elif Şeyma. "Zayıf unların ekmeklik kalitelerinin pelemir (Cephalaria syriaca) ekstraktı ilavesiyle geliştirilmesi." Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2016). Yüksek Lisans Tezi.
- [13] Kavak, Canan, and A. Baştürk. "Antioxidant activity, volatile compounds and fatty acid compositions of Cephalaria syriaca seeds obtained from different regions in Turkey." *Grasas y Aceites* 71.4 (2020): 379.
- [14] Rahimi, Amir, et al. "The Influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian cephalaria (Cephalaria Syriaca L.)." *Agriculture* 9.6 (2019): 122.
- [15] Yazicioğlu, T., A. Karaali, and J. Gökçen. "Cephalaria syriaca seed oil." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 55.4 (1978): 412-415.
- [16] Karayığit, Tuğba." Ayçiçek yağının rafinasyon aşamalarında meydana gelen fizikokimyaal değişimler ve nanoboyuttaki safsızlıkların tespit edilmesi". Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2018). Yüksek Lisans Tezi.
- [17] O'Brien Richard. "Fats and Oils-Formulating and Processing for Applications" CRC Press. Boca Raton, Florida. (2004).



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

BİYOKÜTLEDEN YAKITA: BİYODİZEL

Kübra KUNDİ^{1,*}, Aydan AKSOĞAN KORKMAZ²

¹Kübra KUNDİ, Disiplinlerarası Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Malatya Turgut Özal Üniversitesi,
Türkiye

kbrkundi@gmail.com

²Aydan AKSOĞAN KORKMAZ, Disiplinlerarası Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Malatya Turgut
Özal Üniversitesi, Türkiye

aydan.aksogan@ozal.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: kbrkundi@gmail.com; Tel.: + 905524061090

ÖZET

Enerji, bir toplumun en önemli temel ihtiyaçlarından biridir. Bu ihtiyacın verimli, ekonomik ve sürdürülebilir olması ise en önemli unsurlardır. Fosil kaynaklar hem sınırlı hem de çevremizi olumsuz etkiledikleri için, sürekli olarak kullanılmaları durumunda istenmeyen etkiler yaratır. Dolayısıyla enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları içinde biyokütle, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Biyokütle ihmal edilebilir miktarda kükürt, azot ve metal içeriğine sahiptir. Güneş var olduğu sürece bitki yetiştirilmesi devam edeceğinden, tükenmez bir enerji kaynağıdır. Bu da enerjinin sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Biyokütle, ayrıcatıştlar için yakıt (biyodizel) elde edilebilmesi dolayısıyla en stratejik enerji kaynaklarından biridir. Bu çalışmada, biyokütle ve biyokütleden yakıt üretilmesi ile ilgili temel bilgilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temiz enerji, biyokütle, biyodizel, yakıt

FROM BIOMASS TO FUEL: BIODIESEL

ABSTRACT

Energy is one of the most important basic needs of a society. The most important factors are that this need is efficient, economical and sustainable. Since fossil resources are both limited and negatively affect the environment, they create undesirable effects if they are used continuously. Therefore, it is necessary to turn to renewable energy sources in energy production. Among the renewable and sustainable energy sources, biomass is an energy source that can be grown anywhere, provides socio-economic development and is environmentally friendly. Biomass has negligible sulfur, nitrogen and metal content. It is an inexhaustible source of energy, as plant cultivation will continue as long as the sun exists. This is extremely important for the sustainability of energy. Biomass is also one of the most strategic energy sources because it can be obtained as fuel (biodiesel) for vehicles. In this study, basic information about biomass and fuel production from biomass is given.

Key Words: Clean energy, biomass, biodiesel, fuel

1. GİRİŞ(INTRODUCTION)

Dünya nüfusunun artışından dolayı enerji gereksinimi giderek artmaktadır. Endüstrileşmenin ve sanayileşmenin başlangıcından beri dünyanın enerji ihtiyacı için ana olarak petrol, kömür ve doğal gaz gibi kaynaklar kullanılmıştır. Ancak yakın gelecekte bu kaynakların tükeneceği öngörülmektedir [1, 2].

Enerji üretimi için bu kaynakların kullanılması sonucunda dünya atmosferindeki karbondioksit miktarı artmıştır. Karbondioksit, dünya atmosferinde sera etkisi oluşturmakta, dünya ikliminde bir değişim ve ısınmanın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır [3].

İnsanoğlunun sürekli yenilik arayışı, hızla gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte her alanda olduğu gibi enerji sektörünü de etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının daha ekonomik, çevre dostu olması enerji üretimi için önemli bir potansiyeldir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan biyokütle; petrole, doğalgaza ve kömüre olan bağımlılığımızı azaltarak alternatif bir yakıt olmasıyla karşımıza çıkmaktadır [4].

Biyokütle yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Biyokütlenin kimyasal içeriğinde karbonun yanı sıra hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve daha küçük oranlarda alkali, alkali toprak ve ağır metaller içeren atomlar vardır. Diğer bir ifadeyle, yüzyıllık dönemden daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler biyokütle olarak tanımlanabilir [5].

Birçok gelişmiş ülke biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Örneğin; İsveç enerjisinin %16'sı gibi büyük bir kısmını biyokütleden elde etmektedir. Benzer şekilde Avusturya enerjisinin %13'ünü biyokütleden sağlarken, Finlandiya da biyokütle enerjisinden önemli ölçüde yararlanmaktadır [6]. Biyokütle sosyal ve ekonomik faydaları nedeniyle geleceğin en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olduğu düşünülmektedir. Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilen, katı, gaz ve likit yakıt çevrilebilmektedir. Endüstri, tarım ve orman artıkları biyokütle olarak kullanılabilen, buna ek olarak ağaç ve şeker kamışı gibi enerji üreten bitkiler yalnızca enerjiye dönüştürülerek kullanılmak amacıyla üretilmektedir [7].

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI (RENEWABLE ENERGY SOURCES)

Yenilenebilir enerji kaynağı "Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı" olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, enerjide dışa bağımlılığın azalmasına katkıda bulunmalarıdır. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar [8]. Bu kaynaklar, tükenmezdir. Farklı alanlarda kullanımları mümkündür.

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, hidrojen, hidroelektrik ve jeotermal gibi kaynaklardır. Bunlar doğada sürekli olarak bulunan kaynaklardır. Ülkelerin kendi kaynaklarını kullanarak ulaşabileceği yenilenebilir enerji kaynakları stratejik öneme sahiptir. Ülkeler bu şekilde kendi kaynaklarını kullanarak enerji üretmekte ve dış borç yükünü azaltmakta ve aynı zamanda istihdam yaratmaktadır[9].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile birlikte, enerji ithalatındaki azalış cari açıkların azalmasını sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önündeki tek engel ise başlangıç maliyetinin yüksek olmasıdır. Kısa vadede çok kazançlı gibi görünmese de uzun vadede yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilebilmektedir. Fosil kaynakların rezervlerinin azalması nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları ekonomik

açından daha kazançlı hale gelmektedir. Günümüzde birçok ülkede devlet desteği ve teşvikleri ile birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarının başlangıç maliyetlerinin azaltılmaya çalışılması önde gelen politikalar arasındadır [10].

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantajları (Advantages of Renewable Energy Sources)

- Yenilenebilir özellik taşımaları nedeniyle sürekli kaynaklardır.
- Çevre sorunları açısından temiz enerji kaynakları olarak değerlendirilebilirler.
- Enerji sektöründe ülkenin bağımsız olmasını sağlamaktadır.
- Yenilenebilir kaynaklarından enerji üretilebilmesi için ihtiyaç duyulan arazi genellikle azdır.
- Yerel kaynaklar olduklarından dışı bağımlı değildir ve çeşitli uluslararası sorunlardan etkilenmezler.
- Modüler bir yapıya sahip olduklarından ihtiyaca göre çok küçük kapasitelerden, büyük ünitelere kadar kurulmaları mümkündür.
- Kurulum süreleri genellikle kısadır.
- Sökülmeleri gerektiğinde kolay ve düşük maliyetle gerçekleşmektedir.

3. BİYOKÜTLE ENERJİSİ(BIOMASS ENERGY)

Dünyanın çoğalan nüfusu ve endüstrileşmenin giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden sağlayabilecek kaynaklardan en önemlilerinden biri biyokütle enerjisidir. Bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu süre süreceği için, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [11].

Biyokütle; yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemelerin genel adıdır. Biyokütle enerji kaynağı ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm organik maddeler olup bu kaynaklardan elde edilen enerji biyokütle enerjisi olarak ifade edilir [10].

Biyokütle enerjisini klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından(tezek gibi) oluşur. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Ayrıca günümüzde enerji tarımı adını verdiğimiz bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde C4 adı verilen bitkiler (Şeker kamışı, mısır, tatlı darı, vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkiler suyu ve karbondioksiti verimli kullanan, kuraklığa dayanıklı verimi yüksek bitkilerdir [12].

Biyokütle orijinal haliyle yakıt olarak kullanılabilir veya farklı katı, gaz veya sıvı biyoyakıtlara dönüştürülebilirler. Bu yakıtlar elektrik üretiminde, nakliye, ısıtma ve soğutma ve diğer tüm evsel kullanım ve endüstriyel prosesler için kullanılabilir. Genel olarak uluslararası literatürde ve veri kaynaklarında biyokütle enerji kaynakları için tipik sınıflandırma, birincil katı biyoyakıtlar, sıvı biyoyakıtlar, biyogaz, belediye ve endüstri atıkları, şeklindedir[13].

Temel yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle, canlı organizmaların fotosentez yolu ile ürettikleri her türlü canlı organizmayı kapsamaktadır. Biyoenerji üretimi için hammadde olarak kullanılan biyokütle orman, bitki, ahşap endüstrisi ve tarımsal atıklar, enerji bitkileri, ev ve belediyelerin katı organik atıkları ve alglerden oluşmaktadır [14].

Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salımı açısından korunmuş olacaktır. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır [15].

4. BİYOKÜTLE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ (BIOMASS CYCLE TECHNOLOGIES)

Biyokütle materyalleri biyokütle çevirim teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir (Tablo 1). Çevrim sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir. Biyokütleden enerjinin yanı sıra, mobilya, kağıt, yalıtım malzemesi yapımı alanlarında da yararlanılmaktadır [15].

Tablo1. Biyokütle çevirim teknikleri

Biyokütle	Çevrim yöntemi	Yakıtlar	Uygulama alanları
Orman atıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, Isınma
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, Ulaşım araçları
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon	Metan	Isınma, Ulaşım araçları
Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik yağ, Roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Isınma, Ulaşım araçları, Seracılık

5. BİYODİZEL (BIODIESEL)

Biyodizel, organik yağların baz ve alkolle karıştırılarak dizel yakıtı çevrilmesi sonucu elde edilen üründür. Tohumlu bitkiler, kanola, aspir, soya fasulyesi ve ayçiçeği gibi bitkilerle üretilir. Bunların dışında kızartma yağları, balık yağı gibi hayvansal ve kullanımdan arta kalan yağlar da biyodizel üretiminde kullanılabilir. Biyodizel de biyoetanol gibi, dizel yakıtlarla belirli oranlarda karıştırılabilir ya da onlara alternatif olarak tek başına kullanılabilir özelliktedir. Dünyanın pek çok yerinde biyodizel karışımı yakıtlar için “B” harfli sistemler kullanılmaktadır. Dizel yakıtının içine eklenen biyodizel, miktarına göre B harfinin yanına oranı eklenerek okunur. Örneğin B20, % 20 biyodizel ve % 80 dizel yakıtın karışımı anlamına gelmektedir. Biyoyakıt üretiminde sadece etanol ve biyodizel gibi yakıtlar değil, aynı zamanda yararlı olabilecek değişik yan ürünler de

üretilebilmektedir. Örneğin biyodizel üretiminde yan ürün olarak elde edilen gliserolün, kozmetik sektöründe hatta süt ve besi sığırlarının beslenmesinde önemli bir ham madde olabileceği değerlendirilmektedir[16].

Biyodizelin yakıt özellikleri;

- Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir (>110 °C). Bu özellik biyodizelin kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar.
- Biyodizel petrol kaynaklı dizel ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir. Bu özellik petrol kaynaklı dizelin kalitesini yükseltir. Örneğin yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini düşürür, motordaki yağlanma derecesini artırır ve motor gücünü azaltan birikintileri çözer.
- Biyodizelin setan sayısı, dizelin setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vuruntulu çalışmaktadır.
- Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi biyodizel ile uyumlu kullanılamamıştır. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak, bu problemler B20 (%20 biyodizel - %80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez.
- Biyodizel çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtın depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları-tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

5.1. Biyodizel Üretim Yöntemi (Biodiesel Production Method)

Biyodizel üretiminin çeşitli metodları olmakla birlikte, günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon (alkoliz) yöntemidir. Laboratuvarında biyodizel üretim basamakları şunlardır;

Baz ve Alkolün Karıştırılması

Genellikle kullanılan bazlar kostik soda olarak bilinen NaOH veya KOH'tur. Baz, karıştırıcı yardımı ile alkolün içerisinde çözdürülür [17].

Transesterifikasyon Basamağı

Bitkisel veya hayvansal yağ manyetik ısıtıcıda 55 °C veya 60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra alkolbaz çözeltisi (MeOH-NaOH/KOH) ilave edilir [18]. Transesterifikasyon reaksiyonunun tamamlanması için ortalama 80 saat beklemeye bırakılır. 80 saat sonunda biyodizel-gliserin'den oluşan iki fazlı karışım elde edilir [19].

Ayrırma İşlemi

Gliserin-biyodizel karışımı ayırma hunisiyle yoğunluk farkına dayalı olarak ayrılır. Gliserinin yoğunluğu daha yüksek olduğu için alt fazda gliserin, üst fazda yağ asidi alkol esteri (biyodizel) toplanır.

Alkolün Uzaklaştırılması

Fazlar birbirinden ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol damıtma işlemiyle ya da flaş buharlaştırma işlemiyle uzaklaştırılır. Her iki fazdaki fazla alkol geri kazanılır.

Gliserinin Nötralizasyonu

Gliserin, baz ve sabun kalıntıları içerdiği için yan ürün olarak ham gliserin tanklarda biriktirilir. Alkol ve su kalıntıları uzaklaştırılarak ham gliserin elde edilir. Elde edilen gliserin ilaç ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır [20].

Metil Esterleri Yıkama İşlemi

Biyodizel –gliserin karışımı ayrıldıktan sonra, biyodizel içerisinde bulunan eser miktardaki sabun ve baz saf su ile yıkanarak uzaklaştırılır. Reaksiyon karışımı nötr hale getirilir. Sonuç olarak açık sarı renkli petrodizele benzer viskoziteli biyodizel elde edilmiş olur.

5.2. Biyodizel Çevresel Etkileri (Biodiesel Environmental Impacts)

- Çevre ile uyumludur. Kısa bir süre içerisinde doğada parçalanabilen (%99,5 oranında) bir yakıttır.
- Dizel ve biyodizel karışımların kullanılmasıyla PM, HF, SO_x, CH₄ ve CO emisyonlarında azalma görülürken; HCl, C_xH_y ve NO_x emisyonlarında artma görülmektedir [21].
- Sera etkisini artırıcı bir özelliği bulunmadığı için karbon döngüsünü hızlandırır. Sülfürsüz olduğu için asit yağmurlarına neden olmaz. Biyodizel yakıtların toplam kirli hava oluşturma potansiyelleri dizel yakıtlara oranla %50 daha azdır [22].
- Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, fotosentez yolu ile CO₂'i dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için, sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Tükettiğimiz biyodizelden atmosfere verilen CO₂,biyodizel üretiminde kullanılacak olan yağ bitkisi tarafından en fazla bir yıl içinde geri alınacaktır. Bu açıdan bakıldığında: biyodizel üretimi, CO₂emisyonları için doğal bir yutak olarak nitelendirilebilir ve Dünya'nın en önemli çevresel sorunlarından olan ve fosil yakıtların geri alınamayan CO₂ emisyonlarının yol açtığı sera etkisi sonucunda ortaya çıkan küresel ısınmadan kaynaklanan olumsuzlukların indirgenmesi bağlamında önemli katkılar sağlar.
- Suya bırakıldığında 28 günlük bir sürecin sonunda biyodizelin yüzde 95'i çözülürken, dizelde bu oran yüzde 40 mertebelerine kadar düşmektedir. Bu nedenle, özellikle ABD'nde birçok eyalette, göller ve nehirler gibi sucul alanlarda kullanılan ulaşım araçlarında ve teknelerde saf biyodizel kullanımı zorunlu kılınmıştır.
- Biyodizel yakıtının kimyasal ve fiziksel özellikleri motorlarda yanma verimini olumlu yönde etkilemektedir.
- Biyodizel yakıtı dizel yakıt ile belirli oranlarda kullanıldığı gibi %100 oranında da kullanılabilir.
- Biyodizelin yapısındaki C16-C18 metil esterleri hızlı ve kolayca parçalanarak çözülür.
- Biyolojik olarak ayrımı gerçekleşir. Toksik etkisi bulunmamaktadır.
- Biyodizel çevre dostu, alternatif bir enerji kaynağıdır.

- Biyodizelin tutuşma derecesi, dizel yakıtlardan daha yüksektir. (>110 °C) Bu özelliği sayesinde depolanması ve taşınması güvenilirdir[23].

6.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini, çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu süre devam edeceğinden, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Türkiye’deki olası biyokütle enerji kaynakları değerlendirildiğinde, arasında tarım endüstrisi artıkları ile odun ve odun dışı orman ürünleri artıklarının, hayvan yetiştiriciliği sonucunda ortaya çıkan hayvansal atıkların, özellikle toplu konutların yüksek oranlarda bulunduğu şehirlerdeki evsel ve şehirsal katı atıkların, biyokütle kökenli tüm endüstriyel atıkların piroliz, gazlaştırma, fermantasyon, anaerobik çürütme gibi uygun tekniklerle alternatif yakıtlara dönüştürülebileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Abas, N., Kalair, A. and Khan, N. "Review of Fossil Fuels and Future Energy Technologies." *Futures* 69, (2015): 31–49.
- [2] Aksoğan Korkmaz, A. “Alternatif Temiz Enerji: Linyit-Biyokütle Karışımlarının Birlikte Pirolizi.”*Zeugma II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*. Türkiye, Gaziantep, 2019, 69-78.
- [3] Jones, G. A. and Warner, K. J. "The 21st century Population-Energy-Climate Nexus." *Energy Policy* 93, (2016): 206–212.
- [4] Gürdil, G.A.K., Baz, Y.Ö., Demirel, Ç. and Demirel, B. “Yakıt Peleti ve Briketi İçin Güncellenmiş Avrupa Birliği Standartları ve İlgili Parametreler.” *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 29(2), (2015): 147-156.
- [5] Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D. and Güngör, E. “Biyokütle kullanımının enerji, çevre, sağlık ve ekonomi açısından değerlendirilmesi.” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1), (2017): 148-160.
- [6] Statistical Review of World Energy, BP, June 2007, <http://www.bp.com>.
- [7] Altuntaşoğlu, Z. T. (2003). “Sürdürülebilir Kalkınma - Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanun Tasarısı Taslağı.” *TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu*. Türkiye, Ankara, 2003, 345-354.
- [8] Irkçatal, B.O. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları.”, *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Biyoenerji Çalıştayı*, Türkiye, Kastamonu, 2010.
- [9] <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa>
- [10] [https://www.birbucukderece.com/hükümetlerarası iklim değişikliği paneli \(IPCC\)](https://www.birbucukderece.com/hükümetlerarası iklim değişikliği paneli (IPCC))
- [11] https://www.angelfire.com/scifi/nuclear220/sec555.htm#biyokütle_enerjisi

- [12] Toklu E. "Biomass Energy Potential and Utilization in Turkey." *Renewable Energy* 107, (2017): 235-244.
- [13] http://deneyisan.com/Content/images/documents/es-07_182760.pdf
- [14] Alamgir, A.K. "Potential to Use Biomass for Bio-energy in Ontario." *Guelph Engineering Journal* 2(39), (2009): 39.
- [15] TÜGDAD 2004. Türkiye'nin enerji sorunları ve çözüm önerileri, Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Batıkent, Ankara.
- [16] Erdoğan S. "Biyodizel Üretimi Sırasında Yan Ürün Olan Gliserolün Ruminant Beslemede Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı." *YYÜ Tar Bil Derg.* 24(1), (2014): 94-100.
- [17] Ho, W.W.S., Ng, H. K. and Gan, S. "Advances in ultrasound-assisted transesterification for biodiesel production." *Appl. Therm. Eng.* 100, (2016): 553–563.
- [18] Semwal, S., Arora, A. K., Badoni, R. P., and Tuli, D. K. "Biodiesel production using heterogeneous catalysts." *Bioresource Technology* 102(3), (2011): 2151–2161.
- [19] Leung, D. Y. C., Wu, X., and Leung, M. K. H. "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification." *Appl. Energy* 87(4), (2010): 1083–1095.
- [20] Sugoza, I., Oner, C., and Altun, S. "The performance and emissions characteristics of a diesel engine fueled with biodiesel and diesel fuel." *Int. J. Agric. Res. Dev.* 2(1), (2010): 50-53.
- [21] Ashraful, A. M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Rizwanul Fattah, I. M., Imtenan, S., S. Shahir, A., and Mobarak, H. M. "Production and comparison of fuel properties, engine performance, and emission characteristics of biodiesel from various non-edible vegetable oils: A review." *Energy Convers. Manag.* 80, (2014): 202–228.
- [22] De Paulo, A. A., Da Costa, R. S., Rahde, S. B., Vecchia, F. D., Seferin, M., and Dos Santos, C. A. "Performance and emission evaluations in a power generator fuelled with Brazilian diesel and additions of waste frying oil biodiesel." *Appl. Therm. Eng.* 98, (2016): 288–297.
- [23] Chattopadhyay, S., and Sen, R. "Fuel properties, Engine performance and environmental benefits of biodiesel produced by a green process." *Appl. Energy* 105, (2013): 319–326.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**CHARACTERISTICS OF MOLECULAR WEIGHT DISTRIBUTION OF
NATURAL ORGANIC MATTER AND TRIHALOMETHANE
FORMATION PROPERTIES IN CONVENTIONAL DRINKING WATER
TREATMENT PROCESSES**

Kadir ÖZDEMİR¹ *

¹Kadir ÖZDEMİR, Department of Environmental Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit University,
Turkey

kadir.ozdemir@beun.edu.tr

* corresponding author; E-Mail: kadir.ozdemir@beun.edu.tr; Tel.: 0 3722912568

ABSTRACT

In this study, ultrafiltration (UF) technique was used for natural organic matter (NOM) characterization in water samples taken from Ulutan drinking water treatment plant (UWTP) units (raw water, coagulation and disinfection process) in Zonguldak. The distribution of NOM fractionation was performed the carbon mass balance of the UF processes as regard to Total organic carbon (TOC) measurements. The NOM fraction with molecular weight (MW) <1000 Da (1 kDa) is the dominant fraction. Its percentage ranged from 54.29% to 69.76% between raw and disinfection processes stages in UWKP. On the other hand, as raw water samples was chlorinated, the highest trihalomethane formation potential (THMFP) was observed the fraction of < 1kDa as 163.2 µg/L during the reaction times of 168 hours and followed by 1-3kDa (15.3 µg/L), 3-5kDa (12.6 µg/L) and >5kDa (µg/L), respectively. As a result, the findings of this study demonstrated that the determination of NOM fractions with the UF can be an applicable strategy for operation of conventional drinking water treatment plants.

Keywords: Ultrafiltration, molecular weight distribution, natural organic matter, trihalomethane, water treatment

ÖZET

Bu çalışmada Zonguldak iline içme suyu sağlayan Ulutan içme suyu arıtma tesisi ünitelerinden (Ham su, koagülasyon ve dezenfeksiyon) alınan su numunelerinde doğal organik madde (DOM) karakterizasyonu ultrafiltrasyon (UF) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bütün organik fraksiyonlar arasında en fazla bulunan moleküler ağırlığı (MA) 1000 Da (1kDa)'dan küçük olan organik fraksiyonlar olduğu tespit edilmiştir. Ham sudan dezenfeksiyon ünitesine kadar 1kDa'dan küçük olan DOM fraksiyonlarının bulunma yüzdesi %54.26- %69.76 arasında yer almaktadır. Klorlanmış ham su numunelerinde 168 saatlik reaksiyon süresinde en yüksek trihalometan oluşum potansiyeli (THMOP) miktarı (163.2 µg/L) MA 1kDa'dan küçük olan DOM fraksiyonlarda görülürken, sırası ile MA 1-3kDa'da 15.3 µg/L, 3-5kDa'da 12.6 µg/L ve MA 5kDa'dan büyük olanlarda ise 8.4 µg/L olarak ölçülmüştür. Bulgular UF tekniği ile DOM fraksiyonlarının tespit edilmesinin içme suyu arıtma tesislerinin işletmesinde uygulanabilir bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Ultrafiltrasyon, moleküler ağırlık dağılımı, doğal organik madde, trihalometan, su arıtım

1. INTRODUCTION

Natural organic matter (NOM) in water consists of a wide variety of organic compounds and also plays a significant role in water treatment. It forms from largely aliphatic to colored aromatics [1]. The characteristics of NOM can change to climate and geology [2].

On the other hand, NOM affects drinking water treatment on many aspects, like the dose of treatment chemicals [3]. Further, NOM reacts with disinfectants like chlorine, during water disinfection, halogenated disinfection byproducts (DBPs) form [4]. Some studies have reported that NOM is the main precursor of DBPs [5, 6]. NOM is generally divided into hydrophobic, transphilic, and hydrophilic groups. Hydrophobic NOM consists of humic and fulvic acids. Hydrophilic NOM includes mostly aliphatic carbon and nitrogenous compounds [7, 8]. Additionally, NOM characterization focused on general parameters, including total organic carbon (TOC), UV absorbance at 254 nm wavelength and specific ultraviolet absorbance (SUVA) [9].

Fractionation techniques like ultrafiltration [10] can be useful for NOM characterization. Ultrafiltration (UF) has been used to fractionate NOM into different molecular weight (MW) fractions [11]. UF technique has been used for separating of NOM fractions related to their molecular sizes the range from 1000 to 30000 Daltons (Da) [12]. Also, UF technique is no requirement for chemical reagents [13]. The goal of study is to find the molecular weight (MW) distribution of NOM fractions in conventional treatment processes and analyze to the trihalomethane formation potential (THMFP) of different MW fractions of NOM

2. EXPERIMENTAL METHOD

2.1. *Water sampling*

In the study, water samples were taken from the ULUTAN Drinking Water Treatment plant (UWTP) in Zonguldak. Ulutan Dam is the main water reservoir in Zonguldak and provides a maximum of 34,000 m³/day of raw water to UWTP. UWTP is a kind of conventional treatment plant including aeration, coagulation-flocculation, filtration and disinfection process. Water samples were stored at 4 °C to retard microbial activity prior to use.

2.2. *Ultrafiltration*

UF process was used to fractionate the NOM components according to their molecular size. UF was conducted by using a stirred UF cell (Millipore 8200) with YM disc membrane made of regenerated cellulose (Amicon, USA). The molecular weight (MW) of the applied membranes was as follows: 1, 3 and 5 kDa. NOM was separated by using ultrafiltration membranes, including a fraction with MW < 1 kDa, 1-3 kDa, 3-5 kDa and > 5 kDa. The cleaning process was performed by the procedure of Zhao et al. [8]. Transmembrane pressure value of 0.35 MPa was applied for UF tests with surface water samples.

2.3. Chlorination and THMFP Procedure

Chlorination of water samples was made in a 500 cm³ amber-color glass bottle. Water samples were buffered to pH 7.5 with 5 mM phosphate buffer. Chlorine stock (1000 mg/L) solutions was prepared using commercial 4% NaOCl and standardized by iodometric titration. THMFP test was done according to in Standard Methods of 5710-B [14].

2.4. Analytical Procedure

TOC analyses were performed with a Shimadzu TOC-5000 Analyzer, using high temperature combustion, according to SM-3510B. UV-1608 Shimadzu spectrophotometer was used for measurements of UV₂₅₄. SUVA was found as the UV₂₅₄ divided by the TOC values. THM measurements were conducted using EPA Method 551.1 for liquid-liquid extraction with pentane and gas chromatography [15].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Distribution of NOM

The UF technique is widely used for the determination of molecular weight distributions of NOM in water treatment. Prior to UF processes, a mass balance must be done for each NOM fraction with TOC analysis. Furthermore, any loss or contamination was calculated with mass balance based on the TOC values of NOM fractions. The results of the mass balance for each NOM fraction are presented in Table 1. As can be seen Table 1, measured TOC concentration of each NOM fraction in the treatment steps is shown in the left column. On the other hand, the volume of water samples was presented in the middle column. The distribution of TOC levels was determined by the TOC mass value divided by the sum of TOC mass value.

Table 1. TOC mass balance for each water treatment unit

Water source	Molecular Dimension	TOC	Sample volume	TOC mass	TOC distribution
Raw water	Dalton (Da)	(mg/L)	(L)	mg	(%)
	Raw water	8,78	0,18	1,58	
	>5000 D (>5kDa)	0,34	0,54	0,18	12,14
	5000-3000 D (5kDa-3kDa)	0,46	0,54	0,25	13,93
	3000-1000 D (3kDa-1kDa)	0,48	0,54	0,26	15,36
	<1000 D (<1kDa)	4,56	0,18	0,82	54,29
	Total mass=	Sum of fractions	1,779	1,51	100
					Recovery(%)
					101,4
Coagulated water	Coagulated water	6,45	0,18	1,16	
	>5000 D (>5kDa)	0,19	0,54	0,10	9,56

	5000-3000 D (5kDa-3kDa)	0,25	0,54	0,14	12,58
	3000-1000 D (3kDa-1kDa)	0,32	0,54	0,17	16,11
	<1000 D (<1kDa)	3,68	0,18	0,66	61,74
	Total mass=	Sum of fractions	1,779	1,07	100
			Recovery(%)		103,3
Chlorinated water	Chlorinated water	5,23	0,18	0,94	
	>5000 D (>5kDa)	0,16	0,54	0,09	9,68
	5000-3000 D (5kDa-3kDa)	0,21	0,54	0,11	12,70
	3000-1000 D (3kDa-1kDa)	0,29	0,54	0,16	17,54
	<1000 D (<1kDa)	3,46	0,18	0,62	69,76
	Total mass=	Sum of fractions	1,779	0,89	100
			Recovery(%)		105,6

3.2. NOM size distribution in water sources

Fig.1 illustrates the distribution of fractions during the conventional treatment processes in ÜLTP. The results included that the predominant fraction of NOM in raw water stage was <1 kDa, accounting for 54.29 % of total TOC, followed by 1kDa -3kDa and 5kDa -3kDa with 15.36% and 13.93 %, respectively. The least common fraction was >5kDa, as 12.14%. These results confirm to the data from previous studies [16]. Coagulation can remove organics. NOM fractions with MW >5 kDa, 5-3 kDa, 3-1 kDa, and < 1 kDa in coagulation step were determined as 9.56% , 12.58%; 16.11% and 61.74%, respectively, based on the DOC concentration calculations. In the meantime, while the removal rates of with MW >5 kDa and 5-3 kDa, were observed as about 50%, the removal rates of 3-1 kDa, and < 1 kDa was recorded as 33% and 21%, respectively.

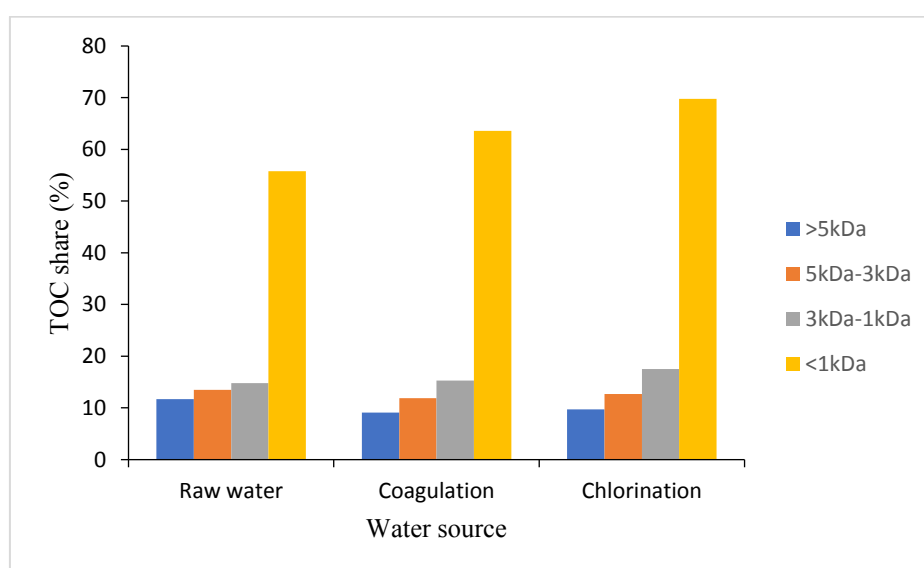


Figure 1: Fraction mass distribution of water treatment processes.

The findings presented that the removal ratio generally rose with the increase in MW. In addition, molecules with small size are not effectively removed by coagulation especially, < 1kDa. Disinfection with chlorine increased slightly the concentration of NOM fractions. The distributions of MW >5 kDa, 5-3 kDa and 3-1 kDa were calculated as 9.68%, 12.70% and 17.54 %, respectively. Although the percentage of organic fraction with MW less than 1kDa (69.76%) was found to increase more with chlorination, the lowest removal rate as TOC concentration was determined in the fraction of MW < 1kDa. This finding also revealed that chlorination leads to the partial oxidation of NOM and thus, hydrophilic fraction of NOM increased through chlorination. Similar observations have been reported by some researches [17].

Overall, the conventional applications removed the hydrophobic compounds more effectively than the hydrophilic ones. Further, low MW fractions of NOM were not effectively removed by conventional treatment process and also higher removal in NOM fractions was coagulation unit in UWTP.

3.3. Identification of THM Precursors in Raw Water

Fig.2 shows the trihalomethane formation of NOM fractions in chlorinated raw water samples at the reaction of 168 hours. According to Fig.2, while the fraction of < 1kDa had the highest THMFP level (163.2 $\mu\text{g/L}$), the fraction of > 5kDa had the lowest THM concentration (8.4 $\mu\text{g/L}$). The fractions of 5-3 kDa and 3-1 kDa were accounted for 12.6 $\mu\text{g/L}$ and 15.3 $\mu\text{g/L}$, respectively. These findings show that hydrophilic compounds play a greater role in the formation of THMs.

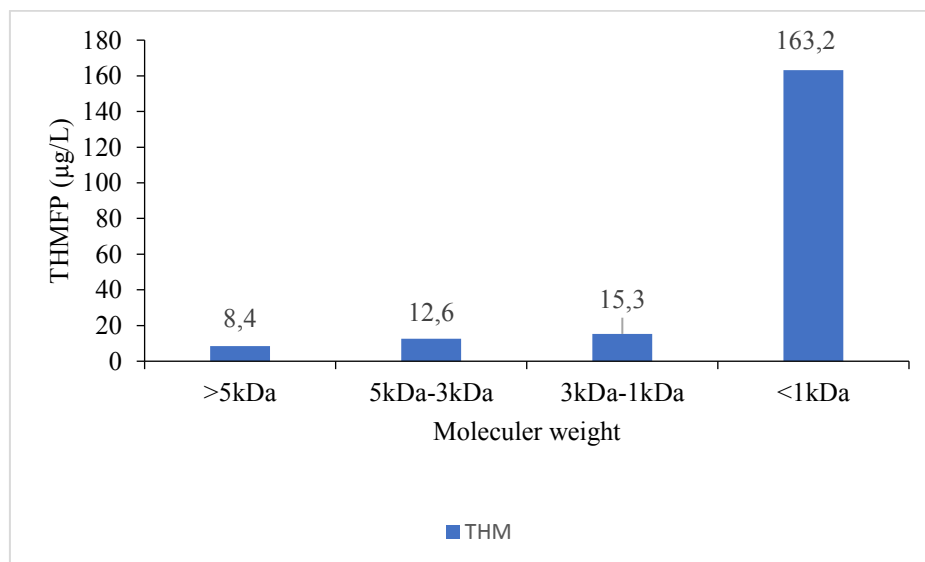


Figure 2. Trihalomethane formation potential of NOM fraction in Ulutan Dam water

On the other hand, Fig.3 gives specific THMFP (STHMFP) levels. The STHMFP of MW > 5kDa, 5kDa-3kDa, 1kDa-3kDa and <1kDa increased in that order (24.7 $\mu\text{g/mg}$, 27.4 $\mu\text{g/mg}$, 31.8 $\mu\text{g/mg}$, 35.8 $\mu\text{g/mg}$), and MW <1 kDa had a stronger STHMFP than the higher MW ones (Fig.3).

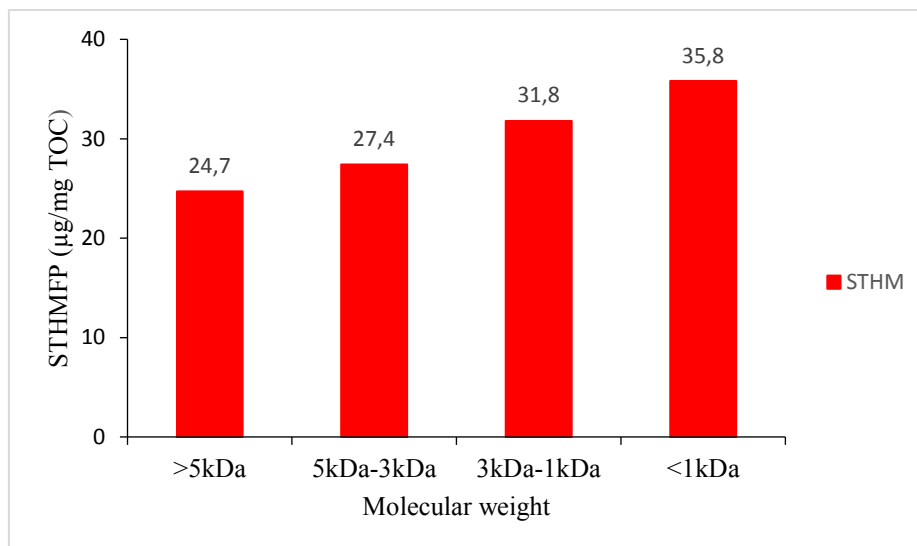


Figure 3. Specific trihalomethane formation potential of NOM fractions in Ulutan Dam water

4.CONCLUSION

In this study, the MW distribution of NOM in UWTP and THMFP of different size fraction of NOM in chlorinated raw water samples were studied. The changes in NOM properties were characterized with UF technique and MW <1 kDa was the main organic matter fraction. The highest removal ratio in UWTP was observed at coagulation unit and higher MW fractions (>5kDa and 5-3kDa). Also it means that hydrophilic portion of NOM can not be removed effectively in coagulation step. On the other hand, the disinfection had a lower removal rate. For instance, removal ratio of MW < 1kDa was slightly increased in disinfection process. As the raw water was chlorinated, MW < 1kDa of NOM was the main precursors of THMs. THMFP of the lowest fraction of NOM (<1kDa) was higher than that of higher molecular weight NOM. STHMFP yield coefficients ranged from 24 to 35 µg-THMFP/mg-TOC.

REFERENCES

- [1] Thurman, E.M. "Organic Geochemistry of Natural Waters". Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1985.
- [2] Swietlik, J., A. Dabrowska, U. Raczyk-Stanislawiak, and J. Nawrocki. "Reactivity of natural organic matter fractions with chlorine dioxide and ozone". *Water Research*. 38, (2004): 547–558.
- [3]. Yang, P., L.Huan, Z. Xiangru, and L.Aimin. "Characterization of natural organic matter in drinking water: Sample preparation and analytical approaches" *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 12, (2016): 23-30.
- [4]. Richardson, S.D. and C. Postigo. "Drinking water disinfection byproducts, in: D. Barceló (Ed.), *Emerging Organic Contaminants and Human Health*", Springer- Verlag, Berlin, Germany, 2011.
- [5]. Lavonen, E.E., M. Gonsior, L.J. Tranvik, P. Schmitt-Kopplin, and S.J. Kohler, "Selective Chlorination of Natural Organic Matter: Identification of Previously Unknown Disinfection Byproducts" *Environmental Science and Technology* 47, no.5 (2013): 2264-2271.

- [6]. Richardson, S.D., and S.Y. Kimura, "Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues" *Analytic Chemistry* 88, no.1 (2016): 546-582.
- [7]. Krasner SW, J.P.Croue, and J.Buffle, et al. "Three approaches for characterizing NOM". *Journal of American Water Works Association* 88, (1996): 66–79.
- [8]. Zhao, Z.Y., D.J. Gu, H.B. Li, X.Y. Li, and K.M. Leung. "Molecular size distribution of dissolved organic matter in water of the Pearl River and trihalomethane formation characteristics with chlorine and chlorine dioxide treatments" *Journal of Hazardous. Materials* 137, (2006): 60-66.
- [9]. Awad,J., J. van Leeuwen, C. Chow, M. Drikas, R.J. Smernik, D.J. Chittleborough, and E. Bestland "Treatability of organic matter derived from surface and subsurface waters of 1 drinking water catchments" *Journal of Hazardous. Materials Harzard* 308, (2016): 430-438.
- [10]. Kitis M., T.Karanfil, and A. Wigton A. "Probing reactivity of dissolved organic matter for disinfection byproduct formation using XAD-8 resin adsorption and ultrafiltration fractionation". *Water Research* 36, no.15 (2002): 3834–3848.
- [11]. Chow, A.T. S. Gao, and R. A. Dahlgren "Physical and chemical fractionation of dissolved organic matter and trihalomethane precursors: a review," *Journal ofWater Supply*, 54, no. 8 (2005): 475-507.
- [12]. Hua, G. and D. A. Reckhow, "Characterization of disinfection byproduct precursors based on hydrophobicity and molecular size," *Environmental Science and Technology*, 41, no. 9 (2007): 3309–3315.
- [13]. Liu, JL., X.Y. Li, Y.F. Xie, and H. Tang "Characterization of soluble microbial product as precursor of disinfection byproducts in drinking water supply"*Science of the Total Environment* 472, (2014):818-824.
- [14]. APHA,, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington: DC, 1998.
- [15]. EPA.,Arsenic, inorganic (CASRN 7440–38-2), in: US Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System 2007.
- [16]. Cai, Y.L., N.Y. Gao, Z.R.Tan, and R.F. Wan. "Characterization of organic matter molercular weight distribution in drinking water in Zhenjiang, China". *Water Purification Technology* 24, no.5 (2005): 12–16.
- [17]. Niu, Z.G., Y.Y.Sun, and Y. Zhang "Effects of pre-chlorination and conventional process on disinfection by-products". *Chine. Journal of Environmental Engineering* 9, no. 11 (2015): 142–5148.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**KORELASYONSUZ GÖZLEMLERİN ROBUST KESTİRİM
YÖNTEMLERİ VE SERBEST AĞ YÖNTEMİ İLE
DENGELENMESİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Sena CANOĞLU^{1,*}, İzzet Berke ERDADA², Mualla YALÇINKAYA³

¹Sena CANOĞLU, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

senaacanoglu@gmail.com

²İzzet Berke ERDADA, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

berke2628@gmail.com

³Mualla YALÇINKAYA, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye


mualla@ktu.edu.tr

*Sorumluyazar; E-Mail: berke2628@gmail.com; Tel.: +90-531-515-64-95

ÖZET

Ölçü grubunda bulunan uyuşumsuz ölçüler “En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY)” ile elde edilen sonuçlar üzerinde bozucu etkiye sahiptir. Uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi için kullanılan geleneksel çözüm yöntemleri; birden fazla uyuşumsuz ölçüyü belirlemede başarısız olması, bir ölçünün hatasını diğer ölçülerin düzeltmelerine yayması ve uyuşumsuz olarak belirlenen ölçünün ölçü grubundan çıkarılması gibi olumsuzluklara sahiptir. Bu nedenle farklı yaklaşımlara gereksinim duyulmuş ve alternatif bir yöntem olarak Robust kestirim yöntemi uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi için kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, korelasyonsuz ölçülerin serbest ağ ve Robust kestirim yöntemleri ile dengelenmesi ve yöntemler karşılaştırılarak en uygun yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ölçüleri korelasyonsuz olan nivelman ağının serbest ağ yöntemi ile dengelenerek klasik yöntemlerle uyuşumsuz ölçülerin belirlenip ayıklanması tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanan (NIV_SRBST_UYSZ) yazılımla yapılmış ve noktaların kesin yükseklikleri ve ortalama hataları belirlenmiştir. Sonra nivelman ağının Robust Kestirim Yöntemleri olan Huber ve Danimarka yöntemine göre tarafımızca hazırlanmış (NIV_ROBST_Huber; NIV_ROBST_Danimarka) yazılımları ile iterasyonlu ağırlıklı dengeleme ile noktaların kesin yükseklikleri ve ortalama hataları hesaplanmıştır. Daha sonra serbest ağ dengelemesi, Robust kestirim yöntemleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Robust kestirim yöntemleri, nivelman ağı, serbest ağ dengelemesi, uyuşumsuz ölçü testi, en küçük kareler yöntemi (EKKY)

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

COMPARISON OF ADJUSTMENT OF UNCORRELATIONAL MEASUREMENT BY USING DIFFERENT ROBUST PREDICTION METHODS AND THE FREE NETWORK METHOD

ABSTRACT

Outlier measures in the measure group have a distorting effect on the results obtained by the “Least Squares Method (LSM)”. Traditional solution methods used to determine outlier measure groups; It has disadvantages such as failing to identify more than one outlier measure, spreading the error of one measure to the corrections of other measures, and removing the measure determined as outlier from the measure group. For this reason, different approaches were needed and the Robust estimation method, as an alternative method, was started to be used for the determination of mismatched measure groups. Within the scope of this study, it is aimed to adjust the uncorrelated measures with the free mesh and Robust estimation methods and to determine the most appropriate method by comparing the methods. For this purpose, the adjustment of the leveling network with the free mesh method and the elimination of incongruent measures with classical methods were made with the software prepared by us in the MATLAB environment (NIV_SRBST_UYSZ) and the heights and mean errors of the points were calculated with the compatible measures. Then, the exact heights and mean errors of the points were calculated by iterative weighted balancing with the software prepared by us (NIV_ROBST_Huber; NIV_ROBST_Denmark) according to the Huber and Denmark method, which are the Robust Estimation Methods of the leveling network. Then, free network balancing and Robust estimation methods are compared.

Keywords: Robust estimation methods, levelling network, free network adjustment, outlier measures test, least squares method (LSM)

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mühendislik projelerinde hassas nokta yüksekliklerinin belirlenmesi en önemli problemlerden biridir. Bu bağlamda hassas nokta yüksekliklerini belirlemek için jeodezik nivelman ağları oluşturulur. Bu ağlarda nivelman ölçüsü yapılarak noktalar arasındaki yükseklik farkları ölçülür. Yükseklik farkı ölçüleri, En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile dengelenerek nokta yükseklikleri belirlenir [1, 2].



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Nivelman ağları, dayalı ya da serbest ağ yöntemi ile dengelenerek nokta yükseklikleri belirlenir. Dayalı ağlarda yüksekliği sabit alınan noktalardan ağın duyarlılığı etkilenir. Bu nedenle ağın tüm noktalar bilinmeyen olarak alınarak serbest ağ yöntemi ile belirlenmesi önerilir. Serbest ağ yönteminde kurulan fonksiyonel ve stokastik modeller EKKY'ne göre dengelenir. EKK Yöntemi uyuşumsuz ölçülerden etkilenir. Bu nedenle uyuşumsuz ölçülerin belirlenip ölçü kümesinden çıkarılması gerekir. Bu bağlamda bazen ağda şekil bozukluğu oluşur. O zamanda uyuşumsuz ölçünün arazide tekrar ölçülmesi gerekir. Nivelman ağları uyuşumsuz ölçülerden etkilenmeyen Robust Yöntemi ile dengelenebilir. Robust yönteminde iterasyonlu dengeleme ile uyuşumsuz olan ölçülerin ağırlıkları küçültülür hatta sıfıra yakın bir değere verilene kadar iterasyon yapılır. Böylece hiçbir ölçü atılmaksızın dengeleme yapılmış olur [3-5].

Bu çalışmada, önce korelasyonsuz ölçüleri olan nivelman ağlarının serbest ağ dengelenmesi ve uyuşumsuz ölçülerin klasik yöntemle belirlenip ayıklanması yapılmıştır. Sonra nivelman ağının farklı Robust Kestirim yöntemleri ile dengelenmesi yapılmış sonuçlar serbest ağ yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda korelasyonsuz ölçülerin hangi yöntemle dengelenmesinin daha uygun olacağı irdelenmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışma kapsamında önce nivelman ağlarının serbest dengelenmesi ve klasik yöntemle uyuşumsuz ölçüler testi, sonra nivelman ağlarının farklı Robust kestirim yöntemleriyle dengelenmesi yapılmıştır. Daha sonra Serbest Ağ ve Robust yöntemlerin sonuçları irdelenmiştir.

2.1. Nivelman ağlarının serbest ağ dengelenmesi (Free network adjustment of leveling networks)

Nivelman ağının serbest ağ yöntemine göre dengelenmesinde tüm noktalar bilinmeyen olarak alınarak matematik model (stokastik, fonksiyonel) oluşturulur. Stokastik model, ölçülerin ağırlıkları geçki uzunluklarından hesaplanarak Her ölçünün ağırlığı köşegenler olacak şekilde ağırlık matrisi (P) oluşturulur. Fonksiyonel model ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri gösterir. i ve j noktaları arasında yapılan ölçü için fonksiyonel model,

$$\Delta h_{ij} + v_{ij} = H_j - H_i \quad (1)$$

olur. Burada Δh_{ij} , i ve j noktaları arasındaki yükseklik farkı ölçüsünü; v_{ij} , düzeltmeyi; H_j ve H_i , j ve i noktalarının yüksekliğini göstermektedir. Bu denklemler matris gösterimiyle,

$$V = A x - l \quad (2)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada A , katsayılar matrisini; x , dengeleme bilinmeyenleri vektörünü; l ötelenmiş ölçüler vektörünü; V , ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörünü göstermektedir. Stokastik model ve fonksiyonel model EKK Yöntemine göre çözümlenerek, dengeleme bilinmeyenleri (x),

$$x = (A^T P A)^+ A^T P l \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanarak yaklaşık değerlere eklenerek nokta yükseklikleri hesaplanır. Dengeleme bilinmeyenleri Eş. 7'de yerine konularak düzeltmeler hesaplanır. Birim ölçünün ortalama hatası,

$$m_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{(n - u + d)}} \quad (4)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi,

$$Q_{xx} = (A^T P A)^+ \quad (5)$$

olmak üzere bilinmeyenlerin ortalama hataları,

$$m_{xi} = \pm m_0 \sqrt{q_{xixi}} \quad (6)$$

elde edilir. Burada q_{xixi} , Q_{xx} matrisinin i . köşegen elemanıdır. Düzeltmelerin ters ağırlık matrisi,


$$Q_{vv} = Q_{ll} - A Q_{xx} A^T \quad (7)$$

olarak elde edilir. Burada q_{vivi} , Q_{vv} matrisinin i . köşegen elemanıdır. Ölçülerdeki ölçü hataları sınırına yakın olan "uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi" gerekir. Bu yöntemde korelasyonsuz ölçüler için t-testi yönteminde her ölçü için ayrı ayrı ortalama hata,

$$s_{0i} = \pm \sqrt{\frac{1}{f - 1} (V^T P V - \frac{v_i^2}{q_{vivi}})} \quad (8)$$

eşitliğinden hesaplanarak test büyüklüğü,

$$T_i = \frac{|v_i|}{s_{0i} \sqrt{q_{vivi}}} \quad (9)$$

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
http://www.efis.beun.edu.tr	

eşitliğinden elde edilir. Burada q_{vivi} , Q_{vv} matrisinin i. köşegenidir. T_{maxi} değerit-dağılım tablosundan alınan değer ile karşılaştırılarak,

$$T_{maxi} > t_{f-1,1-\frac{\alpha}{2}} \quad (10)$$

ise ölçü uyuşumsuz olarak belirlenir ve ölçü kümesinden atılarak dengeleme tekrar yapılır. Uyuşumsuz ölçü kalmayınca kadar dengeleme işlemine devam edilir[1 - 5].

2.2. Nivelman ağlarının robust kestirim yöntemleri ile dengelenmesi (Adjustment of leveling Networks with Robust estimation methods)

Robust kestirim yöntemi uyuşumsuz ölçülerden etkilenmez, uyuşumsuz ölçülerin ağırlıkları iterasyonlu olarak küçülterek dengeleme yapılır. Birçok Robust kestirim yöntemi vardır. Bu çalışmada Huber ve Danimarka yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerde önce nivelman ölçüleri serbest ağ dengelenmesi ile dengelenir ve ölçülerin düzeltmeleri hesaplanır. Robust kestirim ağırlık fonksiyonları; Huber ağırlık fonksiyonu,

$$W(v_i) = \begin{cases} 1, & |v_i| \leq c \\ c|v_i|, & |v_i| > c \end{cases} \quad (11)$$

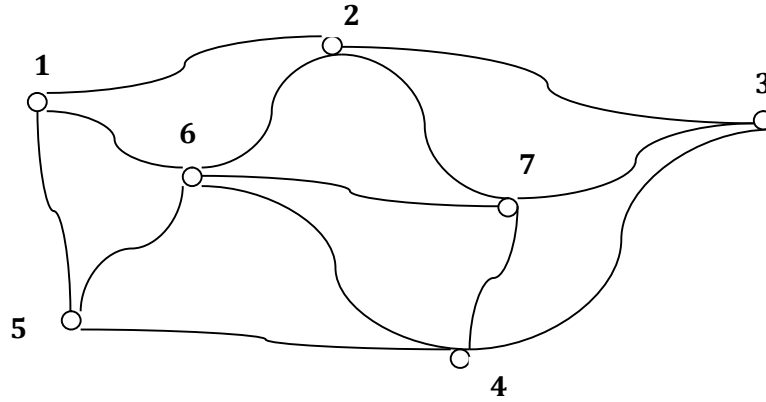
olarak gösterilir. Burada, sınır değeri (c) 1.5 veya 2.0 alınabilir. Danimarka ağırlık fonksiyonu ise,

$$W(v_i) = \begin{cases} 1, & |v_i| \leq c \\ e^{-\frac{|v_i|}{c}}, & |v_i| > c \end{cases} \quad (12)$$

olarak gösterilir. Burada dasınır değeri (c) 1.5 veya 2.0 alınabilir. Bu eşitliklerden Robust ağırlıklar vektörü (W) hesaplanır ve ölçülerin ağırlıkları ile çarpılarak yeni iterasyon için ağırlık matrisi, hesaplanır. Yeni ağırlıklarla iterasyonlu olarak dengeleme işlemine istenilen bir sınır değere gelinceye kadar devam edilir [3 - 6].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışmada 7 noktalı nivelman uygulama ağı seçilmiştir (Şekil 1). Ağda 14 yükseklik farkı ölçüsü ve geçki uzunlukları ölçülmüştür (Tablo 1).



Şekil 1. Nivelman uygulamaağı (Leveling application network)

Tablo 1. Yükseklik farkı ölçüleri ve geçki uzunlukları (Height difference measurements and crossing lengths)

BN	SN	Yükseklik Farkı $\Delta h_{ij}(m)$	Geçki Uzunluğu $S_i(km)$
1	2	8.752	2.5
1	6	2.141	1.0
5	1	7.715	2.1
3	2	18.786	3.3
7	2	13.968	2.9
6	2	6.555	2.2
4	3	5.213	2.0
3	7	4.816	1.9
4	5	7.513	2.3
4	6	17.403	3.1
4	7	10.033	2.9
5	6	9.890	2.8
7	6	7.365	2.2
1	2	8.752	2.5

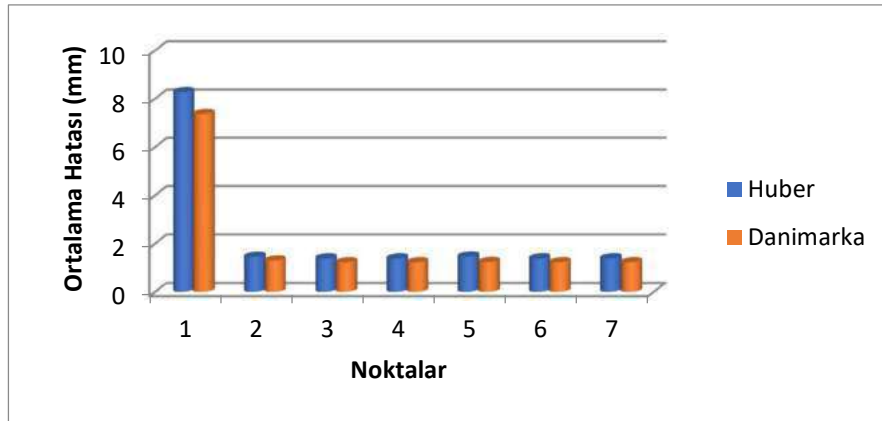
Nivelman ağının serbest ağ yöntemi ile dengelenerek uyumsuz ölçülerin ayıklandığı ve uyumlu ölçülerle ağın dengelenerek noktaların kesin değerleri ve ortalama hataları tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış yazılımı (NIV_SRBST_UYSZ) hesaplanmıştır. Korelasyonsuz ölçüleri olan nivelman ağının Huber ve Danimarka Robust Kestirim Yöntemleri ile iterasyonlu ağırlıklı dengelenmesi tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış yazılımlar ile (NIV_ROBST_Huber; NIV_ROBST_Danimarka) yapılmış ve noktaların kesin yükseklikleri ve ortalama hataları hesaplanmıştır (Tablo 2).

 Tablo 2. Serbest ağ ve Robust kestirim yöntemleriyle elde edilen kesin yükseklikler ve ortalama hataları
 (The exact heights and mean errors obtained by the free network and Robust estimation methods)

NN	SERBESTAĞ DENGELMESİ		ROBUST KESTİRİM			
	Kesin Yükseklikler (m)	Ortalama Hatalar (mm)	HUBER		DANİMARKA	
			Kesin Yükseklikler	Ortalama Hatalar (mm)	Kesin Yükseklikler	Ortalama Hatalar (mm)

	(m)		(m)		(m)	
1	100,3551	±7.9515	100,3651	±8,2716	100,3651	±7,3750
2	109,0920	±8.1257	109,1011	±1,4483	109,1013	±1,3031
3	90,3162	±9.0862	90,3162	±1,3863	90,3161	±1,2318
4	85,1063	±7.9169	85,1031	±1,3850	85,1031	±1,2317
5	92,6269	±9.1435	92,6161	±1,4589	92,6161	±1,2418
6	102,5085	±6.4036	102,5061	±1,3872	102,5061	±1,2318
7	95,1350	±7.8413	95,1322	±1,3905	95,1321	±1,2323

Tablo (2)'deki kesin yüksekliklerin ortalama hatası, serbest ağ yöntemine göre Robust Kestirim Yöntemlerinden daha duyarlı bulunmuştur. Nivelman uygulama ağı, Huber yönteminde 10 iterasyon, Danimarka Robust kestirim yönteminde ise 5 iterasyon ile sonuçlanmıştır. Her iki yöntemle nokta yüksekliklerinin ortalama hataları karşılaştırılmıştır (Şekil 2)



Şekil 2. Huber ve Danimarka Robust kestirim yöntemleri ile hesaplanan nokta yüksekliklerinin ortalama hataları (Mean errors of poin theight scalculated by Huber and Denmark Robust estimation methods)

Şekil (2)'de görüldüğü gibi nokta yüksekliklerinin ortalama hataları Danimarka yönteminde Huber yöntemine göre daha küçük belirlenmiştir. Robust yöntemlerden Danimarka yönteminin Huber yöntemine göre daha az iterasyonla daha duyarlı kesin koordinatların elde edilebileceği söylenebilir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

En Küçük Kareler Yöntemi uyumsuz ölçülere duyarlı olduğundan uyumsuz ölçüler kestirilen parametreleri etkilerler. Bu nedenle serbest ağ dengelemesi sonucu uyumsuz ölçülerin ölçü kümesinden çıkarılıp, geri kalan uyumlu ölçülerle dengelemenin yinelenmeli yapılması gerekir. Çıkarılan ölçüler nedeniyle ağıın şekli bozulabilir bu durumda ağıın şeklini bozan ölçüler yeniden ölçülmesi gerekir. Robust Kestirim Yönteminde ise



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

hiçbir ölçü, ölçü kümesinden atılmaz. Uyuşumsuz ölçülere diğerlerine göre çok küçük ağırlık verilerek iterasyonlu ağırlıklandırılmalı dengeleme ile parametreler kestirilir. Uyuşumsuz ölçüler ölçü kümesinden çıkarılmadığı için ağırlık şeklinde bozulma meydana gelmez. Ayrıca uyuşumsuz ölçüler uyumlu ölçüleri de etkilemez.

Bu çalışma kapsamında, korelasyonsuz ölçüleri olan bir nivelman uygulama ağının önce serbest ağ yöntemi ile uyuşumsuz ölçüleri ayıklanıp, uyumlu ölçülerle dengelenerek noktaların kesin yükseklikleri ve ortalama hataları belirlenmiştir. Sonra uyuşumsuz ölçülerden etkilenmeyen Robust kestirim yöntemlerinden Huber ve Danimarka fonksiyonu ile dengeleme yapılarak noktaların kesin yükseklikleri ve ortalama hataları hesaplanmıştır. Tüm hesaplar tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış yazılımlarla yapılmıştır. Tüm yöntemlerle belirlenen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Serbest ağ yöntemi ile Huber ve Danimarka yöntemi karşılaştırıldığında; Serbest ağ yöntemiyle belirlenen nokta yüksekliklerinin ortalama hatalarının, Huber ve Danimarka yöntemine göre daha büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca serbest ağ yöntemi ile belirlenen noktaların kesin yükseklikleri ile Huber ve Danimarka Robust Kestirim yöntemleri belirlenen noktaların kesin yükseklikleri arasındaki farkların cm seviyesinde olduğu görülmüştür. Robust yöntemler kendi aralarında karşılaştırıldığında; Huber yöntemiyle belirlenen nokta yüksekliklerinin ortalama hatalarının, Danimarka yöntemine göre daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak Huber yöntemi ile belirlenen noktaların kesin yükseklikleri ile Danimarka yöntemiyle belirlenen noktaların kesin yükseklikleri arasındaki farkların çok küçük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, korelasyonsuz ölçülerin dengelenmesinde serbest ağ yöntemi ile klasik uyuşumsuz ölçüler testi yaparak uyuşumsuz ölçüler ayıklanıp, uyumlu ölçülerle dengeleme yapmak yerine Robust kestirim yöntemleri ile dengeleme yapılmasının daha uygun olacağı söylenebilir. Robust kestirim yöntemleri ile korelasyonsuz ölçülerin dengelenmesinde de Huber ve Danimarka Robust kestirim yöntemlerinden noktaların kesin yüksekliklerini daha az iterasyonla daha duyarlı belirleyen Danimarka yöntemi ile dengeleme yapılması önerilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Koch, K.R. "Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models." Springer-Verlag, 1999.
- [2]. Öztürk, E., M. Şerbetçi. "Dengeleme Hesabı II", KTÜ Müh. Mim. Fak, Trabzon, 1987.
- [3]. Hekimoğlu, Ş., Erenoğlu, R., 2007, Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Klasik Yaklaşım ve Robust Yöntemlerle Belirlenmesi, *Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2, 97
- [4]. Caspary, W., ve Borutta, H., 1987, Robust estimation in deformation models, *Survey Review*, 223, 29-45
- [5]. İnal, C., Yetkin, M., 2006, Robust Yöntemlerle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi, 21
- [6]. Yalçınkaya, M., 2020, Dengeleme Hesabı-II Ders Notları, Trabzon



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**TARIMA YÖNELİK ANDROID İŞLETİM SİSTEMİ TEMELLİ
OTOMATİK SULAMA SİSTEMİ**

¹Metin AYDOĞDU, ²Durmuş ÖZDEMİR

Metin AYDOĞDU, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar
Üniversitesi, Türkiye

metin.aydogdu0@ogr.dpu.edu.tr

Durmuş ÖZDEMİR, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar
Üniversitesi, Türkiye

durmus.ozdemir@dpu.edu.tr

*Sorumlu yazar; E-Mail: metin.aydogdu0@ogr.dpu.edu.tr Tel: 0(536) 714 09 04

ÖZET

Günümüz dijital dünyasında otomasyona duyulan ilgi ve ihtiyacın artmasıyla birlikte, insan gücüne duyulan ilgi ve ihtiyaç da hızla azalmaktadır. Tarım ile uğraşan çiftçinin mahsullerini yetiştirirken olmazsa olmazı olan sulama işlemi, çiftçi için büyük önem arz etmektedir. İşte bu noktada tarımda profesyonelleşme başlığı altında, otomasyon sistemi çiftçi için de önemli bir durum haline gelmiştir. Bu çalışmada tarımda mahsule göre değişen sulama sistemleri yerine mahsule göre planlanıp revize edilebilen bir android mobil yazılım destekli sulama otomasyonu sistemi oluşturulmuştur. Çalışmada tarımda sulamada su sarfiyatını düşürmek ve işlevsel bir sistem ile tek tip bir sulama sistemi oluşturmak amaçlanmıştır. Bununla birlikte çiftçinin sosyal hayatında ailesi ve çevresine ayırabileceği zamanı arttırarak aktif bir sosyal hayat yaşayabilmesi de amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan otomasyonu hobi olarak evinin içerisinde ve bahçesinde ürün yetiştiren bireyler, özel ilgi isteyen ürünleri yetiştiren üreticiler, küçük ölçekli ve büyük ölçekli tarımla uğraşan çiftçiler kullanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Tarım, çiftçi, sulama, otomasyon, sulama sistemi

Automatic Irrigation System In Agriculture With Phone

ABSTRACT

With the increasing interest and need for automation in today's digital world, the interest and need for manpower is rapidly decreasing. Irrigation, which is indispensable for the farmer who is engaged in agriculture, while growing his crops, is of great importance for the farmer. At this point, the automation system has become an important situation for the farmer under the title of professionalization in agriculture. In this study, an android mobile software supported irrigation automation system that can be planned and revised according to the crop was created instead of irrigation systems that change according to the crop in agriculture. In this study, it is aimed to reduce water consumption in irrigation in agriculture and to create a uniform irrigation system with a functional system. In addition, it is aimed that the farmer can live an active social life by increasing the time he can spare for his family and environment in his social life.

Individuals who grow crops in their home and garden as a hobby, producers who grow products that require special attention, and farmers who deal with small-scale and large-scale agriculture will be able to use the automation that emerged as a result of the study.

Key Words: Agriculture, farmer, irrigation, automation, irrigation system

1. GİRİŞ(INTRODUCTION)

Bu rapor; android işletim sistemi temelli, otomatik sulama sistemi projesi hakkında detaylı bilgi vermek amacıyla hazırlanmıştır. İhtiyaç duyulan sebeplerden başlayarak, ihtiyaç duyulabilecek durumlar hesaplanarak hazırlanmış olan bu otomasyon sistemi raporu içerisinde; özet, giriş, yöntem ve araçlar, uygulama ve tasarım, sonuç, tartışma ve kaynakça bölümleri bulunmaktadır.

Günümüz dünyasında bir ülkeyi ayakta tutan ve o ülkeye dünya siyasetinde yön veren olabileceği imkânı tanıyan en önemli şey; ekonomik güçtür. Ekonomik gücün yüksek olmasını sağlayan etkenlerden en önemlisi ise ihracattır. Ülkeler, üretilen her türlü ürünün dünya pazarına satılması ile ekonomisini güçlü tutar. İhraç edilen bu ürünler teknolojik, teknik, tekstil malzemeleri gibi ihtiyaçlar olduğu gibi tarım başlığı altına giren bütün bitkilerde olmaktadır.

Temel ihtiyaçlarımızdan biri olan beslenme ihtiyacımızı karşılayacak ürünleri üretmek için tarım yapıldığı gibi, çeşitli çiçekler, hammaddeler elde etmek ve birçok farklı amaç için de tarım yapılmaktadır. Her ne kadar Sanayi Devrimi ile tarımın ihracatta önemi azalmış gibi görünse de, ihracatta tarımın vazgeçilmez olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Özellikle ülkemizin verimli topraklarının birçok meyve, sebze ve hammadde yetiştirilmesi için gerekli olan hava koşullarına sahip olmasından dolayı, dünya ülkeleri arasında şanslı bir noktada olduğumuz ortadadır. Ülkemiz topraklarının bize sunduğu bu eşsiz ve mükemmel fırsatı, bu kadar fazla imkânı sahipken değerlendirme konusunda zayıf olduğumuz ise üzücü gerçekler arasında yerini almaktadır. Türkiye’de sanayinin gelişmesi ile birlikte köyden kente olan göç hareketi hızlanmıştır. Kırsal alandan kentlere olan göçle kent nüfusu %24,2’lerden %76,4’e yükselmiştir.[1] Tarım sektörünün ülke ekonomisine yeterli katkıda bulunabilmesi için, öncelikle, gelişimini sürdürmesi ve güçlü bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Güçlü bir tarımsal alt yapı, sektörün harekete geçen mevcut dinamikleriyle, tarıma dayalı sanayi (TDS) sektörünü besleyecek ve geliştirecektir.[2] Tamda bu sebeple, tamamen üretimde otomasyona geçen dünya düzeninde, çiftçiliği cazip hale getirmek, çeşit çeşit ve kaliteli mahsulün merkezi haline gelmek için çiftçinin sırtındaki yükü hafifletmek zorundayız. İnsan gücünü azaltıp, otomasyon ile çiftçiliği birbirine entegre ederek, tarımsal üretimde şahlanıp ihracat pastasında tarıma hak ettiği payı kazandırmalıyız. Bütün bu planlamaları yaparken tabiki de doğanın ve ekosistemin faydasına bir çalışma ortaya çıkarmak en önemli noktalardan biridir. Dünya su rezervinin ancak % 2,6’sının tatlı sularından oluştuğu bildirilmektedir. Bunun çok büyük bir kısmı da kutup bölgelerinde buzullar halinde bulunmaktadır. Tatlı suların az bir bölümü ise atmosferde buhar, yerkabuğunda yüzey ve yeraltı suyu şeklinde yer almaktadır.[3] Bu sebeplerle tatlı su kaynaklarının tasarruflu ve bilinçli şekilde kullanmak sorumluluklarımızdandır. Ortaya çıkardığımız çalışmamızda su israfını önlemek öncelikli amaçlarımız arasındadır.

Teknoloji ile entegre olmuş tarımda, geleneksel tarıma göre işletmecilik ve karar verme işlemlerinde önemli değişimler yaşanmıştır. Geleneksel tarımda analiz sonuçlarına göre belirlenen eksikler tarlanın her yerine sabit normda olacak şekilde uygulanıyordu. Teknoloji ile entegre olmuş tarımda ise, su ihtiyaçları gibi girdiler GPS, uzaktan algılama, gerçek zamanlı sensörler vb. ile toplanarak lokal müdahale ile çözülmektedir.[4] Sulama yöntemi suyun toprağa verilmiş şeklini ifade etmektedir. Yapılacak ilk iş, aşırı sulamalardan kaçınmak, bitkinin istediği zaman ve istediği miktarda su vermek ve bunu da en uygun yöntemle gerçekleştirmektir.[5] Çalışmamızda mahsule göre değişen ve manuel, yarı otomatik, otomatik tipteki çeşit çeşit ve standart olmayan sulama sistemlerini, tek tip ve işlevsel bir hale getirmeyi amaçladık. Manuel sistemler su israfını arttıran, pratikte çiftçiyi yoran ve çok vaktini alan sistemlerdir. Bu durumu kısıtlı imkânlarla kolaylaştırmak isteyen çiftçiler ise boru sistemleri oluşturarak belirli saatlerde kendilerine vanaları açıp kapatma görevi edinmişlerdir. Otomatik sistemlerde ise çiftçiler sosyal hayatlarına biraz daha fazla vakit ayırmak için vanaların başına zamanlayıcı koyarak işe ayırdıkları vakitten kazanım sağlamaya çalışmaktadır. Ortaya çıkarılan bu alternatif yollara günümüz teknolojisinde interneti, telefonu, vanaları, sensörleri entegre ederek çiftçinin üzerindeki yükü alıp onu sosyal hayatına daha çok vakit ayıran bir birey haline getirmekle beraber, sulama yaparken su israfını da önlemiş olup ekosistemdeki dengeye fayda sağlamış oluyoruz. Çalışmamız küçük, orta ve büyük ölçekte tarım yapan çiftçilerimizden, evlerinde ve bahçelerinde bitki yetiştiren insanlara kadar, her kesimin kullanabileceği bir otomatik sulama sistemi, hayatımızı kolaylaştıran bir otomasyon projesi olarak kullanıma sunulmuştur.

2. YÖNTEM VE ARAÇLAR(METHODS AND TOOLS)

* *NodeMCU:*



Üzerinde ESP8266 işlemcisi (Wifi Modülü) bulunan, internete kolaylıkla bağlanabilen ve iot(internet of things-nesnelerin interneti) uygulamalarında kullanılan bir geliştirme kartı. Çalışmada mikro denetleyici olarak kullandığımız bu NodeMCU kartı adaptör ve taşınabilir şarj aleti ile çalıştırabiliyoruz. Telefondaki uygulama ile verdiğimiz komutlar NodeMCU kart üzerindeki pinlerin lojik değerlerini değiştirerek istediğimiz donanımın devreye girmesini sağlıyor.

* *Solenoid Valf:*



Su, hava, yağ vb. akışkanları kontrol etmek amacıyla kullanılan elektromanyetik valf. Uygulama ekranında açma kapama butonuna bastığımızda suyun geçişini sağlayıp sulama işlemi başlatması ve sonrasında sistemi kapamak için butona bastığımızda su akışını kesmesi için kullandığımız donanımsal malzeme.

* *Nem Sensörü:*



Toprağın nem oranını ölçmek için kullandığımız nem sensöründen analog olarak değer alabilmekteyiz. Bu sebeple NodeMCU kart üzerindeki A0 pinine bağlantısını yaptığımız nem sensöründen 0 ile 1023 arasında aldığımız bu değeri yazılımla yüzde ifadeye çevirip uygulama ekranındaki gauge kısmına göndermekteyiz.

* *Adaptör:*



Dalgalı akımı küçük değerlerde doğru akıma çeviren elektronik bir araçtır. Çalışmada adaptörü solenoid valf ve NodeMCU kartın güç kaynağı olarak kullandık.

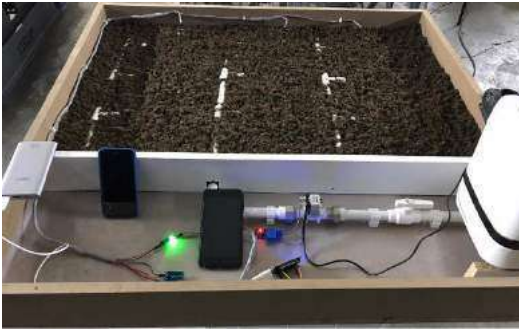
* *Röle:*



Düşük akımlar kullanarak yüksek akım çeken cihazları anahtarlama görevinde kullanılan devre elemanıdır. NodeMCU karttan aldığımız 3.3 voltluk çıkışın solenoid valfe gerekli voltaj ve akımı sağlamamasından dolayı adaptör, NodeMCU ve solenoid valf arasındaki bağlantıyı röle aracılığıyla yapıp, solenoid valfi NodeMCU karttan kontrol edilebilir bir hale getirdik.

3. UYGULAMA VE TASARIM(APPLICATION AND DESIGN)

Android işletim sistemi temelli otomatik sulama sistemi otomasyon çalışmasında toprağın ne kadar suya ihtiyacı olduğunu anlayabilmek için nem sensörleri kullandık. Toprakta okunan değeri mobil ekrana gönderebilmek ve kablosuz internet ile her yerden erişim sağlayabilmek için mikro denetleyici olarak NodeMCU kartı tercih ettik. Suyun akışını kontrol etmek için selenoid valf bağlantısını ana boruya yaptık. Selenoid valfi ana boruya bağlarken herhangi bir arıza durumunda kolayca değiştirilebilmesi için rekor kullandık. Selenoid valf değiştirilirken suyu kesmek için öncesine bir vana bağlantısı yaptık. Gerekli elektronik bağlantılar için adaptör röle kablo materyallerini devrenin kurulmasında kullandık. Çalışmanın Prototipini oluştururken 1m2 alan üzerine 3 parsel yer planlaması yaptık. Ekim sahası olarak planladığımız 1m2 zeminin etrafını çitle çevirip üstünü su sızdırmaması için naylon ile kapladık. Boruları simetrik ve sulama uçlarını bitkilerin köklerine yakın bir şekilde ayarlama yaparak yerleştirdik. Sonrasında naylonla kaplı zeminin üzerine boruların seviyesine kadar toprak doldurduk. Parsellerin en uçlarına yani suyun en son gideceği yerlere 1 adet nem sensörü koyduk. Her parseldeki nem sensörlerinin kablolarını mikro denetleyicinin bulunduğu yere çektik. Selenoid valf, NodeMCU kart, röle ve adaptör bağlantısı ile nem sensörlerinin bağlantısını tamamlayarak çalışmamızın yazılım kısmına geçtik. Daha sonra telefonumuza kurduğumuz Blynk uygulaması ile sisteme bağlanmak için gerekli yazılımsal kısmı tamamladık. Sonrasında nem oranlarını ekranda görebileceğimiz gauge ile gerektiğinde sistemi açıp kapatabilmemiz için gerekli olan aç kapa butonunu mobil ekranda ayarlayıp sistemi uzaktan kontrollü hale getirdik.



*Kullanılan Kütüphaneler

Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım



NodeMCU

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h> //Gerekli kütüphaneleri ekliyoruz.
```

*Kod satırları

```
//Blynk uygulamasından gelen token a sahibiz.
char auth[] = "3ckI6aGrÜpyVr4MqJDPgWFwzuROGzmYC";

char ssid[] = "FiberHGW_TP823A_2.4GHz_plus";
char pass[] = "HJLxvOyk"; //nodemcu nun bağlanacağı wifi ağı ismi ve şifresini tanımlıyoruz.

int deger; //kullanılacak değişkenlerin veri tiplerini tanımlıyoruz.
int nem;

#define sensor A0; //Sensör bilgisini A0 pininden alacağımızı belirttiğimiz kod satırı

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Seri port üzerinden 9600 band ayarında çıktı alacağımızı belirliyoruz.
  pinMode(2, OUTPUT); //D2 pinine nodemcu açıldığında voltaj çıkışı tanımlıyoruz.
  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //Blynk kütüphanesini kullanarak yazdığımız bu yazılımda
  //blynk uygulaması ile nodemcu arasındaki bağı kurmak için gerekli token ve wifi giriş bilgilerinin tanımlandığı kısım
}

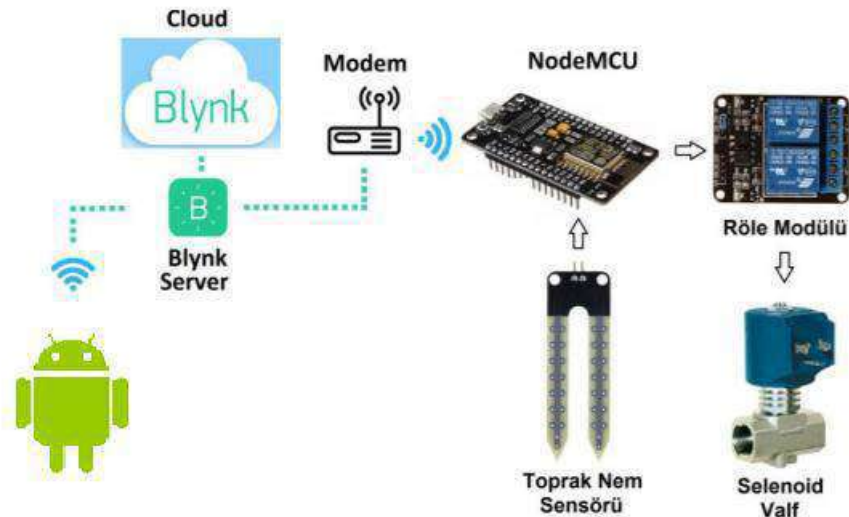
void loop() //döngü kısmı
{
  deger = analogRead(A0); //Analog olarak A0 sıfır pinine nem sensöründen gelen değeri okuyoruz.
  nem = map(deger, 0, 1023, 100, 0); //Analog olarak gelen değer 0-1023 arasında geliyor.
  //Bu satırdaki kod ile o değerleri 0-100 aralığına dönüştürüp yüzde olarak çıktı alıyoruz.

  Blynk.virtualWrite(V1, nem); //nem değerinin gauge a çıktı olarak aktarılması için yazılan kod satırı
  Blynk.run(); //Uygulamayı başlattığımız kısım
}
}
```

*Uygulama Ekranı



*İş Akış Şeması



4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Tarımın her türlüünün tam verimle yapılabileceği topraklara sahip olmanın gururuna sahip olduğumuz ülkemizde bu sektördeki başarısızlık bir o kadar üzündür bizi. İşte bu sebeple çiftçinin, tarım sektörünün ayağa kalkması ve ülkemizin tarım ürünleri ihracatında olması gereken yere çıkması için milli yazılım ile taçlandırdığımız otomasyon projemiz daha önemli ve anlamlı olmalıdır bizler için. İşte bu sebeple gerekli çalışmalara başlamış ve güzel bir başlangıç ile daha nice çalışmalara önder olmak istemekteyiz.

- *Kurulan sulama otomasyonunun sorunsuz bir şekilde beklentiyi tam anlamıyla karşılaması,
- *Kurulan otomasyon sisteminin herhangi bir arıza durumunda dahi, çiftçiyi mağdur etmemesi için ikaz sisteminin başarılı şekilde devreye girmesi,
- *Gereksiz su sarfiyatının önlenmesi,
- *Tarımda insan gücüne duyulan ihtiyacı minimum seviyeye indirmek,
- *Ailesi, çocukları ve torunları olan, özet olarak herkes gibi sosyal hayatı olan fakat işlerinden dolayı sosyal hayatına gerekli önem ve özeni gösteremeyen çiftçilerin, ihmal etmek zorunda kaldıkları sosyal hayatlarına, işlerini bu otomasyonla bütünleştirerek yönlendirilmesi,

Çiftçilerin ve üreticilerin hayatına kattığımız ve katmak istediğimiz kolaylıklardır.

Projemizde, maliyetin minimum düzeyde tutularak her düzeyden çiftçiyi otomasyonla tanıştırmak önceliğimiz olmuştur. Gereklili koşullar, şart ve taleplere göre donanımsal olarak eklemeler, sensör çeşitliliği, sensör sayılarını artırma, her bitkinin yakınındaki su borusuna valf ekleme gibi çeşitli işlevsel kullanımlar yapılabilir ve çiftçimizin işini daha da kolaylaştırabiliriz. Yazılımsal olarak uygulamayı sosyal medya veya mail ile bağlantılı hale getirip bilgilendirme mesajları atma özelliği ekleyebiliriz.

5. KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] A. Uzundumlu , "Tarım Sektörünün Ülke Ekonomisindeki Yeri ve Önemi", *Alinteri Journal of Agriculture Science*, vol. 22, no. 1, pp. 34-44, Jul. 2012
- [2] N. DEMİRBAŞ , "Türkiye Ekonomisinde Tarıma Dayalı Sanayinin Yeri ve Önemi", *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi* 10 (1-2): 71-81, 2005
- [3] "Su Kaynakları Hakkındaki Gerçekler", *Birleşmiş Milletler Dünya Su Raporu 2'nin Özeti*
- [4] "Sulama Teknolojileri", *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, Ocak 2020
- [5] İ. Aras , "DAMLA SULAMA YÖNTEMİ", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, c. 15, sayı. 1-2, ss. 49-60, Haz. 2006



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**ERROR PERFORMANCE COMPARISONS FOR PHYSICAL LAYER
TECHNIQUES OVER DIFFERENT CODES**

Bilge ERCAN¹, İrem KILIÇARSLAN²

¹Bilge ERCAN, Department of Electrical and Electronic Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit
University, Turkey

bilgeercan97@gmail.com

²İrem KILIÇARSLAN, Department of Electrical and Electronic Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit
University, Turkey

iremklcrsln99@gmail.com

ABSTRACT

Wireless connectivity is made possible by the free existence of radio transmission. This ensures the data is transmitted without interruption. Unauthorized users, on the other hand, could jeopardize the protection of data being transmitted to approved users. This creates loopholes in the network, such as hacking, eavesdropping, and information jamming. Physical layer protection (PLS) has been identified as one of the most promising security approaches for preventing eavesdroppers from listening in on wireless network traffic. In this article, performance analysis of physical layer security is examined through Reed Solomon, Bose-Chaudhuri-Hocquenghem and Low-DensityParity-Check codes.

Keywords: Physical layer security, reed solomon, bose-chaudhuri-hocquenghem, low-densityparity-check, noise

1. INTRODUCTION

Wireless network security is subject to many attacks. With the advances, finding the secret key becomes easier. Physical layer security approach is being studied to increase network security against exposed attacks. To explain physical layer security, consider an example of a three-mode wireless network where communication between two terminals is eavesdropped by another unauthorized terminal. The communication channel between its first and second users is called the main channel. The communication channel between the first and third is called the eavesdropper channel. [1]

Under typical circumstances, the transmitter uses this configuration to convey a hidden message to the receiver. In every aspect, the supplied signal is protected from eavesdropper detection. "Alice" is the name of the transmitter, while "Eve" and "Bob" are the names of the eavesdropper and receiver, respectively. [2]

If the transmission distance on the main channel is much smaller than the transmission distance on the channel of the overheard, it is expected that the detection of signals on the third terminal will be much more difficult than on the second terminal. The information sent by Alice consists of a series of messages encoded in code words to provide reliable or secure transmissions. To ensure the confidentiality of Alice's communication, codes are utilized. These are secret bit strings known only to Alice or Bob. Eve's goal is to break the codes used by Alice and Bob, that is, to receive messages from code words without knowing the keys. [1]

The security model was first introduced by Shannon. Wyner developed Shannon's concept of perfect privacy. [3] He introduced the Wire-Tap channel, which you see in the figure (Eve), having a listener listening in on the secrecy of communications conveyed across a poor channel (from Alice to Bob). He demonstrated with this model that flawless secret communication between Alice and Bob is achievable whenever Eve's channel fails.

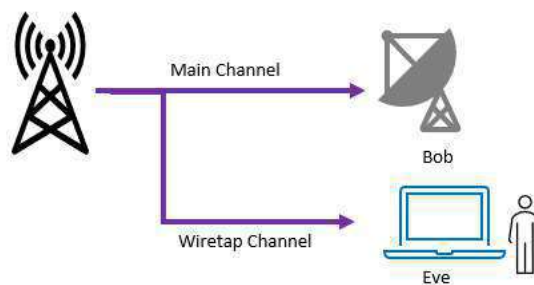


Figure 1. Wireless Wiretap System Model

Physical layer security simplifies security algorithms in terms of power efficiency and computational complexity. It has been demonstrated that channel disruptions like as noise and fading may be utilized to disguise communications between receivers and senders without the usage of secret keys. Physical layer security plays a very important role in enhancing network security.

In[4], error correction codes were evaluated in terms of physical layer security. When both parties have the same understanding of transmission protocols, physical layer security is accomplished. The alternative approach in [5] uses PLS to prevent attacks on the wireless sensor network due to less computing power and the network can still be secure in the presence of a covert listener.

The physical layer of the error correction codes has been evaluated in terms of security. The security measure is called a vulnerability. The difference between the legitimate receiver's SNR and the listener's SNR is called the vulnerability. It is recommended to have a small safety gap for the application. Privacy capacity is a very important parameter for the Wire-Tap channel. Privacy capacity is defined as the highest transmission rate at which Eve could not decode any information. In [6], they talked about the AWGN Wire-Tap channel model where the privacy capacity is equal to the difference between the two channel capacities. In this article, performance analysis of physical layer security on different encodings and different channels will be examined.

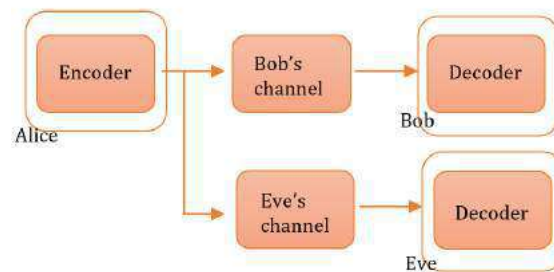


Figure 2. Block Scheme of a Wire-Tap Channel

2. PERFORMANCE ANALYSIS OF PHYSICAL LAYER SECURITY

2.1 Bit Error Rate

The Bit Error Rate (BER) of any system is used in most communication systems to illustrate the dependability of reception and decoding. For example, if a system's BER value is 10^{-5} , depending on the application, it might be considered trustworthy. If it has a value of 0.5 BER, on the other hand, the system is basically unusable. Because each decoded bit has a 50% probability of being incorrect.

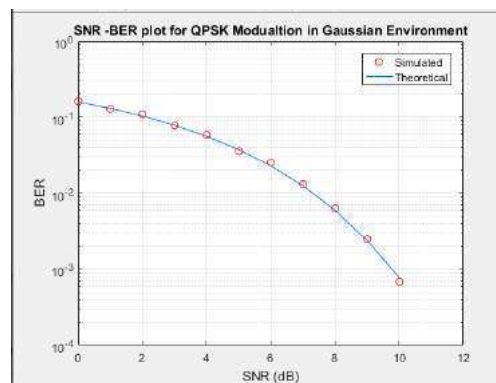


Figure 3. Bit Error Probability for QPSK Modulation in Gaussian Environment

2.2 Reed Solomon

Reed Solomon, one of the known error correction codes, gives great results in correcting burst errors because the errors are corrected at the bit level. The RS code is defined as (n, k) . n indicates the number of bits in code word and the number of message bits in codeword k . RS codes can correct $(n - k)/2$ errors. Reed Solomon lowers the signal-to-noise ratio and increases transmission speed.[7] Reed Solomon's bit error probability utilizing hard choice decoding was calculated using the equation:

$$P_p \approx \frac{1}{n} \sum_{i=t_{ec}}^t i \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \quad (1)$$

Where $t_{ec} = (n - k)/2$ the ability for the RS code to correct errors.

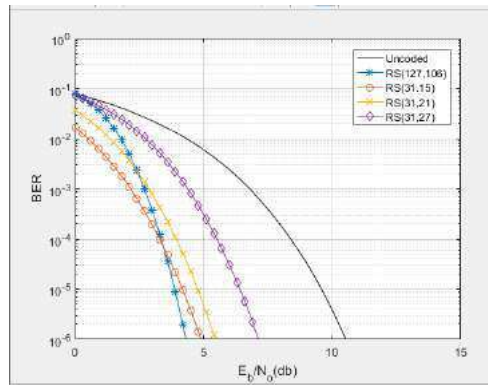


Figure 4. RS codes-Bit Error Probability (BPSK ,AWGN channel.)

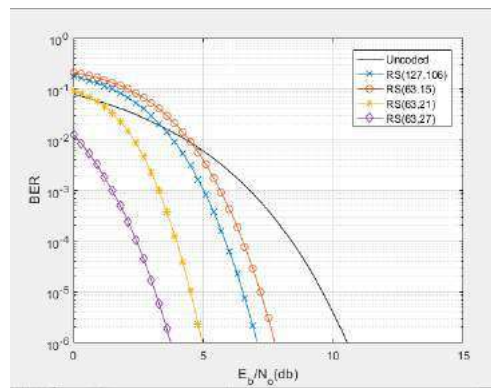


Figure 5. RS codes-Bit Error Probability (BPSK ,AWGN channel.)

Using 4-QAM, 8-QAM and 16-QAM modulation in [8], the signals were sent from the authorized receiver antenna. The signals received by the eaves dropper were measured by creating channel environments with different noise

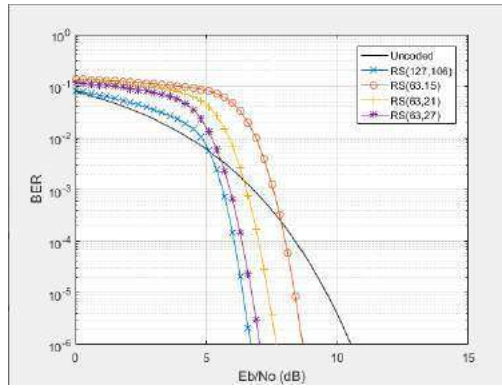


Figure 6. RS codes-Bit Error Probability (4-QAM ,AWGN channel.)

Table1.Performance Of RS (63.15) In BPSK Results

Eb/No	0	1.2	2.1	3
BER	0.2117	0.1501	0.0988	0.0527
Eb/No	4.2	5.1	6	7.2
BER	0.0142	0.003263	0.0004334	9.878e-06

Table2.Performance Of RS (63.15) In 4-QAM Results

Eb/No	0	1.2	2.1	3
BER	0.1358	0.1274	0.1195	0.1101
Eb/No	4.2	5.1	6	7.2
BER	0.09504	0.007941	0.04178	0.003955

2.3 Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH)

BCH codes are a subclass of cyclic codes. The BCH codes are introduced independently by Bose, Ray-Chaudhuri and Hocquenghem. The acronym BCH comprises the initials of these inventor's names. BCH can detect and correct multiple bit errors. It can be built according to the Galois area (finite field in algebra). It's one of the error-correcting codes that's good for BCH wireless sensor networks. Because it uses energy 23% more efficiently than uncode done. [5] In short and medium code lengths, BCH performance is fairly near to other theoretical values. For any positive integer $m \geq 3$ and $t \leq 2m - 1$, there is a binary BCH code of $2m - 1$ code length with a minimum distance of $2t + 1$ and a maximum of mt parity bits. This BCH code is able to correct random errors in the range of $2m - 1$ transmission code bits. The BCH code is represented by (n, k) . n is the code length after encoding and k is the number of use full bits before encoding. [9]

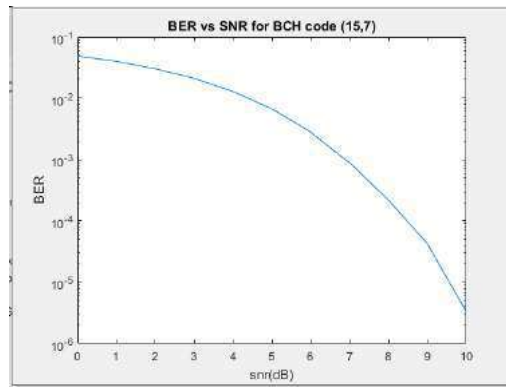


Figure 7. BCH codes-Bit Error Probability (BPSK ,AWGN channel.)

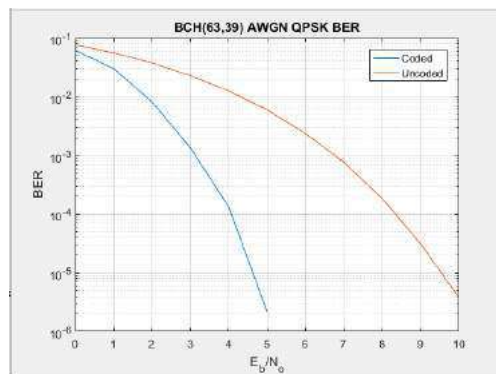


Figure 8. BCH codes-Bit Error Probability (QPSK ,AWGN channel.).

2.3 Low-Density Parity-Check (LDPC)

The linear error correction code (LDPC) is a way of sending data across a noisy transmission channel. They are mostly specified by a matrix of 0's and 1's. [10] LDPC codes mean they have practical constructions that allow the noise threshold to be set very close to the Shannon limit for a symmetrical memoryless channel.

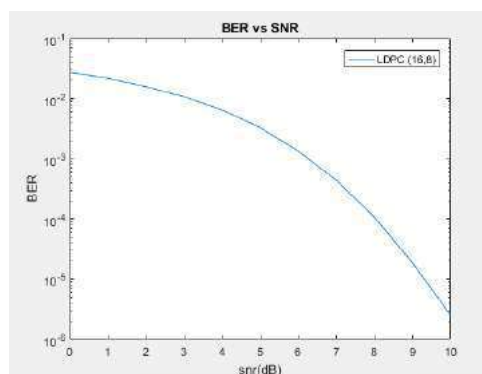


Figure 9. LPDC codes-Bit Error Probability (BPSK ,AWGN channel.)

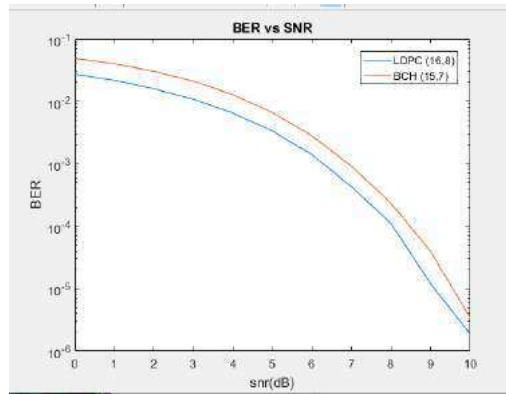


Figure 10. BCH and LDPC codes-Bit Error Probability (BPSK ,AWGN channel.).

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Wireless connectivity is made possible by the free existence of radio transmission. This ensures the data is transmitted without interruption. Unauthorized users, on the other hand, could jeopardize the protection of data being transmitted to approved users. This creates loopholes in the network, such as hacking, eavesdropping, and information jamming. One of the most promising security solutions for securing wireless network signals from eavesdroppers has been defined as physical layer protection (PLS). It's a replacement for cryptographic algorithms and techniques that are computationally intensive and complicated. Because of the prospect of leveraging the characteristics of the wireless channel, PLS has sparked a surge in research interest. The spontaneous design of the transmitting channel is one of the key characteristics. As a result, in the physical layer, secret and genuine signal exchange between the sender and recipient is conceivable. Throughout the simulations, the bit error rate of the hidden listener was kept below a certain level thanks to the artificial noise sent by the authorized transmitter in addition to the signal. Thus, it has been shown that artificial noise is one of the methods that create security for the physical layer. In Figure 4-5, It can be seen that when the SNR and code dimension fall, the decoder error probability approach decreases. This is due to the fact that RS codes are very imperfect. Tables 1 and 2 show the bit error rate values between QAM and BPSK (RS(63,15)). Rs is considered less complex compared to BCH and LDPC.

4. CONCLUSIONS

We have studied error performance comparisons for physical layer techniques over different codes. Performance analysis of physical layer security was performed. Bose-chaudhuri-hocquenghem (BCH), low-densityparity-check (LDPC) and Reed solomon (RS) codes were examined in matlab 2016b and bit error rate outputs were obtained. Performance analysis was performed according to the matlab outputs obtained. The analysis showed that BCH and LDPC codes took longer to simulate than RS codes.

REFERENCES

- M. Bloch, "PHYSICAL-LAYER SECURITY PHYSICAL-LAYER SECURITY," no. August, 2008.
- A. Sanenga, G. A. Mapunda, T. M. L. Jacob, L. Marata, B. Basutli, and J. M. Chuma, "An overview of key technologies in physical layer security," *Entropy*, vol. 22, no. 11, pp. 1–34, 2020, doi: 10.3390/e22111261.
- A. D. Wyner, "Wiretap_Wyner.pdf," *The Bell System Technical Journal*, vol. 54, no. 8. 1975.
- M. A. M. Albashier, A. Abdaziz, and H. A. Ghani, "Performance Analysis of Physical Layer Security Over Different T-error Correcting Codes," *Int. Symp. Wirel. Pers. Multimed. Commun. WPMC*, vol. 2017-Decem, pp. 191–195, 2018, doi: 10.1109/WPMC.2017.8301806.
- M. A. M. Albashier, A. Abdaziz, and H. A. Ghani, "Performance analysis of physical layer security over different error correcting codes in wireless sensor networks," *Int. Symp. Wirel. Pers. Multimed. Commun. WPMC*, vol. 2017-Decem, pp. 191–195, 2018, doi: 10.1109/WPMC.2017.8301806.
- M. Baldi, M. Bianchi, and F. Chiaraluce, "Non-systematic codes for physical layer security," *2010 IEEE Inf. Theory Work. ITW 2010 - Proc.*, 2010, doi: 10.1109/CIG.2010.5592833.
- DeerghaRao, K., and K. Deergha Rao. "Channel Coding Techniques for Wireless Communications." (2015): n. pag. Web
- Ö. Cepheli and G. K. Kurt, "Analysis on the effects of artificial noise on physical layer security | Yapay gürültünün fiziksel katman güvenliği üzerindeki etkisinin analizi," *2013 21st Signal Process. Commun. Appl. Conf. SIU 2013*, pp. 8–11, 2013.
- C. Zhang *et al.*, "A Low Error Rate BCH-Based Encoder-Decoder Approach for Electromagnetic Measurement while Drilling System," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 34599–34608, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2900986.
- R. G. Gallager, Low-density parity-check codes. MIT Press, 1963



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

DERİN TEMEL İMALATI VE SAYISAL MODEL ANALİZİ

Fahri YİYİN ^{1*}, Ayşe Bengü SÜN BÜL GÜNER ²

¹Fahri YİYİN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
fahriyiyin77@gmail.com

²Ayşe Bengü SÜN BÜL GÜNER, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Türkiye
absunbul@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: fahriyiyin77@gmail.com; Tel.: +90-536-220-74-96

ÖZET

Çalışmanın konusu olan derin temel imalatı, yapının zeminle olan bağlantısını güçlendirmek ve meydana gelebilecek olan oturma değerlerini minimize etmek için kullanılan bir imalat türüdür. Oturma değerinin fazla olduğu kil zeminlerde kullanımı yaygın olan bu yöntemin hesaplanması teorik ve analitik olmak üzere iki türden yapılabilmektedir. Teorik yöntemler daha çok ampirik formüllere dayalı olanlar ile, analitik yöntemde ise geoteknik alanda kullanılan ve sonlu/sonsuz elemanlar metodunu içinde barındıran programlar ile analiz yapılabilmektedir. Derin temel imalatının taşıma gücü hesabı teorik yöntemlerle yapılmış olan bir uygulama problemi için; sayısal modelleme ile yer değiştirme/deformasyon geoteknik mühendisliğinde yaygın kullanım alanı bulan Plaxis 2D programı ile elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda analizi yapılan derin temel imalatının güvenli tarafta kalınarak imal edildiği ve inceleme alanı için hazırlanan sayısal modelde elde edilen oturma değerinin de kabul edilebilir seviyede olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin temel, taşıma gücü, oturma değeri.

DEEP FOUNDATION FABRICATION AND NUMERICAL MODEL ANALYSIS

ABSTRACT

Deep foundation manufacturing, which is the subject of the study, is a type of manufacturing used to strengthen the connection of the structure with the ground and to minimize the settlement values that may occur. The calculation of this method, which is widely used in clay soils with high settlement values, can be calculated in two ways, theoretical and analytical. Theoretical methods are mostly based on empirical formulas, and in the analytical method, analysis can be made with the programs used in the geotechnical field and including the finite/infinite element method. For an application problem in which the bearing capacity calculation of deep foundation

fabrication was made with theoretical methods; The displacement/deformation was obtained with the Plaxis 2D program, which is widely used in geotechnical engineering by numerical modeling. As a result of the study, it was concluded that the deep foundation fabrication analyzed was produced by staying on the safe side and the settlement value obtained in the numerical model prepared for the study area was at an acceptable level.

Key Words: Deep foundation, bearing capacity, settlement value.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

‘Derin Temel İmalatı ve Sayısal Model Analizi’ çalışmasında ilerlenecek aşamalar sırasıyla; SPT verilerini kullanarak derin temel taşıma gücü hesabı, binadan gelen yük ile gereken kazık sayısının hesabı, derin temel imalatının modellenmesi, sayısal modelleme ile oturma hesabı, imalatı yapılacak olan derin temelin oturma değerinin derinlik ve çapa göre değişiminin incelenmesinden oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Sebahat Gök ve Ergün Toğrol tarafından 2009 yılında yapılan bu çalışmada yapı yükünün radye temel ve kazık temel arasında paylaşılırak oturma değerlerinin aynı olduğu paylaşım oranının bulunması ve bu paylaşımın oturma değerine olan etkisinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda Poulos tarafından 2001 yılında elde edilen 3 yöntemden biri olan basitleştirilmiş hesap yöntemleri kullanılarak hesaplanan oturma değerleri, Plaxis programında elde edilen oturma değerleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda radye ve kazık temelin, yapı yükünü paylaşarak birlikte çalıştığı temellerde elde edilen oturma değerlerinin ayrı ayrı çalışmaları durumunda elde edilen oturma değerinden daha düşük olduğu ve yapıyı daha güvenli hale getirdiği iki ayrı örnekle açıklanmıştır [1].

Zeynep Merve Özbey tarafından 2009’da yapılan çalışmada konsolidasyonu tamamlanmamış zemin tabakaların oturma hesabı, kazıklarda meydana gelen negatif çevre sürtünmesi, sayısal model analiz yöntemiyle kazık temel tasarımı ve kazık aralık – çaplarının değişiminin negatif çevre sürtünmesine olan etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada yer alan analizler yumuşak kil zemin içinden geçen ve çok sıkı kum zemine uygulanan 17 m uzunluğundaki kazık grubundan yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kazık çapının artmasıyla negatif çevre sürtünmesinin de arttığı gözlemlenmiştir [2].

Ozan Alver ve Gürkan Özden tarafından 2014 yılında yapılan çalışmada kazıklı radye temelin oturma değerinin Eşdeğer Radye Yöntemi, Randolph Yöntemi ve Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak hesaplanması, kazık sayısının ve kazık uzunluğunun oturma değerindeki değişime olan etkisinin gösterilmesi ve temel sisteminin davranışının en ekonomik şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu analiz sonucuyla birlikte kazık uzunluğunun artmasıyla oturma değerinin azaldığı açıkça görülmüştür. Çalışmanın sonucunda kazık uzunluğu ve sayısının artmasının temel davranışını iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır [3].

Emrah Dağlı, Ömer Faruk Çapar ve Ayşe Bengü Sünbül tarafından 2015 yılında yapılan bu çalışmada kohezyonsuz zemin üzerine oturan şerit temellerin analitik ve sayısal yöntemler olmak üzere taşıma gücünün hesaplanması, sayısal ve analitik yöntemlerin karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıklarının analiz edilmesi

hedeflenmiştir. Sonlu eleman programlarından biri olan Geostudio 2012 üzerinden elde edilen gerilme – şekil değiştirme eğrileri ile sayısal yöntemler kullanılarak taşıma gücü hesabı yapılmıştır. Temel genişliğinin artmasıyla temelin taşıma gücünün arttığı bundan dolayı da farklı yöntemlerle hesaplanan değerler arasındaki yüzdesel farkın arttığı, sayısal ve analitik yöntemler ile sonuçlandırılmıştır [4].

Ali Ergün tarafından 2016 yılında yapılan bu çalışmada kazıklı radye temel sisteminin tasarımı, kazık grubunun ve radye temel sisteminin uygulama aşamalarının değerlendirilmesi ve tasarımı yapılan temel sisteminin kazık yükleme deneyi ile performansının incelenmesi hedeflenmiştir.

Yapı yükünün tamamının kazıklar üzerinde taşındığı projede kullanılan hesap yöntemi, killi zeminler için Toğrol ve Tan (2009) tarafından önerilen yöntemdir. Çalışmanın sonucunda fore kazık sayısının azalmasıyla kazıklı radye temellerin kazık temellere göre daha ekonomik olduğu gözlemlenmiştir. Yapı yükünün tamamının fore kazıklar tarafından taşındığı temel sisteminde elde edilen güvenlik katsayısının, kazıklı radye temel uygulamasında elde edilen güvenlik katsayısına oranla daha düşük bir değere sahip olduğu elde edilmiştir [5].

Hüseyin Mungan ve Ayşe Bengü Sünbül tarafından 2018 yılında yapılan bu çalışmada sonlu elemanlar metodu kullanılarak bir yapının deprem merkez üssüne olan mesafesine göre davranışının incelenmesi, iki farklı zemin iyileştirme metodu ile birlikte derin temel uygulaması sonucunda oturma değerlerinin elde edilmesi ve hangi yöntemin en iyi performansı gösterdiğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada kullanılan sonlu elemanlar yazılım programı geoteknik mühendisliği problemlerinin çözüldüğü Plaxis 2D programıdır. Çalışmada kullanılan yöntemler sırasıyla Darbeli Kırmataş Kolonlar (DKK), Jet Grout ve Delme Kazıklar'dır. Deprem etkisine göre oluşan yatay yer değiştirmelerin analizi sonucunda delme kazıkların diğer iki yöntemle göre uzak mesafede %10 oranında daha az yer değiştirme sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda her üç yöntemde de deprem merkez üssüne uzak mesafede oluşan yatay yer değiştirme değerlerinin, yakın mesafede oluşan yatay yer değiştirme değerlerine göre ortalama %66 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir [6].

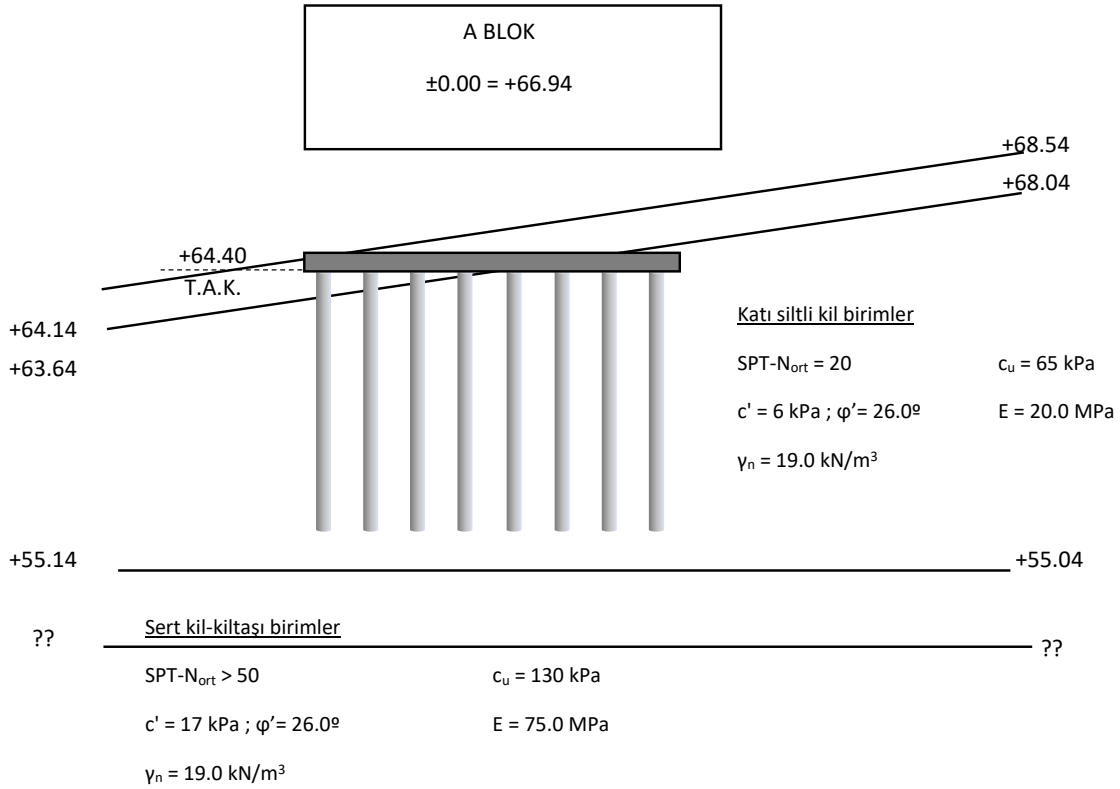
Halil Kabaca ve İsa Vural tarafından 2018 yılında yapılan bu çalışmada Standart Penetrasyon Deneyi'nden elde edilen verilerle nihai kazık taşıma gücünün teorik yöntemler ve matematiksel modellerle hesaplanması, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve teorik yöntemler ile matematiksel modelleme sonuçlarının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmada nihai kazık taşıma gücüne ait teorik yöntemlerden Meyerhof (1963), Bazaara ve Kurkur (1986) ve Decourt (1995) olmak üzere üç tanesinden bahsedilmiştir. Matematik modele dayalı yöntemlerden Chin – Kondner Yöntemi (1970), Decourt Yöntemi (1999) ve Özkan – Alku Yöntemi (2006) olmak üzere üç yöntem üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde güvenli tarafta kalınması için Bazaara ve Kurkur (1986) yönteminin en düşük taşıma gücü değerini vermesi sebebiyle tercih edilebileceği, Decourt (1995) ile Decourt (1999) yöntemlerinin yakın taşıma gücü değerleri vermesinden dolayı teorik yöntemler ile analitik yöntemlerin birbirleriyle uyumlu olduğu, en az göçme yükü değerinin ise Bazaara ve Kurkur (1986) ile Özkan – Alku (2006) yöntemlerinden elde edildiği sonuçlarına ulaşılmıştır [7].

3. YÖNTEM (METHOD)

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için jeoloji mühendisi tarafından jeolojik, jeofizik, arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında toplam uzunluğu 478.20 m olan 26 adet sondaj çalışması; 4 adet MASW çalışması, 10 adet sismik kırılma çalışması, 4 adet rezistivite çalışması yapılmış, arazi ve laboratuvar deneyleri uygulanarak gerekli veriler toplanmıştır. Derin temel imalatında bu verilerden Standart Penetrasyon Deneyi verileri oldukça önem arz etmektedir. İnceleme alanında açılmış olan sondaj kuyularında 19.5 m'ye kadar Standart Penetrasyon Deneyi yapılmıştır.

Yapı–zemin ilişkisi kapsamında irdelenen tüm hesaplar aşağıdaki şekilde belirtilen ve sahayı en uygun şekilde gösteren modellemeye göre yapılmıştır.

Şekil 1. İdealize zemin



Söz konusu inceleme alanında yapılan sondaj çalışmaları verilerine istinaden; yüzeyden 0.50 m derinliklerine kadar dolgu birimler ve devamında 9.00 m ~ 13.50 m derinliklerine kadar Kılıç Formasyonu'na ait siltli kil (katı-çok katı-sert) birimlere rastlanılmıştır. Bu birimlerin devamında kuyu sonuna kadar Kılıç Formasyonu'na ait sert kil-kiltaş birimler varlığı tespit edilmiştir. İnceleme alanında açılmış olan sondaj kuyularında yeraltı suyu ölçümü yapılmıştır. Periyodik ölçümler sonucunda yeraltı suyu tespit edilmemiştir. Yeraltı suyu durumu yapı için olumsuzluk teşkil etmemektedir.

Standart Penetrasyon Deneyi, zemin sıklılığını/kıvamını belirleyen bir deney olmasıyla beraber kazık taşıma gücü hesabına da yardımcı olmaktadır. Deney verilerinin kullanılıp taşıma gücünün bulunması Bazaara ve Kurkur Yöntemi ile hesaplanacaktır. TBDY 2018 yönetmeliğinde, derin temellerin geoteknik tasarımı için taşıma gücü ilkesi esas alınmıştır. Bu ilkeye göre alınacak güvenlik sayıları sırasıyla çevre sürtünmesi (basınç) ve uç direnci için 1.5 ve 2.0' dır.

Bazaara ve Kurkur uç taşıma gücü aşağıda ifade edilmiştir.

$$Q_{b,ult} (MPa) = n_b \cdot N_b \cdot A_p \quad (1)$$

Burada N_b kazık ucundaki ortalama arazi SPT değeri, n_b "0.10" değerinde ampirik katsayı, A_p ise kazık kesit alanıdır. Bulunan bu nihai uç taşıma kapasitesi 2.0 güvenlik sayısına bölünerek;

$$Q_{ku} = Q_{b,ult} / 2.0 \quad (2)$$

kazığın karakteristik uç taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Yine Bazaara ve Kurkur nihai sürtünme direnci denklemi;

$$Q_{s,ult} (kPa) = n_s \cdot N_s \cdot A_s \quad (3)$$

denklemi ile ifade edilmiştir. Burada N_s kazık çevresindeki belirlenen katmanın ortalama SPT değeri, n_s "3" değerinde ampirik katsayı, A_s ise kazık çevresindeki belirlenen katmanın yanal alanıdır. Bulunan bu nihai çevre sürtünme kapasitesi 1.5 güvenlik sayısına bölünerek;

$$Q_{ks} = Q_{s,ult} / 1.5 \quad (4)$$

kazığın karakteristik çevre sürtünme taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Kazık toplam kapasitesi ise karakteristik uç taşıma kapasitesi ve karakteristik çevre sürtünme kapasitesi toplanarak bulunmuştur.

Sahada yapılan SPT deneylerinin ortalaması alınarak kazık taşıma gücü aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

Şekil 2. Kazık taşıma gücü hesabı

Kazık Çapı (m)	Kazık Kesit Alanı (m ²)	Katman Kalınlığı (m)	Kazık Boyu (m)	Ortalama SPT-N (-)	Katman Sürtünme Kapasitesi (kN)	Toplam Güvenli Sürtünme Taşıma Kapasitesi (kN)	Toplam Güvenli Uç Taşıma Kapasitesi (kN)	Toplam Güvenli Taşıma Kapasitesi (kN)
0,65	0,3318	1,50	11,50	19	85,5	550,00	630,42	1180,42
0,65	0,3318	1,50	11,50	20	90			
0,65	0,3318	1,50	11,50	20	90			
0,65	0,3318	1,50	11,50	20	90			
0,65	0,3318	1,50	11,50	24	108			
0,65	0,3318	1,50	11,50	24	108			
0,65	0,3318	1,50	11,50	31	139,5			
0,65	0,3318	1,00	11,50	38	114			

Ø65 cm çaplı ve L=11.50 m uzunluğundaki tekil kazığın toplam güvenli taşıma kapasitesi 1180.42 kN olarak hesaplanmıştır. Bu değer güvenli tarafta kalınarak 120 ton alınmıştır.

Modellemesi yapılacak olan yapı için kullanılan program, geoteknik mühendisliği alanında sonlu eleman analiziyle hesaplama yapan Plaxis 2D (1987) programıdır. Modelleme için gerekli olan bütün parametreler tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 1. Programa girilecek olan parametreler

Zemin parametreleri	Dolgu kohezyon (c'/c_u , kPa)	25
	Katı siltli kil kohezyon (c'/c_u , kPa)	65
	Sert kil birimler kohezyon (c'/c_u , kPa)	130
	Dolgu elastise modülü (E,MPa)	10
	Katı siltli elastise modülü (E,MPa)	20
	Sert kil birimler elastise modülü (E,MPa)	75
	İçsel sürtünme açısı (ϕ , °)	0
	Birim hacim ağırlık (γ_n , kN/m ³)	19.0
	Geçirgenlik katsayısı (k)	1x10⁻⁴
	Hacimsel sıkışma katsayısı (m_v)	2x10⁻⁴
	Yeraltı suyu derinliği (m)	50
	Poisson oranı (ν)	0.35
Temel parametreleri	Gömme derinliği (D_f , m)	0.00
	Temel genişliği (B, m)	25.10
	Temel uzunluğu (L, m)	28.40
	Yük açısı (α , °)	0
	Arazi eğimi(β , %)	10
	Temel kalınlığı (h,m)	0.50
	Fore kazık çapı (d,m)	0.65
Yapı parametreleri	Yaklaşık yapı yükü (kN)	36300
	Alana etkiyen yayılı yük (kN/m ²)	51
	Yapı yüksekliği (m)	12,50

Derin temel imalatının uygulanması esnasında 0,50 m'lik bir kazı gerçekleştirilmiştir bu yüzden dolgu tabakası modelleme hesaplarına dahil edilmemiştir. Yeraltı suyu imalatın yapılacağı kısımda tespit edilmediğinden analiz aşamasında taban alanın altında Y.S.S. işaretlenmiştir. Zemin deney sonuçları 19.00 m'ye kadar elde edildiğinden modelleme -19.00 kotuna göre yapılacaktır.

Modelleme için programa girilen parametreler sırasıyla gösterilmiştir.

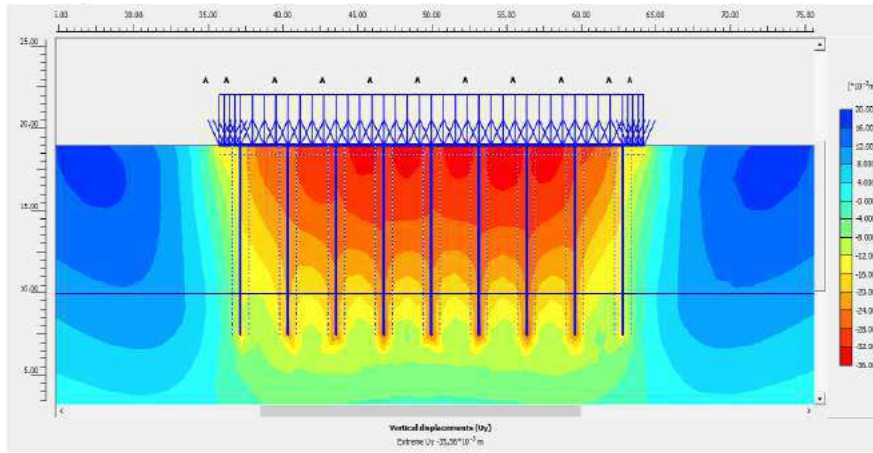
- Öncelikle temelin boyutlarına göre programda koordinatlar girilir. Oluşturulan temel alanı 25.1 m x 28.4 m boyutlarındadır. Sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapılacağından programa x yönünde 100.00 m, y yönünde ise 19.00 m girilmiştir.
- Ardından zeminde yapılan deneyler sonucunda derinliğe göre zemin tipleri programa işlenir. 0,0-9,0 m arası siltli kil ; 9,0 – 13,5 m arası sert kile rastlanmıştır. Yeraltı su seviyesine kadar sert kil tabakası devam etmektedir.
- Zemin tiplerinin girilmesinin ardından temelin uzun kısmı olan 28.4 m modelleme üzerinde çizilerek belirtilir. Modelleme 100 m'lik alanda çizilmiştir. Bu yüzden temel soldan ve sağdan 35.8 m içeri doğru gidilerek çizilmelidir. Bir diğer önemli nokta ise derin temel 0.50 m kazı işleminin ardından

uygulanmıştır. Bu yüzden modellemeye dolgu kısmı eklenmemiştir. Temel kalınlığı $d = 0.5$ m olarak programa işlenmiştir.

- Fore kazıkların programa aktarılması aşamasında kazıkların konumları önem arz etmektedir. Temelin uzun tarafı olan 28.4 m'den başlanarak içeri doğru 1.40 m gidildikten sonra çapı 0.65 m, boyu 11.5 m olan kazık yerleştirilir. Ardından 3.20 m x 3.20 m karela bu işlem tekrarlanır. Modelleme iki boyutlu olarak yapılacağından uzun kenara göre dizayn edilecektir. Bu tarafta toplamda 9 adet kazık bulunmaktadır. Temel alanının tamamında ise önceki hesaplamalara dayanarak 72 adet kazık bulunmaktadır. Kazıklar temele uygulandıktan sonra zemin etkileşimi için programlamada negative interface uygulaması yapılmıştır. Kazık çapı 0.65 m olduğundan programda 'd' parametresine bu değer işlenmiştir.
- Modellemenin son aşaması olan yükleme durumu için, alana etkiyen yük hesabı yapılmıştır. $36300 \text{ kN} / 712,84 \text{ m}^2 = 51 \text{ kN/m}^2$ olarak elde edilir.

Analiz aşamasına geçildiğinde modellemesi yapılan temeldeki nihai oturma değeri elde edilecektir. Çalışmanın sonunda bu oturma değerinin kabul edilebilir bir sınır değer olup olmadığı sonuçlandırılacaktır.

Şekil 3 Nihai oturma değeri



Programdan elde edilen en büyük oturma değeri 3.56 cm'dir.

Son aşamada ise oturma değerinin kazık boyuna ve çapına göre değişimi incelenmiştir. Kazık çapının 0.65 m, 0.85 m, 1.05 m ve 1.25 m olduğu durumlarda elde edilen oturma miktarları analiz edilmiştir. Kazık boyunun 11.5 m, 12.5 m, 13.5 m ve 14.5 m olduğu durumlarda meydana gelen oturma değerleri analiz edilmiştir. Sonuçlar bu aşamada şekillerle gösterilecek olup bitirme çalışmasının son aşaması olan sonuç kısmında detaylandırılacaktır.

Şekil 4. Kazık çapına göre oturma değeri değişimi

Kazık Çapı (cm)	Oturma Değeri (cm)	Yüzdesele Değişim (%)
65	3,56	-
85	3,53	0,84
105	3,51	1,40
125	3,50	1,69

Şekil 5. Kazık boyuna göre oturma değeri değışimi

Kazık Boyu (cm)	Oturma Değeri (cm)	Yüzdesel Değışim (%)
1150	3,56	-
1250	2,64	25,84
1350	2,36	33,71
1450	2,08	41,57

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

- SPT verilerine göre elde edilen taşıma gücü değeri her bir fore kazık için 120 tondur. Uygulamada imalatı yapılan fore kazık sayısı ise 72 idi. 72 adet fore kazığın oluşturacağı toplam taşıma gücü değeri 72×120 ton = 8640 ton olarak hesaplanır. Yapı ağırlığı 3630 ton olduğundan yapılan imalatın taşıma gücü açısından güvenli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- TBDY 2018'e göre yapı yüksekliğinin %0.3 oranında olan oturma değeri kabul edilebilir olduğu görülmüştür. Terzaghi (1943) teoremine göre ise kazık çapının 1/10 oranına kadar olan oturma değerlerinin kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Kazık çapı 65 cm olduğuna göre izin verilebilir oturma değeri Terzaghi (1943) teoremine göre 6.5 cm olarak hesaplanmıştır. TBDY 2018'e göre ise bu değer 3.75 cm olarak bulunmuştur. Modellemesi ve analizi yapılan yapıya ait nihai oturma değeri 3.56 cm olarak elde edilmiştir. Elde edilen oturma değeri TBDY 2018'de ve Terzaghi (1943) yönteminde belirlenen sınır değerden küçük olmasından dolayı, oturma değeri kabul edilebilir seviyede olduğu sonucuna ulaşılarak bitirme çalışmasının ikinci aşaması tamamlanmıştır.
- Kazık çapının oturma değerine etkisini gösteren tablo incelendiğinde kazık çapının % 30 ile %93 oranında artırılmasıyla oturma değerlerinde maksimum %2'lik bir azalma olduğu görülmüştür fakat kazık çapının artırılmasıyla beraber karelej mesafesinin değıştiği ve kazık grubunun çalışmasında da değışim olabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.
- Modelleme ve analiz sonucunda elde edilen verilere göre kazık boyunun yaklaşık olarak %8 ile %26 oranında artırılması durumunda elde edilen oturma değerlerinde %42'ye kadar azalma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla kazık boyunun oturma değerine etkisinin oldukça fazla olduğu söylenebilir. Bitirme çalışmasının bu aşamasında TBDY 2018'e göre izin verilebilir oturma değeri aşılmaması durumunda öncelikli olarak kazık boyunun artırılmasının daha verimli sonuçlar vereceği görülmüştür. Kazık boyunun artırılmasıyla birlikte kazık ucundaki ortalama SPT vuruş sayısının değışebileceği buna bağılı olarak toplam güvenli taşıma kapasitesi verisinde de farklı sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.
- Kazık çapının artırılmasıyla birlikte kazık kesit alanının artacağı buna bağılı olarak toplam güvenli taşıma kapasitesi ile toplam güvenli taşıma kapasitesi verilerinde de farklılık olabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.
- Kazık çapının veya boyunun değıştirilmesi durumunda ilk olarak taşıma gücündeki değışimin gözlenmesi gerektiği ardından ise oturma değeri azalma veya artmaların incelenmesi gerektiği anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] **Gök, S., Toğrol, E.**, 2009, Basitleştirilmiş Radyeli Kazık Hesabı, İTÜ Dergisi.
- [2] **Özbey, Z.M.**, 2009, Kazıklı Temeller ve Negatif Çevre Sürtünmesi Analizlerinin Bilgisayar Programı Kullanılarak Desteklenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [3] **Alver, O., Özden, G.**, 2014, Tabakalı Zeminlerde Kazıklı Radye Temellerin Optimum Tasarımı, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi.
- [4] **Dağlı, E., Çapar, Ö.F., Sünbül, A.B.**, 2015. Analitik ve Sayısal Yöntemler ile Kumlu Zeminlerin Taşıma Gücünün Belirlenmesi, ISBS.
- [5] **Ergün, A.**, 2016. Kazıklı Radye Temel Uygulaması ve Performansı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Bilim Dergisi.
- [6] **Mungan, H., Sünbül, A.B.**, 2018. Sonlu Elemanlara Dayalı Dinamik Analiz; Zemin İyileştirme – Derin Temel Örneği, ISITES2018.
- [7] **Kabaca, H., Vural, İ.**, 2018. Teorik Nihai Kazık Taşıma Gücü Hesaplamaları ile Kazık Yükleme Yöntemlerin Karşılaştırmalı Analizi, ISITES2018.
- [8] **Kabaca, H.**, 2018, Kazıkların Taşıma Gücü ve Oturma Parametrelerinin İncelenmesi, Taşıma Gücü İçin Yeni Metot Önerisi, Yüksek Lisans Tezi.
- [9] **Holtz, R. D., Kowacs, W.D., Sheahan, T.C.**, 1981, An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, 733.
- [10] Türkiye Birliği Deprem Yönetmeliği, 2018.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMİ TASARIMINA AİT VAKA
ANALİZİ DEĞERLENDİRMESİ**

Safa ÇEVİK ^{1*}, Taner KADİROĞLU ², Mehmet ZENGİN ³, CeyhunAVŞAR ⁴

¹Safa ÇEVİK, İnşaat Yüksek Mühendisi, Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., İstanbul TÜRKİYE
safac@teknikmuhendislik.com.tr

²Taner KADİROĞLU, İnşaat Mühendisi, Doğuş-Yapı Merkezi-Özaltın A.O., İstanbul TÜRKİYE
tanerk@dogusinsaat.com.tr

³Mehmet ZENGİN, Jeoloji Yüksek Mühendisi, Doğuş-Yapı Merkezi-Özaltın A.O., İstanbul TÜRKİYE
mehmetz@dogusinsaat.com.tr

⁴Ceyhun AVŞAR, İnşaat Mühendisi, İBB Kontrol Amiri, İstanbul TÜRKİYE
ceyhun.avsar@ibb.gov.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: safac@teknikmuhendislik.com.tr; Tel.: +90-537-867-94-33

ÖZET

Bu çalışmada Çekmeköy – Sancaktepe – Sultanbeyli Metro hattı projesinde yer alan “S20 Sancaktepe İstasyonu Kazı Destek Sistemi” vaka analizi olarak incelenmiştir. Kazı destekleme imalatları sırasında bir bölgede zemin sondajlarında görülmeyen zayıf bir zonla karşılaşmış ve kazı destekleme sisteminde ön görülemeyen deformasyon artışları meydana gelmiştir. Bu sebeple Plaxis 2D sonlu elemanlar yazılımı ve inklinometre ölçüm verileri kullanılarak geri analizler yapılarak zeminin mukavemet/deformasyon parametreleri yeniden belirlenmiştir. Akabinde hazırlanan ilave kazı destekleme projesi ile deformasyonlar kontrol altına alınabilmiş ve nihai kazı kotuna güvenle inilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kazı destek sistemi, Plaxis 2D, geri analiz

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

CASE STUDY EVALUATION FOR DEEP EXCAVATION SYSTEM DESIGN

ABSTRACT

In this study, “S20 Sancaktepe Station Excavation Support System” in the Cekmekoy-Sancaktepe-Sultanbeyli Metro project was examined as a case study. During excavation support stages, a weak zone was encountered in a region that was not seen in soil investigations and unpredictable deformation increases occurred in the excavation support system. For this reason, back analyses were made using Plaxis 2D finite element software and inclinometer measurement datas, the strength/deformation parameters of the soil were redetermined. Subsequently, with the additional excavation support system project prepared, the deformations could be controlled and was reached the final excavation level safely.

Key Words: Excavation support system, Plaxis 2D, back analyses

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

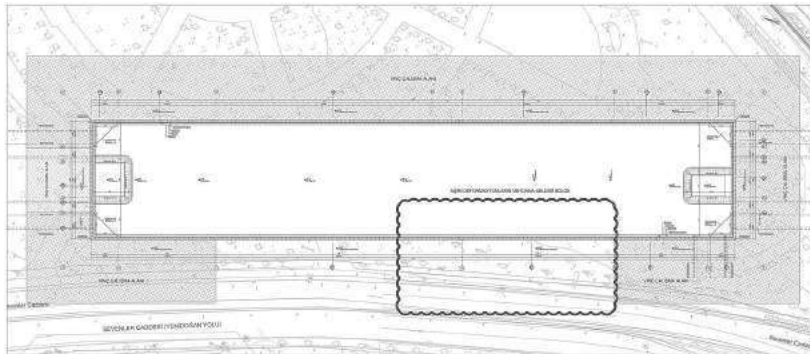
Çekmeköy-Sancaktepe-Sultanbeyli Metroyu; ana hat tünelleri ve toplamda 8 adet istasyon yapısı içermekte olan bir toplu taşıma sistemidir. Çekmeköy – Sancaktepe – Sultanbeyli Metro Hattı sırasıyla Meclis, Sarıgazi, Sancaktepe Şehir Hastanesi, Sancaktepe, Samandıra Merkez, Veysel Karani, Hasanpaşa ve Sultanbeyli istasyonlarından geçerek Sultanbeyli ile TEM yolu kenarında son bulmaktadır. Saha için yer bulduru haritası Şekil 1’de verilmiştir. Bu çalışmada, kazı destekleme çalışmaları devam eden bir istasyonda ön görülemeyen zemin koşulları dolayısıyla meydana gelen aşırı deformasyonlar vaka analizi olarak incelenmiş ve geri analiz yöntemi ile çözüm yapılarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 1. Proje güzergahı yer bulduru haritası

2. VAKA ANALİZİ (CASE STUDY)

Proje kapsamında imalatı devam eden “S20 Sancaktepe İstasyonu Kazı Destek Sistemi” nde Şubat 2020 tarihinde ön görülemeyen aşırı deformasyon artışları gözlenmiş ve birtakım önlemler alınmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda kazı destek sistemine ilave yatay destek elemanları eklenerek kazı destek sistemi yatay deplasmanları kontrol altına alınmış ve Aralık 2020 tarihinde kazı taban kotuna güvenle inilmesi sağlanmıştır. Kazı destek sistemi plan yerleşimi Şekil 2’ de, aşırı deformasyon meydana gelen bölge ise bulut içinde gösterilmiştir. Aşırı deformasyonlar sonrası Sevenler Caddesi’ nde çatlaklar oluşmuştur. Bu sebeple çevre güvenliği için kazı destek sistemini güvene alma çalışmaları esnasında cadde trafiğe kapatılmıştır.



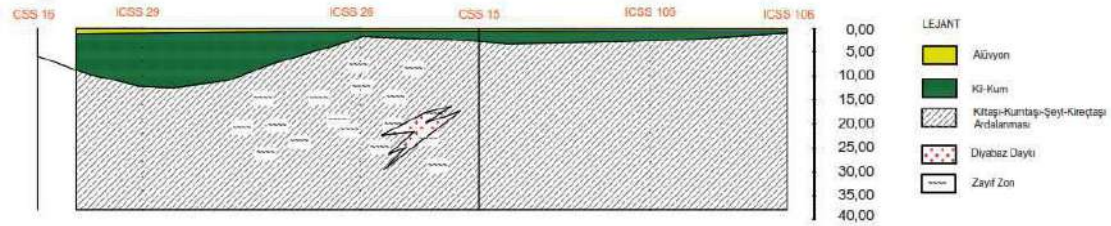
Şekil 2. Kazı destek sistemi plan yerleşimi

2.1. İnceleme Alanı Jeolojisi

Çekmeköy- Sultanbeyli metro hattı projesi kapsamında Sancaktepe–Veysel Karani–Hasanpaşa-Sultanbeyli istasyonu bölgelerinde yapılan sondaj çalışmalarına göre; genel olarak üst seviyelerde Sultanbeyli Formasyonu (Ts) kil, kum ve çakıl birimleri, derinlere doğru ve yer yer üst seviyelerde Pendik Formasyonu (Dp); kireçtaşı, Kurtköy Formasyonu (Opk); arkoz ve kiltası, miltası-kumtaşı ara düzeylerinden oluşan birimler gözlenmiştir.

Mevzu bahis istasyon bölgesinde ise koyu-açık gri-kül renkli, yer yer kahve renkli, kırıklı çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu, yer yer yoğun parçalı kireçtaşı, açık gri renkli kırıklı çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu kiltası ve sarımsı kahve renkli, kırıklı çatlaklı, yer yer yoğun parçalı kiltası- kumtaşı şeklinde izlenmiştir.

Çalışma alanında, yeşil-grimsi yeşil renklerde, ayrılmış, yer yer zeminleşmiş diyabaz daykı kazılar esnasında izlenmiştir. Bu bölümlerde volkanik sokulum ana kayanın da yer yer şeyilleşmesine, yer yer ayrışıp zemin karakter göstermesine sebep olmuştur. Sondajlarda izlenmeyen bu kesimin ön görülemeyen deformasyona sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sahada üst kesimlerde ise yer yer Sultanbeyli Formasyonu izlenen lokal alanlar da olmuştur. Jeolojik kesit Şekil 3' te gösterilmiştir.

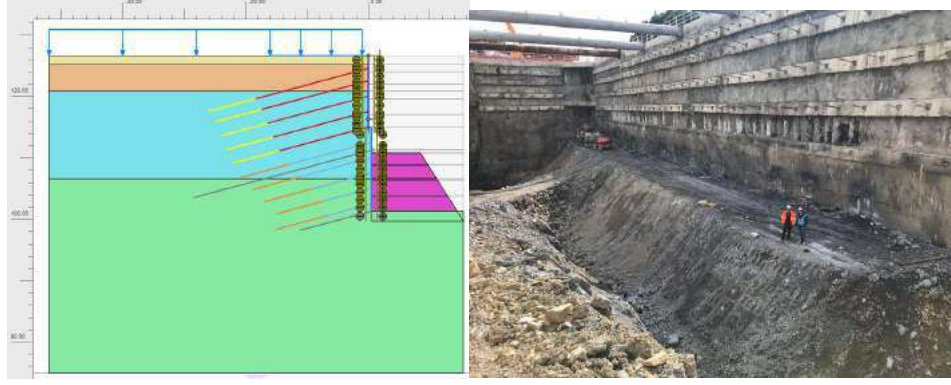


Şekil 3. Jeolojik kesit

2.2. Sonlu Elemanlar Analizi

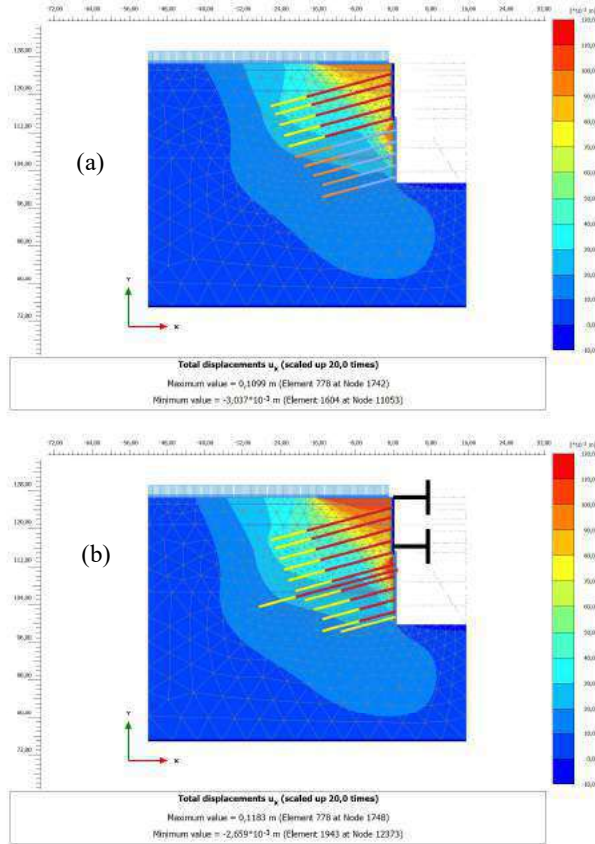
Aşırı deformasyon artışlarının meydana gelmesi sebebiyle seri geri analizler yapılarak sahadaki zemin koşulları hesap modeline yansıtılarak arazideki yatay deplasmanların bulunması hedeflenmiştir. Hesaplarda Plaxis 2D yazılımı kullanılmıştır. İlk tasarımlarda ön germeli ankrajlarla destekli fore kazık + perde' den oluşan kazı destek sistemi çözümleri yapılarak bu doğrultuda uygulama projeleri hazırlanmıştır. Kazı derinliği 25,30 m – 26,90 m arasında değişmektedir. Geri analiz aşırı deformasyonların görüldüğü kazı kotunda yapılmıştır. Seri geri analizler ile zemin mukavemet/deformasyon parametreleri belirlenmiştir. Analiz aşamaları, arazi ile uyumlu olacak şekilde modellenmiş olup maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Arazide +110,70 kotuna kadar topuk dolgusu yapılmıştır (Şekil 4).
- Başlık kirişi ve +116.46 kotlarına çelik strut montajı yapılmıştır.
- +111,25 ~ +102,50 kotları arasına ilave ön germeli ankrajlar yapılmıştır.
- +101,35 kotuna zemin çivisi imalatı yapılmıştır.
- Nihai kazı kotuna inilmiştir.

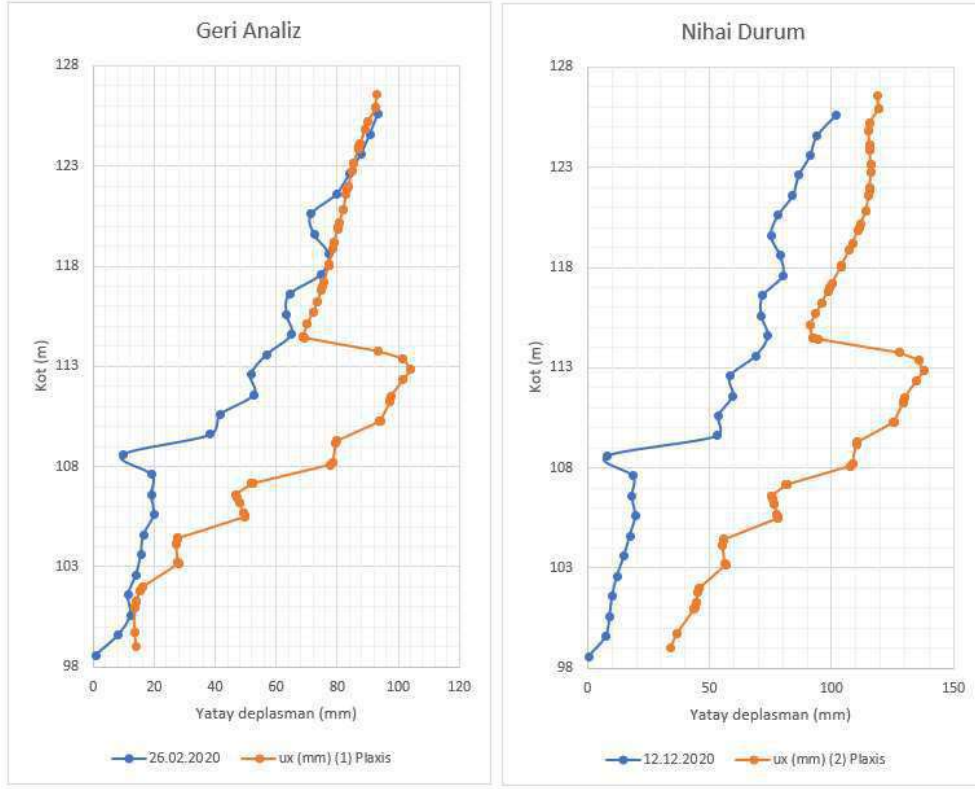


Şekil 4. Plaxis 2D ile geri dolgu modellemesi ve saha uygulaması

Kazı destek sisteminin aşırı deformasyon yaptığı durum ile ilave destekleme elemanları sonrası meydana gelen deformasyon grafikleri Şekil 5’ te gösterilmiştir. Şekil 5 (a)’ da görüldüğü üzere mevcut durumda geri analiz ile 109,9 mm yatay deformasyon hesaplanmıştır. İlave desteklemeler sonrası ise Şekil 5 (b)’ de görüldüğü şekilde yatay deformasyon 118,3 mm olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplar inklinometre ölçümleri ile kıyaslanarak mertebesel olarak kontrol yapılmıştır. Şekil 6’ da inklinometre ölçümleri mavi ile hesap sonucu bulunan deformasyonlar turuncu ile gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, ilave destekleme sonrası ölçülen saha deformasyonları hesap ile bulunan deformasyon değerlerinden küçük çıkmıştır.



Şekil 5. Plaxis 2D ile sonlu elemanlar analizi, (a) geri analiz ile hesaplanan aşırı deformasyon grafiği (b) ilave desteklemeler sonrası deformasyon grafiği



Şekil 6. Hesaplar ile inklinometre ölçümlerinin karşılaştırılması

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER (RESULTS AND EVALUATIONS)

Bu çalışmada Çekmeköy-Sancaktepe-Sultanbeyli Metro Projesi kapsamında imalatı devam eden “S20 Sancaktepe İstasyonu Kazı Destek Sistemi” nde Şubat 2020 tarihinde aşırı deformasyon artışları gözlenmiş ve birtakım önlemler alınmasına karar verilmiştir. Saha genelinde yapılmış sondajlarda ana kaya; koyu- açık gri-kül renkli, yer yer kahve renkli, kırıklı çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu, sağlam-çok sağlam dayanımlı kilttaşı-silttaşı-kireçtaşı ardalanması şeklinde izlenmiştir. Fakat kazı çalışmalarında özellikle F-J aksında sondajlarda kesilmemiş olan yeşil-grimsi yeşil renklere, ayrılmış, yer yer zeminleşmiş diyabaz daykı birimler izlenmiş olup bu kesimlerde diyabaz daykı ana kayanın zemin karakteri kazanmasına sebep olmuş aynı zamanda kendisi de ayrılmış yer yer zemin karakteri kazanmıştır. Beklenmeyen bu zon, kazıkların soketlendiği sağlam kesimin hemen altında izlenmesi deformasyonların oluşmasındaki ana sebep olarak görülmektedir. Yapılan geri analizler ile aşırı deformasyona sebebiyet veren zemin mukavemet/deformasyon parametreleri elde edilerek ilave destekleme projesi hazırlanmıştır. Mevcut kazı destek sistemine ilave ön germeli ankrajlar ve başlık kirişi ile ara kotta olmak üzere iki sıra çelik strutlar kullanılmıştır. Nihai kazı kotunda inklinometre ölçümlerinde okunan yatay deplasman değerleri Plaxis 2D ile hesaplanan değerlerden küçük kaldığı görülmüştür (Şekil 6). Böylelikle alınan tedbirlerle kazı taban kotuna güvenle inilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Broms, Bengt B. (1988), “Design and Construction of Anchored and Struttred Sheet Pile Walls in Soft Clay”, International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering.20.
- Das, B.M., Sivakugan, N (2019), “Principles of Foundation Engineering.”, Ninth Edition, Cengage Learning Inc., Boston, USA.
- Keleşoğlu, K.M. (2020), “Abdurrahmangazi (Sancaktepe) İstasyonu İksa Sisteminde Meydana Gelen Hareketlerin Değerlendirilmesi ve Alternatif Çözüm Önerileri Hususunda Geoteknik Rapor”.
- Ove Arup& Partners- Yüksel Proje Ortaklığı (2015), “Çekmeköy-Sultanbeyli ve Hastane-Taşdelen Metro Hatları Kesin Proje Jeolojik- Jeoteknik Araştırma Raporu Cilt 1-2”.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Mayıs 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

GNSS AĞLARINDAKİ UYUŞUMSUZ ÖLÇÜLERİN FARKLI ROBUST KESTİRİM YÖNTEMLERİ VE SERBEST AĞ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Ünal ZEHİR¹, Mualla YALÇINKAYA²

¹Ünal ZEHİR, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

unalzehir00@gmail.com

²Mualla YALÇINKAYA, Harita Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

mualla@ktu.edu.tr

Sorumlu yazar; E-Mail: unalzehir00@gmail.com; Tel.: +90 545 608 70 61

ÖZET

Jeodezik ağ ölçülerindeki rasgele hata sınırına yakın uyuşumsuz ölçüler dengeleme sonuçlarını etkileyecekleri için etkileri elimine edilmelidir. Bu bağlamda serbest ağ dengelemesi soncu klasik uyuşumsuz ölçüler testi ile bu ölçüler ayıklanabilir. Ancak ayıklanan uyuşumsuz ölçüler ağın yapısını bozabilir. Bu nedenlerden dolayı alternatif olarak uyuşumsuz ölçüden etkilenmeyen Robust kestirim yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemi) ağlarındaki uyuşumsuz ölçülerin, Serbest ağ ve Robust kestirim yöntemleri ile belirlenmesi ve yöntemler karşılaştırılarak en uygun yöntemin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla GNSS ağı serbest ağ yöntemi ile dengelenerek klasik yöntemlerle uyuşumsuz ölçülerin belirlenip ayıklanması yapılmış ve noktaların kesin koordinatları ve ortalama hataları belirlenmiştir. Sonra GNSS ağının Robust Kestirim Yöntemleri olan Huber, Danimarka, Beaton-Turkey ve Hampel yöntemleri ile noktaların kesin koordinatları ve ortalama hataları hesaplanmıştır. Daha sonra serbest ağ dengelemesi, Robust kestirim yöntemleri sonuçları karşılaştırılarak GNSS ağlarının dengelenmesi için en uygun yöntem belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: GNSS ağı, Robust kestirim yöntemleri, serbest ağ dengelemesi, uyuşumsuz ölçüler testi



DETERMINATION OF OUTLIER MEASUREMENTS IN GNSS NETWORKS WITH DIFFERENT ROBUST ESTIMATING METHODS AND FREE NETWORK METHOD

ABSTRACT

Since outlier measurements close to the random error limit in geodetic network measurements will affect the adjustment results, their effects should be eliminated. In this context, these measures can be extracted with the classical outlier measures test as a result of free network adjustment. However, the extracted outlier measures can disrupt the geometric structure of the mesh. For these reasons, the Robust estimation method, which is not affected by the outlier measure, has been used as an alternative. In this study, determination of outlier measures in GNSS (Global Navigation Satallite System) networks with Free network method and Robust estimation methods and it is aimed to reveal the most suitable method by results comparing. For this purpose, the GNSS network was adjustment with the free network method, and the outlier measurements were determined by classical methods and the exact coordinates and mean errors of the points were determined. Then, the exact coordinates and mean errors of the points were calculated with the Robust Estimation Methods of the GNSS network, Huber, Denmark, Beaton-Turkey and Hampel methods. Then, the results of free network adjustment and Robust estimation methods were compared and the most suitable method for adjustment GNSS networks was determined.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Robust estimation methods, free network adjustment, outlier measuremet test

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Jeodezinin en önemli görevlerinden biri hassas konum belirlenmesidir. Mühendislik uygulamalarında nokta koordinatlarını belirlemek için jeodezik ağ kurulur. Ağ noktalarının koordinatlarını daha gerçekçi belirlemek için ağda gereğinden fazla ölçü yapılır. Jeodezik ağda yapılmış gereğinden fazla ölçülerden nokta konumları ve ortalama hataları, Gauss En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile belirlenir [1-3]. En Küçük Kareler Yöntemi uyuşumsuz ölçülere duyarlıdır. Bu nedenle uyuşumsuz ölçüleri ayıkladıktan sonra uyuşumlu ölçülerle nokta koordinatları ve onların ortalama hatalarının belirlenmesi gerekir. Uyuşumsuz ölçüler ayıklandığında bazen ağın şekli bozulabilir. Bu durumda ağın şeklini bozan ölçünün tekrar arazide ölçülmesi gerekir. Jeodezik ağlar, uyuşumsuz ölçülerden etkilenmeyen Robust yöntemi ile dengelenebilir. Böylece ağdaki hiçbir ölçü atılmadan yani ağın şekli bozulmadan dengeleme yapılır. Robust kestirim yönteminde uyuşumsuz ölçülerin ağırlık



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Mayıs 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

katsayıları küçültülerek iterasyonlu dengeleme yapılır. Bu bağlamda uyuşumsuz ölçülerin etkisi olmadan uyuşumlu ölçülerle dengeleme yapıp ağ noktalarının koordinatları ve onların duyarlık ölçütleri hesaplanabilir.

Bu çalışmada GNSS ağlarındaki uyuşumsuz ölçülerin serbest ağ yöntemi ve farklı Robust Kestirim yöntemleri ile dengelemesi yapılmış ve dengeleme sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda GNSS ağlarında uyuşumsuz ölçülerden etkilenmeyen en uygun dengeleme yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışma kapsamında önce GNSS ağlarının serbest dengelenmesi ve klasik yöntemle uyuşumsuz ölçüler testi, sonra GNSS ağlarının farklı Robust kestirim yöntemleriyle dengelenmesi yapılmıştır. Daha sonra Serbest Ağ ve Robust yöntemlerin sonuçları irdelenmiştir.

2.1. GNSS ağlarının serbest ağ dengelemesi (Free network adjustment of GNSS networks)

GNSS ağını serbest ağ yöntemine göre dengelemede tüm noktalar bilinmeyen olarak alınmış ve dengelemenin stokastik modeli, ölçü bazlarının ters ağırlık matrislerinden oluşan köşegen matrisin tersi alınarak ölçülerin ağırlık matrisi (P) elde edilmesiyle oluşturulur. Fonksiyonel model ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri gösterir. i ve j noktaları arasında yapılan ölçü için fonksiyonel model,

$$\begin{aligned}\Delta X_{i-j} + V_{\Delta X_{i-j}} &= X_j - X_i \\ \Delta Y_{i-j} + V_{\Delta Y_{i-j}} &= Y_j - Y_i \\ \Delta Z_{i-j} + V_{\Delta Z_{i-j}} &= Z_j - Z_i\end{aligned}\quad (1)$$

olur. Burada $(\Delta X_{i-j}, \Delta Y_{i-j}, \Delta Z_{i-j})$, i ve j noktaları arasındaki baz bileşenlerini; $(V_{\Delta X_{i-j}}, V_{\Delta Y_{i-j}}, V_{\Delta Z_{i-j}})$, düzeltmeleri göstermektedir. Bu denklemler ölçü sayısı (n) kadar yazılıp matris gösterimine çevrilerek düzeltme denklemi,

$$V = Ax - l \quad (2)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada A, katsayılar matrisini; x, dengeleme bilinmeyenleri vektörünü; l ötelenmiş ölçüler vektörünü; V, ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörünü göstermektedir. Stokastik model ve fonksiyonel model EKK Yöntemine göre çözümlenerek, dengeleme bilinmeyenleri (x),

$$x = (A^T P_{ll} A)^+ - A^T P_{ll} l \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanarak dengeleme bilinmeyenleri, yaklaşık değerlere eklenerek bilinmeyenlerin kesin değerleri bulunur. Birim ölçünün ortalama hatası,

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{V^T P_u V}{f}} \quad (4)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi,

$$Q_{xx} = (A^T P_u A)^+ \quad (5)$$

olmak üzere bilinmeyenlerin ortalama hataları,

$$\begin{aligned} m_{x_i} &= \pm m_o \sqrt{Q_{x_i x_i}} \\ m_{y_i} &= \pm m_o \sqrt{Q_{y_i y_i}} \\ m_{z_i} &= \pm m_o \sqrt{Q_{z_i z_i}} \end{aligned} \quad (6)$$

elde edilir. Noktaların konum hataları,

$$m_{p_i} = \pm \sqrt{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2 + m_{z_i}^2} \quad (7)$$

eşitliğinden hesaplanır. Düzeltmelerin ters ağırlık matrisi,

$$Q_{VV} = Q_{ll} - A^T Q_{xx} A \quad (8)$$

olarak elde edilir. Ölçülerdeki ölçü hataları sınırına yakın olan “uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi” gerekir. Bu yöntemde korelasyonsuz ölçüler için t-testi yönteminde her ölçü için ayrı ayrı ortalama hata,

$$s_{oi} = \pm \sqrt{\frac{1}{f-1} (V^T P_u V - \frac{(e_i^T P_u V)^2}{e_i^T P_u Q_{VV} P_u e_i})} \quad (9)$$

eşitliğinden hesaplanarak test büyüklüğü,

$$T_i = \frac{|e_i^T P_u V|}{s_{oi} \sqrt{e_i^T P_u Q_{VV} P_u e_i}} \quad (10)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada $qvivi, Qvv$ matrisinin i . köşegenidir. T_{imax} değeri t-dağılım tablosundan alınan değer ile karşılaştırılarak, $T_{imax} \leq t_{f-1,1-\frac{\alpha}{2}}$ ise ölçü uyumsuz olarak belirlenir ve ölçü kümesinden atılarak dengeleme tekrar yapılır. Uyumsuz ölçü kalmayınca kadar dengeleme işlemine devam edilir [1-3].

2.2. GNSS ağının robust kestirim yöntemleri ile dengelenmesi (Adjustment the GNSS network with Robust estimation methods)

Robust kestirim yönteminde ölçü kümesindeki iyi ölçüler uyumsuz ölçülerden etkilenmez, uyumsuz ölçüler ağdan çıkarılmaz, buna bağlı olarak bozucu etkiler oluşmaz. Uyumsuz ölçülerin ağırlıkları iterasyonlu olarak küçülterek dengeleme yapılır. Birçok Robust kestirim yöntemi vardır. Bu çalışmada Huber, Danimarka, Beaton-Turkey ve Hampel yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerin ağırlık fonksiyonları ve sınır değerleri verilmiştir (Tablo 1).

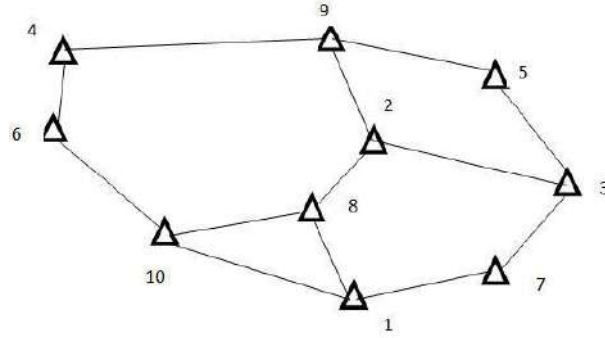
Tablo 1. Robust kestirim yöntemleri ağırlık fonksiyonları (Robust estimation methods weight functions)

Robust Kestirim Yöntemleri	Ağırlık Fonksiyonu	Sınır Değerler
Huber	$W_{(i)} = \begin{cases} 1, & v_i \leq c \\ \frac{c}{ v_i }, & v_i > c \end{cases}$	c = 1.5 veya 2.0
Danimarka	$W_{(i)} = \begin{cases} 1, & v_i \leq c \\ e^{-\frac{ v_i }{c}}, & v_i > c \end{cases}$	c = 1.5, 2.0 veya 2.5
Hampel	$W_{(i)} = \begin{cases} 1 & 0 < v_i \leq a \\ \frac{a}{v_i} & a < v_i \leq b \\ \frac{a(c - v_i)}{ v_i (c - b)} & b < v_i \leq c \\ 0 & v_i > c \end{cases}$	a = 1.5, b = 3.0 ve c = 6 veya a = 1.7, b = 3.4 ve c = 8.5
Beaton-Turkey	$W_{(i)} = \begin{cases} (1 - (v_i/c)^2)^2, & v_i \leq c \\ 0, & v_i > c \end{cases}$	c = 1.5 veya 2.0

Robust ağırlıklar vektörü (W) hesaplanır. i ve j ölçüleri için robust ağırlıklar (W_{ii}, W_{jj}); korelasyonlu ölçüler için ölçüler arasındaki ilgili ağırlıklar (W_{ij}), $W_{ij} = \sqrt{W_{ii}W_{jj}}$ eşitliğinden hesaplanır. Bu değerler ölçülerin ağırlıklar ile çarpılarak yeni iterasyon için ağırlık matrisi, hesaplanır. Yeni ağırlıklarla iterasyonlu olarak dengeleme işlemine istenilen bir sınır değere gelinceye kadar devam edilir [3-7].

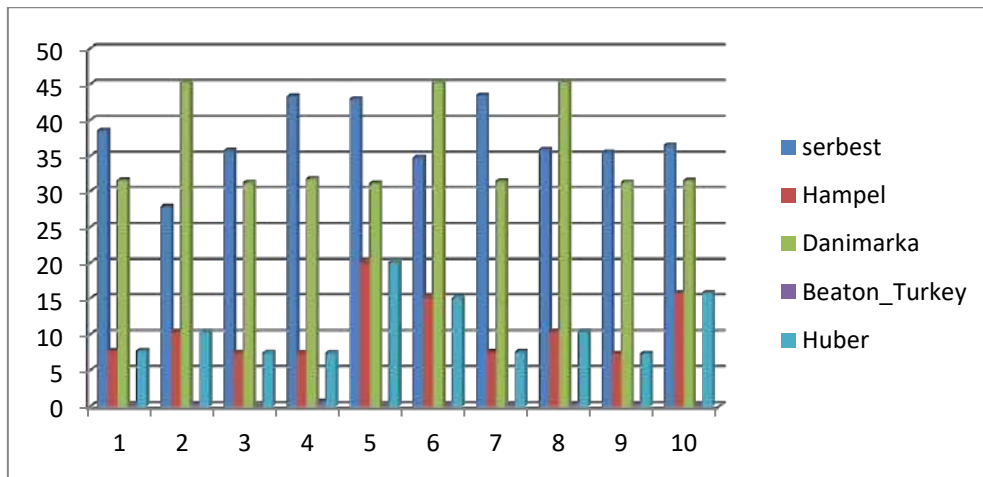
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışma kapsamında 10 noktalı bir GNSS uygulama ağı seçilmiştir (Şekil 1). Ağda 14 baz bileşeni ölçülmüştür.



Şekil 1. GNSS uygulama ağı (GNSS application network)

MATLAB ortamında tarafımızca hazırlanmış yazılım (**GNSS_SRBST_UYSZ**) ile GNSS ağı serbest ağ yöntemi ile dengelenerek uyuşumsuz ölçüler ayıklanmış ve uyumlu ölçülerle ağ dengelenerek noktaların kesin koordinatları ve ortalama hataları hesaplanmıştır. GNSS ağının Robust kestirim yöntemleri; Huber, Danimarka, Beaton-Turkey ve Hampel ile dengelenerek uyuşumsuz ölçülerin ayıklandığı ve uyumlu ölçülerle ağın dengelenerek noktaların kesin değerleri ve ortalama hataları tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış yazılımları (**GNSS_ROBS_Huber**; **GNSS_ROBS_Danimarka**; **GNSS_ROBS_BeatonTurkey**; **GNSS_ROBS_Hampel**) hesaplanmıştır. GNSS uygulama ağının Serbest ağ yöntemi ve Robust kestirim yöntemleri ile dengelenmesindeki en az Serbest ağ ve Beaton-Turkey yönteminde (3) iterasyon, en fazla da Huber ve Hampel yöntemlerinde (14) iterasyon yapılmıştır. Serbest ağ ve Robust yöntemlerinden noktaların konum hataları Eş. 7'den hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Serbest ağ ve Robust yöntemlerinden hesaplanan noktaların konum hataları
(Position errors of points calculated from free network and Robust methods)

Şekil (2)'de görüldüğü gibi nokta konum hataları, en büyük de Danimarka ve Serbest ağ yöntemlerinde yaklaşık ± 4 cm civarında, Hampel ve Huber yöntemlerinde aynı değerler yaklaşık ± 1 cm civarında, Beaton Turkey

yönteminde de ± 0 cm civarında bulunmuştur. Ayrıca Serbest ağ ve Robust yöntemleri ile belirlenen uyumsuz ölçüler de karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Serbest ağ ve Robust yöntemlerle belirlenen uyumsuz ölçüler (Incompatible measures determined by free mesh and robust methods)

BN	SN	Serbest	Hampel	Danimarka	Beaton Turkey	Huber
		Δx Δy Δz	Δx Δy Δz	Δx Δy Δz	Δx Δy Δz	Δx Δy Δz
1	7	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
1	8	✓	☒	☒	✓	☒
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	☒	☒	☒	☒
1	10	✓	☒	☒	☒	☒
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
2	3	✓	✓	✓	☒	✓
		✓	☒	☒	✓	☒
		✓	☒	☒	☒	☒
2	6	✓	☒	☒	✓	☒
		✓	✓	☒	☒	✓
		✓	✓	✓	☒	✓
2	8	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
2	9	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	☒	☒	☒	☒
		✓	✓	✓	☒	✓
3	5	✓	✓	✓	✓	✓
		☒	☒	☒	☒	☒
		✓	✓	✓	☒	✓
3	7	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	☒	✓
		✓	✓	✓	☒	✓
4	6	✓	✓	☒	☒	✓
		✓	✓	✓	☒	✓
		✓	✓	✓	☒	✓
4	9	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
5	9	✓	✓	✓	☒	✓
		☒	✓	✓	☒	✓
		✓	✓	✓	✓	✓
6	10	✓	✓	✓	✓	✓
		✓	☒	✓	✓	☒
		✓	☒	☒	☒	☒
8	10	✓	☒	☒	✓	☒
		✓	✓	✓	✓	✓
		✓	☒	☒	☒	☒

Tablo (2)'de görüldüğü gibi en fazla uyumsuz ölçü Beaton-Turkey yönteminde en az da Serbest Ağ yönteminde belirlenmiştir. Huber ve Hampel yöntemlerinde aynı ölçüler uyumsuz olarak belirlenmiştir.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Mayıs 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Serbest ağ yöntemine göre dengelemede EKKY yönteminde uyuşumsuz ölçüler uyuşumlu ölçüleri etkilediği için uyuşumsuz ölçülerin ayıklanması gerekir. Ancak ayıklanan ölçüler ağın şeklini bozulabilir. Robust Kestirim yöntemi ise uyuşumsuz ölçüler uyuşumlu ölçüleri etkilenmediği için hiçbir ölçü ayıklanmaz. Bu yöntemde iterasyonlu olarak uyuşumsuz ölçülerin ağırlıkları küçültülerek dengeleme yapılır. Robust kestiriciler özellikle uyuşumsuz ölçü sayısının fazla olduğu hallerde serbest ağ ile klasik yaklaşımdan çok daha başarılıdır. Ancak ölçü kümesinin uyuşumsuz ölçü içermediği durumlarda Robust kestiriciler uyuşumsuz ölçü üretebilmektedirler.

Çalışması kapsamında, GNSS ağlarındaki uyuşumsuz ölçüler, serbest ağ ve farklı Robust yöntemlerle (Huber, Hamber, Danimarka ve Beaton-Turkey) tarafımızca MATLAB ortamında hazırlanmış yazılımlarla belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hesaplamalardaki iterasyon en az Serbest ağ ve Beaton-Turkey yönteminde, en fazla da Huber ve Hampel yöntemlerinde yapılmıştır. Nokta konum hataları, en büyük Danimarka ve Serbest ağ yöntemlerinde yaklaşık ± 4 cm civarında, Hampel ve Huber yöntemlerinde aynı değerler yaklaşık ± 1 cm civarında, Beaton-Turkey yönteminde de ± 0 cm civarında bulunmuştur. Beaton-Turkey yönteminde uyuşumsuz ölçülerin ağırlıkları ilk iterasyonda hemen sıfır yapıldığı için iterasyonlar sonunda nokta konum hataları sıfır olarak hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak, GNSS ağlarının dengelenmesinde, serbest ağ yöntemi ile klasik uyuşumsuz ölçüler testi yapmak yerine Robust yöntemleri tercih edilebilir. Robust yöntemlerden de uyuşumsuz ölçülerin ağırlıklarını iterasyonla daha uygun küçülten Hampel veya Huber yöntemlerinden biri ile dengeleme yapılması önerilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Koch, K.R. "Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models." Springer-Verlag, 1999.
- [2]. Öztürk, E., M. Şerbetçi. "Dengeleme Hesabı II", KTÜ Müh. Mim. Fak, Trabzon, 1987.
- [3]. Hekimoğlu, Ş., Erenoğlu, R.,2007, Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Klasik Yaklaşım ve Robust Yöntemlerle Belirlenmesi, *Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*,2,97
- [4].Gökalp, E., Boz, Y., 2005, "Robust M-Kestirimlerin GPS Ağlarındaki Uyuşumsuz Baz Vektörlerini Belirlemede Karşılaştırılması", *Harita Dergisi*, 134, 1-14
- [5].Hampel, F.R., Ronchetti, E.M. Rousseeuw P.J., Stahel, W.A., 2005, Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions, Wiley.
- [6].İnal, C. Ve Yetkin, M., 2006, "Robust Yöntemlerle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi", *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.21, s.3-4.
- [7].Yetkin, M. ve İnal C., 2018, "Robust Kestirimin GPS Ağlarında Kullanılabilirliği", *HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2010/2, 103



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ALTI SİGMA UYGULAMALARI

Miray METİN^{1,*}, Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN²

¹ Miray METİN, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

azra_miray@hotmail.com

² Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
Türkiye

Zerrin.yarbay@bilecik.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: azra_miray@hotmail.com

ÖZET

Günümüzde dünya piyasaları hızla değişmekte olup bu durum işletmeleri zorlayıcı ve rekabetçi bir ortama sürüklemektedir. Buna istinaden işletmeler hem müşterilerin istek ve arzularını ön planda tutmak hem de gelen istekler doğrultusunda israfı önlemek durumundadırlar. Bu durumda işletmeler birçok yöntemden faydalanabilmektedirler. Bu yöntemlerden biri olan "Altı Sigma"nın amacı sıfır hataya ulaşmada yeni bir adım atıp ürün ve servislerde %99,5'ten %99,9 mükemmelliğe ulaşmaktır. Altı sigma uygulanabilmesi için yatırım önemli olup çalışmaların sonuç verebilmesi için uzun süreler gerekir. Bu çalışmada Altı Sigma yaklaşımını uygulayıp iyileştirmeler yapan bazı önemli işletmeler ele alınmış ve uygulamalar hakkında bilgi verilmiştir. Araştırma sonunda bu yöntemi uygulayan firmaların her yıl gittikçe arttığı ve yöntemin firmaların çoğunda başarılı bir şekilde uygulandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Altı Sigma Uygulamaları, Yalın Altı Sigma.

SIX SIGMA APPLICATIONS

ABSTRACT

Today, world markets are changing rapidly and this situation drags businesses into a challenging and competitive environment. Based on this, businesses have to both prioritize the wishes and desires of customers and prevent waste in line with incoming requests. In this case, businesses can benefit from many methods. The aim of "Six Sigma", which is one of these methods, is to take a new step towards zero defect and reach 99.9% perfection from 99.5% in products and services. Investment is important for the implementation of Six Sigma, and long periods are required for the studies to yield results. In this study, some important businesses that implement the Six Sigma approach and make improvements are discussed and information about the applications is given. At the end of the research, it has been seen that the companies applying this method are increasing every year and the method is successfully applied in most of the companies.

Key Words: Six Sigma, Six Sigma Applications, Lean Six Sigma.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kalitenin hayatımızda önemli bir yeri vardır. Kalite devamlı olarak tüketici ihtiyaçlarına göre değişen, gelişen insanların konforlu ve sağlıklı yaşaması için gerekli bir kavramdır. Üreticiler düşük maliyetle kaliteli mal üretmek ve tüketicinin ihtiyacını karşılamak durumundadırlar. Ürünün kalitesinin belirlenmesi için rekabet ettiği başka bir ürünle karşılaştırılmasında müşteriler aktif rol oynamaktadır[1].

TKY uygulamasını başarılı bir şekilde yürütmek ve gerekli kaliteli ürün ve hizmetleri oluşturmak için tasarım aşamasından ürünün müşteriye ulaşmasına kadar her aşamada uygulanan *Kıyaslama tekniği, Kalite Çemberleri, Tam Zamanında Üretim, Kanban, Kaizen, Altı Sigma* gibi teknikler bulunmaktadır [2]. Kaizen tekniği Yalın Üretim tekniklerinden biri olup Toyota tarafından başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Kaizen sürekli iyileştirme anlamına gelmekte olup Altı Sigma'ya göre küçük yatırımlarla daha çabuk sonuç almak mümkündür [3,4].

Bu çalışmada Altı Sigma'yı başarıyla uygulayan bazı işletmeler ele alınmıştır.

2. ALTI SİGMA (SIX SIGMA)

Altı sigma yaklaşımı, Motorola tarafından 1980'lerin başında Japonların kalite fikirlerini ve sistemlerini benimseyerek kendi süreçlerini iyileştirmek için geliştirilip kullanmaya başlamışlardır [1]. Sigma istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde standart sapmayı gösteren bir Yunan harfidir. Altı sigma ise hizmette kaliteyi iyileştiren bir yönetim felsefesine denir [5]. Altı Sigma'daki temel fikir, eğer süreçteki hatalar ölçülebilirse, onları ortadan kaldırma yönteminin sistematik olarak bulunabileceği ve sıfır hata hedefine ulaşabileceğidir [6].

Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma yaklaşımı arasında benzer yönler mevcuttur. Toplam Kalite Yönetimi Pukö döngüsünü kullanmaktadır. Altı Sigma metodolojisi ise başka bir döngüyü (TÖAİK) kullanmaktadır. Toplam kalite yönetimindeki "Planla" adımı Altı Sigma da "Tanımla", "Uygula" adımı "Ölçme", "Kontrol Et" adımı "Analiz Et", "Önlem Al" adımı da "İyileştir" adımına karşılık gelir. Altı Sigma da ek olarak "Kontrol Altına Al" basamağı vardır. Bu adım da çok önemli olmakla birlikte sürecin takip edilip hataların tekrarlanmasını önlemektedir. Altı Sigma da sürekli tedbirler alınıp hataların tekrarlanması önlediği için sistemde geri dönüşüm olmadan ilerleme olması Altı Sigmayı avantajlı kılar [7].

Altı Sigma milyonda 3,4 hata yapma olasılığı içeren süreç ölçme metodudur. Ayrıca bir kalite geliştirme ve iyileştirme yöntemidir. Altı Sigmada uygulama seviyesinin artması hata oranını azaltmaktadır. Altı Sigma müşteri memnuniyeti kanıtlanmış üretim satın alma ve pazarlama gibi çeşitli alanlarda uygulanan maliyet düşürme yöntemidir [2].

2.1 Altı Sigma'nın Temel İlkeleri (Basic Principles of Six Sigma)

Altı Sigma'daki temel amaç hatayı en aza indirmektir. Bu sebeple istenilen kalite düzeyine ulaşmak için üç ana etken vardır:müşteriler, süreçler ve çalışanlar. Bir yönetim sistemi olarak tanımlanmış olan Altı Sigma'nın temel ilkeleri şu şekildedir [8]:

- **Müşteri Odaklılık:** Şirketler müşteri memnuniyeti göz önünde bulundurulurken, müşterinin sadece mevcut ihtiyaçları değil, aynı zamanda gelecekteki olası ihtiyaçları ve isteklerinin de tahmini yapılarak işletmeye rekabette üstünlük kazandırmalıdır.
- **Verilere ve Gerçeklere Dayalı Yöntem:** Bilgi sistemleri, bilgi yönetimi ve ölçmeye son yıllarda önem vermiş olsa da şirketlerde çoğu karar yorum ve tahminlerle alınmaktadır. Hataları bulmak ve ortadan kaldırmak için kapsamlı veri toplama ve analiz için istatistiksel yöntemlerin kullanılması Altı Sigma'nın temel unsurlarından biridir.
- **Sürece Odaklanma, Yönetim ve İyileştirme:** Altı Sigma metodunda süreçler aktivitenin bulunduğu yerlerdir.
- **Proaktif Yönetim:** Başarı için iddialı hedefler oluşturup, bu hedefleri sıkça kontrol edip, olası hataları önceden görerek ve bu hataların önüne geçilmesidir.
- **Sınırsız İş birliği:** Hem müşterilerin gerçek taleplerinin hem de bir süreçte ya da tedarik zincirindeki akışın tüm ayrıntılarıyla anlaşılmasıdır.
- **Mükemmele Yöneliş, Başarısızlığa Karşı Hoşgörü:** Altı Sigma seviyesini hedef alan firmaların, sürekli olarak kendini geliştirip mükemmelliğe odaklanmasıdır [8].

2.2 Altı Sigma'da Roller (Roles in Six Sigma)

Altı Sigma yaklaşımının bir işletmeye uyarlanabilmesi için ekip çalışmasına ihtiyaç vardır. Proje başarısı takımın sinerji ve sorumluluklarından meydana gelmektedir. Takım içindeki roller ve görevlerin (Şekil 1) iyi tanımlanmış olması yaklaşımın bir parçasıdır. Altı Sigma felsefesinde, görev alan çalışanların sorumlulukları (Tablo 1) aldıkları kuşağın rengine göre belirlenmektedir [9, 10].

- **Üst Kalite Konseyi:** Altı Sigma'da projeler kara kuşaklar tarafından yürütülmektedir. Üst yönetim gerekli desteği sağlayamadığında hiçbir şekilde başarı elde edilememektedir. Altı Sigma'da başarı sağlamak için üst yönetimin öncülük yaparak katılımı gerekmektedir.
- **Şampiyon:** Altı Sigma çalışmasında Şampiyonların önemli bir rolü bulunmaktadır. Şampiyon, Kara kuşakların başarıya ulaşabilmesi için onları destekleyip, finansal, işlevsel ve başka engel oluşturacak sorunları ortadan kaldırmaktadırlar. Şampiyonlar, organizasyonlarda yönlendirmelerden sorumlu olup kaynak sağlamaktadırlar.
- **Uzman Kara Kuşak:** Uzman Kara Kuşaklar, Kara Kuşaklardan seçilerek Altı Sigma alanında her türlü teknik bilgilere sahiplerdir. Uzman Kara Kuşaklar, Altı Sigma'nın içeriğini, amacını tam olarak kavrayarak ekipteki çalışanlara liderlik etmektedirler.

- **Kara Kuşak:** Kara Kuşaklar iyileştirme projelerinden sorumlulardır. Kara Kuşaklar Altı Sigma tekniklerini en iyi şekilde kullanıp işletmedeki sorunlara hızlı ve kalıcı çözümler bulabilecek yeterliliğe sahip olmaları gerekmektedir. Bu yüzden Kara Kuşaklar dört ay boyunca uzmanlardan eğitim almaktadırlar.
- **Yeşil Kuşak:** Yeşil Kuşaklar, Kara Kuşakların projelerinde ekip üyeleri olarak çalışmaktadırlar. Yeşil Kuşakların rolü takıma yerel süreç bilgisi sağlayıp, beyin fırtınasını kolaylaştırmaktadır [10].

Tablo.1: Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar [11]

Şampiyon	Uzman Kara Kuşak	Kara Kuşak	Yeşil kuşak
Şirketin altı sigma vizyonunu oluşturmak	Kara kuşakların eğitimine ve sertifikalandırılmasına yardımcı olmak	Proje engellerini belirlemek	Günlük işlerin yanında, yeşil kuşak fonksiyonlarını yerine getirmek
Altı sigma uygulama yolunu tanımlamak	Şampiyonlarla iş birliği kurmak	Projenin gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirmek ve yönetmek	Kara kuşakların projelerine katılarak sorumluluklarını yerine getirmek
Stratejileri uygulamak için eğitim planı geliştirmek	Örgütün birçok seviyesindeki personeline eğitim vermek	Liderlere gelişmeleri rapor etmek	Projelerin uygulamasında altı sigma metotlarını öğrenmek
Etkisi yüksek olacak projeleri belirlemek	Proje tanımlamasına yardımcı olmak	Gerektiğinde şampiyonlardan yardım talep etmek	Projelerin tamamlanmasından sonra da altı sigma metot ve araçlarının öğrenimini sürdürmek
İstatiksel düşünce sistemini geliştirmek	Proje çalışmalarında kara kuşakları desteklemek	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirlemek	
Kara kuşakları denetlemek	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılmak		



Şekil 1: Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar [10]

2.3 Altı Sigma Metodolojisi (Six Sigma Methodology)

Altı Sigma yönteminde ele alınan problem beş basamakta çözülmektedir. Bu adımlar Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir ve Kontrol Et (kısaca TÖAİK veya Define, Measure, Analyze, Improve, Control – DMAIC) olarak belirtilir [12].

- **Tanımlama:** Tanımlama fazının problemin tanımlanarak çözümlenmesinde, müşterilerin isteklerinin ve beklentilerinin tespit edilmesinde, Altı Sigma projelerinin uygulanmasında rolü büyüktür.
- **Ölç:** Ölçme adımında, takımında takım üyeleri oluşturulup süreçteki akış diyagramları çizilir ve girdi çıktılar belirlenir. Bu girdi ve çıktılar listeleri oluşturularak sebep - sonuç ilişkileri ve hata türü tartışılmaktadır [12].
- **Analiz Et:** Analiz fazında kök neden bulunur. İyileştirme sürecine ön hazırlık yapılarak süreci etkileyen unsurlar belirlenmektedir [10].
- **İyileştir:** İyileştirme fazında sürekli iyileştirmeler yapılarak daha pratik, daha hızlı ve daha düşük maliyetli yöntemler bulmak için araştırmalar yapılır. İyileştirmede devamlılık sağlayabilmek için istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır.
- **Kontrol Et:** Sürecin iyileştirme aşamasının başarısı doğrulanarak belgelendirilmelidir. Süreçteki devamlılığı sağlayabilmek için ön kontrol çizelgeleri, kontrol çizelgeleri ve run çizelgeleri kullanılmaktadır. Böylece Altı Sigma uygulamasının sürekliliği amaçlanmaktadır [12].



Şekil 2: Altı Sigma Metodolojisi [13]

2.4 Yalın Altı Sigma (Lean Six Sigma)

Maliyet, kalite, müşteri memnuniyeti ve yatırım sermayelerinde en iyi iyileştirilme yöntemine Yalın Altı Sigma denir. Yalın Altı Sigma'nın iki amacından biri verimliliği arttırmaktır. Bir diğeri ise şirketteki kritik sorunu etkileyen faktörlerin iyileştirilmesidir [14].

2.5 Altı Sigma Uygulayan Bazı İşletmeler (Companies Implementing Six Sigma)

2.5.1 Motorola (Motorola)

Altı Sigma yöntemini başarıyla kullanan Motorola, 1987 ile 1997 yılları arasında beş kat büyüyerek yıllık kar markajını %20 oranının da arttırarak büyük oranlarda yatırımlar yapmıştır [6]. Kalite ölçümünü gerçeğe dönüştürmek isteyen Motorola bir milyon işlem basamağında hata yapma olasılığı kavramını geliştirip 1985 yılından beri uygulamaktadır. Üst yönetim 1987 yılında kaliteyi arttırmaya yönelik Altı Sigma da bir milyon basamakta 3,4 hata hedefi belirlemiştir [15].

2.5.2 General Electric (General Electric)

1981 yılının nisan ayında General Electric (GE)' in CEO' su olan Jack Welch' in en önemli uygulaması, ortada herhangi bir sorun yok iken çalışan işçi sayısını 412 binden 229 bine indirmiştir. Sonraki 10 yılda kar ve ciro su iki kat artmıştır. Welch 1995 yılının sonuna doğru Altı Sigma yaklaşımını tüm süreçlerde uygulamaya koyduktan sonra firmada önemli bir değişim kaydedilmiş olup net kazanç giderek artmıştır [15].

2.5.3 Arçelik (Arçelik)

Arçelik Altı Sigma yaklaşımını 1998 yılından beri kullanmaktadır. Arçelik Altı Sigma felsefesinin unsurları liderlik, yaratıcılık ve müşteri merkezli düşünce oluşturmaktadır. Arçelik çalışanları kara kuşak eğitimleri olarak Altı Sigma projelerinde aktif rol almaktadır. Bugüne kadar tamamlanan 100'den fazla Altı Sigma projesinden 15 milyon dolardan fazla gelir elde edildiği kaydedilmiştir [16].

2.5.4 Borusan (Borusan)

Borusan, distribütörlük, lojistik, çelik ve telekomünikasyon alanlarında hizmet vermekte olup diğer firmalarla rekabetini Altı Sigma ve stratejik planlamadan oluşan yönetim modeliyle sağlamaktadır. Borusan da Altı Sigma kara kuşak projelerinden tamamlanan 209 adet proje işletmeye 39 milyon dolar net kazanç sağlamış olup tamamlanan 49 adet yeşil kuşak projesi ile de 2 milyon dolar kazanç sağlamıştır [6].

2.5.5 Vitra (Vitra)

Vitra, 1999 yılında Avrupa Kalite Ödülü finalisti olup Altı Sigma çalışmalarına 2000 yılında başlamıştır. Firmada yapılan Altı Sigma çalışmalarının amacı yüksek kalitede ürün elde etmek, hata ve çevrim süresini azaltmak ve müşterilerinin uygun fiyat beklentisini karşılamaktır. Vitra bugüne kadar tamamlanmış olan 11 yeşil kuşak, 18 kara kuşak projelerinden 1,44 milyon dolarlık kazanç elde etmiştir [17].

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Altı Sigmanın işletmeler arasında son 25 yılda kullanılmaya başlanmış olup sadece büyük işletmelerde değil aynı zamanda orta ve küçük işletmelerin de dikkatini çeken bir yöntemdir. Planlı bir sisteme dayanan ve sürece çalışan herkesin dahil edilmesini prensip edinen bu yöntem maliyet düşürülüp kalite artırılarak müşteri memnuniyetini en iyi şekilde sağlamaktadır. Yöntem bu açıdan Yalın Üretimde benzetilmekte olup Yalın Üretimde çözüme ulaşılacak sürenin daha kısa olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle, işletmedeki problemler açık ve netse yalın üretim metodlarına göre çözülebilmektedir. Altı Sigmada ise problemin nedeni kolay bulunamayabilir fakat bu yöntemde iyileştirme yapmak daha kolay olup yalın üretimde bu durum tam tersidir; problemin tanımlanabilmesi kolay iken süreci sürdürmek çok zordur.

Çalışma kapsamında Altı Sigma yöntemini başarılı ile uygulayan Motorola, General Electric, Arçelik, Borusan ve Vitra firmaları incelenmiştir. İncelemeler neticesinde uygulayan işletmelerin uygulamadan memnun oldukları ve önümüzdeki yıllarda birçok işletmenin de bu işletmelerin olumlu çıktılarını dayanarak bu yöntemi uygulayacakları öngörülebilmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Acar, B. (2010) Gıda Sanayii Kalite Yönetimi Çalışmalarında Altı Sigma Sisteminin Uygulanması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Bursa.
- [2] Albayrak, H. M. Toplam Kalite Yönetimi Tekniklerinden Kaizen ve Altı Sigma Uygulamalarının Kıyaslanması Üzerine Örnek Bir Uygulama, Kırklareli Üniversitesi
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/465274>
- [3] Karaya, Ş. (2019) Kaizen Sistemi İle Performans Arttırımı ve Ambalaj Sektörü Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Edirne.
- [4] Ulugüner, A. (2021) Kaizen Yaklaşımı ile İşletmelerde Süreç İyileştirme ve Bir Uygulama Örneği, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Adana.
- [5] Yalçıntaş, Y. (2015) Geleneksel Yaklaşım ve Yalın Üretim Yaklaşımı ile Üretim Planlamannın Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
- [6] Başaloğlu, C. (2007) Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi Uygulayan İşletmelerde Altı Sigma'nın Uygulanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Aydın.
- [7] <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=42&sayi=642&sayfa=70&yaziid=28319>
Erişim Tarihi: 05.06.2021
- [8] Günday, Ü. R. (2019) Yalın Altı Sigma Metodolojisi ve Bankacılık Sektöründe Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Sakarya.
https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/d1f4b73600a0642_ek.pdf Erişim Tarihi: 05.06.2021
- [10] Çakır, E. (2011) Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: İzmir.
https://iibfdergi.aku.edu.tr/pdf/14_2/2.pdf Erişim Tarihi: 09.06.2021
- [12] Günalp, E. (2007) Yalın Altı Sigma ve Bir Şirket Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.
- [13] <https://www.donusumdanismanlik.com/6-sigma-nedir/> Erişim Tarihi: 09.06.2021
- [14] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/18877> Erişim Tarihi: 09.06.2021
- [15] Kiriş, G. (2003) Altı Sigma Yaklaşımı Tusaş Motor Sanayi A.Ş. de Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Eskişehir.
- [16] Evren, E. (2006) Altı Sigma Metodolojisi ve Bir İşletmede Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.
- [17]Ergün, A.K. (2003) Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye'deki Uygulamaları Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Secure Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks

Gözde YAYALAR ^{1,*}

¹Gözde YAYALAR, Department of Electrical and Electronics Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit
University, Turkey

yayalargozde@gmail.com

* corresponding author; E-Mail: yayalargozde@gmail.com; Tel.: 0542 608 6095

ABSTRACT

In today's wireless communication technologies, assignments are made on the spectrum. these designations are made by specific authorities and are known as licensing. Problems such as developing technology, increasing number of users and related spectrum inefficiency have lead up to the way for the emergence of cognitive radio networks. Cognitive radio has taken its place among wireless communication systems with the potential to be a solution to all these problems. It is known that there are different functions in the spectrum for cognitive radios. One of this functions is spectrum sensing. Spectrum sensing the most important property among others. Cooperative spectrum detection enables prediction of potential attacks. In this study, the benefits of cooperative spectrum detection, PHY- layer security and features of attacks are focused on.

Keywords: Cognitive radio, cooperative spectrum sensing, secure network, attacks, physical layer security

1. INTRODUCTION

The data traffic growth in cellular based mobile broad-band networks roughewn the need for higher spectral efficiency and better spectrum usage [1]. During the recent years, with the increase of wireless technologies wireless network users there was an increase in the amount. Radio spectrum usage is license by authorities for certain fees assigning a fixed spectrum in the form of giving done with the policy. . This policy has been good in the past Although it works somehow, in recent years, WiFi, Bluetooth with the development of different structured technologies such as GPS increasing the number of users and their demands together, extreme in the fixed and limited available spectrum caused crowding [2].

“The development of the IEEE 802.22 WRAN standard [3] (802.22 or 802.22 WRAN here in) is targeted at using cognitive radio techniques to allow sharing of geographically disused spectrum allocated to the television broadcast service, on a noninterfering basis. The standard target at bringing broadband access to low populated or countryside areas where laying of separate wireless network might be useless. It is designed to operate in the TV broadcast bands like digital TV, analog TV broadcasting and also low power licensed devives such as headset. Figure 1 exemlyfy the two low level layers physical and Mac of IEEE 802.22 reference architecture. Both the layers are discussed below [4]”.

Unlicensed users are expected not to disturb existing (primary) users. Therefore, unlicensed users use the spectrum holes. Spectrum holes mean that empty band. This indicates that they prefer the dynamic spectrum access method (DSA) [5].

With the spectrum detection function, unlicensed and licensed users in the radio environment can be detected. Allows finding appropriate band sections for the secondary user. [6]. Spectrum detection techniques are shown in figure 1 with their subtitles. [7], [8].

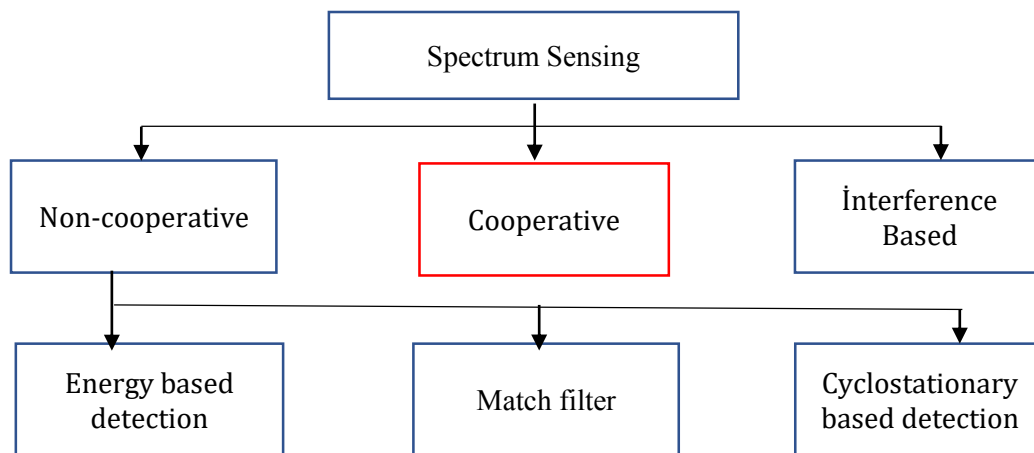


Figure 1. Classification of Spectrum Sensing

In order to achieve more successful results with the spectrum detection function, the cooperative spectrum detection technique was developed by observing the turns of the users. [7], [9], [10], [11].

Cooperative detection is carried out in 2 ways. one of them is centralized and the other is distributed [8].

Advantages of cooperative detection: Lower detection sensitivity requirements. Channel impairments such as shadowing, multipath fading, and building penetration losses high sensitivity requirements on cognitive radios. The sensitivity requirement can be drastically reduced by cooperation detection [7], [9], [8], [12], [11]. Energy detection in cognitive radio networks may not always be successful. The low energy sensing performance due to problems such as noise uncertainty is an important problem for cognitive radio networks. Despite all these problems, the success rate can be increased by increasing the detection speed with cooperative spectrum detection [13].

Disadvantages of cooperative detection: Firstly, cooperation increases the overhead of the cognitive radio network. Secondly, cognitive radio users are usually low cost and low power devices that might not have dedicated hardware for cooperation. Therefore data and cooperation information have to be multiplexed that can cause degradation of through put for the cognitive user. Lastly, cooperative detection needs control channels [14], [11].

2. ATTACKS AND SECURITY IN COOPERATIVE SPECTRUM SENSING

In this section, attacks on cognitive radio networks and their characteristics will be described. Physical layer security and spectrum sensing applications will be included.

Attacks that indicate dangers posed by secondary users are generally known as PHY attacks. They target licensed nodes. By rendering the spectrum sensing function dysfunctional, they harm the primary user and cause them to gain a place in the spectrum. [15], [16]. Main PHY attacks are explained in this section.

Physical Layer: According to paper [3] , "IEEE 802.22 defines a single air interface based on 2048-carrier orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA) to provide a reliable end to end link suitable for NLOS operation. Also IEEE802.22 initially defines single time domain duplex (TDD) mode and provides a opportunity to enhance to frequency-division duplex (FDD)" [4] . Attacks on the physical layer (PHY) cause data damage during spectrum sensing. In order to ensure physical layer security, it is necessary to recognize the attack types and be cautious against these attacks [17].

Primary User Emulation Attacks: PUE is a major problem for cognitive radios. The attacks target the secondary user's place in the spectrum. In this type of attack, primary users are not directly harmed, but it prevents the use of dynamic spectrum, causing damage to the primary user as well [18]. PUE attacks are classified in two different ways as selfish attack and malicious attack [19].

Spectrum Sense Data Falsification Attacks: SSDF attacks are one of them main type of attacks in CRNs, dynamic spectrum access success is related to data accuracy. A baleful secondary user on purpose allows false reports to be sent to obtain erroneous spectrum detection data [16].

Masking Primary User Attacks: The basic rule in cognitive radio networks is that the secondary user can use the spectrum without disturbing the primary user. Therefore, as soon as the primary user arrives on the band, the secondary user must leave this band. This is how spectrum use is always done in cognitive radios [20] Secondary users that do not cooperate with masking PU attacks are targeted and directed to the primary user bands. Bands that are full with the primary user are detected as empty due to false detection [16].

2.1 COOPERATIVE SPECTRUM SENSING WITH APPLICATIONS

Data attacks are common in collaborative spectrum sensing [20], [21], and this situation is due to the scattered structure seen in cognitive radios. “As the goal of a sensing data falsification attack is to cause an incorrect decision on the presence/absence of a PU signal, malicious or compromised SUs may intentionally distort the measured RSSs and share them with other SUs. Then, the effect of erroneous sensing results propagates to the entire CRN. This type of attacks can be easily launched since the openness of programmable software-defined radio (SDR) devices makes it easy for (malicious or compromised) SUs to access lowlayer protocol stacks, such as PHY and MAC [22].” Difficult to detect attacks because there is an uncoordinated communication structure between the primary user and the secondary user, thus different structures have been developed to protect against attacks in cognitive radios.

With cooperative spectrum detection, false alarm probability (P_f) and given detection probability (P_d) are determined. These possibilities depend on spectrum sensing performance. so spectrum sensing performance is very important. In this paper we optimized cooperative spectrum detection with non-cooperative spectrum sensing and examined the numerical results. Numerical data proved that cooperative spectrum sensing improves the performance of secondary users. After the optimum strategy is determined, the ratio of secondary user benefit is examined with different SNR values. The value at which the secondary user has the highest utility is preferred [23].

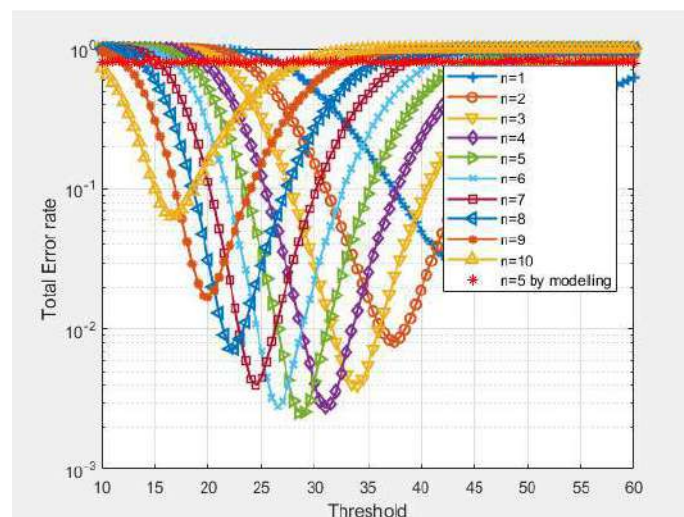


Figure 2. Optimization of Cooperative Spectrum Sensing

This simulation on figure 2. Is for cooperative spectrum sensing optimization in cognitive radio networks for SNR=100. All researches show the importance of spectrum sensing in cognitive radio networks. With this approach, effective use of the spectrum can be ensured while preventing violations of the primary user's rights. It has been proven by studies that the primary user is easily identified when there is cooperation between secondary users. Secondary, unlicensed, users using cognitive radio networks are also known as cognitive users. In cases

where there is cooperation between secondary users, all parameters are combined to obtain the most accurate result of spectrum detection. [23].

Spectrum sensing is of great importance for cognitive radio networks. Spectrum detection serves users with the task of protecting primary users while filling spectrum holes. It is a critical function for cognitive radio networks [23]. This pronouncement, contain the cooperative spectrum detection problems and some algorithms are proposed to solve these problems.

Spectrum sensing is examined in two ways: the first case is when there is no primary user and is known as the HO hypothesis; the second case is the HI hypothesis where there is a primary user signal. In the energy sensing technique, it is compared with the detection threshold α to detect the primary user state. Secondary users average the SNR values of the signals from the primary users and determine the ‘ γ ’ value according to the second case. “Under the Rayleigh fading channel assumption, the average probability of detection of a single SU sensing is given by [24]”.

$$P_d = e^{-\frac{\lambda}{2}} \sum_{p=0}^m \frac{1}{p!} \left(\frac{\lambda}{2}\right)^p + \left(\frac{1+\gamma}{\gamma}\right)^{m-1} \times \left(-e^{-\frac{\lambda}{2}} \sum_{p=0}^{m-2} \frac{1}{p!} \left(\frac{\lambda\gamma}{2(1+\gamma)}\right)^p\right) \quad (1)$$

For the ‘ γ ’ value calculated in Equation 1, the average false alarm probability is calculated as seen in Equation 2. [25], [26].

$$P_f = \frac{\Gamma(m, \frac{\lambda}{2})}{\Gamma(m)} \quad (2)$$

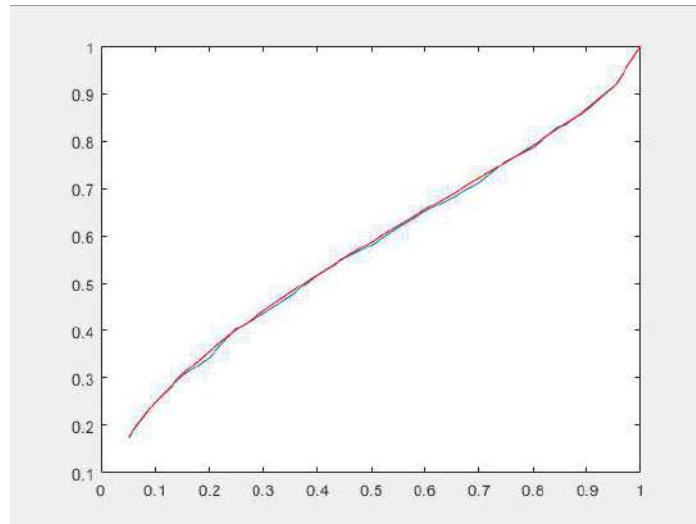


Figure 3. Probability of Detection (Pd) vs. Probability of False Alarm

The primary signal is calculated with 'Gaussian signal' and 'noise ,additive, white, real Gaussian signal'. Figure 3 shows the characteristic curve and analytical threshold for this calculation.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this statement, cooperative spectrum sensing processes are examined with applications. Physical layer security, attacks and attacks features are examined with details. Many studies in the literature were examined and reinforced with the subject of this statement. For the most beneficial use of spectrum, cooperative cooperative spectrum sensing should be used and according to this, the effects of different SNR and different user numbers on spectrum detection have been demonstrated by simulations made in this study. It was observed how many secondary users and at what SNR value the spectrum is used most effectively. False alarm probabilities that may occur while using the spectrum with maximum benefit were also shown with simulations [21]. “Learning spectrum-hole prediction model for CR systems based on IEEE802.11 protocol” is examine. Firstly, apply it to a single user network and results have been observe. [27]. A scheme is designed to secure the spectrum sensing function in cognitive radio networks. Cognitive radio models are among the new generation wireless communication systems. Therefore, it brings with it many security problems. The security measures to be taken for new models are more difficult than other wireless systems although security in cognitive radio networks has feasible methods, it does not receive the expected attention. In this study, while drawing attention to the security vulnerabilities in cognitive networks, the problems arising from the inadequacy of the existing protocols are examined and attention is drawn to the details that can be a solution. [28].

4. CONCLUSIONS

Radio spectrum is very important for wireless communication systems and there are many studies on radio spectrum. These studies contribute to the efficient use of the spectrum and the development of the spectrum. Cognitive radio networks contain limited users son on to prevent inefficient use of spectrum, With spectrum detection, licensed users must get the maximum benefit from the spectrum. This function should reduce the interference while ensuring the use of dynamic spectrum access. With cognitive radio networks are develope new hardware/software and the current spectrum allocation policies are changing. Data applications are growing rapidly. With the evolving data applications cognitive radios, additional bandwidth, reliable broadband communication and versatility are providing. In this pronouncement, General features of cognitive radio networks, spectrum detection function, the importance of cooperation on sensing, types of attacks and precautions to be taken against these attacks are explained and the results are supported by simulations. Spectral agility in cognitive radios and software-based radios is supported by the development of flexible and powerful interfaces. Today, studies to develop cognitive radios are still carried out by researchers. In this statement, cooperative spectrum sensing processes are examined with applications.

REFERENCES

- [1] J. A. Sheikh, Z. I. Mir, M. ul A. Mufti, S. A. Parah, and G. M. Bhat, "A New Filter Bank Multicarrier (FBMC) Based Cognitive Radio for 5G Networks Using Optimization Techniques," *Wirel. Pers. Commun.*, 2020, doi: 10.1007/s11277-020-07101-y.
- [2] "A New Approach in Spectrum Allocation for Next Generation Networks: Cognitive Radio," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Derg.*, 2012.
- [3] C. R. Stevenson, G. Chouinard, Z. Lei, W. Hu, S. J. Shellhammer, and W. Caldwell, "IEEE 802.22: The First Cognitive Radio Wireless Regional Area Network Standard," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 1, 2009, doi: 10.1109/MCOM.2009.4752688.
- [4] A. C. Sumathi and R. Vidhyapriya, "Security in cognitive radio networks - A survey," 2012, doi: 10.1109/ISDA.2012.6416522.
- [5] L. Khalid and A. Anpalagan, "Emerging cognitive radio technology: Principles, challenges and opportunities," *Comput. Electr. Eng.*, 2010, doi: 10.1016/j.compeleceng.2009.03.004.
- [6] S. Haykin, "Cognitive radio: Brain-empowered wireless communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, 2005, doi: 10.1109/JSAC.2004.839380.
- [7] I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, "NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey," *Comput. Networks*, 2006, doi: 10.1016/j.comnet.2006.05.001.
- [8] G. Ganesan and Y. Li, "Cooperative spectrum sensing in cognitive radio, part I: Two user networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 6, no. 6, 2007, doi: 10.1109/TWC.2007.05775.
- [9] S. M. Mishra, A. Sahai, and R. W. Brodersen, "Cooperative sensing among cognitive radios," in *IEEE International Conference on Communications*, 2006, vol. 4, doi: 10.1109/ICC.2006.254957.
- [10] L. Thanayankizil and A. Kailas, "Spectrum Sensing Techniques (II) : Receiver," *Ieee Veh. Technol. Conf.*, 2008.
- [11] W. Wang, "Spectrum sensing for cognitive radio," 2009, doi: 10.1109/IITAW.2009.49.
- [12] G. Ganesan and Y. Li, "Cooperative spectrum sensing in cognitive radio, part II: Multiuser networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 6, no. 6, 2007, doi: 10.1109/TWC.2007.05776.
- [13] M. YARAR, F. Y. ILGIN, and C. ÇİFLİKLİ, "Çok Antenli Bilişsel Radyolarda GLRD Tabanlı Spektrum Algılama," *Eur. J. Sci. Technol.*, 2020, doi: 10.31590/ejosat.araconf36.
- [14] H. Sarvanko, M. Mustonen, A. Hekkala, A. Mämmelä, M. Matinmikko, and M. Katz, "Cooperative and noncooperative spectrum sensing techniques using Welch's periodogram in cognitive radios," 2008, doi: 10.1109/COGART.2008.4509987.
- [15] Z. Gao, H. Zhu, S. Li, S. Du, and X. Li, "Security and privacy of collaborative spectrum sensing in cognitive radio networks," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 19, no. 6, 2012, doi: 10.1109/MWC.2012.6393525.
- [16] Ö. Cepheli and G. Karabulut Kurt, "Physical layer security in cognitive radio networks: A beamforming approach," 2013, doi: 10.1109/BlackSeaCom.2013.6623415.
- [17] Z. Shu, Y. Qian, and S. Ci, "On physical layer security for cognitive radio networks," *IEEE Netw.*, vol. 27, no. 3, 2013, doi: 10.1109/MNET.2013.6523805.
- [18] R. Chen and J. M. Park, "Ensuring trustworthy spectrum sensing in cognitive radio networks," 2006, doi:

- 10.1109/SDR.2006.4286333.
- [19] D. T. Ta, N. Nguyen-Thanh, P. Maille, P. Ciblat, and V. T. Nguyen, "Mitigating primary emulation attacks in multi-channel cognitive radio networks: A surveillance game," 2016, doi: 10.1109/GLOCOM.2016.7841989.
 - [20] R. Chen, J. M. Park, and K. Bian, "Robust distributed spectrum sensing in cognitive radio networks," 2008, doi: 10.1109/INFOCOM.2007.251.
 - [21] A. W. Min, K. G. Shin, and X. Hu, "Secure cooperative sensing in IEEE 802.22 WRANs using shadow fading correlation," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 10, no. 10, 2011, doi: 10.1109/TMC.2010.252.
 - [22] X. Wenyuan, P. Kamat, and W. Trappe, "TRIESTE: A trusted radio infrastructure for enforcing SpecTrum etiquettes," 2006, doi: 10.1109/SDR.2006.4286332.
 - [23] D. R. Keraliya, A. Kulshrestha, and S. D. Patel, "Optimization of cooperative spectrum sensing in cognitive radio for mobile communication," 2016, doi: 10.1109/iccn.2015.46.
 - [24] J. Lai, E. Dutkiewicz, R. P. Liu, and R. Vesilo, "Performance optimization of cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks," 2013, doi: 10.1109/WCNC.2013.6554637.
 - [25] K. Ben Letaief and W. Zhang, "Cooperative communications for cognitive radio networks," *Proc. IEEE*, vol. 97, no. 5, 2009, doi: 10.1109/JPROC.2009.2015716.
 - [26] A. Ghasemi and E. S. Sousa, "Collaborative spectrum sensing for opportunistic access in fading environments," 2005, doi: 10.1109/DYSPAN.2005.1542627.
 - [27] Z. Wen, C. Fan, X. Zhang, Y. Wu, J. Zou, and J. Liu, "A learning spectrum hole prediction model for cognitive radio systems," 2010, doi: 10.1109/CIT.2010.355.
 - [28] J. L. Burbank, "Security in cognitive radio networks: The required evolution in approaches to wireless network security," 2008, doi: 10.1109/CROWNCOM.2008.4562536.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

JAVA KODLARI İÇİN OTOMATİK KOD YORUM SATIRI ÜRETME ARACI

Ömür SÖZER ^{1,*}, Muhammed Maruf ÖZTÜRK ²

¹Ömür SÖZER, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
yl1930138031@ogr.sdu.edu.tr

²Muhammed Maruf ÖZTÜRK, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi,
Türkiye
muhammedozturk@sdu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: yl1930138031@ogr.sdu.edu.tr; Tel.: 0534-070-45-68

ÖZET

Kod yorum satırları, yazılımın temel parçalarından biridir. İyi yazılmış kod yorumları programın kavranmasına yardımcı olmakta ve yazılım sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Yazılım projelerinin boyutu büyüdükçe, kod yorum satırlarının önemi de giderek artmaktadır. Birçok kod yorum satırı eksik, güncelliğini yitirmiş ve anlaşılmaz olabilmektedir. Bu durum, yazılım bakım sürecini kayda değer bir biçimde zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, geliştiricilerin kaynak kodunu daha iyi anlamalarına ve bakım iş yüklerini azaltmalarına yardımcı olması beklenen bir otomatik kod yorum üretme aracı geliştirilmiştir.

Önerilen aracın geliştirilmesinde ağırlıklı olarak metin madenciliği yöntemleri ve String fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Geliştirilen araç kullanıcının verdiği Java kodunu, yorum satırları ekleyerek tekrar üretmektedir. Çalışmanın özgünlüğü şu şekilde özetlenebilir: 1) Geliştirilen araç, java programlama dilinde yazılmış kullanıcı dostu bir masaüstü uygulamasıdır; 2) Literatürdeki araçlar ile karşılaştırıldığında kullanımı kolaydır ve Türkçe dilini destekler. 3) Alternatiflerine göre hızlı çalışmakta bu sayede yazılım geliştirme sürecinde zaman yönetimine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kod yorum satırı üretme, metin madenciliği, program kavrama, dokümantasyon.

A CODE COMMENT GENERATION TOOL FOR JAVA CODES



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ABSTRACT

Code comments are one of the essential parts of the software. The well-written code comments help comprehend programs and contribute to software maintainability. As the scale of software systems grows, the importance of code comments becomes crucial. Code comments may be deficient or out-of-date occasionally. In that case, software maintenance becomes cumbersome dramatically. In this study, an automatic code comment generation tool is developed for java codes to help developers to comprehend code design and reduce the burden of maintenance.

Text mining methods and String functions are utilized to devise the proposed tool. It enriches raw source code, thereby adding code comments and returns it to the user. The originality of the study can be summarized as follows: 1) The developed tool is a java-based user-friendly desktop application; 2) The tool is easy to use when compared with the alternatives and supports the Turkish language; 3) The functions presented in the tools give fast responses. Hence, time-planning of software development processes is contributed.

Key Words: Comment generation, text mining, program comprehension, documentation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

El ile yazılan yorum satırları, otomatik kodla oluşturulan yorum satırlar ile kıyaslandığında, geliştiricilerin kodu daha iyi anlamalarına ve iş yüklerinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Kod yorum satırları, bakım için yapılan kodlara geri dönüşlerde ihtiyaç duyulan yazılım iç parçalarından biridir [7, 8, 9, 10]. Birçok büyük yazılım projesinde kodlama ekip halinde yapılmaktadır. Anlaşılması zor olan kod parçaları geliştiricileri zor duruma düşürebilir ve hedeflenen sürede yazılım projeleri tamamlanamayabilir. Bu sorunu aşmak için iyi yazılmış kod yorum satırlarına ihtiyaç vardır.

Hu ve arkadaşları [1] Java yöntemleri için otomatik olarak kod yorumları oluşturmak amacıyla DeepCom isimli yeni bir yaklaşım önermişlerdir. DeepCom, geliştiricilerin Java yöntemlerinin işlevselliğini anlamalarına yardımcı olmayı amaçlar. DeepCom yaklaşımı ile, büyük bir kod topluluğu üzerinde derin öğrenme uygulayabilmek için Doğal Dil İşleme tekniklerini uygulamışlar ve öğrenilen özelliklerden yorumlar üretmişlerdir.

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye
	http://www.efis.beun.edu.tr

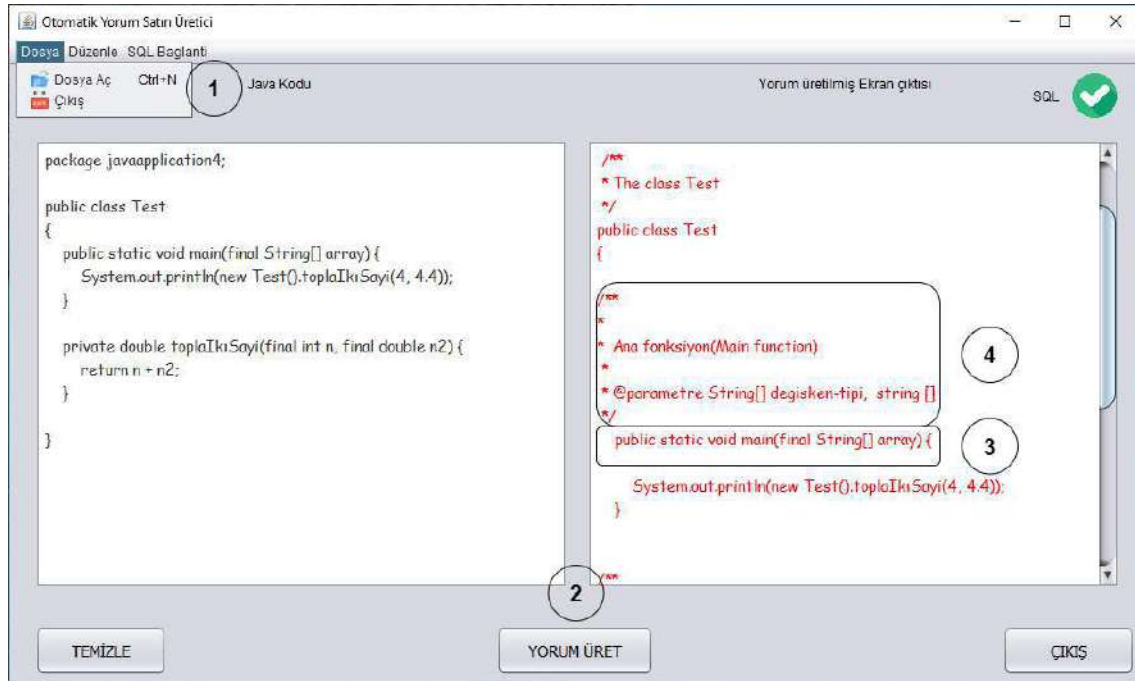
Wong ve arkadaşları [2] CloCom isimli bir otomatik kod yorum üretme aracı önermişlerdir. 21 farklı yazılım projesi üzerinde yapılan denemelerde yazı benzerliği tekniğine dayanan yöntemin ürettiği yorumların sadece %5,8'i yeniden değişikliğe ihtiyaç duymaktadır.

Li ve arkadaşları [3] Java kodu yorum satırını otomatik olarak oluşturmak için IntelliJ IDEA üzerinde çalışan bir eklenti geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu eklenti client ve server olarak iki parçalıdır. Client bölümü Java programlama dilinde, Server bölümü Python programlama dilinde yazılmıştır. Modelde iki tip kodlayıcı benimsemişlerdir. Bunlar; Kod kodlayıcı ve AST kodlayıcıdır. Kodlayıcılardan alınan veriler dikkat mekanizmasına verilmiştir. Dikkat mekanizması makine çevirisi ve ilgili alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle iki kodlayıcının gizli durumları, sözcük bilgisini yapısal bilgilerle birleştirmek için paylaşılan bir alana yansıtılmıştır.

Literatürdeki kod yorum üretme araçlarının en önemli eksikliği kurulumlarının zor olması ve kod yorum üretme zamanlarının uzun olmasıdır. Buna ek olarak, yazılımlar için üretilen yorumlar önceki çalışmalarda Türkçe dilini desteklememektedir. Bu araştırma boşluğu göz önüne alınarak makalede önerilen araç geliştirilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışmanın yazılım kısmında gerçekleştirilmiş olan program, Java programlama dilinde yazılmış bir kod bloğu veya kod dizesinin, yorum satırı eklenmiş biçimde kullanıcıya geri gönderir. Kullanıcı yazdığı bir java kodunu, programdaki text bölümüne yapıştırdığında veya Dosya-> yeni dosya aç kısmından .java uzantılı bir dosyayı seçtiğinde, daha sonra yorum satırı oluşturma butonuna tıkladığında, kullanıcıdan alınan kodun yorum satırlı halini kullanıcıya gönderecektir. Şekil 1'de programın kullanıcı arayüzü verilmektedir.

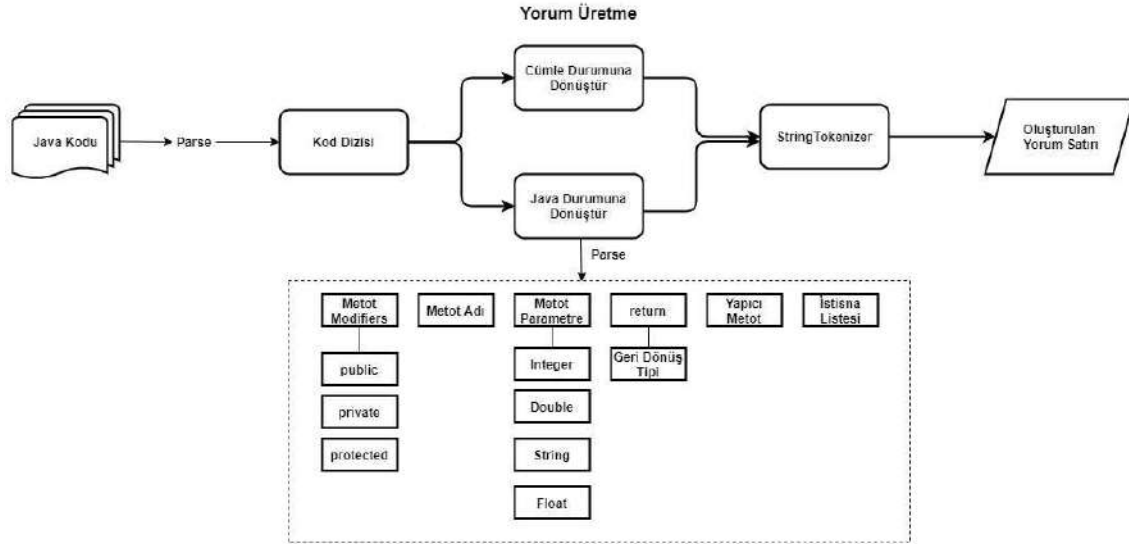


Şekil 1. Programın Kullanıcı Arayüzü

- 1- İlk olarak kullanıcı menü->dosya aç kısmından istediği java dosyasını açar veya java kodu içeriğini textpane alanına yapıştırır.
- 2- Yorum Üret butonuna tıklandığında kod yorum satırları metin madenciliği ile işlenerek kullanıcıya geri gönderilir.
- 3- Java sınıfının ana metodu.
- 4- Kod yorum satırı olarak verilen kodun bir üst satırına eklenmesi.

Yorum satırları oluşturulurken metin madenciliği teknikleri kullanılmıştır. Normal parantezler, süslü parantezler, köşeli parantezler, noktalı virgüller, public, protected, private, package, static, final ve birçok java programlama diline özgü özel kelimeler, metin madenciliği ile tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Kullanıcının yazdığı kod için üretilecek olan yorum satırları, normal kod satırının hemen bir üst satırına eklenmiştir.

Yazılımda genel anlamda kod yorum satırı üretirken tüm değişken ve fonksiyon tiplerini tanıyarak ayrıştırma yapmaktadır. Ayrıca yazılımın özelliklerinin artırılması için daha önceden oluşturulan yorum satırları ve kodun kendisi veritabanına kayıt edilmiştir. Veri tabanında, id (primary key), kodun kendisi, kodun yorum satırlı hali ve tarih veri tabanına kayıt edilmiştir. Yeni bir gui ekranında kodun özellikleri, kaç satır olduğu, kodun hangi tarihte oluşturulduğu ve programda açıldığında son değiştirilme tarihi gibi bilgiler bu gui ekranında bilgilendirme olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Programın Çerçevesi (Framework of the Program)

Şekil 2 'de sistemin genel görünümü sunulmuştur. Üç aşamalı işlemler dizisinden geçen Java kodları öncelikle dizi haline dönüştürülmektedir. İkinci aşamada ise kod tanımlama kelimeleri cümle içinden ayrıştırılarak kodun ne için kullanıldığı analiz edilmektedir. Son aşamada ise StringTokenizer yardımıyla yorum üretim aşamasına geçilmektedir.

2.1 Metin Madenciliği (Text Mining)

StringTokenizer sınıfı herhangi bir metni belirlenen şekilde veya belli bir kriter gere parçalamak (parsing) için kullanılan bir sınıftır. Eğer bir kriter verilmezse varsayılan olarak boşluk karakterine göre parçalama işlemi gerçekleştirir. Parçalama işleminden sonra oluşan her bir parçaya Token denilir. Stringtokenizer sınıfının birkaç fonksiyonu vardır.

hasmoretokens: Bu string jetonu oluşturucunun dizisinde daha fazla token olup olmadığını test eder. Bu yöntem true değerinin döndürse, nextToken ögesine bağımsız değişken olmadan yapılan sonraki çağrı başarıyla bir token döndürür. [4,5]

nextToken: Stringtokenizerden sonraki tokeni döndürür. İlk olarak, bu StringTokenizer nesnesi tarafından sınırlayıcı olarak kabul edilen karakter kümesi, sınırlayıcılar dizisindeki karakterler olarak değiştirilir. Ardından, geçerli konumdan sonra string dizisindeki bir sonraki token döndürülür [4, 5].

StringTokenizer sınıfı ile string parçalama işlemleri yapılmış ve üretilen kod yorum satırları kodun bir üst satırına eklenmiştir.

2.2 Veritabanı İşlemleri (Database Processes)



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Kullanıcı isterse java kodunu ve ürettiği yorum satırını veritabanına kaydedebilir. Veritabanı yönetim sistemi olarak SQL kullanılmıştır. Kullanıcı açtığı bir java kodunun yorum ürettikten sonra veritabanına ekleyebilir. Kullanıcı, kodun id'si, java kodunun kendisini, üretilen otomatik kod yorum satırlarını ve kod üretilen tarihi veri tabanına kayıt edebilir. Menü çubuğundan SQL->SQL Ekle seçeneği ile veritabanına ekleme yapılır. Ekleme yaparken hata olmaması için veritabanında son primary key id'si çekilmiştir. Yeni eklemede son primary key anahtarının bir fazlası yeni id'ye verilerek ekleme işlemi tamamlanır.

Veritabanı yapısı; id, java kodu, üretilen kod yorum satırları ve tarih olarak tasarlanmıştır. Kullanıcı veritabanında bir veri silmek isterse menü çubuğundan SQL-SQL sil seçeneği ile silebilir. Bu seçenek tıklandığında kullanıcıya hangi id numarasının silinmesini isteyen bir JOptionpane sayfası açılır. Buraya verilen id değeri ile veritabanından başarıyla silinir. Kullanıcı tamamen aynı kod içeriğine sahip bir java sınıfı için yorum satırı oluşturmak isterse, kod yorum satırları tekrar üretilmez veri tabanında bir arama fonksiyonu ile çağrılarak kod yorum satırlı hali kullanıcıya geri gönderilir. Böylelikle zaman ve bellek kazancı sağlanmış olunur.

Yazılımın özelliklerini artırmak için java kodu ve üretilen java kod yorum satırı excele yazma desteklenmektedir. Excele yazarken yine veritabanında olduğu gibi bir id numarası, java kodu, yorum satırı üretilmiş hali ve tarih yan yana olan hücrelere yazılmaktadır.

Üretilen kod yorumlarının doğruluğu Eşitlik 1'de sunulan 0-1 aralığında değişen BLEU performans parametresi ile değerlendirilmiştir. N kaç adet i -gram hesaplanacağını gösterir. i kelime eşleştirme sayısını gösterir. Örneğin $i=2$ için yorum cümlesindeki kelimeler ikili değerlendirilmektedir. $P(i)$ ise eşleşen kelimelerin kesinliğini ifade eder ve Eşitlik 2'deki gibi hesaplanır. $M(i)$ eşleşen kelime adedini gösterirken, $H(i)$ hipotezdeki i -gram adedidir. $M(i)$ için hesaplama detayı Eşitlik 3'te sunulmuştur. d_i , i -gram hesaplamasının h hipotezindeki gösterimidir. $C_h(d_i)$ ise d_i nin h hipotezinde geçme adedidir.

$$BLEU = \left(\prod_{i=1}^N P(i) \right)^{1/N} \quad (1)$$

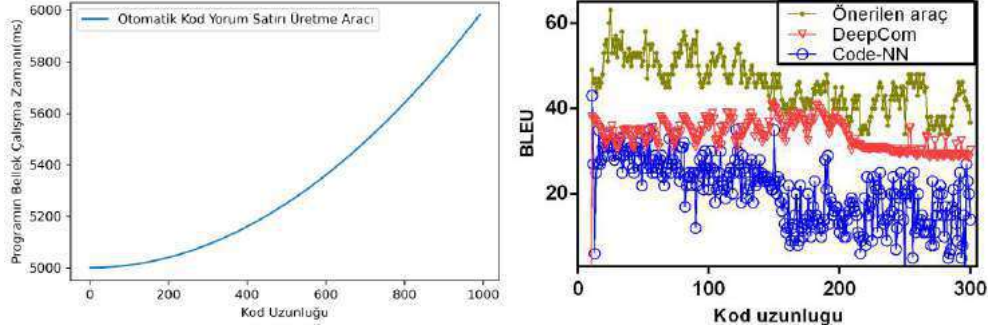
$$P(i) = \frac{M(i)}{H(i)} \quad (2)$$

$$M(i) = \sum_{d_i} \min[C_h d_i, \max(C_h(d_i))] \quad (3)$$

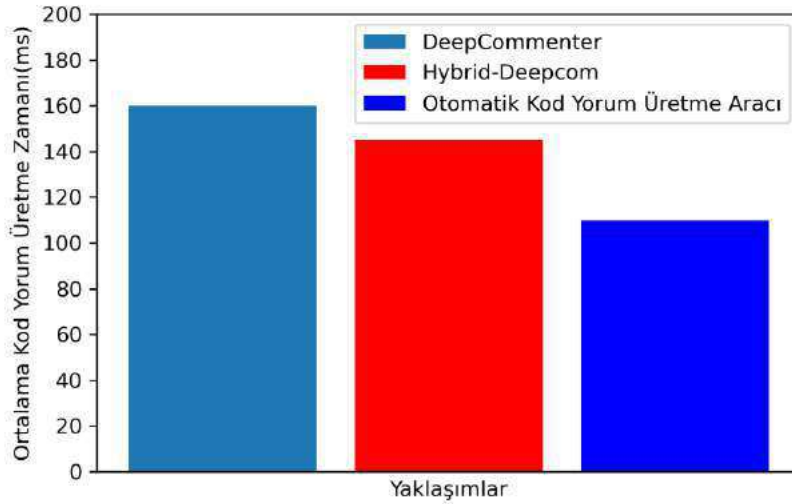
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Şekil 3(a)'da artan kod satır sayısına bağlı olarak gereken çalışma zamanı eğrisi sunulmuştur. Bu eğriden anlaşıldığı üzere milisaniye (ms) cinsinden verilen zamanın artan kod satır sayısına bağlı olarak kuadratik olarak arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 3(b) değişen kod uzunlukları için cümle bazında BLEU değerini göstermektedir. Cümle bazlı BLEU hesaplamasında i -gram sezgisel olarak belirlenmektedir. DeepCom ve Code-NN araçlarının kesinliği özellikle 200 satır üstündeki kodlar için belirgin şekilde düşmektedir. y ekseninde verilen değerler yüzde cinsindedir. Nitekim, önerilen araç için kesinlik değeri genel olarak 0.4 değerinin üstünde ve diğer iki araçtan daha yüksek kesinlik üretmektedir. Buna ek olarak, en az dalgalanma gösteren araç DeepCom olarak tespit edilmiştir.

Programın çalışma zamanı 6000 milisaniyedir. Oluşturulması istenen kod yorum satır sayısı arttıkça programın çalışma zamanı uzamaktadır. 1000 satırlık kod uzunluğu olduğu durumda kod yorum satırı üretmek için ortalama 1000 milisaniye harcanmaktadır. Şekil 4'te ise geliştirilen araç DeepCommenter ve Hybrid-Deepcom ile ortalama yorum satırı üretme zamanı açısından karşılaştırılmıştır. Önerilen aracın daha hızlı çalıştığı görülmektedir. En yavaş yorum satırı üreten araç DeepCommenter olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. (a) Programın Bellek Çalışma Zamanı ve kod uzunluğu ilişkisi , (b) Farklı kod uzunlukları için BLEU değerleri



Şekil 4. Ortalama Kod Üretme Zamanı

Hybrid-Deepcom [6] ve DeepCommenter [3] sunucu ve istemci mimarisine sahip araçlardır. Bizim uygulamamızın kod üretim hızının daha iyi olmasının ana sebebi, sunucu tarafı olmaması ve doğrudan istemci tarafından otomatik kod yorum satırı üretmesinden dolayıdır. Üretilen kod yorum satırları her kodda sabit olduğu için yazılım geliştirme sırasında kayda değer bir zorluk yaşanmamıştır. Toplam 60 adet java sınıfı incelendi. Bu sınıflarda 18000 satırlık kod incelemesi yapıldı. Seçilen java sınıfları Github projelerinden alındı. Ağırlıklı olarak matematiksel fonksiyonların ve veri tabanı işlemlerinin olduğu java sınıfları seçildi.

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye
	http://www.efis.beun.edu.tr

Ek olarak üretilen kod yorum satırları üzerinden testler gerçekleştirilmiştir. 4 çekirdekli Intel 2.40 GHz CPU, NVIDIA GTX 840M ekran kartı, 16 GB RAM ve Windows 10 2004 sürümünde program değerlendirilmiş ve otomatik kod yorum satırı üretmek için harcanan sürenin, kullanıcının yorum üretimini başlatması itibarıyla ortalama 110 milisaniye geçtiği gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma Java kodları için otomatik kod yorum üretme aracı geliştirmiştir. Önerilen araç masaüstü uygulaması olarak tasarlanmıştır. Otomatik kod yorum üretme aracımız Java yöntemleri ve sınıfları için kod yorum satırı üretmede iyi bir performans elde edebilir. Programımızın kullanımı ile birlikte, el ile kod yorum satırı yazmak yerine muadillerine göre daha hızlı otomatik olarak oluşturulması yazılım mühendisliği topluluğuna birçok fayda getirebilir. Bunlar iş yükünün azaltılması, iyi zaman yönetimi, verimlilik, hız ve motivasyon artışıdır. Gelecek çalışmalarda önerilen araç C++ ve Python gibi diller için de yorum satırı üretebilecek şekilde geliştirilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Hu, X., Li, G., Xia, X., Lo, D., and Jin, Z., "Deep code comment generation." In 2018 IEEE/ACM 26th International Conference on Program Comprehension (ICPC), pp. 200-20010. IEEE, 2018.
- [2] Wong, E., Liu, T., & Tan, L. (2015, March). Clocom: Mining existing source code for automatic comment generation. In *2015 IEEE 22nd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER)* (pp. 380-389). IEEE.
- [3] Li, B., Yan, M., Xia, X., Hu, X., Li, G., and Lo, D., 2020. DeepCommenter: A Deep Code Comment Generation Tool with Hybrid Lexical and Syntactical Information, ESEC/FSE '20, November 8–13, 2020, Virtual Event, USA)
- [4] Docs.oracle.com, (2021). Erişim Tarihi: 01.06.2021, <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/StringTokenizer.html>
- [5] Javapoint.com, (2021). Erişim Tarihi: 01.06.2021, <https://www.javatpoint.com/string-tokenizer-in-java>
- [6] Hu, X., Li, G., Xia, X., Lo, D., & Jin, Z. (2020). Deep code comment generation with hybrid lexical and syntactical information. *Empirical Software Engineering*, 25(3), 2179-2217.
- [7] Song, X., Sun, H., Wang, X., & Yan, J. (2019). A survey of automatic generation of source code comments: Algorithms and techniques. *IEEE Access*, 7, 111411-111428.
- [8] Liang, Y., & Zhu, K. (2018, April). Automatic generation of text descriptive comments for code blocks. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 32, No. 1).

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye
	http://www.efis.beun.edu.tr

- [9] Blasi, A., Goffi, A., Kuznetsov, K., Gorla, A., Ernst, M. D., Pezzè, M., & Castellanos, S. D. (2018, July). Translating code comments to procedure specifications. In *Proceedings of the 27th ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis* (pp. 242-253).
- [10] Zhao, F., Zhao, J., & Bai, Y. (2020, January). A Survey of Automatic Generation of Code Comments. In *Proceedings of the 2020 4th International Conference on Management Engineering, Software Engineering and Service Sciences* (pp. 21-25).



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

KÖTÜ AMAÇLI YAZILIM TESPİTİ İÇİN MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE HİBRİT MODEL ÖNERİSİ

Kenan Gülle ^{1,*}, Durmuş ÖZDEMİR ²

¹Kenan GÜLLE, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

kenan_gulle@ksbu.edu.tr

²Durmuş ÖZDEMİR, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

durmus.ozdemir@dpu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: kenan_gulle@ksbu.edu.tr; Tel.: +90-542-332-2504

ÖZET


Bilgi teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması birlikte zararlı yazılımlar gittikçe tehlikeli hal almakta ve verdiği ekonomik zararlar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Kötü amaçlı yazılımlarla başa çıkmak giderek daha zor hale gelmektedir. Literatürdeki en yaygın yaklaşımlardan birisi, bu karmaşıklığın arkasındaki modelleri ve kalıpları otomatik olarak öğrenmek ve kötü amaçlı yazılım gelişimine ayak uyduracak teknolojiler geliştirmek için makine öğrenme tekniklerini kullanmaktır. Bu araştırma, Windows ortamlarında kötü amaçlı yazılım analizi bağlamında, yani Taşınabilir Yürütülebilir (Portable Executable) Dosyaların analizi için makine öğreniminin şimdiye kadar nasıl kullanıldığına dair bir genel bakış sağlamayı ve KDD CUP 99 veri setini kullanarak hibrit sistem tasarımı önerisinden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, zararlı yazılım analizi, saldırı tespit sistemi, kdd cup 99

INVESTIGATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR MALWARE DETECTION AND HYBRID MODEL PROPOSAL

ABSTRACT

With the widespread use of information technologies, malicious software is becoming increasingly dangerous and the economic damage it causes has reached serious dimensions. Dealing with malware is becoming more and more difficult. One of the most common approaches in the literature is to use machine learning techniques to automatically learn the patterns and patterns behind this complexity and develop technologies to keep pace with malware evolution. This research consists of providing an overview of how machine learning has been used so far for analysis of Portable Executable Files in the context of malware analysis in Windows environments and a hybrid system proposal using the KDD CUP 99 dataset.

 <p>EFIS 2021</p>	<p>5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i></p> <p>http://www.efis.beun.edu.tr</p>
--	--

Key Words: Machine learning, malware analysis, malware detection, kdd cup 99

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Siber güvenlik savunma mekanizmaları sürekli geliştirilmesine rağmen, kötü amaçlı yazılımlar hala siber alandaki en etkili tehditlerden biridir. Kötü amaçlı örneklerin incelenmesi için program analizi ve ağ analizi gibi birkaç farklı alandan teknikler uygulanmaktadır. Kötü amaçlı yazılım geliştiricilerinin, bitmek bilmeyen saldırı yarışında, güvenlik teknolojisindeki her önleme karşı kısa bir sürede farklı bir saldırı yöntemi geliştirirler. Savunma önlemlerinin etkinliğinin büyük bir kısmı statik analize bağlıdır. Örneğin, bilinen bir kötü amaçlı yazılımın MD5 imza özetini temel alan bir algılama yöntemi, polimorfizm veya metamorfizma gibi daha gelişmiş yaklaşımlar uygulanarak kolayca atlatılabilir [1]. Bu yöntemler, kötü amaçlı yazılımın MD5 özetini değiştirir, ancak davranışını değiştirmeden bırakır. Öte yandan, kötü amaçlı yazılımı yakalayan, algılama kurallarını atlamak daha zordur, çünkü kötü amaçlı yazılım geliştiricileri daha karmaşık yöntemler uygulamaları gerekir. Kötü amaçlı yazılım analizinin temel amacı, güvenlik önlemlerini iyileştirmek ve kaçmayı mümkün olduğunca zor hale getirmek için kullanılacak özellikleri yakalamaktır. Makine öğrenimi, böyle bir bilgi çıkarma sürecini desteklemek için iyi bir seçimdir.

Mobil kötü amaçlı yazılımlar giderek büyüyen bir tehdit oluştursa da, Windows mevcut tüm platformlar arasında büyük ölçüde tercih edilen hedef olmaya devam etmektedir [2]. Taşınabilir Yürütülebilir Dosyalar (Portable Executables) için kötü amaçlı yazılım analiz teknikleri, Android uygulamaları için olanlardan farklıdır çünkü işletim sistemi ve uygulamaların nasıl çalıştığı konusunda önemli farklılıklar vardır. Nitekim, kötü amaçlı yazılım analiziyle ilgili literatür yazıları genellikle hangi belirli platformu hedeflediklerini belirtir, bu nedenle, bu çalışmada Taşınabilir Yürütülebilir Dosyaların (PE) analizini dikkate alan çalışma yapıyoruz., ve hibrit çalışma önerisini sunuyoruz.

2. MATERYAL (EXPERIMENTAL METHOD)

Tasarlanan yazılım, yönetilebilir, mümkün olduğu kadar anlaşılır ve yorumlanabilir olması amaçlanmıştır. Bu sayede çalışma sonucunda hazırlanan yazılım paylaşılarak araştırmacıların da elde edilen bilgilerden ve kodlardan yararlanmasını sağlanacaktır. Bu nedenle yazılım tasarlanırken modüler olması için olabildiğince python kütüphaneleri kullanılması amaçlanmıştır.

2.1. Davranış Belirleme Süreci (Experimental Method)

Virüs davranışları tespit edilirken, sistem çağruları (system calls), dosya, kayıt defteri ve ağ üzerinde medyaya gelen farklılıklar kullanılmakta. Yani, sistem çağruları veya yapılan registry-dosya işlemleri hangi sırada ve hangi aralıkta yapıldıkları gözlemlenerek davranışlar oluşturulmaktadır. Bu davranışlarda sınıflandırılarak dizilimler oluşturulmakta ve bu dizilimler kullanılarak da özellikler oluşmaktadır. Davranış tabanlı tespit sistemi oluşturulurken aşağıdaki teknikler kullanılarak davranışlar öğrenilmiş olur.

- Sandboxlar kullanarak otomatikleştirilmiş analiz.

- Proseslerin izlenmesi.
- Kayıt defterinin anlık görüntülerinin kıyaslanması
- Dosya değişikliklerinin takip edilmesi
- Sistem çağrılarının izlenmesi.
- Ağ trafiğinin izlenmesi.

3. LİTERATÜR (EXPERIMENTAL METHOD)

Dulaunoy vd. (2009) sistem çağrılarını zararlı yazılım hareketi olarak kabul ederek farklı programlar ile arasındaki davranış farklılıklarına ve benzerliklerine belirleyerek programların zararlı yazılım olup olmadıklarını belirlemişlerdir. Dizi hizalama yöntemi ile davranış ilişkileri belirlenmiştir. İncelenmek istenen zararlı yazılım programın diyagramı çıkartılmış ve mevcut diyagramla karşılaştırılarak zararlı yazılım olup olmadığına karar verilmiştir [3].

Fredrikson vd. (2014) sistem çağrılarını şemalara dönüştürmüş ve en uygun özellikleri belirleyerek yazılımı zararlı ya da zararsız olarak belirlemiştir. Zararlı ve zararsız yazılımlar ayrı gruplar şeklinde çalıştırılmış ve diyagramlar bu şekilde oluşturulmuştur. Zararlı hareketler belirlenirken zararlı yazılımın içinde bu hareketin ne kadar sıklıkla yenilendiğine ve normal yazılımlar içinde ne kadar az yenilendiğine bakılarak diğer diyagramlar oluşturulmuştur. İstenmeyen ve yenilenen davranış grupları diyagramdan silinmiştir. İşaretlenmek istenen program hareketleri daha önce oluşturulan bu hareket gruplarıyla kıyaslanarak zararlı yazılım olup olmadığı sonucuna varılmıştır [4].

Her tespit yönteminin avantajları olmasına rağmen hiçbir tespit yöntemi bütün zararlı yazılımları yakalayamamıştır. Etkili imza çıkarmanın zorlukları, anomali tespitinin zorlukları, çıkarılan özellik sayısının çok olması (n-gram modelleri kullanıldığında) ve çıkarılan nitelikler arasındaki benzerlikler ve farklılıkların belirlenmesi zorlukları, etkili bir tespit sisteminin oluşturulmasını engellemiştir. Yeni yöntemlerle birlikte veri madenciliği ve makine öğrenmesi algoritmalarının, zararlı yazılımların tespitinde kullanılması, çıkarılan özelliklerin anlamlı bir hale getirilmesinde büyük bir rol üstlenmektedir. Genel olarak literatürdeki çalışmaların içerdiği kısıtlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yanlış sınıflandırmaya eğilimlidir;
- Doğruluk ve tespit oranı düşüktür;
- Zararlı davranışları tespit etmek zordur ve uzun zaman alabilmektedir;
- Tespit yöntemlerinin çoğunluğu karmaşık bir yapıya sahiptir ve fazla donanım kaynağına ihtiyaç duyar;

Bu nedenlerinden dolayı, bu alanda daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Davranış Tabanlı Zararlı Yazılım Tespitinde Avantaj ve Dezavantajlar:

Avantajlar

Gizlenme tekniklerine karşı dirençli
Yeni nesil zararlı yazılımları tespit edebilmekte
Aynı zararlı yazılımların farklı görünümünü tespit edebilmekte
Zararlı yazılım işlevselliğini belirleyebilmekte

Dezavantaj

Bütün davranışları tespit etmek mümkün değil.
Zararlı yazılımların sınırlı bir görünümünü vermekte
Bazı davranışlar zararlı ve zararsız yazılımlarla benzerlik göstermektedir
Çok sayıda hatalı zararlı yazılım tespit sayısı

4. ÖNERİLEN YÖNTEM (RECOMMENDED METHODS)

Çalışma dahilinde veri ön işlem adımından sonra, sunulan yöntem tek ve iki seviye olarak elle alınmıştır. İki seviye almamızdaki amaç, test kümesindeki verilerin ardı ardına iki farklı modele sokulmasıdır. İlk aşamada saldırı olup olmadığı Rastgele Orman ve CNN yöntemleri ile ikili sınıflandırma yapılır, ikinci aşamada saldırı olarak tespit edilen sonuçlar rastgele orman için test verisi olarak Kabul edilmiştir. Böylece oluşturduğumuz hibrit modelin genel başarısının artırması beklenir. Veri setimizdeki Flow ID,Source IP, Destination IP, Port klonları önemsiz olduğunu düşündüğümüz için çıkarılmış, ayrıca saldırı zamanı ve eksik bilgi içeren Flow Byts gibi alanlarda gereksiz ve etkisiz olduğu için çıkarılmıştır. Veri setimizin %75 eğitim verisi olarak kalan %25 ise test verisi olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada kdd cup 99 veri kümesi üzerinde saldırı tespiti için, iki aşamalı hibrit bir yapı kullanılarak zararlı yazılım tespit yeteneği artırılabilceği önerilmiştir. Saldırı tespiti amacıyla Rastgele Orman ve CNN yöntemleri denencek olup. Elde edilen deneysel sonuçlar analiz edilip performansı incelenecektir. Vakit dar olduğundan uygulama yapılamamıştır. Çalışma devam etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Y. Ye, T. Li, D. Adjeroh, and S. S. Iyengar, "A Survey on Malware Detection Using Data Mining Techniques," *ACM Comput. Surv.*, vol. 50, no. 3, 2017, doi: 10.1145/3073559.
- [2] "AV-TEST," 2020. https://www.av-test.org/fileadmin/pdf/security_report/AV-TEST_Security_Report_2019-2020.pdf.
- [3] G. Wagener, R. State, and A. Dulaunoy, "Malware behaviour analysis," *J. Comput. Virol.*, vol. 4, no. 4, pp. 279–287, 2008, doi: 10.1007/s11416-007-0074-9.

- [4] M. Fredrikson, S. Jha, M. Christodorescu, R. Sailer, and X. Yan, "Synthesizing Near-Optimal Malware Specifications from Suspicious Behaviors," *2010 IEEE Symp. Secur. Priv.*, pp. 45–60, 2010.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**KARAYOLU PROJELERİNDE YAPILAN KÜBAJ HESAPLARINDA
FARKLI ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI**

Uğur YATIGI ^{1,*}, Servet YAPRAK ²

¹Uğur YATIGI, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
uguryatigi@gmail.com

²Servet YAPRAK, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
servet.yaprak@gop.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: uguryatigi@gmail.com; Tel.: +90-544-736-99 36

ÖZET

Karayolu projelerinde, hacim (kübaaj) hesabı çok önemli bir uygulama alanına sahiptir. Bu yüzden kullanılan yüzey modellerden en uygun olanının seçilmesi ve kullanılması oldukça önemlidir. Kübaaj hesabı olarak bilinen toprak işleri hacim hesapları, karayolu projelerinde dikkat edilmesi gereken en hassas hesaplamalardan biridir. Çünkü toprak işleri hacim hesabı, yol yapım maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Karayolu projelerinde yapılacak olan toprak işleri miktarının hesaplanabilmesi için kazı ve dolgu hacimlerinin hesaplanması gerekmektedir. Kazı ve dolgu hacim hesaplamalarının doğru bir şekilde yapılabilmesi için kesinlikle güvenilir bir yüzey modele ihtiyaç vardır. Bu yüzey modelleri elde etmek için de çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada öncelikle, bir karayolu projesi baz alınarak farklı enterpolasyon yöntemleriyle yüzey modeller oluşturulmuş ve bu yüzey modeller kullanılarak hacim (kübaaj) hesapları yapılmıştır. Burada farklı enterpolasyon yöntemlerinin hacim (kübaaj) hesabı üzerindeki etkisi incelenmiş ve enterpolasyon yöntemleri arasında karşılaştırmalar yapılarak üç farklı kesit alanı (dolgu/kazı/karışık) için en uygun enterpolasyon yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karayolları, Sayısal Arazi Modeli, Enterpolasyon, Kriging, Hacim Hesabı

ABSTRACT

In highway projects, volume (cubage) calculation has a very important application area. For this reason, it is very important to choose and use the most appropriate Surface models. Earthworks volume calculations, known as cubage calculations, are one of the most precise calculations to be considered in highway projects. Because the volume calculation of earthworks directly affects the cost of road construction. In order to calculate the amount of earthworks to be carried out in highway

projects, it is necessary to calculate the excavation and filling volumes. A reliable surface model is absolutely needed for accurate excavation and filling volume calculations. Various interpolation methods are also used to obtain these Surface models. In this study, Surface models were created with different interpolation methods based on a highway project and volume (cubage) calculations were made using these Surface models. Here, the effect of different interpolation methods on volume (cubage) calculation was examined and comparisons between interpolation methods were made to determine the most appropriate interpolation method for three different cross-sectional areas (fill/excavation/mixed).

Key Words: Highways, Digital Terrain Model, Interpolation, Kriging, Volume Calculations

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günlük hayatımızda insanlar bir yerden başka bir yere giderken yada bir eşyayı bir yerden başka bir yere ulaştırmaya çalışırken bazı ulaşım türlerini kullanırlar. Bunlar demiryolu, karayolu, deniz ve havayolu ulaşım türleridir. İnsanlar bu ulaşım türlerini kullanırken genellikle uzak yerlere gitmeyi tercih ederken gerek zaman gerekse konfor açısından hava yolunu, uluslararası ticarete deniz yolunu, şehirlerarası yük taşımacılığında demir yolu ve genellikle şehir içi ulaşım türü olarak büyük oranda karayolu ulaşım türlerini tercih etmektedir [1]. Ancak genellikle günümüzde en fazla tercih edilen ulaşım türünün karayolları olduğu görülmektedir. Dünyada artık gelişen teknoloji ve büyüyen ekonomi sayesinde karayolları ile her yere ulaşmak mümkündür [2].

Yol kavramı aslen insanların ihtiyacı olan şeylerin, bulunduğu yerin dışında başka bir yerde karşılaşmasıyla başlamıştır. Tarihte ilk insanların, birincil ekonomik etkenler olan avcılık ve toplayıcılık gibi ekonomik faaliyetler ile uğraştıkları bilinmektedir. Bu ekonomik faaliyetleri gerçekleştirmek için insanlar en kısa ve en kolay yol güzergahlarını tercih etmek zorunda kalmışlardır. Bu en kısa ve en kolay yol güzergahları ilk olarak hayvan izleri takip edilerek oluşturulmuştur. Bunun sebebi ise hayvanlar engebeli, orman ve çalılıkların bulunduğu bölgelerde daha kolay ve daha rahat gidebileceği yol güzergahını tespit edebilmektedir. Örnek olarak Afrika'da bulunan ormanlarda tercih edilen en iyi yollar filler tarafından açılan yollardır. Kuzey Amerika'da ilk olarak gezgin ve avcılar tarafından kullanılan yollar bufalolar tarafından kullanılan yollardır. Ülkemizde ise atlar ve eşekler tarafından kullanılarak oluşturulan yollar sürekli insanların kullandığı yaya yolları haline gelmiştir [3]. İnsanoğlunun çabaları sonucunda meydana gelen yollar ticaret ve seyahat olanaklarını hızlı bir biçimde geliştirirken büyük ve güçlü devletlerin her devirde uzak bölgelere gidebilmek için yollar inşa ettikleri görülmektedir. Nüfusun zaman içerisinde artması ile ticaretin başlaması ve ihtiyaçların farklılık göstermesi sonucunda daha uzak yerlere ulaşma ihtiyacı doğurmuştur. Bu ihtiyaçlarından ayrı olarak insanların canlarını koruma gereksinimi de ulaşım faaliyetlerini ortaya çıkarmıştır. Özellikle ilkçağ ve ortaçağ da çıkan savaşlar sebebiyle yapılan göçler bu duruma örnek olabilmektedir. Ulaşım ayrıca bir ülkenin ekonomisi açısından da çok önemli bir faktördür. Bir ülkede üretilen tarım ve sanayi ürünleri ulaşım ağı sayesinde ekonomik olarak o ülkeye büyük katkı sağlayabilmektedir. Diğer ülkelerle olan ticari ve kültürel ilişkilerde de gelişmiş ulaşım ağları oldukça büyük önem taşımaktadır [3].

Karayolları çeşitli biçimlerde bazı sınıflandırmalara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmalar karayolları için bazı özelliklere göre belirlenmektedir. Bu özellikler karayollarının uzunluğu, şekli, verdiği hizmet, ulaşılabilirlik ve hareketlilik gibi özelliklerdir. Bu sınıflandırmalara tabi tutulan karayollarının büyük bir bölümü KGM' nin sorumluluğu altında diğer bölümleri ise bazı kurumlar ve belediyelerin sorumluluğundadır [3]. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğu altında bulunan karayolu uzunluğu 01.01.2020 tarihi itibariyle toplam 68 231 km olup, 3 sınıf yoldan oluşmaktadır. Bunlar:

- Otoyol
- Devlet yolu
- İl yolu [4].

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışmada bir karayolu projesinde üç farklı kesit alanı (dolgu, kazı, karışık) baz alınarak, öncelikle siyah (doğal) zeminden daha sonra terasman (tesviye) yüzeyden şeritvari bir şekilde 20 metre aralıklarla ölçme noktaları toplanmıştır. Ölçme noktaları ise dayanak ve test noktaları olarak gruplandırılmıştır. Dayanak noktaları kullanılarak ArcGIS yazılımı Geoistatistik Analiz modülünde, dört farklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak yüzey modeller oluşturulmuştur. Bu oluşturulan yüzey modeller ile test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri elde edilmiştir. Bu işlemlerin tümü üç farklı kesit alanına da (dolgu, kazı, karışık) uygulanmıştır. Geoistatistik Analiz modülünde kullanılan dört farklı enterpolasyon yönteminin Karese Ortalama Hata (KOH) değerleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Diğer yandan dayanak noktaları ve test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri kullanılarak NetCAD yazılımında Netpro modülü kullanılarak hacim (kübj) hesapları yapılmıştır. Siyah (doğal) zemin noktaları kullanılarak oluşturulan yüzeyler alt yüzey, terasman (tesviye) yüzey noktaları kullanılarak oluşturulan yüzeyler üst yüzey olacak şekilde hacim (kübj) hesapları yapılmıştır. Bu elde edilen hacim (kübj) değerleri arasında kıyaslamalar yapılarak, farklı enterpolasyon yöntemlerinin hacim (kübj) hesabına etkisi incelenmiştir.

2.1. Çalışma Alanı (Working Area)

Çalışma, Kars ilinin çevresinde bulunan "Digor-Esenkent Yolu" isimli yol projesidir. Yol güzergahının toplam uzunluğu 26+870 km' dir. Digor-Esenkent yolu, değişken bir platform genişliğine sahiptir ve genellikle bu genişliğin 10 m olduğu tek şeritli bir yol projesidir.



Şekil 1. Digor-Esenkent yol güzergahı Google Earth görüntüsü

Çalışmada, bu yol güzergahında bulunan dolgu, kazı ve karışık kesit alanları olan bazı kilometreler belirlenmiştir. Çalışmada bu dolgu, kazı ve karışık kesit alanları baz alınarak enterpolasyon ve hacim hesapları yapılmıştır.

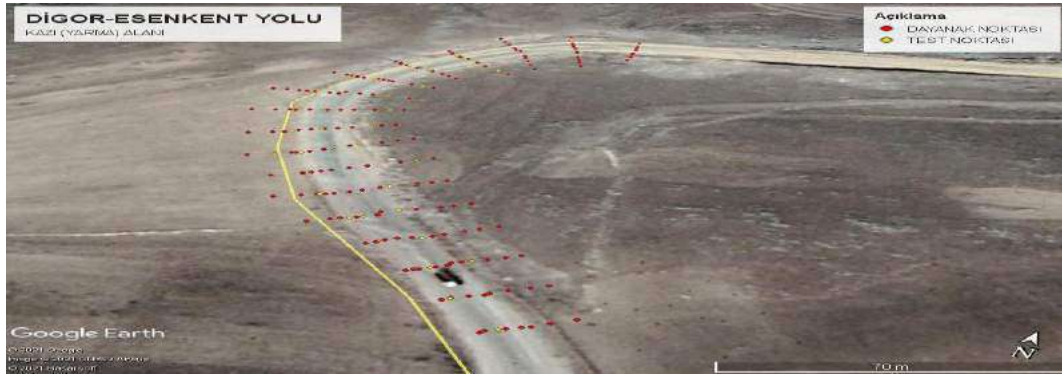
2.2. Dayanak ve Test Noktaları (Fulcrum and Test Points)

Tablo 1. Siyah (doğal) zemin dayanak ve test noktaları

	ÖLÇME NOKTASI	DAYANAK NOKTASI	TEST NOKTASI
DOLGU	397	328	69
KAZI	202	165	37
KARIŞIK	183	157	26

Tablo 2. Terasman (tesviye) yüzey dayanak ve test noktaları

	ÖLÇME NOKTASI	DAYANAK NOKTASI	TEST NOKTASI
DOLGU	160	144	16
KAZI	95	86	9
KARIŞIK	90	81	9



Şekil 2. Google Earth, dayanak ve test noktalarının örnek görünümü

2.3. Enterpolasyon Yöntemleri (Interpolation Methods)

Çalışmada ArcGIS yazılımı Geoistatistik Analiz modülü kullanılarak:

- Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW)
- Lokal Polinomlarla
- Multikuadrik
- Ordinary Kriging (OK)

enterpolasyon yöntemleri kullanılarak siyah (doğal) zemin ve terasman (tesviye) bölgelerinde yüzey modeller oluşturulmuştur. Kullanılan dört farklı enterpolasyon yöntemi sonucunda elde edilen Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca ArcGIS yazılımında elde edilen yüzey modellerden farklı olarak, yine aynı yol güzergahından toplanan ölçme noktaları kullanılarak NetCAD yazılımında Netsurf modülüyle Lineer Enterpolasyon ile Üçgenleme yöntemiyle yeni yüzey modeller elde edilmiştir.

Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yönteminde, ağırlıklandırma mesafenin tersine göre yapılmaktadır. Bu yöntemde enterpolasyon noktasının yakınında bulunan noktaların, uzağında bulunan noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olduğu esasına dayanmaktadır [5]. Lokal Polinomlarla enterpolasyon yönteminin amacı, çalışma alanının tek bir fonksiyonla ifade edilmesidir [6]. Bu yöntemde yüzeyin derecesi arttığı zaman ihtiyaç duyulan dayanak noktalarının sayısı da artmaktadır. Bu nedenle dayanak noktalarının sayısı yeterli olmadığında büyük hatalara neden olmaktadır [7]. Multikvadrik enterpolasyon yönteminin amacı, çalışma alanında bulunan tüm dayanak noktaları aynı anda kullanılarak yüzey modelini tek bir fonksiyonla oluşturmaktır [8]. Bu yöntemin iki önemli avantajı bulunmaktadır. Bunlardan biri dayanak noktaları düzenli bir şekilde dağılmamış olsalar bile yüzey modelleri sonuçları bu durumdan çok fazla etkilenmemektedir. Diğer bir avantajı ise dayanak noktalarının enterpolasyon noktasına olan uzaklığının artması halinde, yüzey modeline olan katkısı da aynı oranda azalmaktadır [9]. Ordinary Kriging (OK) yöntemi, öncelikle enterpolasyon noktaları kümesinden yararlanarak deneysel ve teorik variogram olmak üzere iki çeşit variogram oluşturmaktadır. İlk önce tüm noktaların varyansı hesaplanarak deneysel variogram oluşturulur daha sonra deneysel variograma bir matematiksel fonksiyon modellenerek teorik variogram oluşturulmaktadır [10]. Teorik variogram modeli oluşturulduktan sonra OK yöntemi uygulanmaktadır [11].

2.4. Hacim Hesapları (Volume Calculations)

Çalışmada hacim (küba) hesapları, paralel kesitlerle hacim hesabı yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde, arazi yüzeyi eşit aralıklarla düşey düzlemlere bölünerek paralel kesitler oluşturmaktadır. Çalışmada dayanak noktaları ve test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri kullanılarak NetCAD yazılımında Netpro modülü ile hacim (küba) hesapları yapılmıştır. Üç farklı kesit alanından toplam 15 farklı hacim değeri elde edilmiştir ve çıkan sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR (RESULTS)

Diğor-Esenkent Yolunun üç farklı kesit alanından (dolgu, kazı, karışık) toplanan dayanak noktaları kullanılarak, Geoistatistik Analiz modülü ile dört farklı enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri sonucunda üç farklı kesit alanından elde edilen KOH değerleri, Tablo 3' de gösterilmiştir.

Tablo 3. Karesel Ortalama Hata değerleri (m)

KOH (m)	SİYAH			TERASMAN		
	Dolgu	Kazı	Karışık	Dolgu	Kazı	Karışık
Enterpolasyon Yöntemi						
IDW	0.24	0.25	0.26	0.09	0.14	0.15
Lokal Polinom	0.24	0.21	0.22	0.02	0.02	0.08
Multikvadrik	0.19	0.19	0.19	0.02	0.02	0.12
OK	0.19	0.21	0.20	0.03	0.02	0.09

Karesel Ortalama Hata (KOH) değeri bulunurken, enterpolasyon yükseklik değerleri ile ölçme noktalarının yükseklik değerlerinin farkı alınarak V_i değerleri bulunur. Daha sonra V_i değerlerinin kareleri alınarak $(V_i V_i)$, $\sum V_i V_i$ değeri hesaplanır.

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (1)$$

Tablo (3)' de görüldüğü gibi her yüzey ve uygulanan enterpolasyon yöntemi için ayrı ayrı KOH değeri hesaplanmıştır. KOH, genellikle ortalama hata değeri olarak da adlandırılmakta olup enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen yüzey modellerden hangisinin daha güvenilir ve daha doğru sonuçlar verdiğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Her üç farklı kesit alanı için siyah zeminde, genel olarak en küçük KOH değerini Multikuadrik enterpolasyon yöntemi vermiştir. IDW enterpolasyon yönteminin ise, genel olarak en büyük KOH değerini verdiği görülmektedir. Terasman yüzeyinde, genel olarak en küçük KOH değerini Lokal Polinomlarla enterpolasyon yöntemi vermiştir. En büyük KOH değerini ise, siyah zeminde olduğu gibi terasman yüzeyinde de IDW enterpolasyon yönteminin verdiği görülmektedir.

Çalışmada, paralel kesitler yöntemine göre hacim hesabı yapılmıştır. Test noktalarının enterpolasyon yükseklik değerleri ve dayanak noktalarının yükseklik değerleri kullanılarak NetCAD yazılımında hacim hesapları m^3 cinsinden yapılmıştır. Elde edilen hacim değerleri Tablo (4, 5, 6)' da gösterilmiştir. Ayrıca her üç farklı kesit alanında Geoistatistik Analiz modülü kullanılmadan, NetCAD yazılımı kullanılarak Lineer Enterpolasyonla Üçgenleme yöntemine göre hacim hesabı yapılmıştır. Her üç farklı kesit alanında elde edilen hacim değerlerinin ortalaması alınmıştır ve bu değerler referans olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4. Dolgu kesit alanının, hacim (kübaj) değerleri

Yöntem	Hacim Değeri (m^3)	Hacim Değerleri Farkı (m^3)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m^3)
IDW	28878.920	-14.91	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[7681.947]}{4}}$ $= 43.82 \text{ m}^3$
L.Polinom	28918.930	+25.10	
Multikuadrik	28860.590	-33.24	
OK	28853.110	-40.72	
L.Üçgenleme	28957.600	+63.77	
Ortalama (Referans)	28893.830	0	

Tablo 5. Kazı kesit alanının, hacim (kübaj) değerleri

Yöntem	Hacim Değeri (m ³)	Hacim Değerleri Farkı (m ³)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m ³)
IDW	33163.050	+31.164	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[1495.752]}{4}}$ $= 19.34 \text{ m}^3$
L.Polinom	33128.777	-3.109	
Multikvadrik	33131.800	-0.086	
OK	33110.035	-21.851	
L.Üçgenleme	33125.769	-6.117	
Ortalama (Referans)	33131.886	0	

Tablo 6. Karışık kesit alanının, hacim (kübaj) değerleri

Yöntem	Kazı (m ³)	Dolgu (m ³)	Toplam Hacim Değeri (m ³)	Hacim Değerleri Farkı (m ³)	Karesel Ortalama Hata (KOH) (m ³)
IDW	1121.228	3934.278	5055.506	+4.983	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[473.236]}{4}}$ $= 10.88 \text{ m}^3$
L.Polinom	1111.758	3925.851	5037.609	-12.914	
Multikvadrik	1141.098	3917.918	5059.016	+8.493	
OK	1125.288	3914.723	5040.011	-10.512	
L.Üçgenleme	1117.898	3942.575	5060.473	+9.950	
Ortalama (Referans)	1123.454	3927.069	5050.523	0	

Tablo (4, 5, 6)' da görüldüğü gibi üç farklı kesit alanında hacim değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen hacim değeri referans olarak kabul edilmiştir. Beş farklı enterpolasyon yönteminin hacim değerleri ile referans değer farkı alınarak aralarındaki hacim farkları ve KOH değerleri hesaplanmıştır.

Genel olarak çıkan sonuçlara bakıldığında referans değere en yakın çıkan hacim değerinin dolgu ve karışık kesit alanında Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), kazı kesit alanında ise Multikvadrik enterpolasyon yönteminin olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Digor-Esenkent karayolu projesinin boykesit (profil) grafiğine bakıldığında, dolgu kesit alanı karayolu projesinin aliyman (düz) kısmında bulunmaktadır ve eğim + %1.23' tür. Kazı kesit alanı karayolu projesinin kurp kısmında bulunmaktadır ve yarıçapı 280 derece olan bir düşey kurptan oluşmaktadır. Kazı kesit alanında eğim - %8.57' dir. Karışık kesit alanı ise karayolu projesinin aliyman (düz) kısmında bulunmaktadır ve eğim + %3.77' dir. Bu bilgilere ve uygulamada elde edilen sonuçlara bakıldığında karayolu projelerinde:

Aliyman, düz ve eğimin az olduğu alanlarda Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi, ortalama (referans) değere en yakın sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulamada bulunan dolgu ve karışık kesit alanlarında IDW enterpolasyon yöntemini kullanmak mümkündür.

Kurp ve eğimin fazla olduğu alanlarda Multikuadrik enterpolasyon yöntemi, ortalama (referans) değere en yakın sonucu vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygulamada bulunan kazı kesit alanında Multikuadrik enterpolasyon yöntemini kullanmak mümkündür.

Ordinary Kriging (OK) yöntemini üç farklı kesit alanında en iyi sonuçları vermese de ortalamaya en yakın değerlerde sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çalışmada hacim (küba) hesabı yapılacak olan bir karayolu projesinde kullanılan enterpolasyon yönteminin, parametrelerinin ve oluşturulacak sayısal arazi modelinin (SAM) ne kadar önemli olduğu net bir şekilde görülmektedir. Arazinin şekline (engebeli, girintili çıkıntılı, düz) ve eğimine, farklı yüzey alanlarına (siyah, terasman), nokta sayısı ve sıklığına göre KOH ve hacim değerlerinin değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yıldırım, S., 2019. Ferrokrom Cürufunun Karayolu Alt Dolgularında Kullanılabilirlik Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.
- [2] Yatığı, U., 2021. Karayolu Projelerinde Değişik Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılabilirliği. (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- [3] Ayhan, F., 2011. Kuzey Marmara Otoyolu Güzergahında Bulunan Yerleşmeler ve Yolun Yerleşmelere Muhtemel Etkileri Sakarya İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Sakarya.
- [4] KGM, 2020. Yol Ağı Bilgileri. Karayolları Genel Müdürlüğü, <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx>
- [5] Zengin Kazancı, S., 2014. Konumsal Enterpolasyon Yöntemlerinin Uygulanması: Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- [6] Yiğit, C. Ö., 2003. Elipsoidal Yüksekliklerin Ortometrik Yüksekliğe Dönüşümünde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Konya.
- [7] İnal, C., Turgut, B. ve Yiğit, C. Ö., 2002. Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim, Konya.
- [8] Yanalak, M., 1997. Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Uluğtekin, N., 1994. Sayısallaştırılmış Kadastro Paftalarının Geometrik Niteliğinin Yükseltmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 52 (1-2), 35-41.
- [10] Yaprak, S., 2007. Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Varolan Yöntemlerle Karşılaştırılması. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [11] Aydın, O., 2014. Türkiye' de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Kriging Yöntemiyle Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Bir Doğru Akım Servo Motorun Model Öngörülü Kontrolör, Lineer Kuadratik Regülatör ve Lyapunov Tabanlı Geri Beslemeli Kontrolör ile Tork ve Açık Değişiminin Karşılaştırılması

Yasin KOÇAK ^{1,*}, Nevra BAYHAN ²

¹Yasin KOÇAK, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Milli Savunma Üniversitesi Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Türkiye

ykocak@hho.edu.tr

²Nevra BAYHAN, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Türkiye

nevra@iuc.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: ykocak@hho.edu.tr; Tel.: 0216-348-80-20

ÖZET

Son yıllarda işlemci kapasitelerinin ve hızlarının artması ile klasik kontrol yöntemlerine ek olarak optimizasyon tabanlı kontrol yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. DC servo motorlarda çıkış açısının referans takibi sistemin çalışması açısından çok önemlidir. Referans takibi yapılırken motor üzerine bindirilen yükün, referans açı takibini bozmaması gerekmektedir. Bu çalışma, simulasyon ortamında lineer değişkenlere sahip tek giriş (gerilim) iki çıkış (yük açısı ve tork) Servo DC motorun farklı kontrol yöntemleri ile kontrolünü konu almaktadır. Çalışmada seçilen DC servo motora uygulanan Model Öngörülü Kontrolörün, Linear Quadratic Regulator (LQR) ve Lyapunov Tabanlı Lineer Kontrolle göre avantajı olarak azalan ufuk prensibi kullanıldığından karşılaştırılan MPC' nin yük açısı ve tork değerlerinin kararlılığına göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: DC Servo Motor, Model Öngörülü Kontrol, Linear Quadratic Regulator, Lyapunov Kontrol.

Comparison of Torque and Angle Variation of a Direct Current (DC) Servo Motor with Model Predictive Controller, Linear Quadratic Regulator and Lyapunov Based Feedback Controller

ABSTRACT

With the increase in processor capacities and speeds in recent years, optimization-based control methods have begun to be developed in addition to classical control methods. The reference tracking of the output angle in DC servo motors is very important for the operation of the system. While the reference is being followed, the load on the motor must not disturb the reference angle tracking. This study deals with the control of a single input (voltage) two output (load angle and torque) Servo DC motor with linear variables in the simulation environment with different control methods. It has been observed that the Model Predictive Controller applied to the selected DC servo motor in the study gives better results compared to the stability of the load angle and torque values of the compared MPC, since the decreasing horizon principle is used as an advantage over the Linear Quadratic Regulator (LQR) and Lyapunov Based Linear Control.

Key Words: DC Servo Motor, Model Predictive Control, Linear Quadratic Regulator, Lyapunov Control.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Model Öngörülü Kontrol (MPC), son yirmi yılda hem araştırma kontrol topluluğu içinde hem de endüstride önemli ölçüde gelişmiştir. Bu başarı, Model Öngörülü Kontrol'ün, süreç kontrol problemini zaman alanında ortaya koymanın belki de en genel yolu olduğu gerçeğine atfedilebilir. Model Öngörülü Kontrol formülasyonu, optimal kontrol, stokastik kontrol, ölü zamanlı süreçlerin kontrolü, çok değişkenli kontrol ve mevcut olduğunda gelecekteki referansları entegre eder [1]. Endüstriyel kontrol mühendisliği üzerinde önemli bir etkisi olan gelişmiş kontrol metodolojisi tahminine dayalı kontroldür. 2000' li yılların başlarına kadar esas olarak petrokimyada uygulanmıştır, ancak günümüzde proses endüstrisinin diğer sektörlerinde giderek daha fazla uygulanmaktadır [2]. Modele dayalı öngörülü kontrolünün kökleri optimal kontrole dayanır. Basit olarak MPC (Model Predictive Control) kavramı, sistem davranışını tahmin etmek ve en iyi kararı verecek kontrol girişini üretmek için dinamik bir model kullanmaktır. Bu nedenle modeller, her türden MPC Optimum kontrol hareketine ve başlangıç durumuna bağlıdır. MPC' deki ikinci temel kavram ise en olası başlangıç durumunu belirlemek için daha önce ölçülmüş kayıtlardan sistem geçmişini kullanmaktır [3]. Bu çalışmanın 2. Bölümünde MPC' nin genel özellikleri, tanımı ve doğrusallaştırma işlemi anlatılmıştır. 3. Bölümde bu çalışma için seçilen DC Servomotorun durum değişkenleri, 4. Bölümde simule edilen sistemden elde edilen sonuçlar ve tartışmalar, 5. Bölümde ise kullanılan yöntemlere genel sonuçlar elde edilmiştir.

2. MPC' NİN GENEL ÖZELLİKLERİ, TANIMI VE DOĞRUSALLAŞTIRMA

(GENERAL PROPERTIES OF MPC, DEFINITION AND LINEARIZATION)

Klasik kontrol yöntemlerinde sistemin geri besleme girişini elde etmek için durum değişkenleri kullanılmaktadır. MPC yönteminde ise geri besleme girişini elde etmek için direk sistemin çıkışı kullanılmaktadır. MPC' yi diğer kontrol yöntemlerinden ayıran en büyük özellik Maliyet fonksiyonunun ve kısıtların kullanılmasıdır. Kontrol edilecek sistem için verilen kısıtlar ve maliyet fonksiyonlarına bakarak Lineer ya da Nonlinear MPC' den hangisini kullanacağımızı belirleriz. Nonlinear kısıtlı ve lineerleştirilmesi güç sisteme sahip olan dinamik sistemleri Nonlinear MPC yöntemleri ile inceleriz. Fakat lineer kısıtların olduğu, lineerleştirilebilir nonlinear yapıları sistemleri, Lineer MPC ile inceleriz. Bu çalışmada kısıtlar lineer seçilmekle birlikte nonlinear (fakat doğrusallaştırılabilir) bir sistem incelenmiştir.

Tasarlanan veya tasarlanmış fiziksel sistemlerde bulunan pek çok eleman ve sürücüsünün karakteristiği doğrusal değildir. Bu sebeple genel olarak, endüstriyel süreçler doğrusal değildir [4]. Uygulamalarda bazı düzenlerdeki doğrusal olmamanın ılımlı düzeyde olduğu ya da sadece belirli çalışma bölgelerinin dışına çıktığında etkili hale geldiği görünür.

Bu düzenlerin geniş bir çalışma bölgesinde, doğrusal sistem olarak modellenmesi, yeterli doğrulukta analitik sonuçlar verir. Bu sistemler için türetilen doğrusal bir model sadece doğrusallaştırma yapılan bir çalışma noktası ve çevresindeki çok sınırlı bir çalışma bölgesi için geçerlidir. Daha önemlisi doğrusal olmayan bir sistem belirli bir çalışma noktası etrafında doğrusallaştırıldığında, oluşturulan doğrusal modelde zamanla değişen elemanlar bulunabilir [5].

Doğrusallaştırma işlemi, doğrusal olmayan durum denklemlerinin nominal çalışma noktası ya da yörüngesi etrafında bir Taylor serisine açılarak yapılmaktadır. Taylor serisi Eş. 1'de belirtildiği gibidir

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{F^n(a)}{n!} (x-a)^n = F(a) + \frac{F'(a)}{1!} (x-a) + \frac{F''(a)}{2!} (x-a)^2 + \dots \quad (1)$$

F:fonksiyon, n:Taylor denklemi derecesi, x:durum değişkeni, a:türevi alınabilir durum değişkenine olan yakınsama uzaklığıdır.MPC' de sistemin doğrusallaştırılabilir olması oldukça önemli bir husus olmakla birlikte MPC model olarak 4 temel model kullanılmaktadır. Bunlar Basamak Yanıtı Modeli, Darbe Yanıtı Modeli, Transfer Fonksiyonu Modeli ve Durum Uzayı Modeli başlıkları altında incelenir. MPC, giriş için kullanılacak bir değeri, optimizasyon problem ile gerçek zamanlı bir çözüm olarak hesaplar [6].

MPC' nin Durum Uzayı Modeli gösterimin avantajlarından biri, tek değişkenli sistemlerdeki gösterim aynı şekilde çok değişkenli sistemlerde de kullanılabilmesidir. Öngörülü Fonksiyonel Kontrol yönteminde Eş. 2' deki model kullanılmaktadır [7].

$$\begin{aligned} x(t) &= Ax(t-1) + Bu(t-1) \\ y(t) &= Cx(t) \end{aligned} \quad (2)$$

x(t) sistemin durumu olup; A, B ve C sırasıyla sistem matrisi, giriş matrisi ve çıkış matrisi olarak ifade edilmektedir. Öngörü modeli Eş. 3' de gösterildiği üzere, $\hat{x}(t+k|t)$ k adım sonraki öngörülen durum değeridir.

$$\hat{y}(t+k|t) = C\hat{x}(t+k|t) = C[A^k x(t) + \sum_{i=1}^k A^{i-1} Bu(t+k-ilt)] \quad (3)$$

Eş. 4' de gösterilen amaç fonksiyonundan yola çıkılarak

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{j=N_1}^{N_2} \|\hat{y}(t+j|t) - w(t+j)\|_R^2 + \sum_{j=1}^{N_u} \|\Delta u(t+j-1)\|_Q^2 \quad (4)$$

J:amaç fonksiyonu, N_1 :minimum öngörü ufku, N_2 :maksimum öngörü ufku, Δu :control sinyalindeki artımdır.

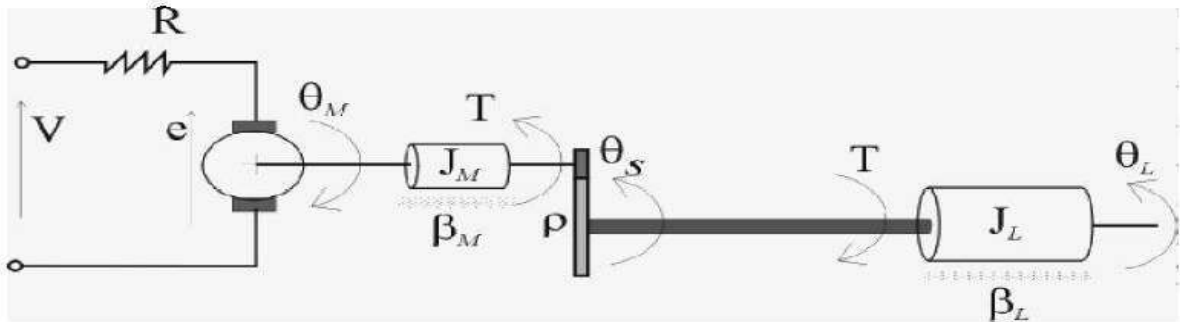
G_N basamak cevabından örneklenmiş katsayılar matrisi olmak üzere, manipule edilen giriş Eş. 5' deki gibi elde edilir.

$$u = (G_{N_{123}}^T \bar{R} G_{N_{123}} + \bar{Q})^{-1} G_{N_{123}}^T \bar{R} (w - f_{N_{12}}) \quad (5)$$

w: istenen yörünge, u: manipule edilen giriş, R:öngörü ufkunun diagonal matrisi Q= kontrol ufkunun diagonal matrisi ve $f_{N_{12}}$:öngörü ufku için serbest yanıtıdır [7].

3. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Yaptığımız çalışmada lineer bir yapıya sahip DC servo motorun yük açısının referans takibi inceleneceğinden Şekil 1'de Voltaj kontrollü DC Motor Servomekanizma Modeli gösterilmiştir [5].



Şekil 1. DC Motor Servomekanizma Modeli [5]

İlk olarak DC Motor Servomekanizma Modeline ait birim ve semboller tanıttıldıktan sonra, söz konusu DC Motor Servomekanizmanın durum-uzay modeline göre gösterimi yapılmıştır.

DC motorda kullanılan parametreler; k_T : Burulma Direnci (Nm^2/rad), k_M : Motor Sabiti ($Nm/(rad/sn^2)$), J_M : Motor Ataleti ($Nm/(rad/sn^2)$), J_L : Yük Ataleti (Nm/A), ρ : Dişli Oranı (Birimsiz), β_M : Motorun Viskoz Sürtünme Katsayısı ($Nm/(rad/sn)$), β_L : Yükün Viskoz Sürtünme Katsayısı ($Nm/(rad/sn)$), R: Rotor Direnci (Ω) şeklindedir.

Yük açılma hızı ve motor şaftı hızı eldesi için Eş. 6 ve 7' de zamana göre değişiminin formülü verilmiştir.

$$\dot{\omega}_L = -\frac{k_T}{J_L} \left(\theta_L - \frac{\theta_M}{\rho} \right) - \frac{\beta_L}{J_L} \omega_L \quad (6)$$

$$\dot{\omega}_M = \frac{k_M}{J_M} \left(\frac{V - k_M \omega_M}{R} \right) - \frac{\beta_M \omega_M}{J_M} + \frac{k_T}{\rho J_M} \left(\theta_L - \frac{\theta_M}{\rho} \right) \quad (7)$$

$\omega_L = \dot{\theta}_L$ yük açılma hızı, $\omega_M = \dot{\theta}_M$ motor şaftı açılma hızı olarak tanımlanır ve Eş. 8' de x_p durum değişkenleri içinde aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

$$x_p = [\theta_L \ \omega_L \ \theta_M \ \omega_M]^T \quad (8)$$

Zamanla Değişmez Sistem (Linear Time Invariant) sisteme göre durum uzay modeli Eş. 9' de verilmiştir. Eş. 10 ve Eş.11' de ise bu sistemin çıkış modeli gösterilmiştir.

$$\dot{x}_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k_T}{J_L} & -\frac{\beta_L}{J_L} & \frac{k_T}{\rho J_L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_T}{\rho J_M} & 0 & -\frac{k_T}{\rho^2 J_M} & -\frac{\beta_M - \frac{k_M^2}{R}}{J_M} \end{bmatrix} x_p + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{k_M}{R J_M} \end{bmatrix} V \quad (9)$$

V uygulanan gerilimdir.

$$\theta_L = [1 \ 0 \ 0 \ 0] x_p \quad (10)$$

$$T = [k_T \ 0 \ -\frac{k_T}{\rho} \ 0] x_p \quad (11)$$

T ise yüke etki eden tork değeridir [5].

3.1. Sonlu ufuk, ayrık zamanlı LQR (Finite horizon, discrete time LQR)

LQR yönteminde elde edilmek istenen manüpüle edilmiş sistem girişi, sonlu ufuk yöntemine göre bulunmaktadır. Durum uzay modeli Eş. 12' deki gibi ayrık zamanlı tanımlanmıştır [5].

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k \quad (12)$$

LQR' a ait performans indeksi (Amaç Fonksiyonu) Eş. 13' de tanımlanmıştır.

$$J = x_N^T Q x_N + \sum_{k=0}^{N-1} (x_k^T Q x_k + u_k^T R u_k + 2x_k^T N u_k) \quad (13)$$

J performans indeksini minimum yapan kontrol dizisi Eş. 14' de gösterilmiştir.

$$u_k = F_k x_k \quad (14)$$

$$F_k = (R + B^T P_{k+1} B)^{-1} (B^T P_{k+1} A + N^T) \quad (15)$$

Eş. 15' deki katsayıyı bulmak için Eş. 16' daki Riccati eşitliğine göre geri fark alma yöntemiyle P_k matrisi (simetrik ve pozitif tanımlı matris) bulunur.

$$P_{k-1} = A^T P_k A - (A^T P_k B + N)(R + B^T P_k B)^{-1}(B^T P_k A + N^T) + Q \quad (16)$$

Eş. 16' da verilen Q değeri terminal değeri, A: durum değişkenleri matrisi, B: giriş matrisi ve N ise girişlerin değişimi matrisidir.

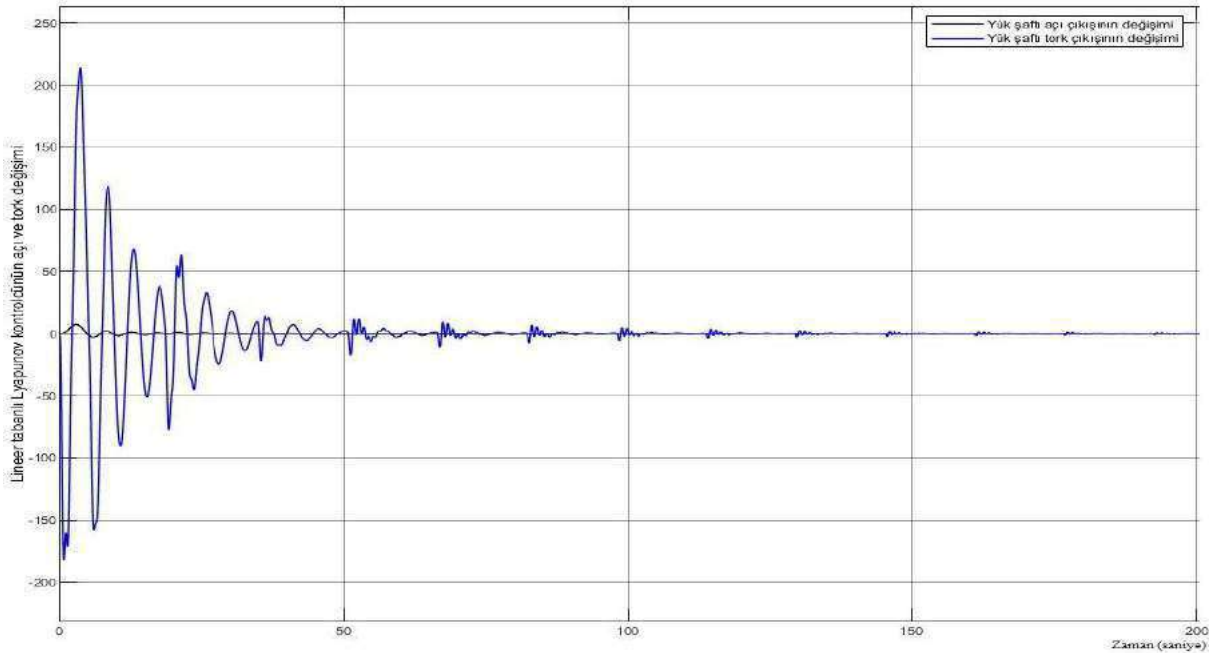
3.2. Lyapunov Kararlılık Teorisi (Lyapunov Stability Theory)

Lyapunov kararlılık teoremi, Lyapunov fonksiyonunun zaman türevinin negatif olmasını gerektirir [8]. Lyapunov fonksiyonu bir enerji fonksiyonu olarak hareket eder. Kullanacağımız sistemlerde sırasıyla, çeşitli engellerden kaçınmak ve hedeflere ulaşmak için kullanılması uygun ve uygun olmayan fonksiyonları belirleriz. Lyapunov fonksiyonu tüm bu fonksiyonların toplamıdır [9]. Kontrol problemlerinin Lyapunov çözümünde dinamik bir sistem için denge noktasına belirli bir komşulukta çözüme sahip bir durum uzayı bölgesinde tanımlanması gerekmektedir [10].

Bu çalışmada seçtiğimiz dc servo motora referans olarak verilen yük şaft açısı doğrusal olmadığı için dc servo motor lineer yapıya sahip olsa bile sistemin tamamı doğrusal değildir. Doğrusallaştırma maksatlı geri besleme uygulanırken Lyapunov yöntemi ile yük şaft açısı çıkış değerinin kararlılığı incelenmiştir.

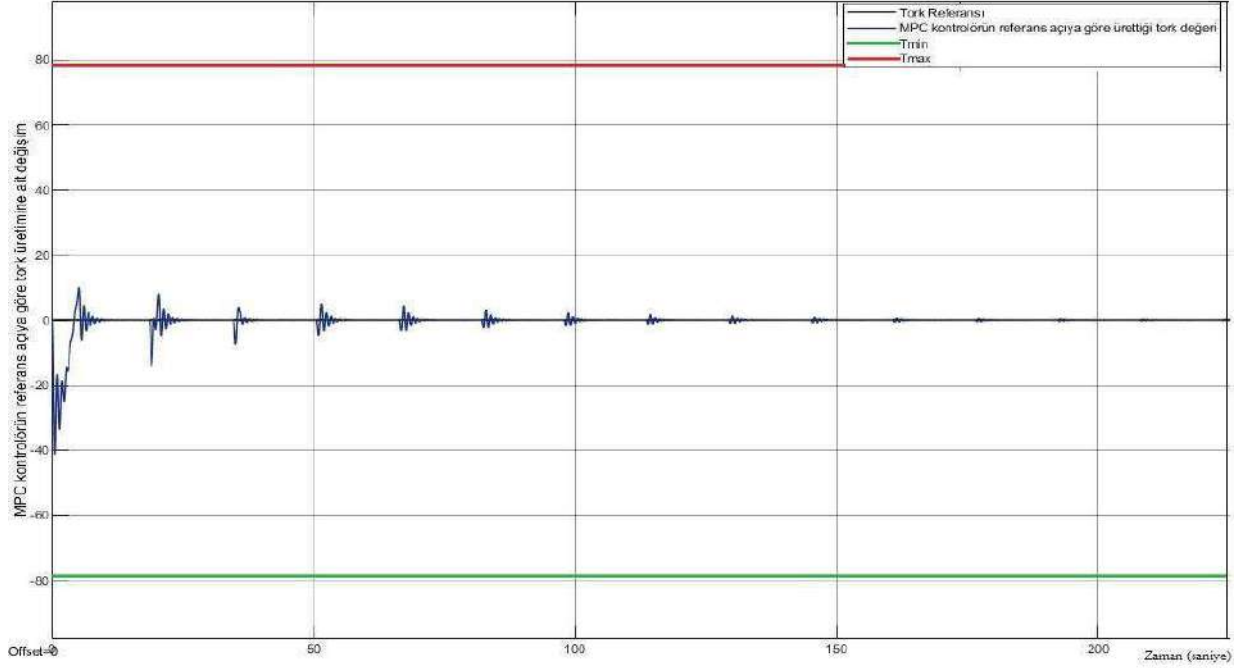
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Şekil 2' de söz konusu Geri Beslemeli Doğrusallaştırılmış Lineer Lyapunov Tabanlı Kontrolcünün tork değişimi incelenmiştir. Şekil 2' den anlaşılacağı üzere, Lineer Lyapunov tabanlı kontrolcünün tork değişiminin sonlanması diğer bir deyişle 0 noktasında kararlılığa oturması (uygulanan torkun sıfır olması) 200 saniyeye yakın sürmektedir. Aynı kontrolcünün şaft açısı çıkışının kararlılığa ulaşması (yük şaftının hareketsiz kalması) 40 saniye sürmektedir.



Şekil 2. Lineer Lyapunov Tabanlı Kontrolcünün MPC tarafından üretilen Tork değerine göre değişimi

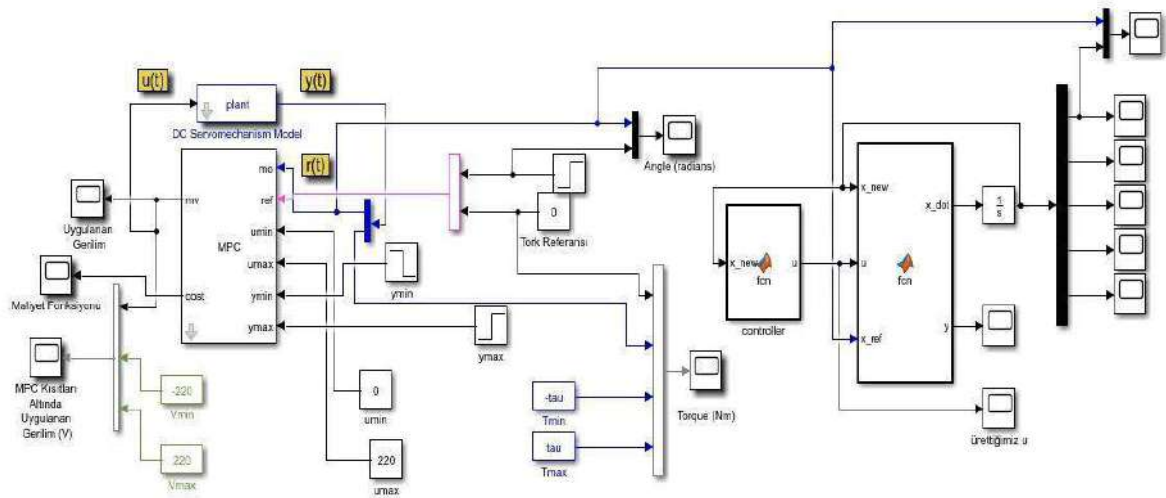
Şekil 3' de incelenen MPC kontrolör çıkışının, Lyapunov Tabanlı Kontrolcüye göre tork kararlılığı esas alındığında ve özellikle ilk 50 saniye değeri incelendiğinde, yük şaftının torku kararlılığa ulaşırken yaptığı salınım bakımından daha az salınım yaptığı ve kararlılığa daha çabuk ulaştığı görülmüştür.



Şekil 3. MPC tarafından üretilen Tork Değeri

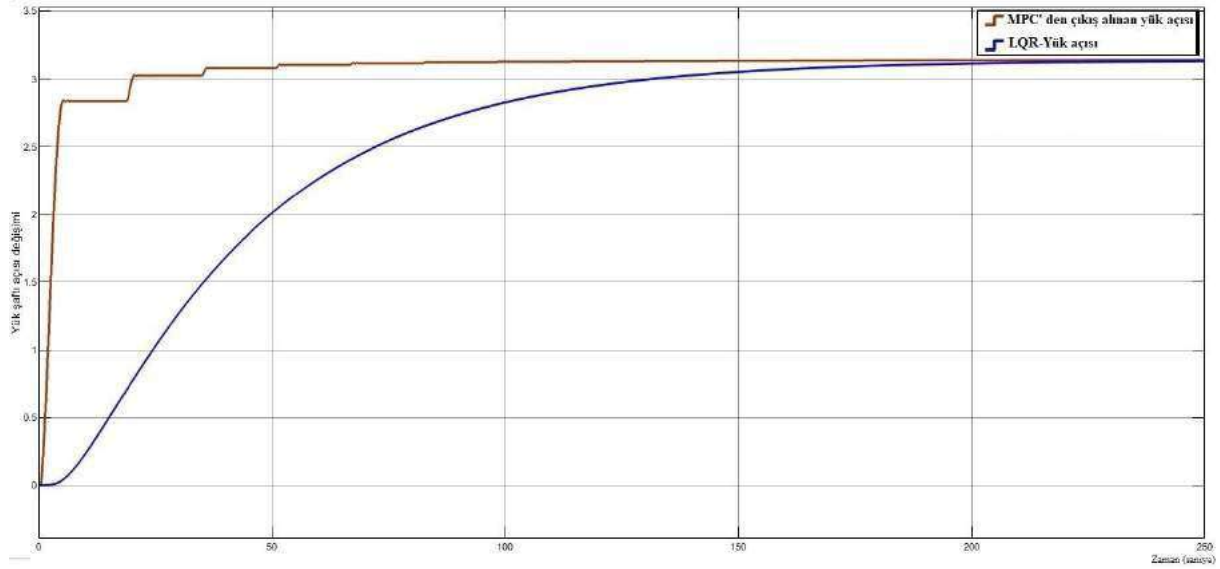
MPC performansını diğer karşılaştırdığımız yöntem LQR yöntemidir. LQR doğrusal sistemler için kullanılır ve geri besleme yolu sağlayan kuadratik performans ile herhangi bir durumda yörüngeyi tekrar hesaplanmış olduğundan emin olmak gereklidir. Yörüngeden emin olmak amacıyla alınan ölçümlerde bozucular kontrolöre etkide bulunurlar. LQR'yi iyi bir şekilde uygulamak için, sistemin modeli bilinmesi gereken esas olup herhangi bir belirsizlik olmadan ve tüm sistemlerin ölçülebilir olması gerekir [11].

MPC tarafından doğrusallaştırılmış açı çıkışı Şekil 4' de referans alınarak LQR kontrolcü bağlantısı yapılmıştır [12]. LQR yapısı gereği (maliyet fonksiyonunun MPC ile aynı olması) kısıtsız MPC gibi düşünülmektedir.



Şekil 4. MPC-LQR bağlantısı

Şekil 5’ de görülen MPC çıkışındaki ufak değişimlere bakıldığında, LQR kontrolcü referans değerindeki kararlılığa MPC’ den daha geç ulaşmaktadır. Bu durumun sebebi ise LQR ve MPC’ nin optimize işlemlerinde iki yöntemde de sonlu ufuk kullanmasına rağmen MPC’ nin sonlu ufuk kavramındaki manipüle edilmiş girişlerin azalan ufuk çizgisine sahip olmasıdır. Başka bir deyişle LQR’ da manipüle edilen giriş devamlı aynı işlemlerden geçerek ilerlerken MPC’ de ise zamanla manipüle edilen girişe ait optimizasyon işlemleri azalmaktadır.



Şekil 5. MPC tarafından üretilen Açı değerinin LQR Tabanlı Kontrolcü ile karşılaştırılması

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

LQR ile MPC’ yi ayıran temel husus, amaç fonksiyonları düşünüldüğünde LQR’ nin sistem değişkenleri üzerinden, MPC’ nin ise direk çıkıştan maliyet fonksiyonu hesaplaması olarak gösterilebilir. Bu çalışmada LQR, lineer sistemler için uygulanan bir yöntem olduğu için MPC tarafından lineerleştirilmiş yük açısı referans olarak kullanılmıştır. LQR kontrolcünde verilen giriş değeri sistemin tüm noktalarında sabit olması sebebi ile maliyet fonksiyonunun işlem yoğunluğu artmaktadır. Fakat işlem yoğunluğu ve azalan ufuk kavramı olmadığından LQR yük şaftı açısı çıkışının daha uzun saniyeler sonra kararlılığa ulaştığı gözlenmiştir. LQR ile doğrusal olmayan yük açısı değişimi LQR’ ın lineer yapısından dolayı gözlenmemiştir.

Geri Beslemeli Doğrusallaştırılmış Lyapunov Tabanlı Kontrolcünün kontrol ettiği lineer olmayan yük şaftı sisteminde sistem çıkış torku kararlılığına ulaşılırken çok fazla salınım yapılarak kararlılığa ulaşıldığı görülmüştür. Kullanılan MPC’ de ise, Lyapunov Tabanlı Kontrolcüye kıyasla salınımın daha düşük olduğu ve kararlılığa daha çabuk ulaştığı gözlemlenmiştir. MPC’ nin diğer geri beslemeli doğrusallaştırılmış Lyapunov kontrolcüye olan üstünlüğünün sebebi ise azalan ufuk prensibine göre, amaç fonksiyonundan elde edilen manipüle edilmiş girişin, sistem çıkışı direk olarak referans alınarak oluşturulmasıdır. Gelecekte işlemci hızları daha da arttıkça MPC’ nin amaç fonksiyonunun türevi alınarak hesaplanan manipüle edilen girişin sisteme olan cevabı daha da hızlanacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Camacho, Eduardo F., Bordons Alba, Carlos, Model Predictive Control, Second Edition, Springer-Verlag London Limited 2007
- [2] Maciejowski, J. M., Predictive Control With Constraints, 1st Edition, Harlow, England ; New York : Prentice Hall, 2002.
- [3] James B. Rawlings, David Q. Mayne, Moritz M. Diehl Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design (2019)
- [4] Mehmet Cüneyt HASPOLAT, Modele Dayalı Öngörülü Kontrol Çözüm Paketlerinin Karşılaştırılması, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi (2017)
- [5] Bemporad Alberto, Manfred Morari, Ricker N. Lawrence, Model Predictive Control Toolbox Getting Started Guide, The MathWorks Inc. 2016.
- [6] Yaprak Yalçın, Modele Dayalı Öngörülü Endüstriyel Kontrolörlerin Gerçeklenmesi, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi (2004)
- [7] Levent Ucu, Modele Dayalı Öngörülü Kontrol Algoritmaları, YTÜ, Yüksek Lisans Tezi (2007)
- [8] Huichao Zou, Junwei Lei, Hongyun Yu, Extended Lyapunov Stability Theorem and Its Applications in Control System with Constrained Input, IEEE International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology, CNMT, 2009
- [9] Avinesh Prasad, Bibhya Sharma, Motion Camouflage for Point-Mass Robots Using a Lyapunov-based Control Scheme, The 4th International Conference on Control and Robotics Engineering, 2019
- [10] Engin Cemal MENGÜÇ, Lyapunov Kararlılık Teorisi Tabanlı Doğrusal Adaptif FIR Filtre Tasarımı, Niğde Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi(2011).
- [11] Siddhesh Dani, Dayaram Sonawane1, Deepak Ingole, Sanjaykumar Patil, Performance evaluation of PID, LQR and MPC for DC motor speed control, 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 2017
- [12] Hezarfen Havacılık ve Uzay Teknolojiler Enstitüsü Bilgisayar Laboratuvarı MATLAB 2019a Programı



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Baret Takan İşçilerin Derin Öğrenme ve Görüntü İşleme Yöntemleri ile Tespiti

Kardelen ÖZDEMİR ¹, Gültekin ÇAĞIL ²

¹Kardelen ÖZDEMİR, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

kardelen.ozdemir@ogr.sakarya.edu.tr

²Gültekin ÇAĞIL, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

cagil@sakarya.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: kardelen.ozdemir@ogr.sakarya.edu.tr; Tel.: +90 0(537) 282 90 05

ÖZET

Bilindiği üzere işverenler işletmelerinde nasıl güvenlik önlemlerini almakla yükümlülürse, işçiler de bu güvenlik önlemlerine uymakla yükümlüdür. Ancak çoğu kez işçilerin kişisel koruyucu donanımlarını kullanmadıklarına şahit olunmaktadır. Bu çalışmada, bahsi geçen durumların önüne geçebilmek için Görüntü İşleme ve derin öğrenmeye dayalı nesne tespit yöntemlerinden olan YOLOv4 algoritmasından faydalanılmış, Python programlama dili, Opencv kütüphanesi ve Google Colab platformu kullanılmış, böylece baret takan veya takmayan işçilerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla işyerinde baret takma oranının artması, yaşanan iş kazalarındaki hasar oranının ise azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 503 fotoğraf ile 2500 adet insan fotoğrafının kullanıldığı modelde, baret takan veya takmayan kişilerin %90 doğruluk seviyesinde tespit edildiği görülmüştür. Ayrıca yapılan 20 denemenin 19'unda herhangi bir yanlış tespite rastlanılmamış, sonuçlar sonuç kısmında tartışılmıştır. Çalışmamızın literatürde kullanılan yöntemlerden farkı YOLOv4 algoritmasıyla Görüntü İşleme modelini uygulamasıdır.

Anahtar kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, görüntü işleme, openCV kütüphanesi, YOLOv4 algoritması, derin Öğrenme.

Detection of Hard Hat Workers Using Deep Learning and Image Processing Methods

ABSTRACT

As it is known, just as employers are obliged to take security measures in their enterprises, workers are also obliged to comply with these security measures. However, it is often witnessed that workers do not use their personal protective equipment. In this study, the YOLOv4 algorithm, one of the object detection methods based on Image Processing and deep learning, was used to prevent the aforementioned situations, Python programming language, Opencv library and Google Colab platform were used, thus it was aimed to identify workers who wear helmets or not. Therefore, it is aimed to increase the rate of wearing a helmet in the workplace and to reduce the damage rate in occupational accidents. For this purpose, in the model, in which 2500 photographs of people were used together with 503 photographs, it was observed that people wearing or not wearing helmets were detected at 90% accuracy level. In addition, no wrong determination was found in 19 of the 20 trials, and the results were discussed in the conclusion part. The difference of our study from the methods used in the literature is that it applies the Image Processing model with the YOLOv4 algorithm.

Keywords: Occupational health and safety, image processing, openCV Library, YOLO4 Algorithm, Deep Learning.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnşaat alanları, fabrika vb. gibi yerlerde çalışan işçilerin hayatı her işçinin hayatı gibi çok kıymetli ve değerlidir. İş sağlığı ve güvenliği de esasen bu değeri korumak için oluşturulmuş kuralların bütünüdür. Çalışanların bu kurallara uygun davranmaması neticesinde iş kazalarına maruz kalmaları veya meslek hastalıklarına yakalanma ihtimalleri vardır. Kısaca bu kurallar bütünü aksine bir hareket, son derece tehlikeli ve ölümcül durumlara yol açabilmektedir (kplegal, [1]).

İşverenin aldığı tedbirlere işçinin de uyması gerekir. Genellikle işverenlerin almadığı tedbirlerden bahsedilir ancak çoğu kez işçilerin bu tedbirlere uygun davranmadıkları görülebilmektedir (Kılıç, [2]). Diğer taraftan iş sağlığı ve güvenliği kurallarının ana maddelerine bakıldığında ise “işiniz için uygun olan kişisel koruyucu donanımların kullanılmasının zorunlu olduğu” ibaresi de çok net bir şekilde görülebilmektedir (kaleosgb, [3]).

Yukarıda belirtilen durumlardan yola çıkarak baret takmanın zorunlu olduğu iş yerleri içerisindeki kamera görüntülerinden baret takan ve takmayan işçilerin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Benzeri çalışmalardan farklı olarak burada YOLOv4 algoritması kullanılarak Görüntü İşleme modeli uygulaması gerçekleştirilmiştir. Nesne tespiti için birçok farklı araç olsa da YOLOv4 kullanımının diğer algılama sistemlerine göre en büyük avantajlarından biri, tahminlerinin test sırasında tüm görüntünün küresel bağlamı tarafından bilgilendirilmesidir. Ayrıca, R-CNN gibi sınıflandırıcı tabanlı sistemlerin aksine, tek bir ağ

değerlendirmesiyle tahminlerde bulunur. YOLOv4 algoritması, R-CNN'den 1000 kat daha hızlı, hızlandırılmış R-CNN'den 100 kat daha hızlı çalıştığı bilinmektedir.

- Hız (saniyede 45 kare)
- Ağ, geliştirilmiş nesne temsilini sağlamaktadır.
- Çok daha küçük bir mimariye sahiptir (Roy, [4]).

YOLOv4 algoritmasının bir önceki sürümü olan YOLOv3'ten tek farkı omurgasıdır. Çünkü YOLOv3, Darknet53 omurgasına sahiptir. YOLOv4 ise CSPDarknet53 omurgasına sahiptir. Diğer tüm özellikleri YOLOv3 ile aynıdır (Murugavel, [5]).

Bu çalışmada algoritmayı eğitebilmek için 503 fotoğraf ile 2500 baret takan ve takmayan işçi fotoğrafı kullanılmıştır. Fotoğrafları etiketlemek için 2 adet etiket kullanılmıştır. Bunlardan wearing etiketi baret takan işçileri tanıtmak için, not_wearing etiketi ise baret takmayan işçileri tanıtmak için kullanılmıştır. Veri setinin yarısı baret takan işçilerden diğer yarısı da baret takmayan işçilerden oluşmaktadır. Bu çalışma için veri setinin %80'i eğitim %20'si test verisi olarak kullanılmıştır. Model eğitme işlemi güçlü ve ücretsiz bir GPU ortamı sunan Google Colabnotebook'da gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda web kamerasından alınan verilere baktığımızda her iki etiket için de %90 oranlarında bir doğruluk seviyesinde tespit yaptığı görülmüştür, ayrıca bu tespit süreci son derece hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Yıldırım, [6]).

Rui Geng ve arkadaşları (2020)'de YOLOv3 ile düzensiz bir veri kümesinde kask algılama çalışmasını geliştirmişlerdir. YOLOv3 hedef algılama algoritması, yüksek hız ve yüksek doğruluk oranı sebebiyle endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak düzensiz veri kümelerinin doğrulukta bozulma gibi bazı sınırlamaları da vardır. Bu yöntemde kullanılmış olan gauss bulanıklığı; gürültüyü ortadan kaldırmak ve ayrıntı düzeyini azaltmak için kullanılan bir görüntü işleme tekniğidir. Gauss bulanıklığı aynı zamanda piksel eşleme çalışması için ağırlıklı ortalama kullanmıştır. Yöntem ve şablon olarak da pozitif bir dağılım kullanmaktadır. Rui geng ve arkadaşlarının geliştirdiği yöntemin etkinliğini doğrulamak için 689 test verisi incelenmiştir.

Çıktılara bakacak olursak YOLOv3'ün doğrudan kullanımı düzensiz veri seti için tam manasıyla yeterli olamamaktadır. Düzensiz kask veri seti için veri büyütme, verileri işleme ve ardından modeli YOLOv3 ile eğiterek tanıma hızını etkilemeden, algoritma ve güven düzeyinde 0,01-0,02 artış elde edilmesi sağlanmıştır (Geng, [7]).

Abdulsamet Aktaş'ın (2020)'de nesne tespit etme alanında kullanılan YOLOv3 modeli DenseNet modeli ile birleştirilerek dokunsal parke yüzeylerinin tespiti çalışması yapılmıştır. Bu model ile dokunsal parke yüzeylerinin tespit edilebilmesi ve görüntü içerisinde hangi konumda olduğu tespit edilebilmektedir. YOLOv3-Dense modeli ile YOLOv3 modelinde bulunan öznelik katmanlarındaki düşük çözünürlüğe sahip görüntülerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda görüntüde bulunan özneliklerin tüm katmanlarda eşit bir şekilde yayılması DenseNet yöntemi ile sağlanmış ve ağ performansı artırılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda YOLOv3-Dense modelinin %89 F1-skor, %92 ortalama hassasiyet ve %81 IoU değerleri ile diğer YOLO modellerinden çok daha iyi sonuç verdiği anlaşılmıştır (Aktaş, [8]).

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Başlangıçta Alexey github deposundaki dosyalar bilgisayara indirilmiştir. Ardından indirilen darknet dosyasındaki Makefile adlı dosya düzenlenmiş, Makefile dosyanın içerisindeki GPU, CUDNN ve OPENCV parametrelerinin değerleri 1 olarak değiştirip, kaydedilmiştir. Eğitim ve test aşamalarında kullanılabilmesi için önceden eğitilmiş weights dosyası ve YOLOv4 için gerekli weights dosyası bilgisayara indirilmiştir.

İlk olarak darknet/cfg/ adresinde yer alan darknet.cfg dosyasını darknet klasörünün içerisine kopyalanmıştır. Bu dosya içerisinde model için özelleştirilmiş bir cfg dosyası bulunmaktadır. Config dosyasının içerisindeki batch değeri her iterasyonda konvolüsyonel sinir ağına alınacak fotoğraf sayısını ifade etmektedir. Subdivision değeri ise her bir batch'i kaç alt adıma bölünebileceğini göstermektedir. Subdivision değeri 64 yapılabilmektedir. Subvisions değerini fazla yükseltmek eğitimi uzatmakta, fazla kısmakta kaliteli bir eğitim yapılmasının önüne geçebilmektedir. Eğer model eğitimi esnasında "Cuda error: out of memory" tarzında bir hata alınırsa subdivision değerinin artırılması gerekmektedir. Width ve height değerlerini ise 416 yapılabılır. 416 yapılmasının sebebi modelin nesne tespitinde denemek için kullanılacak python dosyasındaki tensorların 416 olarak düzenlenmesidir.

Max_batches değeri class sayısının * 2000 katı kadar olmalıdır. 2 sınıftan oluşan bir model eğitileceğinden 2*2000'den Max_batches değeri 4000 yapılmıştır. Ardından steps değerini ise max_batches değerinin %80 veya %90'ı olarak değiştirilmiştir. Bu modelde steps değeri 4000' in %80'i olan 3200 olarak ayarlanmıştır. Config dosyasında bulunan class parametrelerinin değeri sınıf sayısı olan 2 olarak ayarlanmıştır. Filters parametreleri ise class değerinin 5 fazlasının 3 katı olarak değiştirilmiştir ve bu model için 21 olarak hesaplanmıştır.

NOT: Config dosyasında toplam 3 tane class ve 3 tane filters parametresi yer almaktadır. Bu değerlerin hepsi yukarıda bahsedildiği gibi class sayısı 2, filters sayısı 21 olacak şekilde değiştirilmiştir.

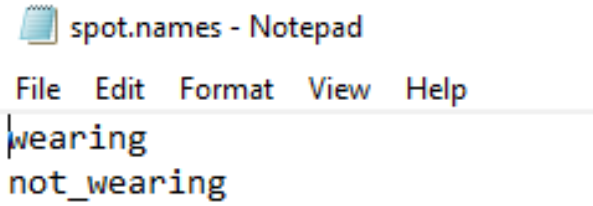
Model Google Colab ortamında eğitilmiştir. Bu sayede işletim sistemine yüklememiz gereken kütüphane ve yazılımların kurulumunda oluşabilecek hatalarla zaman kaybedilmemiş ve güçlü GPU ile model eğitim süreci çok daha kısa sürmüştür. Bu çalışmada oluşturulan 2 farklı sınıf içeren bir veri seti ile model eğitilmiştir. Fotoğraf verileri, 250 adet (.jpg) formatında fotoğraftan oluşmaktadır. Bu fotoğraf sayısını ne kadar arttırabilirsek o kadar güçlü bir model oluşturabiliriz. Fotoğraflar bulduktan sonra fotoğraflar YOLO formatına uygun bir şekilde etiketlenmelidir. Etiketleme işlemi için LabelImg programını veya makesense.ai sitesini kullanılabilir fakat bu projede makesense.ai adlı program tercih edilmiştir.

Veri setini eğitime hazır hale getirmek için darknet klasörünün içerisinde bir alt klasör oluşturulmalıdır. Bu modelde klasörün ismi spot_data olarak belirlenmiştir. Modelin doğru bir şekilde eğitilebilmesi için spot_data klasörünün içerisinde 6 adet birbirlerinden farklı içerikte dosya bulunmalıdır. Spot_data içerisindeki, spot_images klasöründe fotoğrafları ve etiketleri içeren metin(txt) dosyaları bulunmaktadır. Spot_labels klasöründe ise sadece fotoğrafların etiketleri bulunmaktadır.

Fotoğraf veri seti içersin de ki görsellerin %80'i eğitim, %20'si ise test verileri için ayrılmalıdır. Veri setindeki görsellerin 4/5'ini eğitim, 1/5'i ise test verileri için ayrılmalıdır. Bu fotoğraf verileri spot_training metin belgesine, test için ayrılan fotoğraf ise spot_testing metin belgesine, ismi dosya yolu dahil bir biçimde kaydedilmelidir.

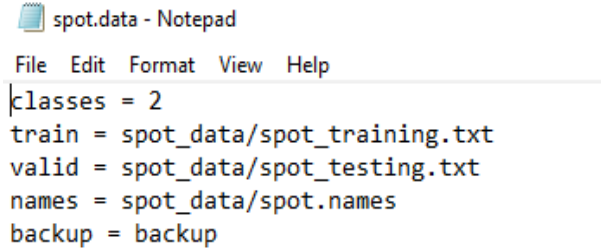
Google Colaboratory unix işletim sistemine sahiptir. Kullanılacak dosyalar ziplenmiş ise zipten çıkarılması gerekmektedir. Fotoğrafların, training ve testing metin belgelerindeki dosya yolu; **spot_data/images/1.jpg** şeklinde olmalıdır.

Names dosyasında sıralı bir şekilde sınıfların etiketleri yazılmalıdır. Uzantıları Names ve Data olan dosyalarının içeriği şekil 1 ve şekil 2'deki gibi olmalıdır.



```
spot.names - Notepad
File Edit Format View Help
wearing
not_wearing
```

Şekil 1. Spot.names Klasörü



```
spot.data - Notepad
File Edit Format View Help
classes = 2
train = spot_data/spot_training.txt
valid = spot_data/spot_testing.txt
names = spot_data/spot.names
backup = backup
```

Şekil 2. Spot.data Klasörü

Sonuç olarak darknet klasörünün içerisinde ekstra olarak düzenlenen config dosyası, eğitim ve test için başta indirilen 2 adet dosya ve veri seti için oluşturulmuş klasör bulunmalıdır. Düzenlenen darknet dosyası sıkıştırılarak drive hesabından spot_model adıyla oluşturulan klasörün içerisine yüklenmelidir. Bundan sonraki adımlarda Google Colab ortamında Tesla K80 GPU ile model eğitilmiştir.

YOLOv4 algoritması ile nesne tanıma işlemi yapabilmek için OpenCV sürümünün en az 4.4 olması gerekmektedir. Python dosyalarında tespit için gerekli video veya görselin yolu girilmelidir. Son olarak model eğitimi için oluşturulan config dosyası ve eğitim sonucunda oluşan weights dosyası Python' da kullanılmalıdır (Ayaz, [9]).

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

2.1.1 Spyder

Veri setini oluşturabilmek için hedefe yönelik Fotoğrafların seçip, dosyaya kaydedilmesi gerekmektedir. Ancak internetten veya başka kaynaklardan bulunan fotoğrafların her zaman aynı türde olmayabilir (jpg, png vb.). Bu sebepten fotoğrafların ortak bir tür çatısı altında toplanması gerekmektedir. Az sayıda fotoğraf verisi için elle değiştirmek iyi bir seçenek iken, veri setindeki fotoğraf sayısı arttıkça bu işi elle yapmak zorlaşmaktadır. Bu noktada spyder ortamında gerekli python kodları ile fotoğrafları herhangi bir türden jpg türüne dönüşümünü kolaylıkla yapabilmektedir.

2.1.2.Darknet

Darknet, C ve cuda'da yazılmış açık kaynak kodlu bir sinir ağı yapısıdır. Bu çalışmada seçilme sebebi ise hızlı, kurulumu kolay, CPU ve GPU hesaplamalarını kolaylıkla destekleyebilmesidir. Kaynağını AlexeyAB/Darknet'ten kolaylıkla bulunabilir.

Darknet, gerçek zamanlı bir nesne algılama sistemi olan sadece bir kez bakarsın (You look only once) özelliğine sahip bir derin öğrenme (deep learning) kütüphanesidir. Tekrarlayan sinir ağları, zamanla değişen verileri temsil etmek için güçlü bir model yapısı sunmaktadır.

2.1.3.Yolo Algoritması

Diğer nesne algılama algoritma-larının tümü, görüntü içindeki nesneyi yerleştirmek için belirli bölgeler kullanır. Ağ, görüntünün bütününe bakamaz. Bunun yerine, nesneyi içerme olasılığı yüksek olan görüntünün parçalarına odaklanır. YOLO (You Only Look Once), bölge tabanlı algoritmalarından çok farklı bir nesne algılama algoritmasıdır. YOLO' da tek bir evrişimli ağ, sınırlayıcı kutuları ve bu kutular için sınıf olasılıklarını tahmin etmektedir.

YOLO SxS ızgarasına bölünür ve her ızgarada m tane sınırlayıcı kutu alır. Sınırlayıcı kutuların her biri için ağ, sınırlayıcı kutulara bir sınıf olasılığı ve uzaklık değeri vermektedir. Bir eşik değerinin üzerinde sınıf olasılığına sahip sınırlayıcı kutular seçilir ve nesneyi görüntü içinde konumlandırmak için kullanılır.

YOLO, diğer nesne algılama algoritmalarından çok daha hızlıdır (saniyede 45 kare). YOLO algoritmasının kısıtları, görüntüdeki küçük nesnelere müdahale edememesidir, örneğin bir kuş sürüsünü tespit etmek de zorluklar yaşayabilir. Bu, algoritmanın uzamsal kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır.

2.1.4.Google colab

Google Colab, jupyter not defterine benzer bulut tabanlı bir veri bilimi çalışma alanıdır. Her Collaboratory oturumu, 13 GB ram ve bir CPU, GPU veya TPU işlemci çalıştıran bir sanal makine ile donatılmıştır. Çoğu durumda, gerekli tüm paketler bu makinelere zaten yüklenmiştir ve Google Collaboratory'ı kullanarak kolayca geliştirmeye başlanabilir. Kullanıcılarını yükleme sürecinden kurtarır ve kolay erişilebilir GPU'lar sağlar.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Accuracy bir modelin başarısını ölçmek için çok kullanılan ancak tek başına yeterli olmadığı görülen bir metriktir. Accuracy değeri modelde doğru tahmin ettiğiniz alanların toplam veri kümesine oranı ile hesaplanmaktadır. Özellikle eşit dağılmayan (unbiased) veri setlerindeki model doğruluğu tek başına yeterli değildir.

True Positive ve True Negative modelin doğru olarak tahminlediği, False Positive ve False Negative ise modelin yanlış olarak tahminlediği alanlardır.

- True Positive(TP) : baret taktığını tahmin ettiniz ve bu doğru
- True Negative(TN): baret takmadığını tahmin ettiniz ve bu doğru
- False Positive (Type 1 Error)(FP): baret taktığını tahmin ettiniz ve bu yanlış
- False Negative (Type 2 Error)(FN): baret takmayan olarak tahmin ettiniz ve bu yanlış.

Kesinlik (Precision) ise baret takıyor (wearing) olarak tahmin ettiğiniz değerlerin kaç adedinin baret takıyor (wearing) olduğunu göstermektedir.

Duyarlılık (Recall) ise baret takıyor (wearing) olarak tahmin etmeniz gereken işlemlerin ne kadarını baret takıyor(wearing) olarak tahmin ettiğinizi gösteren bir metriktir.

F1 Skor(Score) değeri bize Kesinlik (Precision) ve Duyarlılık (Recall) değerlerinin harmonik ortalamasını göstermektedir.

Basit bir ortalama yerine harmonik ortalama olmasının sebebi ise uç durumları da gözardı etmemeniz gerektiğidir. Eğer basit bir ortalama hesaplaması olsaydı Kesinlik (Precision) değeri 1 ve Duyarlılık(Recall) değeri 0 olan bir modelin F1 Score'u 0.5 olarak gelecektir ve bu bizi yanıltacaktır (Öğündür, [10]). Darknet model eğitimi sonunda Google Colabratory ekranında yer alan bilgiler dahilinde IoU değerinin 0.5 alındığı ve hassasiyet değeri %99.8 olarak elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada; işçilerin can güvenliğini sağlayabilmek için hayati bir öneme sahip olan baretin; işçiler tarafından gerek unutulmuş gerekse önemsenmeyerek takılmamasının veyahut takılmış gibi görünse de düzgün bir şekilde takılmamasının önüne geçilebilmesi hedeflenmiştir. Bunun için baret takan veya takmayan işçilerin fotoğrafları, Python Programlama Dili, Google Colab Platformu, Darknet Sinir Ağı Çerçevesi, makesense.ai Fotoğraf Etiketleme Aracı, YOLOv4 Algoritması ve OpenCV Görüntü İşleme Kütüphanesi kullanılarak bilgisayara tanıtılmıştır. Görüntü üzerindeki nesnelere YOLOv4 Algoritması ile etiketlenip baret takıp, takmayan işçiler tespit ve test edilmiş, aynı zamanda bu işlem kamera kullanılarak gerçek zamanlı olarak da denenmiştir. Sistem çıktısında bulunan sayım işlemi Python üzerinde OpenCV kütüphanesi kullanılarak yazılan kod ile gerçekleştirilmiş, 20 denemede 19 doğru sonuca ulaşılmıştır. Bu denemeler de %90 ve üstü olasılık seviyesinde doğruluk oranıyla model çıktı üretmiştir. Ayrıca model çeşitli şapka, tülbent vb. baş bölgesine takılan aksesuarlar

ile baretı doğru bir şekilde ayırt edebilme başarısı göstermiş, şekil 4'te görüldüğü üzere model hedeflenen çıktıya ulaşmıştır.



Şekil 3. Eğitilen Modelin Web Kamera Kullanılarak Alınmış Örnek Çıktısı

Oluşturulan bu sistemin ilgili iş yerlerinde kullanılmasıyla baret takmayan veya doğru bir şekilde takamamış işçilerin belirlenmesiyle birlikte işçilerin baret takma hassasiyetlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hassasiyetin gelişmesi ile işçilerin olası iş kazalarından en az hasarla ayrılmaları ve iş yerinin daha güvenli bir ortam haline gelmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] <https://kplegal.com.tr/is-sagligi-ve-guvenligi-ile-ilgili-hukuki-yaptirimlar-2>, (kplegal), (2020)
- [2] <https://www.milliyet.com.tr/yazarlar/cem-kilic/baret-takmayan-isci-isten-cikartilabilir-2322882>, (Cem Kılıç), (7.10.2016)
- [3] <https://kaleosgb.com.tr/is-guvenliginde-10-altin-kural/>, (Kale OSGB İstanbul İş Güvenliği), (2020)
- [4] <https://towardsdatascience.com/using-yolov3-for-real-time-detection-of-ppe-and-fire-1c671fcc0f0e>, (Rupali Roy), (12.05.2020)
- [5] <https://manivannan-ai.medium.com/yolo-v4>
750cd627064f#:~:text=The%20difference%20of%20yolov4%20from,But%20the%20yolov4%20has%20CSPDa
rknet53, (Manivannan Murugavel), (4.05.2020)
- [6] <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1024864>, (Büşra Yıldırım), (14.08.2020)
- [7] <https://arxiv.org/pdf/2011.04214.pdf>, (Rui Geng), (1.1.2020)
- [8] [file:///C:/Users/HP/Downloads/Derin%20C3%96%4%9Frenme%20Y%C3%B6ntemleri%20ile%20G%C3%B6zlem%20Uygulamaları%20C4%B0%20v3%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Derin%20C3%96%4%9Frenme%20Y%C3%B6ntemleri%20ile%20G%C3%B6zlem%20Uygulamaları%20C4%B0%20v3%20(4).pdf), (Abdulsamet Aktaş), (2020)
- [9] <https://burakalperen87.medium.com/yolov4-ve-google-colab-ile-nesne-tan%C4%B1ma-7f72ab825ce0>, (Burak Alperen Ayaz), (16.11.2020)
- [10] <https://medium.com/@gulcanogundur/do%C4%9Fruluk-accuracy-kesinlik-precision-duyar%C4%B1%20k-recall-ya-da-f1-score-300c925feb38>, (Gülcan Ögündür), (2019)



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

BETONARME KONSOL İSTİNAT DUVARI TASARIMI

Ezgi UYGUNER^{1,*}, Nazile URAL²

¹Ezgi UYGUNER, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye
uygunerezgi@gmail.com

²Nazile URAL, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye
nazile.ural@bilecik.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: uygunerezgi@gmail.com; Tel.: +90-538-960-39-08

ÖZET

Bu çalışmada, dış etkilere maruz kalan dayanma duvarı tiplerinden betonarme konsol istinat duvarı tasarımı incelenmiştir. Betonarme konsol istinat duvarı, deprem riski yüksek olan 1 Ocak 2019'da yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) Bölgesi Haritasına göre ifade etmek gerekirse en büyük yer ivmelerinin görüldüğü, problemlili zeminlerde ve yerel zemin sınıfı ZE olarak nitelendirilen zeminler için tasarlanmıştır. Deprem bölgesinde inşa edilen istinat duvarlarına statik toprak basınçlarının yanı sıra dinamik toprak basınçlarının da etkisi önemlidir. Tasarım yapılırken mühendisliğin üç temel niteliği olan güvenilir, ekonomik ve ergonomik tasarım ilkeleri ilk amaç olmuştur. Bu amaçla, GEO5_2020 ve STA4-CAD V.14.1 programlarına zemin özellikleri girilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, yetersiz değerlere çözüm önerileri getirilmiştir. Sonuçta, farklı yöntemler kullanılarak güvenli tahkik sonuçları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstinat duvarı, deprem, problemlili zeminler, tasarım.

Reinforced Concrete Cantilever Retaining Wall Design

ABSTRACT

In this study, the reinforced concrete cantilever retaining wall design of resistance wall types exposed to external influences was examined. The cantilever retaining wall is designed for problematic soil and local soil grade ZE, where the greatest ground accelerations are seen, according to the Turkish Building Earthquake Regulation (TBDY) Zone Map, which came into force in January 1, 2019, which has a high risk of earthquakes. In addition to static soil pressures, the effect of dynamic soil pressures on retaining walls built in the earthquake zone is important. When designing, the principles of reliability, economic and ergonomic design, the three main engineering qualities, were the first objective. For this purpose,



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

the results obtained by entering the soil features of the GEO5_2020 and STA4-CAD V.14.1 programs were compared, and solutions were proposed to inadequate values. As a result, safe investigation results were obtained using different methods.

Key Words: Cantilever retaining wall, earthquake, problematic soils, design

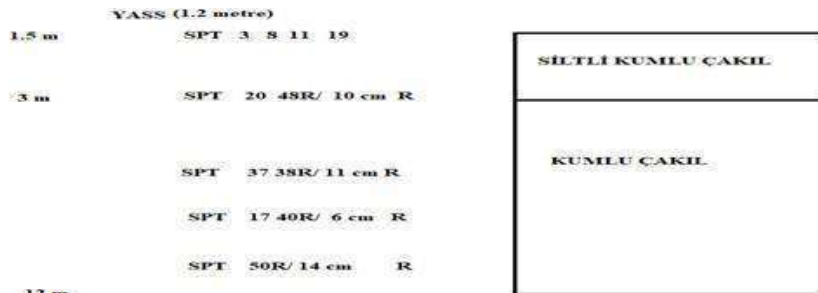
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İstinat duvarları, seviye farkının aniden değiştiği yerlerde şev açısının düşey ya da düşeye yakın olması istendiğinde ve zemindeki malzemenin kaymasını veya suyun zemini aşındırmasını önlemek için yapılan tutma yapılarıdır [4]. Deprem kuvvetinin etkisi altında istinat duvarlarına gelen yanal basınç kuvveti artar böylece istinat duvarı harekete geçmesine neden olur. Deprem etkisi altındaki istinat duvarı davranışlarını gözlemlediğimizde, zemin-duvar ilişkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü duvar hareketi ve duvara etkiyen basınçlar duvar arkasındaki ve de altındaki zeminin davranışına duvar ataletine son olarakta deprem özelliklerine göre değişmektedir [2]. İstinat duvarlarının yapılacağı zemin parametreleri ise bazı arazi ve laboratuvar deneyleri ile belirlenmektedir [1]. İstinat duvarları rijit, yarı rijit ve esnek olarak TS 7994'e göre 3 ana gruba ayrılarak sınıflandırılır. Rijit istinat duvarları tipleri; ağırlık, yarı ağırlık, konsol, payandalı, ters payandalı istinat duvarlarıdır. Yarı rijit istinat duvarları tipleri; kafes tipi ve sandık tipi istinat duvarları, kazıklı perdeler, diyafram duvarlardır. Esnek istinat duvarları tipleri ise palpnaj perdeleri, ankrajlı palpnaj perdeleri, donatılı zemin, zemin çivisi uygulaması, geotekstil donatılı istinat duvarlar olarak adlandırılır [5]. Özkan, M.Tuğrul, Yıldırım 2004, Binici ve Öztürk 2019, Emir 2005, Sefi 2014, Aytekin 2004, Kayhan 2015, Çelebi 2010 ve Arslan 2018 ve Çakır 2013 de dayanama duvarları ile çalışmışlardır. Bu çalışmada rijit istinat duvarlarından konsol istinat duvarı tasarımı ele alınmıştır.

2. HESAPLAR (Accounts)

Bu çalışmada betonarme konsol istinat duvarı tasarımı seçilen zemin profiline göre tasarlanmıştır. Eskişehir ilinde yapılmış jeolojik rapora göre zemin koşulları, saha genelinde siltli kumlu çakıl veya kumlu çakıl olarak tariflenmiştir. Arazideki bölgesel jeolojik yapı, Eskişehir, Odunpazarı ilçesi, Porsuk sokak, 125-A-21-A-3-D pafta, 5-6 parselde alüvyon birimler ve bunların altında, yamaçlardan taşınmış konglomera birimlerden oluşmaktadır. Yapılmış 30 adet sondaj kuyusu için ilk 15.45 metre derinlikte SPT değerleri N=28-50 değerleri arasında değişmektedir. Sondaj kaldırım seviyesinden 2.5 m aşağıda yapılmaktadır.

Sonlu elemanlar programları olan GEO5_2020 ve STA4CAD V.14.1'de kullanılacak zemin profili (Şekil 1) de gösterilmektedir. Zemin profili verileri zemin etüt raporundan alınmıştır. İki tabakadan oluşan zemin profilimizin ilk 1.5-3 metredeki tabakası siltli kumlu çakıldır grimsi kahve renkli, orta sıkı kıvamda ve ince-orta tanelidir. 3-12 metre derinlikte olan tabaka ise kumlu çakıldır gri renkli sıkı, kötü boylanmalı, zayıf kil, silt ve iri boyludur. Sondajın toplam 13 metre derinlikte (Şekil 1) ve kaldırım seviyesinden 2,5 metre aşağıda yapılmıştır. Yer altı suyu 1.2 metrededir ve mevsim şartlarına göre değişkenlik gösterir. Etüt alanında şişme görülmemektedir. TBDY-2018'e göre basitleştirilmiş sıvılaşma ve konsolidasyon beklenmemektedir.



Şekil 1. Sondaj loguna göre SPT değerleri.

Tablo 1. Programlar kullanılacak zemin parametreleri. (The soil parameters to be used in the programs.)

TEMEL TAŞIMA GÜCÜ TASARIM DAYANIMI : 28 t/m ²	
ZEMİN SINIFI : ZE	YATAK KATSAYISI : 3300
TEMEL DERİNLİĞİ	4,55
İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI (φ)	19
BİRİM HACİM KÜTLE	18 Kn/m ³
(N ₆₀) ₃₀	50
V _{S30}	457
DEPREM DÜZEYİ	0
SDS	0,959
SS	0,676
TA : 0,131	TB : 0,655

2.1 GE05_2020 sonlu elemanlar programı ile hesap (Calculation with GE05_2020 finite element program)

Zemin etüd raporundaki değerleri kullanarak GEO5_2020 sonlu elemanlar programında istenilen parametreler programa girilmiştir. GEO5_2020 sonlu elemanlar programı birçok moddan oluşmaktadır. Zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısı 0° dan farklı olduğundan Coulomb teorisine (aktif zemin basıncı hesaplanması için), pasif zemin basıncı hesaplaması Caquot-Kerisel teorisine, deprem analizi Mononobe-Okobe, zemin kaması biçimi eğri olarak hesaplama, izin verilebilir eksantrisite 0.333, kontrol yöntemi güvenlik katsayısına (ASD) göre analiz yapılmıştır. Verilerin girilmesinin sonunda karşımıza tahkik, taşıma kapasitesi ve boyutlandırma yönünden analiz sonuçları elde edilmiştir. Kontroller sonucunda tasarladığımız konsol istinat duvarı dönme bakımından yeterli iken kayma bakımından yetersiz çıkmıştır. Kontrol sonucunda uygun olmayan ve yapılan değişiklikler sonucu uygunluğun sağlandığı kontrol sonuçları (Tablo 5) gösterilmiştir. Sondaj raporundan elde ettiğimiz tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) değeri ve r katsayısı yer değiştirilmesine izin verilmeyen ağırlık tipi duvar olduğundan 1 alınarak yatay ivme katsayısı ve düşey ivme faktörü (formül 1) hesaplanmıştır ve analize dahil edilmiştir.

Deprem hesabında kullandığımız formül [3]; $K_v=0,5.K_h$

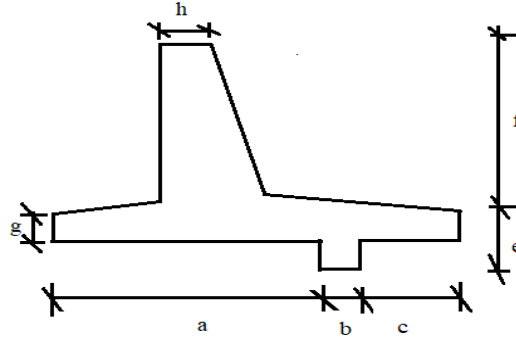
$$K_h = 0.4 \times SDS/r \quad (1)$$

Stabilite analiz sonucu Bishop ve Fellenius/Petterson yöntemlerine göre güvenlik sayısı 1.5 değerinin altında kalmış güvenli çıkmamıştır. Daha sonra boyut değiştirmesi ve dış uzunluğunun artırılması ile güvenlik sayıları 1.5 güvenlik sayısından büyük elde edilmiş ve şev stabilitesi uygunluğu sağlanmıştır (Tablo 2). Kayma kontrolü yeterli yapmak için dış uygulanmıştır (Tablo 3). Dış uygulanması, taban plağı uzunluğunun artırılması ve konsol duvar uzunluğunun azaltılması ardından kayma kontrolü uygunluğu sağlandı fakat şev stabilize analizinde bütün yöntemler için uygunluk sağlanması için boyut değiştirmesi (geometrik tasarım değişkenlerinden e, f, g boyutları değiştirilmiştir) ile tüm analiz sonuçları için uygun güvenlik sayıları elde edilmiştir.

Tablo 2. Şev stabilitesi kontrolü (tüm yöntemler). (Slope stability control.)

Geometrik boyutlar (a=0.6, b=0.5, c=1.9, e=2.84, f=3.36, g=2.54, h=0.3)	Geometrik boyutlar (a=0.6, b=0.5, c=1.9, e=9.1, f=1, g=0.6, h=0.3)
Şev stabilitesi güvenlik sayısı	Şev stabilitesi güvenlik sayısı
0.96 (Bishop)	1.64 (Bishop)
0.93 (Fellenius/Petterson)	1.51 (Fellenius/Petterson)

Analiz sonucu şev stabilitesi güvenlik katsayıları (Tablo 2) ve geometrik tasarım değişkenleri (Şekil 2) gösterilmektedir. Kontrolü için 1.5 sınır güvenlik sayısı seçilmiştir. 1.5 güvenlik sayısından çok büyük sayılar elde edilmesi gereksizdir, mühendis güvenilirliğin yanı sıra ekonomide göz ardı etmemiştir.



Şekil 2. Ge05_2020 ve Sta4-cad V.14.1 programlarında kullanılan geometrik tasarım değişkenleri.

Tablo 3. Kontrol sonuçlarının sağlanması için seçilen tasarım boyutları. (Design dimensions chosen to provide investigation results.)

Konsol istinat duvarı boyut 1	a=0.6	b=0.50	c=1.90	e=2.84	f=3.36	g=2.54	h=0.30
Konsol istinat duvarı boyut 2	a=0.6	b=0.50	c=1.90	e=2.0	f=2.25	g=1.50	h=0.30

2.2 STA4-CAD V.14.1 sonlu elemanlar programı ile hesap (Calculation with STA4-CAD V.14.1 finite element program)

STA4-CAD V.14.1 paket programı istinat duvarı kontrolü için kullanılmıştır. STA4-CAD V.14.1 programına girilen tüm veriler GEO5_2020 programında girilen bütün değerler ile birebir şekilde girilmiştir. GEO5_2020 sonlu elemanlar programı geometrik boyutlarının ve diğer verilerinde aynısı girilmiş olup konsol duvara gelen yükler analize dahil edilmiştir. Duvar ve zemin olmak üzere iki moddan oluşan programda sonuçlar kısmında; demir yerleşimi, toptan göçme ve istinat duvarına gelen yükler gösterilir. Bu program kontrolleri statik ve deprem etkileri altında iki kısımda analiz etmektedir. Kayma kontrolü statik etkiler altında yeterli çıkarken deprem etkileri altında yetersiz çıkmıştır. Devrilme güvenliği ise depremlili ve depremsiz etkiler altında iken her ikisi için de yeterli çıkmıştır. Taşıma kapasitesi sağlanmış ve toptan göçme analizleri uygun olduğu zemin etüt raporundan alınan değerler programa girildiğinde görülmektedir. Boyut ve dış uzunluğunun değiştirilmesi ile (Tablo 4) kayma kontrolü yeterliliği sağlanmıştır (Tablo 6). Zemin seçimi yapılırken zemin profilindeki tabakaların içsel

sürtünme açıları ile çarpımının toplam tabaka kalınlığına oranı sonucunda çıkan değere göre seçilmiştir (kumlu çakıl (doygun)). Geometrik tasarım değişkenleri Şekil 2’de gösterilmektedir. STA4-CAD V.14.1 paket programında duvar sekmesindeki ek yükleri tanımla kısmına tıklandığına duvara gelen dış yükler girilebilir. P_h yatay yükleri temsil eder, deprem yükü yatay bir kuvvet olduğundan P_h kN/m cinsinden hesaplanmış ve analize dahil edilmiştir. İlk olarak depremlerle gelecek toplam itki elde edilmiştir daha sonra eğim açısı ile çarpılarak P_h değeri hesaplanmıştır. Deprem hesabında kullandığımız formül [3]; $P_a=1/2 \times \gamma \times H^2 \times (1-K_v) \times K_{ae}$

$$K_v=2/3 \times K_h$$

$$K_h=0.2 \times (I+1) \times A_0 \quad (2)$$

Tablo 4. Kontrol sonuçlarının sağlanması için seçilen tasarım boyutları. (Design dimensions chosen to provide investigation results.)

Konsol istinat duvarı boyut 1	a=0.6	b=0.50	c=1.90	e=2.84	f=3.36	g=2.54	h=0.30
Konsol istinat duvarı boyut 2	a=0.6	b=0.50	c=3.4	e=2.06	f=5.40	g=0.8	h=0.30

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuç ve öneriler özetlenmektedir;

1. GEO5_2020 programında girdiğimiz ilk sonuçlarla kayma ve şev stabilitesi yeterliliği sağlanamamıştı fakat dış uzunluğu arttırılıp analize dahil edildiğinde kayma direnci yeterli hale gelirken boyut büyütmesi ile de şev stabilitesi uygunluğu sağlandı.
2. STA4-CAD V.14.1 programına GEO5_2020 programındaki tasarım boyutları ile aynı değerleri girerek rapor kısmına bakıldığında statik yükler altında kayma yeterli, deprem yükleri altında kayma yetersiz sonucu çıktı. STA4-CAD V.14.1 paket programında boyut değiştirilmesi ile kayma kontrolü uygunluğu sağlandı.

Tablo 5. GEO_2020 sonlu elemanlar programı için güvenlik sayıları (Safety numbers for the GEO_2020 finite element program.)

Konsol istinat duvarı 1 güvenlik sayıları	Kayma için; 1.37	Taşıma kapasitesi; 0.80	Devrilme için; 1.63	Boyutlandırma Yeterlidir.
Konsol istinat duvarı 2 güvenlik sayıları	Kayma için; 1.56	Taşıma kapasitesi; 2.24	Devrilme için; 2.45	Boyutlandırma Yeterlidir.

Tablo 6. STA4CAD V.14.1 sonlu elemanlar programı için güvenlik sayıları (Safety numbers for STA4CAD V.14.1 finite element program.)

Konsol istinat duvarı boyut 1	Kayma için; Statik etkiler altında kayma kontrolü Yeterlidir.	Taşıma kapasitesi; Yetersizdir.	Devrilme için; Statik etkiler altında dönme kontrolü Yeterlidir.	Boyutlandırma; Gerekli pursantaj sağlandı.
	Dinamik etkiler altında kayma kontrolü Yetersizdir.		Dinamik etkiler altında dönme kontrolü Yeterlidir.	
Konsol istinat duvarı boyut 2	Kayma için; Statik etkiler altında kayma kontrolü Yeterlidir.	Taşıma kapasitesi; Yeterlidir.	Devrilme için; Statik etkiler altında dönme kontrolü Yeterlidir.	Boyutlandırma; Gerekli pursantaj sağlandı.
	Dinamik etkiler altında kayma kontrolü Yeterlidir.		Dinamik etkiler altında dönme kontrolü Yeterlidir.	

3. GEO5_2020 programında tüm yöntemlere göre (Bishop ve Fellenius/Petterson) şev stabilize analizi yapılırken STA4CAD V.14.1 programında isveç dilim yöntemine göre toptan göçme tahkiki yapılmış olup yapılan boyut büyütmesi ve dış ile kontrol sonuçlarının uygunluğu sağlanmıştır .

4. GEO5_2020 programında analiz ayarları kısmından Colomb, Rankine deprem analizi için Mononobe-Okabe seçebilirken STA4CAD V.14.1 programında TS2018, TS2007, TS500, AASHTO gibi seçeneklere göre analiz seçenekleri sunulmaktadır.

5. GEO5_2020 sonlu elemanlar programında seçilen zemin profilinin her iki katmanı da seçilebilirken STA4-CAD V.14.1 sonlu elemanlar programında tek zemin seçeneği sunulmakta ve zeminin kayma direnci açısı STA4CAD V.14.1 programında seçilen zemin profilindeki tabakaların içsel sürtünme açıları ile çapımının tabaka kalınlığına oranı ile bulunan içsel sürtünme açısı değerine sahip zemin seçilmiştir seçilen zemin kumlu çakıl (doygun) olmuştur.

6. STA4CAD V.14.1 programı GEO5_2020'den farklı olarak tasarlanan konsol duvarın demir, kalıp, beton, maliyet hesabını da yapmaktadır. STA4CAD V.14.1 programında tek tip istinat duvarı seçeneği sunulmaktayken GEO5_2020 programında çeşitli istinat duvarı tipleri mevcuttur.

7. GEO5_2020 programı geoteknik mühendisliği ile ilgili sonlu elemanlar programıdır. STA4CAD V.14.1 çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır, program aynı zamanda dayanma yapıları için de analiz imkanı sunmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Aytekin, M., "Deneysel Zemin Mekaniği", Teknik Yayınevi, Ankara, 2004, s.375-380.
- [2] Kayhan, H.(2015)"Betonarme konsol istinat duvarlarının parçacık sürü optimizasyonu ile optimum tasarımı", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi.
- [3] TBDY (2018) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar.
- [4] Arslan, Ö.(2018), "Farklı Deprem Yüklerinin Betonarme bir Konsol İstinat Duvarının Maliyetine Etkisi", Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknik Dergisi.
- [5] Çelebi, K., "Konsol Dayanma Duvarlarının Tasarımını Etkileyen Faktörlerin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [6] Sefi, F.," Yarı-Top-Down İnşaat Yönetiminin Çok Sıra Ankrajlı İksa Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [7] Emir, S., "İstinat Duvarlarının Statik ve Dinamik Yüklere göre Tasarımı", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [8] Binici ve Öztürk, 2019:203, 210, "Konsol İstinat Duvar Tasarımı Üzerine Parametrik Bir Çalışma", Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- [9] Özkan, M.Tuğrul, Yıldırım, "İstinat Duvarlarının Tasarımında Deprem Etkisinin İncelenmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [10] Çakır, T.,2013. Zemin yapı etkileşimi de dahil olmak üzere konsol istinat duvarlarının sismik davranışına deprem frekans içeriğinin etkisinin değerlendirilmesi, Zemin Dinamiği ve Deprem Mühendisliği, 45,96-111.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**PAMUKLU POLO TİŞÖRT ÜRETİMİ AŞAMALARININ ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN FARKLI ENERJİ TÜKETİMLERİ BAZINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

İlknur ELBÜKEN ^{1,*}, Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI ²

¹İlknur ELBÜKEN, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye

ilknur.elbuken@ogr.deu.edu.tr

²Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi,
Türkiye

nurdan.buyukkamaci@deu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: ilknur.elbuken@ogr.deu.edu.tr; Tel.: +90-545-332-25-06

ÖZET

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD); bir ürünün ya da hizmetin üretiminde kullanılan hammaddelerin eldesinden, işleme, üretim, taşıma, kullanım ve bertarafına kadar tüm çevresel etkilerini ele alan yaşam döngüsünün kalitesini artırmaya yönelik “beşikten mezara” perspektifinde yapılan değerlendirme çalışmasıdır. Bu çalışmada; %100 pamuklu polo tişört üretiminin üretim aşamalarının çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla, doğalgaz ve biyogaz enerji tüketimleri göz önüne alınarak üç farklı senaryo oluşturulmuş ve “beşikten kapıya” yaklaşımıyla pamuk lifi üretiminden hazır giyim üretiminin son aşamasına kadarki süreçler ele alınmıştır. Çevresel etki değerlendirme çalışmaları, GaBi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma için gerekli veri bir hazır giyim fabrikasından ve GaBi yazılımının veri tabanından temin edilmiştir. Bu üç senaryo için, her bir üretim aşamasının çevreye etkileri tespit edilerek, kullanılan enerji tipi ve miktarına göre çevreye verilen etkiler belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde, senaryolarda kabul edilen enerji tüketimi alternatiflerinin çevresel etkilerinde önemli farklılıklar bulunmamıştır. Ürünün yaşam döngüsü boyunca çevreye en fazla tahribatı veren aşamanın, kumaş dokuma ve boyama aşamalarını içeren örme tekstil prosesi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü değerlendirmesi, pamuklu tekstil, enerji, doğalgaz, biyogaz



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COTTON
POLO T-SHIRT PRODUCTION STAGES BASED ON DIFFERENT
ENERGY CONSUMPTIONS**

ABSTRACT

Life cycle assessment (LCA); It is an evaluation study conducted in the perspective of "cradle to grave" to increase the quality of the life cycle, which deals with all environmental effects from the acquisition of raw materials used in the production of a product or service, to processing, production, transportation, use and disposal. In this study, in order to determine the environmental effects of the production stages of 100% cotton polo shirt production, three different scenarios were created by considering natural gas and biogas energy consumption. The processes from cotton fiber production to the final stage of garment production were discussed with the perspective of "cradle to gate". Environmental impact assessment studies were carried out using GaBi software. The required data was obtained from a garment factory and the database of the GaBi software. For these three scenarios, the environmental effects of each production stage were determined, and the effects on the environment were determined according to the type and amount of energy used. As a result of the evaluations, no significant differences were found in the environmental impacts of the energy consumption alternatives considered in the scenarios. It has been determined that the stage that causes the most damage to the environment during the life cycle of the product is the knitted textile process, which includes the fabric weaving and dyeing stages.

Key Words: Life cycle assessment, cotton textile, energy, natural gas, biogas

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sürdürülebilir üretim sağlayabilmek için, tüm sektörlerde daha az kaynak kullanımının ve daha az atık üretiminin gerçekleştiği alternatif üretim geliştirme süreçlerine yönelik araştırmalar devam etmektedir. Küresel çapta kabul gören, ISO 14040 serisinde tanımlanmış yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevresel etkileri hesaplamaya ve iyileştirmeye yönelik bir bilimsel çalışma metodudur. Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), bir ürün ya da hizmet için gerçekleştirilebilmektedir. Ürün için yaşam döngüsü değerlendirmesi, ürünün üretimi için kullanılan hammaddelerin tedarikinden, kullanımı, kullanım ömrü sonunda işlenmesi, geri dönüşümü ve nihai bertarafına kadar hayatı boyunca (beşikten mezara gibi), çevresel boyutlarını ve muhtemel çevresel etkilerini (kaynakların kullanımı ve salınımların çevresel sonuçları gibi) incelemektedir [1].

Çevreye en fazla etkisi olan sektörlerden biri olan tekstil endüstrisi; elyaf oluşumundan konfeksiyon üretimine kadar uzun bir tedarik zincirini kapsamaktadır. Bu sektörde üretim birçok aşamadan oluştuğu için, her aşamanın girdi ve çıktılarının çevresel etkilerinin tespit edilmesi ve doğru şekilde yönetilmesi önemli rol oynamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma politikalarının yaygınlaşması nedeniyle, tekstil endüstrisinde de yapılan yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmaları artmıştır. Tekstil üretiminde tüketilen su, enerji ve kimyasal maddelerin çevresel etkilerinin belirlenmesi, daha çevre dostu üretim tekniklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilecek farklı yaklaşımlara ışık tutmaktadır.

Tekstil teknolojileri, elyaf ve iplikten üretilen, genellikle esnek (bazı durumlarda esnek olmayabilen) malzemelerin üretim teknolojileri ile bu malzemeleri şekillendirme ve mamul hale getirmede kullanılan teknolojilerdir [2]. Tekstil ve hazır giyim birlikte değerlendirildiğinde elyaftan başlayarak mamul giysi veya kullanım eşyasına kadar oldukça uzun bir üretim sürecine sahiptir. Tekstil sektörü genel itibarıyla elyaf, iplik, dokuma, örme, dokusuz yüzey, boya-terbiye ve hazır giyim alt sektörlerinden oluşmaktadır. Tekstil endüstrisinde kullanılan elyaflar iki ana kategoriye ayrılır: doğal ve sentetik. Pamuk, dünyanın en çok tüketilen doğal elyafı olup küresel elyaf tüketiminin yaklaşık %37,5'ini oluştururken, %42,3'ü polyester ve geri kalanı diğer elyaflar tarafından karşılanmaktadır [3].

Ülkemizde tekstil ve hazır giyim sektöründe enerji harcamalarına bakıldığında, tüm sanayi içerisindeki enerji kullanım oranının %19 olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar göstermektedir ki, tekstil ve hazır giyim sektörü ortalama %20-25 oranında tasarruf potansiyeline sahip bir sektördür. 2050 yılına kadar ise net-sıfır karbon salım hedefine ulaşılması hedeflenen AB Yeşil Mutabakatı çağrısı kapsamında, tekstil endüstrisinde sürdürülebilir üretim uygulamalarının artması ve karbon salımlarının azaltılması ülkemiz için hem çevresel hem de ekonomik anlamda önemli bir konudur. Mutabakat çerçevesinde karbon sınır vergisi düzenlemesi ile AB ülkelerine ihraç yapan firmalarda, çevresel etkilerin azaltmış olması avantaj sağlayacaktır [4].

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışma kapsamında, bir tekstil fabrikasında %100 pamuklu polo tişörtün üretimi esnasında kullanılan enerjinin tipi ve miktarı göz önüne alınarak 3 farklı senaryo hazırlanmıştır. Senaryoların yaşam döngüsü değerlendirmesi

GaBi 6.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve CML 2001 etki değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Yazılım için gerekli veriler fabrikadan ve GaBi yazılımına ait eco-invent veri tabanından elde edilmiştir. On bir çevresel orta nokta etki kategorisi dikkate alınmıştır. Sistem sınırları, beşikten kapıya, yani tarımsal faaliyetlerden fabrika çıkışına kadarki süreci kapsamaktadır (Şekil 1). Ürün %100 pamuklu olup, örme boyalı kumaş sınıfına girmektedir. Ağırlığı 0,413 kg olan pamuk ipliğinden çeşitli işlemler sonucu nihai 0,25 kg ürün edileceği belirlenmiştir.



Şekil 1. Polo tişört üretimi akış şeması (Production flow scheme of Polo t-shirt)

Senaryolar, üretimde kullanılan enerji tip ve miktarlarına göre oluşturulmuştur. Bu kapsamda doğalgaz ve biyogaz olmak üzere iki tip enerji çeşidi ele alınmıştır. Kesim ve dikim proseslerinde ele alınan enerji tip ve miktarları değiştirilerek kıyaslama yapılmıştır. Oluşturulan senaryolar irdelenip çevresel etkilerinin belirlenmesi için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Her senaryo için kesim prosesinde üründen %13 fire verildiği kabul edilmiştir. Yine her senaryo için ulaşım mesafesi 1300 km olarak kabul edilmiştir. Nihai ürün oluşumundaki aksesuar kullanımı (düğme ve etiket) ihmal edilmiştir. Oluşturulan senaryolarda yapılan kabuller aşağıda verilmektedir:

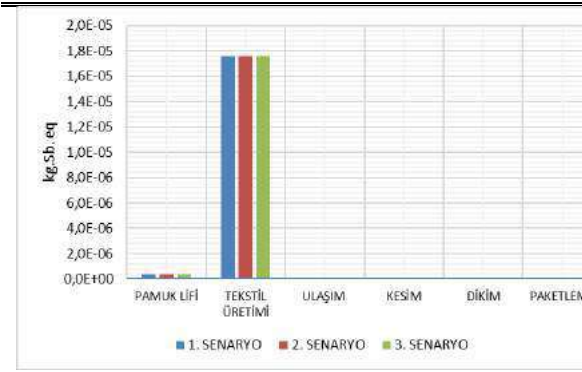
- Birinci senaryoda elektrik enerjisi sarfiyatı kesim prosesinde 0,118 kWh, dikim prosesinde 0,476 kWh olarak alınmıştır. Dikim prosesindeki buhar enerjisi ihtiyacı doğalgazdan elde edilmiştir.
- İkinci senaryoda elektrik enerjisi sarfiyatı kesim prosesinde 0,139 kWh, dikim prosesinde 0,556 kWh olarak alınmıştır. Dikim prosesindeki buhar enerjisi ihtiyacı doğalgazdan elde edilmiştir.
- Üçüncü senaryoda elektrik enerjisi sarfiyatı kesim prosesinde 0,118 kWh, dikim prosesinde 0,476 kWh olarak alınmıştır. Dikim prosesindeki buhar enerjisi ise atıktan elde edilen biyogaz enerjisinden sağlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

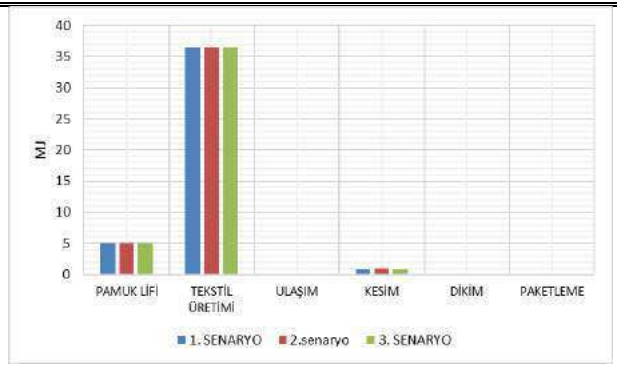
Polo tişört üretiminin her bir aşamasının çevresel etkileri ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçlar etki kategorileri için ayrı grafiklerde sunulmuştur. On bir çevresel etki kategorisi dikkate alınmıştır: abiyotik tükenme- element (ADP-element), abiyotik tükenme- fosil (ADP- fosil), asidifikasyon potansiyeli (AP), ötrofikasyon potansiyeli (EP), tatlısu sucul ekotoksosite potansiyeli (FAETP), küresel ısınma potansiyeli (GWP 100), insan toksisite potansiyeli

(HTP), deniz sucul ekotoksosite potansiyeli (MAETP), ozon tabakasını tüketme potansiyeli (ODP), fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (POCP) ve karasal ekotoksosite potansiyeli (TETP).

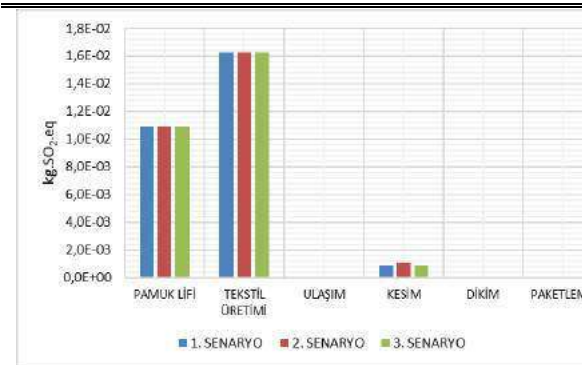
Abiyotik element tükenme potansiyeli (ADP- element), mineraller, cevherler gibi doğal elementlerin tüketilme durumunu ifade eder ve birimi kg antimon (Sb) eşdeğeridir. Abiyotik tükenme – fosil (ADP-fosil), yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen fosil yakıtların tüketimini içerir ve MJ olarak ifade edilir. kg SO₂-eq ile belirtilen asitleşme potansiyeli (AP), asitlerin atmosfere yayılıp daha sonra yüzeydeki toprakta ve suda birikmesi sonucu oluşur. Ötrofikasyon potansiyeli (EP), besin maddelerinin çeşitli nedenlerle önemli ölçüde artması sonucunda büyük su ekosisteminde plankton ve alglerin aşırı çoğalması sonucu oluşur ve kg PO₄-eq olarak ifade edilir. Küresel ısınma (GWP 100), kısa dalga boylarının troposferdeki sera gazı emisyonları tarafından emilimi ve yayılması sonucu sıcaklık artışına bağlı oluşur ve kg CO₂-eq olarak ifade edilir. Ozon tabakasının incelməsi (ODP), stratosferik ozon tabakasında kloroflorokarbonlar ve bromoflorokarbonlar gibi ozon tabakasını incelten maddelerin salınmasından kaynaklanır ve kg R11-eq ile tanımlanır. Fotokimyasal ozon oluşma potansiyeli (POCP), güneşten gelen mor ötesi ışınların atmosferdeki oksijeni parçalayarak ozon moleküllerini çevirmesi sonucu oluşur ve kg C₂H₄-eq ile ifade edilir. Ekotoksosite potansiyeli etkileri, etkisi araştırılan faaliyetin tatlısu kaynaklarına, deniz suyuna, toprağa ve insana etkisi olarak değerlendirilebilir ve birimleri kg DCB eşdeğeridir.



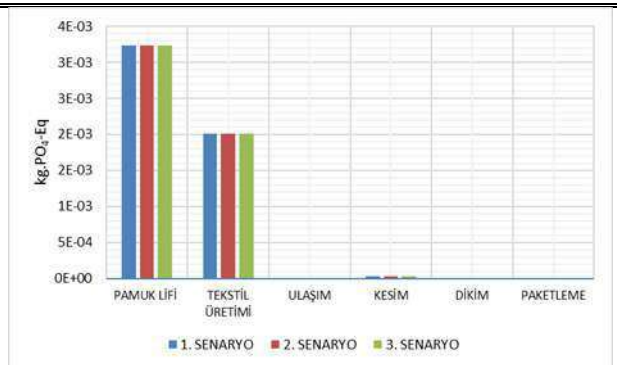
Şekil 2. Abiyotik tükenme- element
(abiotic depletion – elements)



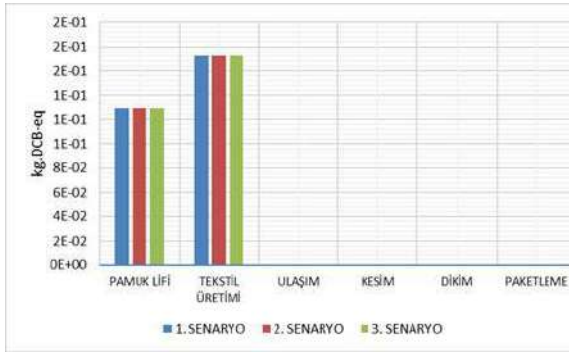
Şekil 3. Abiyotik tükenme - fosil
(abiotic depletion – fossil)



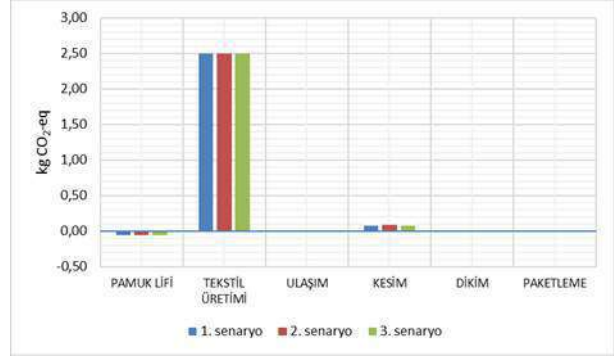
Şekil 4. Asitleşme potansiyeli
(acidification potential)



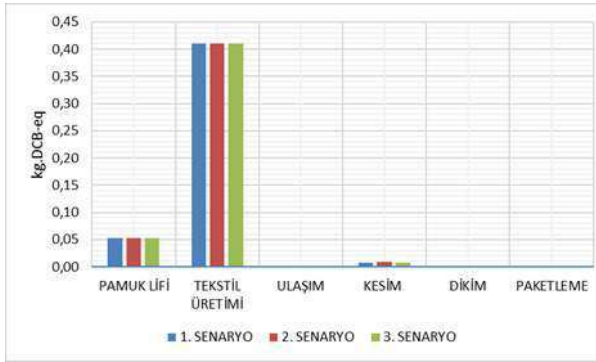
Şekil 5. Ötrofikasyon potansiyeli
(eutrophication potential)



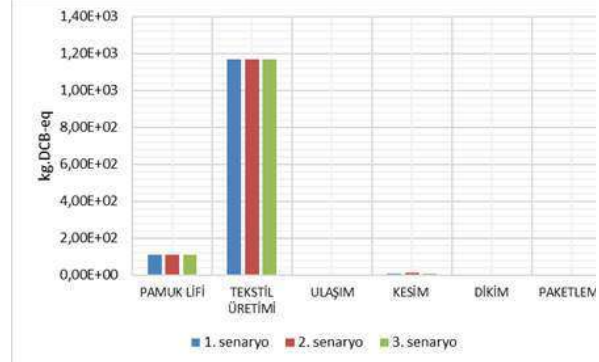
Şekil 6. Tatlısu su ekotoksosite potansiyeli (freshwater aquatic ecotoxicity potential)



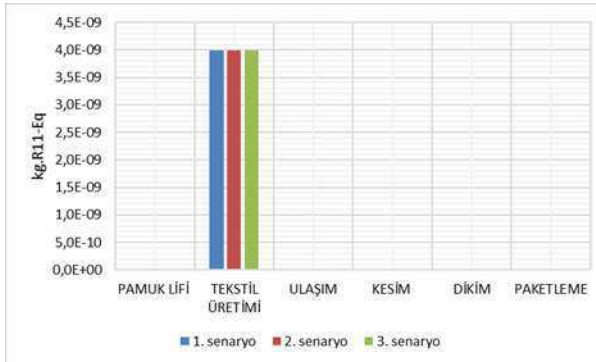
Şekil 7. Küresel ısınma potansiyeli (global warming potential)



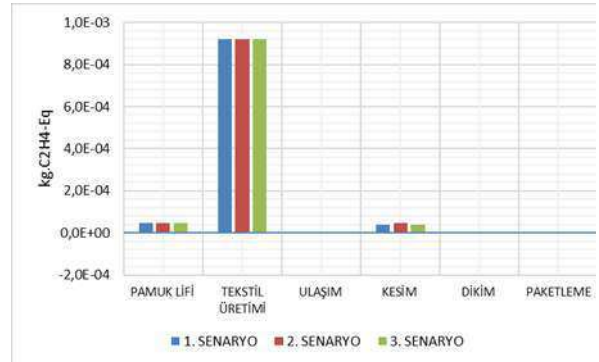
Şekil 8. İnsan toksisite potansiyeli (human toxicity potential)



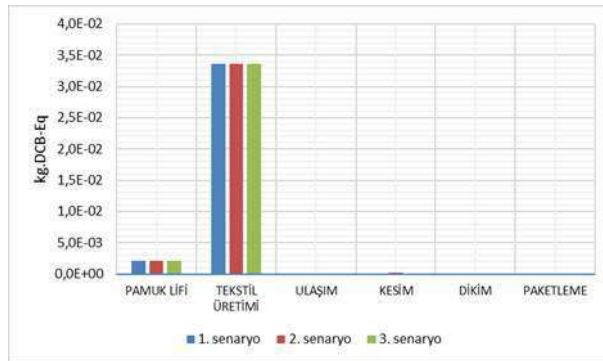
Şekil 9. Deniz suyu ekotoksosite potansiyeli (marine aquatic ecotoxicity potential)



Şekil 10. Ozon tabakasının incilmesi (ozone layer depletion potential)



Şekil 11. Fotokimyasal ozon oluşma potansiyeli (photochemical ozone creation potential)



Şekil 12. Toprak ekotoksosite oluşma potansiyeli (terrestrial ecotoxicity potential)

Tablo 1. Üç senaryonun etki kategorilerine göre toplam değerleri

Etki Kategorileri	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
ADP- element	1,80E-05	1,80E-05	1,80E-05
ADP- fosil	4,88E+01	4,95E+01	4,72E+01
AP	3,19E-02	3,27E-02	3,22E-02
EP	5,43E-03	5,46E-03	5,48E-03
FAETP	3,02E-01	3,02E-01	3,02E-01
GWP	2,96E+00	3,02E+00	2,86E+00
HTP	5,08E-01	5,15E-01	5,14E-01
MAETP	1,33E+03	1,34E+03	1,45E+03
ODP	4,01E-09	4,01E-09	4,01E-09
POCP	1,21E-03	1,24E-03	1,22E-03
TETP	3,64E-02	3,65E-02	3,67E-02

Tüm etki kategorilerinde tüm senaryolarda birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 1). Senaryolarda farklı enerji tip ve miktarlarına göre büyük farklılıklar olmasa da en düşük etki doğalgaz kullanımının değerlendirildiği 1. senaryoda belirlenmiştir. EP kategorisi hariç tüm etki kategorilerinde en fazla etki tekstil üretimi aşamasında belirlenmiştir. Bu aşama su ve kimyasal madde tüketiminin en fazla olduğu aşamadır. Pamuk lifi üretimi aşamasında da diğer kategorilere göre daha fazla etki belirlenmiştir. Özellikle asitleşme potansiyeli kategorisinde, pamuk lifi üretimi esnasında yapılan saha çalışmaları NH₃ emisyon oluşumuna sebep olacağı için etkisi fazla bulunmuştur. EP kategorisinde en fazla etki pamuk lifi aşamasında gerçekleşmiştir. Ötrofikasyon besinlerin suya salınmasından etkilendiği için tarımsal faaliyetler bu kategoriye en büyük katkıyı sağlamaktadır. GWP kategorisinde pamuk lifi aşamasında negatif değer çıkması, çevreye pozitif bir etki olduğunu göstermektedir. ODP kategorisinde en fazla etki tekstil üretimi aşamasında görülmektedir. Tekstil üretiminde sürekli boyama ve terbiye işlemi ile katkı sağlanmıştır. Pamuk lifi aşamasında kloroflorokarbonlar ve bromoflorokarbonlar gibi maddeler ODP'nin oluşmasına sebebiyet vermektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Beşikten kapıya yaklaşımıyla, %100 pamuklu polo tişört üretiminde doğalgaz ve biyogaz enerjileri kullanılarak üç farklı senaryo oluşturulmuş ve GaBi veri tabanı kullanılarak CML 2001-Jan2016 metodu ile çevresel etki kategorileri tespit edilmiştir. Bu çalışma doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tekstil üretimi (örme) diğer süreçlerle kıyaslandığında çevreye en fazla tahribatı veren aşamadır. Pamuk lifi aşaması çevresel tahribat açısından 2. sıradadır.

Küresel ısınma (GWP 100), pamuk lifi aşamasında negatif bir değer çıkmış, yani çevreye pozitif bir etkisi oluşmuştur. Bunun sebebi pamuğun doğal hammadde ve yenilenebilir enerji olmasına bağlıdır.

Ulaşım aşamasında fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli 1. ve 2. senaryolarda negatif değer çıkmıştır. Bu negatif değer, çevreye pozitif bir etki olduğunun göstergesidir. Fotokimyasal oksidasyon, UV radyasyonuna maruz kalan NO_x ve VOC arasında meydana gelen ve hala kısmen bilinmeyen çok karmaşık reaksiyonların sonucudur. Bazı VOC'lerin Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (POCP), bir referans maddesiyle, bu durumda, maddelerin etkisini referans C₂H₄'ün etkisiyle ilişkilendiren olefin etilen ile ilgilidir. VOC'lerin atmosferdeki

oksidanlarla (Ozon, H₂O, NO₂, NO) farklı reaktiviteleri vardır ve bu nedenle troposferdeki Ozon oluşumu üzerinde farklı (olumlu ve olumsuz) etkileri vardır ve bu konuda halen bilimsel araştırmalar devam etmektedir [5].

Kesim ve dikim proseslerinde kullanılan enerji tipi ve miktarları farklılık gösteren üç senaryodan çevreye en fazla olumsuz etki yaratan 2. senaryodur. Beklenildiği üzere, kullanılan enerji miktarı ne kadar artarsa çevreye verilen zarar da o kadar artmaktadır.

Biyogaz her ne kadar yenilenebilir olduğu için daha çevre dostu gibi görünse de bu çalışmada dikim prosesinde buhar enerjisini biyogazdan elde eden 3. senaryo ve doğalgazdan elde eden 1. senaryo kıyaslandığında bulunan sonuçlar, 1. senaryonun en çevre dostu senaryo olduğunu göstermektedir.

Daha çevre dostu tekstil ürünleri üretimi için, özellikle kumaş üretimi ve boyama aşamalarında alternatif yöntemler araştırılmalıdır. Daha az su ve kimyasal madde tüketen, daha fazla geri dönüşümün sağlandığı tekniklerle daha sürdürülebilir ürünler oluşturmak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] TS EN ISO 14040:2006, 2007. Çevre yönetimi- Hayat boyu değerlendirme- İlkeler ve çerçeve, Haziran 2007, Ankara.
- [2] TÜBİTAK, 2003. Vizyon 2023 Teknoloji Öngörüsü Projesi, “Tekstil Paneli Son Rapor”, Temmuz, 60 sayfa.
- [3] Baydar, G., 2002. Evaluation Of Ecological Criteria For Cotton Textile Products, Yüksek Lisans Tezi, 129 sayfa, İstanbul.
- [4] Kabakçı, O.K., 2011. Tekstil Sanayi Sektöründe Minimum Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 113 sayfa, İstanbul.
- [5] GaBi Databases & Modelling Principles, 2021. Sphera, Şubat, 2021.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

TÜRKİYE’DE HİDROJEN ENERJİSİ VE GELECEĞİ

Funda ÖNDER ^{1,*}, Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN ^{2,3}

¹ Funda ÖNDER, Makine Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

onderfunda10@gmail.com

² Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,
Türkiye

² Rahmiye Zerrin YARBAY ŞAHİN, Enerji Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik
Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

zerrin.yarbay@bilecik.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: onderfunda10@gmail.com

ÖZET


Eskiden beri süregelen çeşitli yakıtların çevreye ve insanlığa olumsuz etkileri ve bu kaynakların zamanla azalmasından dolayı insanoğlu daha temiz ve sürdürülebilir alternatif enerji kaynağı arayışına başlamıştır. Bu arayışta birçok alternatif enerji kaynağı araştırılmakta olup bunların içinde en sürdürülebilir ve temiz olanı hidrojen enerjisi olarak belirtilmektedir. Hidrojen hem alternatif bir enerji kaynağı olup hem de devletlerin enerji alanında ekonomik bağımsızlığı ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında rol oynayarak çok önemli yer kazanmıştır. Bu açıdan Türkiye’de hidrojen enerjisini etkin kullanılabilmesi için araştırma ve proje çalışmaları hız kazanmıştır. Çeşitli alanlarda hidrojen enerjisi araştırmaları, hidrojenle çalışan araç projeleri, farklı enerji kaynakları ile hidrojen enerjisi üretimi, hidrojenin farklı şekilde elde edilme yöntemleri ile ilgili çalışmalar yürütülmeye devam etmektedir. Netice olarak, hidrojen enerjisi yaşanabilir bir dünya için şart olan bir enerji kaynağı olup Türkiye de bu konudaki çalışmalarına hızla devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, hidrojen enerjisi, Türkiye’de hidrojen enerjisi.

HYDROGEN ENERGY AND FUTURE IN TURKEY

ABSTRACT

Due to the negative effects of various fuels on the environment and humanity, which have been going on for a long time, and the decrease in these resources over time, mankind has started to search for a cleaner and more sustainable alternative energy source. In this search, many alternative energy sources are being researched and the most sustainable and cleanest among them is stated as hydrogen energy. Hydrogen is both an alternative energy source and has gained a very important place by playing a role in the economic independence of states in

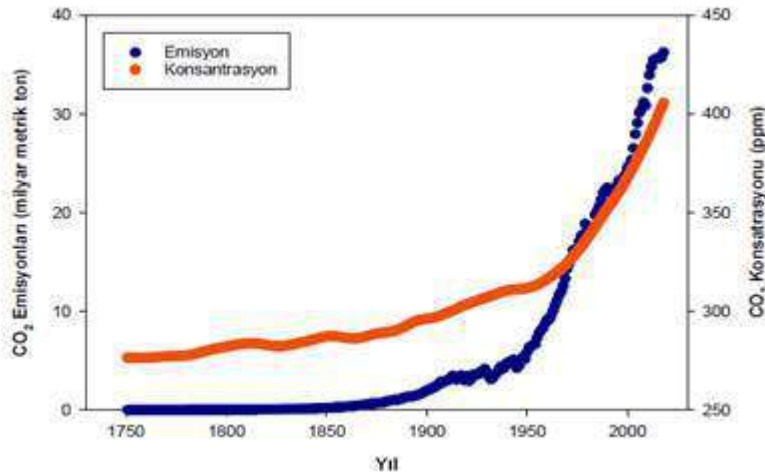
	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

the field of energy and reducing foreign dependence on energy. In this respect, research and project studies have accelerated in order to use hydrogen energy effectively in Turkey. Studies on hydrogen energy research in various fields, hydrogen-powered vehicle projects, hydrogen energy production with different energy sources, and different methods of obtaining hydrogen continue to be carried out. As a result, hydrogen energy is an essential energy source for a livable world and Turkey continues its studies on this subject rapidly.

Key Words: Renewable energy sources, hydrogen energy, hydrogen energy in Turkey.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1973'teki ilk petrol krizi ve sonrasında yaşanan 1979 krizi, hidrojen ve hidrojen yakıt hücrelerine olan ilgiyi arttırmıştır. Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği, proje geliştirme ve ticari kullanıma geçiş ve maliyetlerin düşürülmesi gibi somut çevre sorunları ile ilgili çalışmalar oldukça önemlidir [1]. İklim değişikliği riskini (sera etkisi) azaltmak için dünya çapında CO₂ emisyonu üretimi, enerji sisteminin büyük ölçüde kontrol altına alınması gereklidir. Bir enerji kaynağı olarak hidrojen kullanımı CO₂ seviyesini azaltmak için uzun dönemli bir seçenektir [2,3].



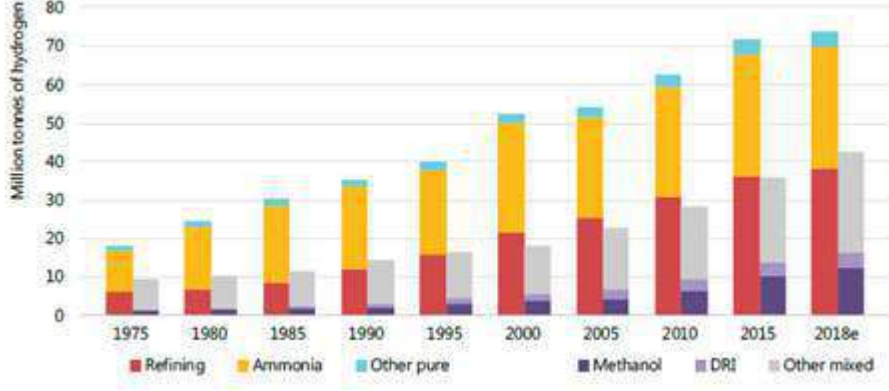
Şekil 1. 1751-2018 yılları arasında dünyada fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonları ve atmosferik konsantrasyonları [3].

Dünya çapında fosil yakıtlardan hidrojene bir dönüşüm, birçok sorunu ve bunların sonuçlarını ortadan kaldıracaktır. Güneş enerjisi gibi temiz kaynaklardan hidrojen üretimi ideal yoldur[2].

2. HİDROJEN ENERJİSİ (HYDROGEN ENERGY)

Hidrojen ve enerjinin uzun bir ortak geçmişi vardır. Su elektrolizi ve yakıt hücrelerinin ilk gösterimleri 1800'lerde mühendislerin hayal gücünü ele geçirmiştir. Hidrojen, 200 yıl önce ilk içten yanmalı motorlara yakıt sağlamak için kullanılmıştır. Hidrojen, 18. ve 19. yüzyıllarda balonlara ve hava gemilerini havaya kaldırmayı sağlamıştır ve 1960'larda insanlığı aya taşımıştır. Amonyak gübresindeki hidrojen artan küresel nüfusun beslenmesine yardımcı olmuştur. Hidrojen, petrol arıtımında kullanımının yaygınlaştığı 20. yüzyılın ortalarından beri de enerji endüstrisinin ayrılmaz bir parçası olmuştur.

Endüstriyel kullanıcıları için hidrojen dünya genelinde oldukça önemlidir. 1975'ten bu yana üç kattan fazla büyüyen hidrojen talebi (Şekil 2) her yıl artmaya devam etmektedir. Saf haliyle hidrojen talebi yılda yaklaşık 70 milyon tondur (MtH₂ / yıl). Bu hidrojenin neredeyse tamamı fosil yakıtlardan sağlanmakta olup, küresel doğalgazın %6'sı ve küresel kömürün %2'si hidrojen üretimine harcanmaktadır [4].



Şekil 2. 1975'ten beri hidrojen için küresel yıllık talep [4].

Hidrojen, sürdürülebilir bir enerji geleceğine iki şekilde katkıda bulunabilir:

1. Mevcut hidrojen uygulamaları, daha temiz üretim yöntemleri kullanılarak üretilebilir.
2. Hidrojen, mevcut yakıtlara ve girdilere alternatif olarak veya bu uygulamalarda elektriğin daha fazla kullanılmasının bir tamamlayıcısı olarak çok çeşitli yeni uygulamada kullanılabilir.

En yaygın bilinen hidrojen depolama yöntemleri, sıkıştırma, soğutma veya ikisinin bir kombinasyonuna (hibrit depolama) dayalı fiziksel depolama yöntemlerini içerir. Ek olarak, çok sayıda yeni hidrojen depolama teknolojisi araştırılmaktadır. Bu teknolojiler, malzeme tabanlı depolama teknolojileri adı altında bir araya toplanabilir. Bunlar katı, sıvı veya yüzeyli içerebilir. Henüz sadece sıkıştırma ve sıvılaştırma yoluyla fiziksel depolamanın ticari bir önemi bulunmaktadır. Yeni depolama ortamları, malzeme tabanlı hidrojen depolama teknolojileridir. Bunlar arasında metal hidritler, kimyasal hidrojen depolama malzemeleri (sıvı organik hidrojen taşıyıcılar gibi) veya sorbentler (metalik organik çerçeveler, zeolitler ve karbon nanotüpler gibi) bulunur. Bu teknolojilerin çoğu hâlen araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Şu anda, hidrojen genellikle basınçlı gaz tanklarında ve bazı durumlarda kriyojenik sıvı tanklarında kamyonla taşınmaktadır[3]. Kullanılabilir farklı depolama yöntemleri olmasına rağmen bu sorun için geliştirilenler üreticilerin ve kullanıcıların gereksinimlerini karşılamamaktadır. Günümüzde mevcut olan tüm yöntem ve materyaller güvenliği ve verimliliği kanıtlanacak şekilde daha da iyileştirilmelidir[5].

3. TÜRKİYE AÇISINDAN HİDROJEN ENERJİSİNİN AVANTAJLARI

Hidrojen enerjisine yapılan yatırımlar, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı açısından kritik önem taşımakta olup Türkiye, birincil enerji tüketiminin 2020 yılına kadar 222 mtep/yıl'a ulaşmasını beklenmektedir. Enerji politikalarının öngördüğü gibi bu miktarın% 30'unu yerli kaynaklar karşılanacak; böylece Türkiye enerjiye bağımlılığını %3 oranında azaltabilecektir[1].

Veziroğlu tarafından yapılan bir çalışmada, ulusal enerji bağımsızlığı için bir yol haritası ermektedir. Veziroğlu, "Türkiye, ihtiyaç duyduğu tüm yakıtları, Türkiye'de mevcut birincil enerji kaynaklarını kullanarak, otuz yılı aşkın süredir hidrojen olarak üretebilmek için ulusal bir enerji bağımsızlığı yol haritası uygulamalı" şeklinde bu konunun önemini belirtmektedir [1].

Hidrojen enerjisine geçmenin Türkiye için faydaları şu şekilde sıralanabilir

- Petrol, doğalgaz ve kömür için sarf ettiğimiz döviz miktarları giderek düşecek, böylelikle yakıt ihtiyacımızı kendi birincil enerji kaynaklarımızla sağlanmış olacaktır.
- Hidrojen enerjisi teknolojileri Türkiye'de mühendislere bilgi ve olanak sağlayacaktır.
- Yeni iş kolları ortaya çıkacak ve bu konuda istihdam artacaktır.
- Üretilen fazla hidrojen satılacak ve bu konudan gelir kaynağı yaratılacaktır.
- Küresel ısınmanın, hava kirliliğinin ve asit yağmurlarının getirdiği zararlar ortadan kalkacak ve temiz bir evre sağlanacaktır.
- Ülkemizde üretilen hidrojenle çalışan otomobillerin seri üretime geçmesi halinde önemli bir istihdam sağlanacaktır.
- Türkiye Kyoto Protokolü kurallarına uymuş olacaktır.
- Türkiye teknoloji ihraç eden bir ülke konumunda olacak, kalkınmasını hızlandıracak, ekonomik bağımsızlığını güçlendirecektir[6].

4. TÜRKİYE'DE HİDROJEN KONUSUNDA YAPILAN ALIşMALAR

Türkiye'de hidrojen alanındaki araştırma, geliştirme ve yenilik faaliyetleri 1900'lerin sonlarına doğru başlamış ve 2000'li yıllardan sonra da artmıştır. Türkiye, akademik yayınlar, projeler, ortaklıklar, konferanslar vb. yoluyla pek çok araştırmacı ile akademide oldukça aktif olmuştur. Bu kapsamda ilk girişim olarak 2003 yılında kurulup 2004'te faaliyetlerine başlayan Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma rgt (UNIDO) Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknoloji Merkezi (ICHET) gösterilebilir. Girişim, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından da desteklenmiştir [1]. ICHET, sosyal ve ekonomik amaçlar için hidrojen ve yakıt hücresi enerji teknolojilerini desteklemiştir. ICHET portföyünde, Türkiye'de dört önemli çalışmada bulunmuştur: "İstanbul için Hidrojen Otobüs Pilot Projesi"; "Karadeniz ve Endüstriyel Sularda Hidrojen Sülfürden Hidrojen retimi için Pazar Potansiyeli"; "şehir Atıkları Kullanılarak Hidrojen retimi"; ve "Borakstan Tek Aşamalı NaBH₄ retimi Süreci"[9]. Ayrıca ICHET, "Gezici Hidrojen Evi", "Yakıt Pili Yolcu Taşıma Aracı", "Hidrojen Yakıt Pili Forklift", "Yakıt Pili Hibrit Scooter", ve "İDO Yakıt Pili Kesintisiz Güç Kaynağı" gibi birçok projeye de imza atmıştır. Bu projelerden sonra da "Bozcaada Hidrojen Adası Projesi", Haliç'te bir "Yakıt Dolu İstasyonu", "Hidrojen Enerjili Gezi Teknesi", İETT için "Hidrojen Enerjili Otobüs" ve TUBİTAK-MAM'la ilgili yürütülen "Gezici Hidrojen Dolu İstasyonu" gibi projeleri üzerinde durulmuştur. ICHET 2012 yılı itibari ile faaliyetlerine son vermiştir.

Bir diğer önemli girişim ise otuz yılı aşkın bir süredir bu tür faaliyetler sonucunda, hareket etmede kritik bir rol oynamak üzere Ulusal Hidrojen Teknolojileri Derneği kurulmuştur [7]. Derneğin amacı Hidrojen Teknolojileri

konusunda bilimsel, endüstriyel ve sosyal işbirliğini sağlamak, sürdürülebilir koordinasyonu geliştirmek ve ilgili faaliyetleri gerçekleştirmektir. Derneğin düzenlediği kongreler: UHTEK 2015 (Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi), IHTEC 2017 (2. Ulusal Hidrojen Teknolojileri Kongresi), GCGW 2018 (Global Conference on Global Warming), IHTEC 2018 (3. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi), IHTEC 2019 (4. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri), IHTEC 2021(5. Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi), WHEC 2022.

Türkiye’ de hidrojen enerjisi gelişimi için yakın tarihlerde yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

- BOREN tarafından yönetilen Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı 2018 yılında kurulmuştur. Hidrojenin temiz bir enerji kaynağı olarak kullanımını teşvik etmek için gerekli teknolojik ortamın yanı sıra araştırma ve enerji verimliliğini artırmak için teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna göre hidrojen enerjisi alanında araştırma ve geliştirme yapmak üzere on altı üniversite ve kamu kurumu arasında bir işbirliği protokolü imzalanmıştır.
- Zonguldak, Samsun, Sinop ve Giresun'da hidrojen üretim tesislerinin yapımı için fizibilite çalışmaları devam etmektedir.
- Şubat 2020'de BOREN ve TÜBİTAK'ta hidrojenle çalışan iki araç geliştirilmiştir. Araçlardan biri olan Bormobil, hidrojen depolaması için bor kullanan yerli bir otomobil olarak tasarlanmıştır. Araba çok sessiz çalışmakta ve sıfır emisyonu sahiptir ancak 100km/s'lik bir azami hıza sahiptir [10].
- Doğal gaz sektörü, en geç 2021 yılı sonunda başlaması öngörülen dağıtım sistemine ilk girişi ile hidrojen kullanmak için çalışmalar yapmıştır.
- Enerji Bakanlığı tarafından düzenlenen “Enerjide Arama Buluşmaları: Hidrojen” konulu çalıştayda Türkiye’de en geç 2021 sonunda dağıtım hatlarına ilk hidrojen girişinin yapılması hedefi konmuştur. Bu kapsamda Hidrojen Teknolojileri Derneği tarafından EPDK’ya sunulan ilk Ar-Ge projesinin çalışmaları da hızlanmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi araştırma grubu ile GazBir tarafından sürdürülen “Temiz hidrojen enjeksiyonu ile doğal gaz sistemlerinin performansının iyileştirilmesi” projesi kapsamında temiz hidrojen enjeksiyonu ile doğal gaz sistemlerinin performansının iyileştirilmesi için gerekli laboratuvarın ve hidrojen kullanarak doğal gazı daha çevre dostu yapan teknolojinin kavramsal tasarımı yapılmıştır. İkinci faz çalışmalarında ise temiz laboratuvarın ve yenilenebilir enerji destekli hidrojen kullanarak doğal gazı daha çevre dostu yapan teknolojinin ilk deneysel test kurulumları gerçekleştirilmiştir. Bu teknoloji kullanılarak ilk deneme testleri yapılmış olup ortalama yüzde 5’e kadar hidrojen ile yüzde 95’e kadar doğal gaz karıştırılmış ve elde edilen karışım test amaçlı yakılmıştır. Kısa sürede bu teknolojinin doğal gaz sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir [11].

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada hidrojen enerjisinin önemine, bu enerjinin gelecek için büyük bir fırsat olduğuna, bu alanda Türkiye’nin ne gibi faydalar sağlayacağına ve bu alandaki çalışmalarına değinilmiştir. Türkiye hızla önem kazanan hidrojen enerjisinin ülkeye ve yaşadığımız çevreye faydalarının farkında olup bu alanda yapılan

çalışmalarla yol katetmiştir. Hala kullanım ve üretiminde birçok sorun barındıran hidrojen enerjisi daha fazla çalışma ve araştırma yapma gereği doğurmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Apak S., Atay E., Tuncer G. Renewable hydrogen energy and energy efficiency in Turkey in the 21st century. *Hydrogen Energy*,2017: 2446-2452
- [2] Momirlana M., Veziroglu T. N. Current status of hydrogen energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2002: 141-179.
- [3] Dinçer İ.,Eroğlu İ.,Öztürk M. Türkiye için hidrojen teknolojileri yol haritası. *Hidrojen Teknolojileri Derneği*,2021.
- [4] Report prepared by the IEA for the G20,Japan. The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities. *IEA*, 2019:17.
- [5] Niaz S.,Manzoor T.,Pandith A. H. Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,2015: 457-469.
- [6] Tutar F., Eren M. Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*,2015:6.
- [7] Arat H. T., Baltacıoğlu M.K., Tanç B., Sürer M.G. A perspective on hydrogen energy research, development and innovation activities in Turkey. *Energy Research*, 2019:588-593.
- [8] Yazıcı M. S.,Hatipoğlu M. Hydrogen and fuel cell demonstrations in Turkey. *Energy Procedia*,2012:683-689.
- [9] Yazıcı M. S. UNIDO-ICHET support to hydrogen and fuel cell technologies in Turkey. *International journal of hydrogen energy*, 2011:11209-11245.
- [10] Yalçın D. Hydrogen law and regulation in Turkey. *CMS Expert Guide to hydrogen law and regulation*,2020.
- [11] Türkiye Enerji Vakfı, Türkiye'nin Hidrojen Çalışmaları . *Enerji Panorama Dergisi*, 2020:41.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ÖRNEK BİR TESİSTE BİYODİZEL ÜRETİM PROSESİ

Özge SAYAK ¹, Burçin ATILGAN TÜRKMEN ^{2,*}

¹ Özge SAYAK, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

ozgesayaak@hotmail.com

² Burçin ATILGAN TÜRKMEN, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

burcin.atilganturkmen@bilecik.edu.tr

*Sorumlu yazar; E-Mail: burcin.atilganturkmen@bilecik.edu.tr; Tel.: +90 228 214 1980

ÖZET

Azalan enerji kaynakları ve artan çevre problemlerinden dolayı son yıllarda yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Biyodizel dizel motorları için, bitkisel, hayvansal veya atık yağlar gibi kaynaklardan üretilebilen alternatif bir yakıttır. Biyodizel yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, toksik atık içermez, kolay üretilir ve tarım endüstrisinin gelişiminde büyük rol oynar. Biyodizel doğada kolayca biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik değildir. Yandığında düşük emisyon değeri nedeniyle çevre dostudur. Bitkisel ya da hayvansal yağlardan biyodizel üretilebildiği gibi atık yağlar kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu çalışmada örnek bir tesis seçilerek bitkisel yağlardan biyodizel eldesinin üretim süreci incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıt, yağ, biyodizel üretimi, enerji



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

PROCESS OF BIODIESEL PRODUCTION IN A SAMPLE PLANT

ABSTRACT

Due to declining energy sources and rising environmental concerns, interest in renewable and environmentally friendly energy sources has grown in recent years. Biodiesel is a diesel engine fuel that can be made from a variety of sources. Biodiesel is a renewable energy source that does not contain toxic waste, is easy to produce, and contributes significantly to the agricultural industry's development. Biodiesel is a non-toxic, easily biodegradable fuel. Because of its low emission value when burned, it is environmentally friendly. Biodiesel can be made from vegetable or animal fats, and waste oils can also be used to make it. In this study, a sample plant was chosen, and the biodiesel production process of this plant from vegetable oils was investigated.

Key Words: Biofuel, oil, biodiesel production, energy

1. GİRİŞ

Son yıllarda enerji kaynaklarının giderek azalması, petrol fiyatlarının hızla artması ve fosil yakıtların kullanımı ile oluşan olumsuz çevresel etkiler enerji krizlerine neden olmaktadır. Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının oluşturduğu sorunlara çözüm bulabilmek amacıyla alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi artış göstermektedir [1]. Bu alternatif enerji kaynakları arasında biyokütle enerjisinin önemi büyüktür. Hayvansal ve bitkisel kökenli maddeler biyokütle enerji kaynağı sınıfında yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan biyokütle enerjisinin büyük bir kolunu ise biyoyakıtlar oluşturmaktadır [2, 3]. Biyoyakıt teknolojisi kapsamında biyokütle doğrudan veya dönüşüm ürünleri ile değerlendirilebilmektedir. Biyokütle kökenli en önemli alternatif biyoyakıtlar biyoetanol, biyodizel, biyogaz ve biyometanol olarak gruplandırılmaktadır. Biyoyakıtların günümüzde en yaygın kullanılanlardan biri ise biyodizeldir [4].

Biyodizel, kanola, ayçiçeği, aspir, soya gibi tüm yağlı tohumlardan elde edilen bitkisel yağlardan, hayvansal yağlardan veya atık yağların, bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonundan üretilen bir yakıttır. Biyodizel üretimi için bitkisel olarak üç farklı kaynak kullanılmaktadır. Bunlar yağlı tohumlar, yağlı tohumlardan elde edilen ham yağlar ve atık yağlardır [5]. Biyodizel kaynaklarının kullanımı ülkelerin iklim koşullarına ve tarımsal üretimine bağlıdır. Kolza yağı Avrupa'da, ayçiçek yağı İtalya ve Fransa'da, soya yağı İngiltere'de ve palm yağı Malezya gibi tropik iklimin olduğu yerlerde biyodizel üretimi için kullanılmaktadır [5, 6]. Hayvansal yağlar, yağ teknolojileri yan ürünleri ve bitkisel yağların rafinasyonunda kullanılan ağartma toprakları da biyodizel üretiminde kullanılabilir [5]. Biyodizel üretiminde farklı teknolojiler ve hammaddeler kullanılabilir gibi, kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Hammade maliyeti açısından atık yağlar diğer hammaddelere göre daha uygun olmasına rağmen, kaliteli biyodizel üretimi için serbest yağ asitliğinin yüksekliği ve polimerizasyon ve oksidasyona uğramış olması nedeniyle diğer hammaddelere göre kalite özellikleri düşüktür. Bitkisel yağlar dizel motorlarında kullanılmayacak kadar pahalıdır. Diğer yandan, atık yağlar ciddi çevre problemlerine neden olmaktadır. Bu yüzden atık yağların biyodizel üretiminde kullanılması maliyeti düşürmekle kalmaz, bunun yanında çevreye olan olumsuz etkisini de azaltmış olur [2, 6].

Biyodizel gelecekte dizel yakıtının yerini alabilecek, yenilenebilir, toksin etkisi olmayan, doğada kolay bozunabilir bir yakıttır. Biyodizel, dizel yakıtına göre emisyonlar, setan sayısı, parlama noktası ve yağlayıcı özelliği bakımından daha üstündür. Biyodizelin en büyük avantajlarından biri %30'lara varan düzeyde yakıt ekonomisi sağlamaktadır. Aynı zamanda yağcılık özelliği sayesinde motorun ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca biyodizel yakıt özellikleri dizel yakıtına göre daha avantajlıdır [7].

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Motorine göre daha yüksek performanslı ve CO₂ emisyonu daha azdır. Biyodizel, dizel araçlarda herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duymadan kullanılabilir [1, 3]. Biyodizel saf ve dizel yakıtı-biyodizel karışım oranları bazında değişik isimlerle adlandırılmaktadır. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %50 biyodizel ve %50 dizel yakıtı içeren bir karışım B50 olarak isimlendirilir [7].

2. BİYODİZEL ÜRETİM PROSESİ

İncelenen tesiste soya, ayçekirdeği, mısır, kanola, aspir, keten, ketencik ve çiğit yani pamuk çekirdeği gibi yüksek protein içeriğine sahip yağlı tohumlar işlenmekte ve biyodizel üretimi yapılmaktadır. Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel veya hayvansal yağların transesterifikasyonu ile üretilir. Tesiste biyodizel birimi üniteleri çalıştırılmadan önce gerekli soğutma suyu, hava, su, nitrojen, yumuşak su, sıcak su gibi parametreler gibi üretim değerleri için kontrol sağlanmaktadır. Biyodizel üretim tesisinin ana üretim birimleri, reaktörler, destilasyon kolonları, ekstraksiyon kolonları, ısı değiştiriciler, pompalar ve separatörleridir.

Rafineri biriminin nötralizasyon ünitesinde elde edilen nötr yağlar biyodizel biriminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Nötralizasyon ham yağ içinde bulunan yağ asitlerinin alkalilerle (NaOH, Na₂CO₃) reaksiyonu sonucu sabun oluşturması ve sonuçta oluşan bu yapının separasyonla yağdan uzaklaştırılması işlemidir. Nötralize işlemi, yağdan serbest yağ asitlerini uzaklaştırılması yanında, renk maddeleri, fosfatidleri hidrasyon ve yıkama ile yağdan uzaklaştırılmamış musilajların uzaklaştırılmasını da sağlar. Yağdan uzaklaştırılması gereken yapılar, sonraki basamaklarda sistem içerisinde seperatörlerde tıkanıklığa yol açmaması ve ağartma işlemi yapılırken sistemin maliyetini arttırmaması için yağdan uzaklaştırılmalıdır.

Nötr yağlar, hayvan ve bitki hücrelerde dapolanan lipidlerdir ve bu yağların monomerleri gliserol ve yağ asitleridir. Depolama tankında biriken nötr yağ, nötr yağ kurutma ünitesine iletilir. Nötr yağ kurutma ünitesinde nötr yağın içinde kalan nem yüksek sıcaklıkta vakum ile uzaklaştırılır.

İçerisindeki nemi alınmış ve soğutulmuş nötr yağ transesterifikasyon ünitesine gönderilir. Transesterifikasyon, bitkisel ve hayvansal yağların alkol ile tepkime vermesi sonucu biyodizel oluşturması işlemidir. Bu ünite de alkol olarak genellikle metanol kullanılması tercih edilir. Metanolün kullanılmasının nedeni polar olması, en kısa zincirli alkol olması ve trigliseritlerle kolay reaksiyon vermesi olarak gösterilebilir. Bu bölümde yağ, metanol ve sodyum metilat uygun koşullarda reaksiyona girer ve sonuçta gliserin yan ürünü oluşur. Stokiyometrik bir transesterifikasyon reaksiyonu için alkol ve yağın mol oranı 3:1 olmalıdır. Reaksiyon sonunda 3 mol yağ asidi esterleri (biyodizel) ve 1 mol gliserin üretilir. Transesterifikasyon katalizörlü ve katalizörsüz olmak üzere iki farklı sistemde gerçekleştirilebilir. Bu ünite de kullanılan sistem, katalizörlü bir sistemdir. Transesterifikasyon reaksiyonunda reaksiyonun tamlığını ve hızını arttırmak için katalizör kullanılır. Bu ünite de kullanılan katalizör alkali yapıdadır. Transesterifikasyon reaksiyonu serbest yağ asit seviyesi, alkolün kimyasal yapısı, katalizör tipi, reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresi gibi parametrelerden etkilenmektedir.

Transesterifikasyon tepkimeleri sonucu yan ürünler oluşur. Oluşan yan ürünler endüstriyel kullanım için satılabilir ya da biyodizel birimi içerisinde tekrar kullanabilirler. Metanol buharlaştırılarak vakum ile karışımdan ayrılması sağlanır ve kalan ürünler seperatöre gönderilir. Seperatörde, biyodizelin içinde bulunan gliserin çöktürülerek biyodizel taşma yöntemiyle alınır. Seperatörden alınan gliserin; metil ester, sitrik asit ve su ile yıkanır. Yıkama sonrası pH ayarlaması yapılır ve pH değeri 6 olacak şekilde ayarlanır. Seperatöre su ve sitrik asit karışımı verilir. Daha sonra seperatörde oksijen oranı sifıra ayarlanır ve sıcaklık değeri 165 °C olana kadar sirkülasyonda bekletilir. Seperatör içerisinde bekletilen karışımın içerisindeki su seperatör çalıştırılarak uzaklaştırılır ve ayırma işlemi tamamlanır. Bu işlemlerin son basamağı tamamlanarak saf biyodizel elde edilir.

Elde edilen biyodizelin görünüşü homojen olmalıdır, gözle görülebilir fazla ayrılması, taneli veya lifli madde bulunmamalı ve gözle görülebilir safsızlık içermemelidir.

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Biyodizel üretim süreci diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha kolaydır. Biyodizel üretimi, dünyadaki ve ülkemizdeki durumu, avantajları ve hammadde kaynakları açısından biyodizelin önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kaynağı olması, ucuz ve kolay temin edilebilmesi, çevreci olması, savunma ve maden sanayilerinde kullanılabilmesi, yan ürünü olan gliserinin farklı endüstri alanlarında değerlendirilebilmesi gibi olumlu özellikleriyle önemli bir sektör haline geleceği söylenebilir. Biyodizel için kullanılacak yağların elde edilmesi için tarımsal destek verilmeli ve yağ üretimi için gerekli teşvikler verilmelidir. Ayrıca, atık yağ potansiyeli belirlenerek, biyodizel üretiminde kullanılması konusunda gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Aksoy, L., *Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel ve üretim prosesleri*. Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2010. **2**(3): p. 45-52.
2. Pinto, A.C., et al., *Biodiesel: An overview*. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2005. **16**(6B): p. 1313-1330.
3. Tillem, İ., *Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı*. 2005, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
4. Horuz, A., A. Korkmaz, and G. Akınoğlu, *Biyoyakıt bitkileri ve teknolojisi*. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 2015. **3**(2): p. 69-81.
5. Özdemir, Z.Ö. and H. Mutlubaş, *Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri*. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2016. **2**(2): p. 129-143.
6. ÇOB, *Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*. 2010: Ankara.
7. Alptekin, E. and M. Çanakçı, *Biyodizel ve Türkiye'deki durumu*. Mühendis ve Makine, 2006. **47**(561): p. 57-64.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

NOAA-CPC UYDU YAĞIŞ ÜRÜNÜNÜN MUĞLA İLİ VE ÇEVRESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Merve Nur TEPE ^{1,*}, Arzu ÖZKAYA ²

¹Merve Nur TEPE, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye
16050611007@ybu.edu.tr

²Arzu ÖZKAYA, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye
aozkaya@ybu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: 16050611007@ybu.edu.tr; Tel.: +905398253906

ÖZET


Uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, hidrolojik modellemede uydu tabanlı yağış verilerinin kullanımı önem kazanmaktadır. Hem mekân hem zamanda değişken bir unsur olan yağış verileri, bazı hatalarla birlikte uydu ürünlerinden elde edilebilir. Bu çalışmada, Muğla bölgesinde National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center (NOAA-CPC) ürünü, istasyon verileriyle olan performansı değerlendirme ölçütleri doğrultusunda mevsim, topoğrafya ve toplam yağış şiddeti miktarlarının etkileri dikkate alınarak kullanılmıştır. Bu amaçla, 26 meteoroloji istasyonundan alınan veriler 2015-2019 dönemi boyunca aylık tabanda incelenmiştir. Sonuçlar, NOAA-CPC verilerinin her mevsim için genellikle yüksek yağış yoğunluklarındaki yağış miktarlarını olduğundan az, düşük yağış yoğunluklarındaki yağış miktarlarını olduğundan fazla tahmin ettiğini göstermiştir. Ancak en yüksek korelasyon katsayısı kış mevsiminde hesaplanmıştır ($r=0,95$). İstatistiksel indekslerden ortalama hata ve yanlılık, topoğrafya ile ilişki göstermiştir. En kötü sonuçlar yüksek bölgelerde, özellikle 1500 metreden daha yüksek bölgelerde hesaplanmıştır. Genel olarak çalışma, veri temininde süreklilik sağlayan uzaktan algılama ürünlerinin yağış değerlerini tahmin edilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: NOAA-CPC, yağış, uydu tabanlı yağış, Muğla

EVALUATION OF NOAA-CPC SATELLITE PRECIPITATION PRODUCT OVER MUĞLA PROVINCE AND SURROUNDINGS

ABSTRACT

With the advances in remote sensing technology, the use of satellite-based rainfall data is gaining importance in hydrological modeling. Rainfall data, a variable element in both space and time, can be procured from satellite

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

products with some inaccuracy. In this study, the precipitation product of National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center (NOAA-CPC) was used in Muğla region to assess the performance with rain gauge data considering the effects of season, topography and total rainfall intensity amounts. For this purpose, data from 26 meteorological stations was studied with monthly scale over the period from 2015 to 2019. The results indicated that NOAA-CPC data generally underestimate the rainfall amounts in high rainfall intensities and overestimate the rainfall amounts in low rainfall intensities for each season. However, the highest correlation coefficient was calculated in winter season ($r=0.95$). The statistical indices, mean error and bias, showed a dependence with topography. The worst results were computed in highly elevated regions, specifically greater than 1500 m. In overall, the study showed that remote sensing products that provide continuity in data supply play an important role in estimating rainfall values.

Key Words: NOAA-CPC, rainfall, satellite based rainfall, Muğla

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

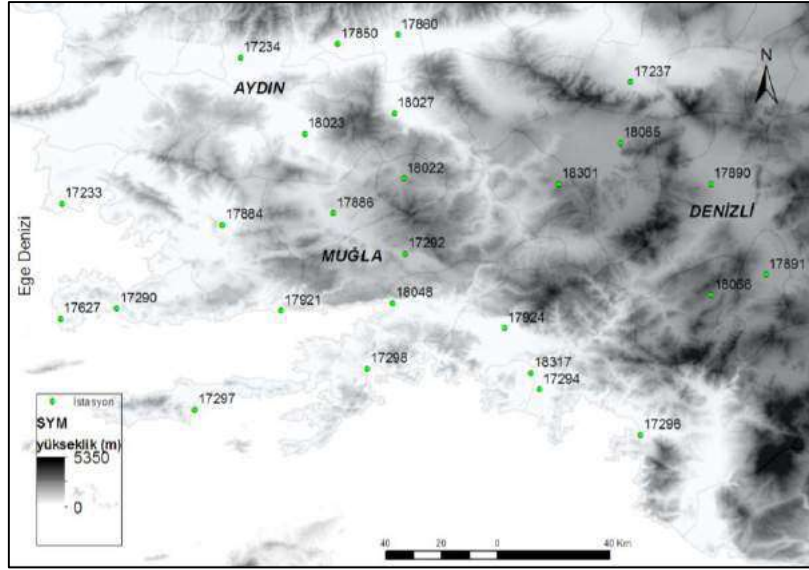
Kuraklık, taşkın tahmini, iklim değişikliği, su kaynakları yönetimi gibi çalışmaların kalitesi kullanılan verilerin doğruluğuna ve güvenilirliğine bağlıdır. Yağış verisi bu veriler arasında kritik öneme sahiptir. Havza bazlı hidrolojik modellemede yağış verisinin zamansal ve mekânsal değişiminin doğru ve hassas bir şekilde sistem girdisine aktarılması hidrometeoroloji gözlem istasyon ağının yetersiz olduğu bölgelerde oldukça güçtür. Bu bölgelerdeki veri eksikliği uzaktan algılama yöntemlerinden temin edilen ürünlerle kapatılabilmektedir [1]. Günümüzde bu ürünler yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe göre üretilmekte olup, küçük havza alanlı bölgelerde dahi olumlu sonuçlar verebilmektedir [2]. Farklı ihtiyaçlara göre farklı algoritmalar kullanılarak üretilen bu ürünler ulusal merkezlerce ya da üniversiteler aracılığıyla hizmete sunulmuştur [3]. Fakat bu verilerin kullanım alanlarındaki doğruluğunun test edilmesi ve hata oranlarının azaltılması elzemdir. Dünyada ve Türkiye’de bu tarz çalışmalar yapılmakta ve sonuçları da paylaşılmaktadır [4]–[7].

Dünya ölçeğinde, özellikle de kara parçaları dikkate alınarak, birçok klimatoloji seti yer gözlem ve uydu tahmin veri setleri kullanılarak oluşturulmuştur [8]. National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center (NOAA -CPC) veri tahminleri iklim izleme, iklim analizi ve iklim tahmini doğrulama faaliyetleri kapsamında uzun süredir kullanılmaktadır [9]. Bu veri seti, 1979’dan günümüze 0,5° mekânsal çözünürlükle iklim değerlendirme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [10]. Preethi ve ark. Hindistan’da 9 yıllık (2001-2009) süreç için günlük tabanda CPC global yağış tahmin verisini çalışmışlardır [11]. Çalışma sonucunda yer verisiyle ortalama korelasyonun 0,62 olduğunu fakat yüksek yağış rejiminin olduğu bölgelerde yağışın daha az tahmin edildiği, yağış rejiminin daha az olduğu bölgelerde ise daha fazla tahmin verdiğini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada ise CPC global yağış analizi tahmin sonuçlarının aylık tabanda yer yağış gözlem verileriyle kullanarak bir analiz yapılması hedeflenmiştir. Verilerin değerlendirilmesi yapılırken mevsim, topoğrafya ve toplam yağışın etkisi incelenmiş ve istatistiksel değerlendirmelerde bu etkilere göre yapılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI, VERİLER VE METOT (STUDY AREA, DATA AND METHOD)

2.1 Çalışma Alanı ve Veri (Study Area and Data)

Çalışma alanı Muğla ili ve yakın çevresini kapsamaktadır. Bu çevrede iklim genel olarak Akdeniz iklimi ile nitelendirilmekte olup, 800 m. kadar olan yükseklikte *asıl Akdeniz iklimi* ve daha yüksek bölgelerde ise *Akdeniz dağ iklimi* olarak ayrıştırılmaktadır [12]. Çalışmada kullanılan aylık yer yağış verisi Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden (DMI), uydu tabanlı yağış verisi ise National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Prediction Center’den (NOAA-CPC) temin edilmiştir. Uydu verisi birleştirilmiş küresel günlük toplam yağış verisi olup, 1979’dan günümüze 0,5° mekânsal çözünürlüğünde üretilmektedir [9]. Uydu tabanlı grid yağış verisi Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak analiz edilmiş ve yer yağış verileriyle karşı-laştırma yapılmıştır. Bunun için öncelikle, Şekil 1’de sayısal yükseklik modeli üzerindeki dağılımının da görüldüğü 26 meteoroloji istasyonu seçilmiş, bu istasyonlar belirlenirken verilerin eksiksiz olmasına dikkat edilmiştir. Yer yağış verisinin elde edildiği 26 meteoroloji istasyonunun genel bilgileri Tablo 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1 Çalışma alanı ve meteoroloji istasyonlarının sayısal yükseklik modeli (SYM) üzerindeki dağılımı (Study area and distributions of meteorologic stations over digital elevation model (DEM))

Tablo 1 Meteoroloji istasyonlarının genel bilgileri (General information of meteorological stations)

	İstasyon No	Istasyon Adı	Şehir	Havza Adı	Yükseklik (m)
1	17233	Didim	Aydın	Büyük Menderes	44
2	17234	Aydın	Aydın	Büyük Menderes	56
3	17237	Denizli	Denizli	Büyük Menderes	425
4	17290	Bodrum	Muğla	Batı Akdeniz	26
5	17292	Muğla	Muğla	Batı Akdeniz	646
6	17294	Dalaman	Muğla	Batı Akdeniz	12
7	17296	Fethiye	Muğla	Batı Akdeniz	3
8	17297	Datça	Muğla	Batı Akdeniz	28
9	17298	Marmaris	Muğla	Batı Akdeniz	16
10	17860	Nazilli	Aydın	Büyük Menderes	84
11	17884	Milas	Muğla	Batı Akdeniz	57
12	17886	Yatağan	Muğla	Büyük Menderes	365
13	17890	Acıpayam	Denizli	Batı Akdeniz	941
14	17924	Köyceğiz	Muğla	Batı Akdeniz	24
15	17850	Sultanhisar	Aydın	Büyük Menderes	73
16	17891	Göhlisar	Burdur	Batı Akdeniz	990
17	18301	Denizli/Kale	Denizli	Büyük Menderes	1190
18	17921	Milas/Ören	Muğla	Batı Akdeniz	4
19	18023	Çine	Aydın	Büyük Menderes	70
20	18027	Bozdoğan	Aydın	Büyük Menderes	144
21	18317	Ortaca	Muğla	Batı Akdeniz	13
22	18048	Ula/Akyaka	Muğla	Batı Akdeniz	1
23	18065	Tavas	Denizli	Büyük Menderes	897
24	18066	Çameli	Denizli	Batı Akdeniz	1.294
25	17627	Bodrum/Turgutreis Marina	Muğla	Batı Akdeniz	6
26	18022	Kavaklıdere	Muğla	Büyük Menderes	973

2.2 Yöntem (Method)

Çalışmadaki temel amaç yağış verisinin yetersiz olduğu durumlarda kullanılması uygun olan uydu tabanlı yağış verisinin yer gözlem verileriyle olan tutarlılığının değerlendirilmesidir. Bu değerlendirme mevsimsel, topoğrafik ve yağış yüksekliği göz önünde bulundurularak ele alınmıştır. Çalışmalar yapılırken yer verisinin noktasal, uydu

verisinin ise alansal yağışı ifade ettiği dikkate alınmıştır. Değerlendirmeler Tablo 2’de sunulan istatistiksel indeksler uygulanarak yapılmıştır.

Tablo 2 Değerlendirme indeksleri ve matematiksel ifadeleri (Evaluation indices and mathematical expressions)

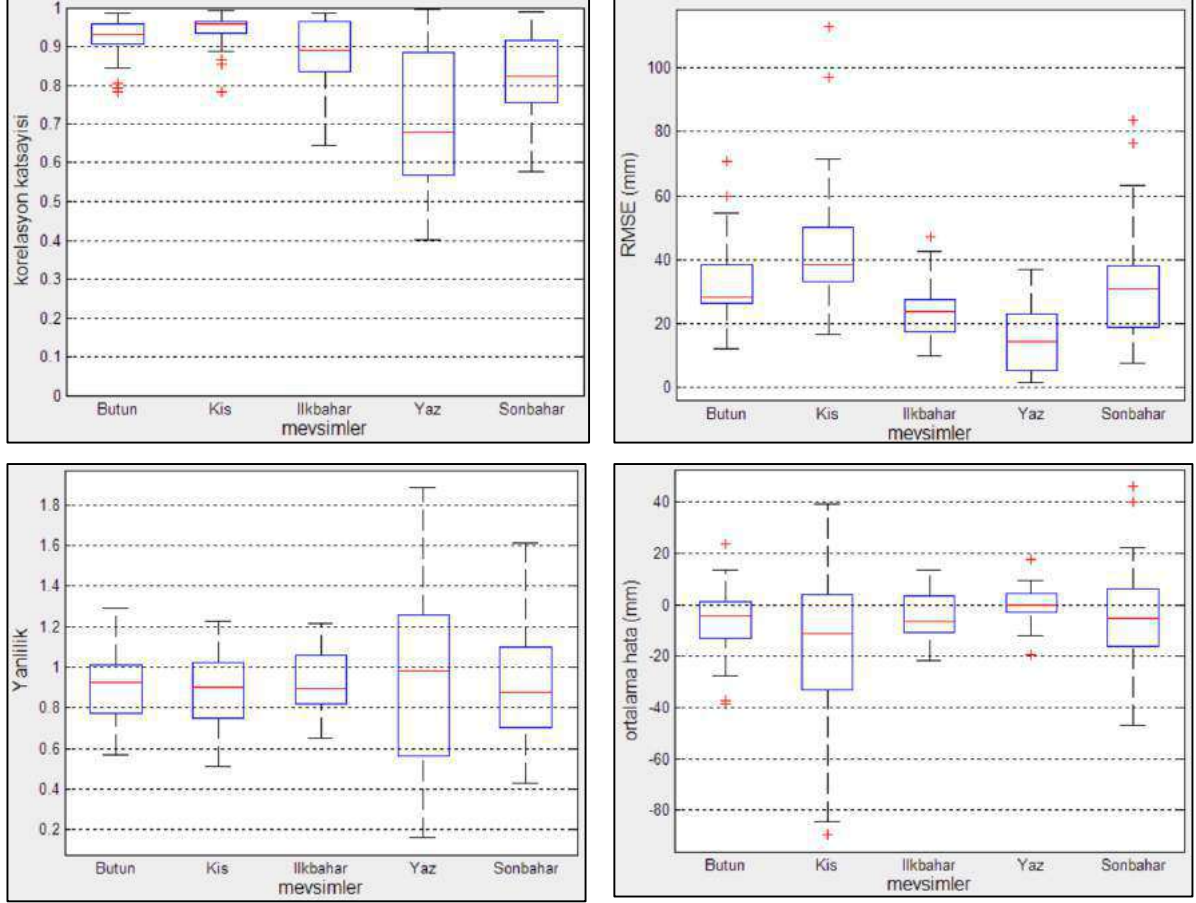
İndeksler	Matematiksel ifade	Açıklama	En iyi sonuç
Pearson korelasyonu	$r = \frac{\Sigma(R_g - \bar{R}_g)(R_s - \bar{R}_s)}{\sqrt{\Sigma(R_g - \bar{R}_g)^2} \sqrt{\Sigma(R_s - \bar{R}_s)^2}}$	R_g , yağışölçer gözlemi; R_s , uydu yağış tahminleri; \bar{R}_g , ortalama yağışölçer gözlemi; \bar{R}_s , ortalama uydu yağış tahminleridir. Değer -1 ile 1 arasında değişir.	1
Ortalama karekök hatası (mm)	$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma(R_g - R_s)^2}{n}}$	n veri çiftlerinin sayısıdır; değer 0 ile ∞ arasında değişir.	0
Yanlılık oranı (BIAS)	$BIAS = \frac{\Sigma R_g}{\Sigma R_s}$	Değerin 1’den fazla olması, uydu yağış tahminin az olduğunu gösterir. Değerin 1’den az olması, uydu yağış tahminin fazla olduğunu gösterir.	1
Ortalama hata (ME)	$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_g - R_s)$	Gözlemlenen yağış verilerine göre uydu verilerinin ortalama hatalarını açıklar.	0

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışma alanındaki istasyon sayısı yer ve uydu tabanlı yağış ilişkisini ayrıntılı ifade etmede fazla olduğundan, elde edilen tablosal sonuçların özeti mevsimsel, topoğrafik ve yükseklik tabanlarında her bir istatistiksel indeks değerleriyle (r, RMSE (mm), yanlılık ve ortalama hata (mm)) sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’te sunulmuştur.

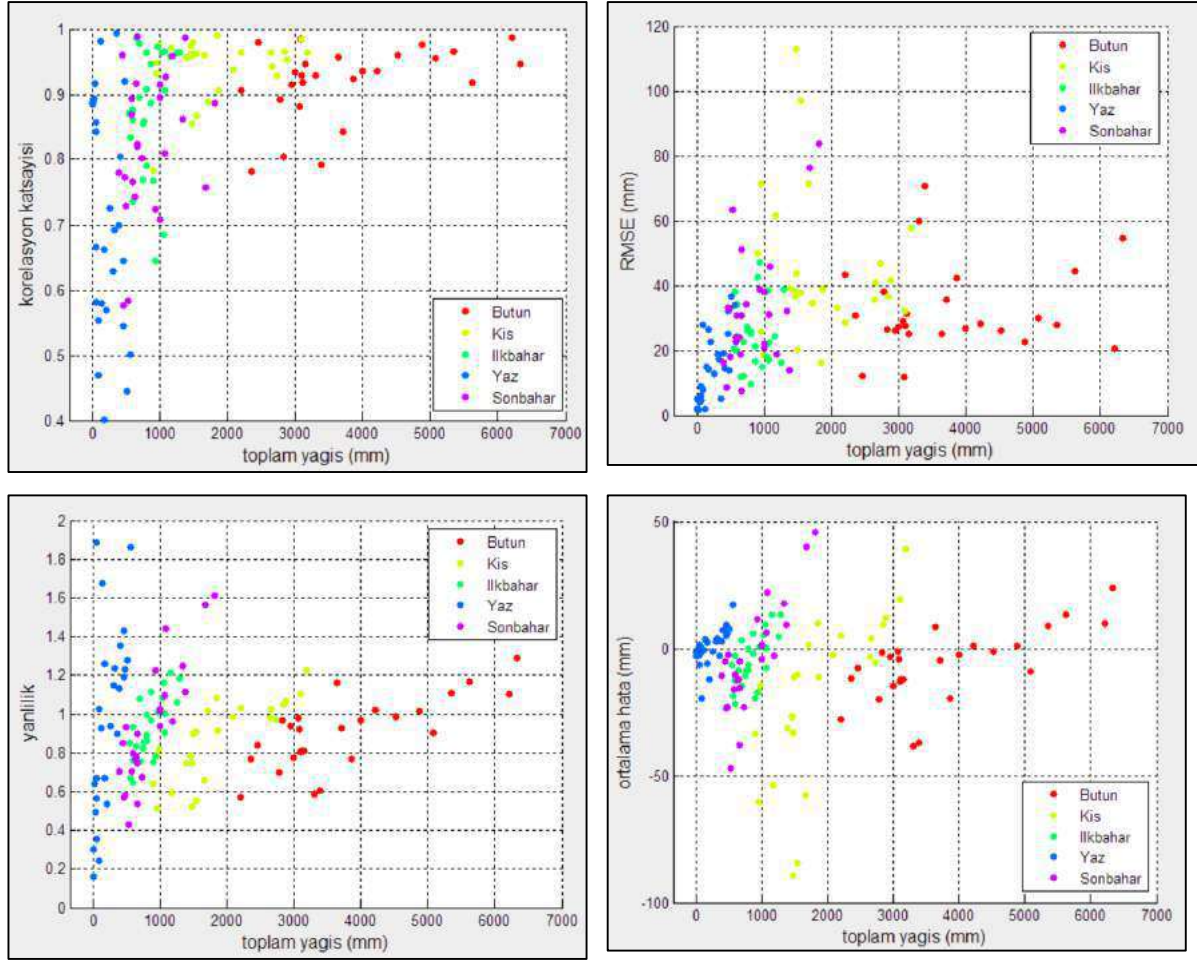
Yıllık toplam değerler incelendiğinde, mevsim toplam değerlerine göre uydu-yer yağış verilerinde daha yüksek korelasyon olduğu gözlenmiştir (Şekil 2). Ortalama korelasyon değeri yıllık karşılaştırmada 0,91 bulunmuş olup; 7 istasyonda bu oran 0,95’in üzerindedir. Mevsimler bazında korelasyon değerlendirmesi yapıldığında ise çeyrekler arasındaki aralığın en az ve medyan değerinin en fazla olduğu mevsimin kış olduğu görülmüş, bu mevsimde hesaplanan r değerinin, yıllık toplam yağış değerine göre daha fazla (0,94) olduğu ve 16 istasyonda r değerinin 0,95’ten fazla olduğu hesaplanmıştır. Mevsimsellikte korelasyon başarısının en az olduğu mevsimin yaz mevsimi olduğu (ortalama r değeri, 0,71; median r değeri 0,69) görülmüştür. İlkbahar mevsimindeki korelasyonun katsayısının (ortalama r değeri, 0,88; median r değeri 0,89) sonbahar mevsimine göre (ortalama r değeri, 0,82; median r değeri 0,83) değer ve çeyrekler arası aralık bazında daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Ortalama karekök hata (RMSE) değerlerinde ise (Şekil 2) en az hata değerinin yaz mevsiminde görüldüğü ancak çeyrekler arasındaki aralığın en az olduğu değer ilkbahar mevsiminde olduğu saptanmıştır. Yanlılık hesaplamasında ise RMSE’deki iyi sonuca benzer bir sonuç yaz mevsimi için gözlenmiş ve 1’e en yakın değer bu mevsim için gözlenmiştir. Ancak, yaz mevsimindeki gözlenen yanlılık dağılımı diğer tüm gruplara göre daha fazladır. Bu durum da uydu yağış verisindeki yanlılığın yaz mevsiminde fazla olduğunu istasyon konum ve gözlenen yağış değerlerine göre de dikkat

edilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Ortalama hata değeri ve yanlılık sonuçları tüm gruplar için incelendiğinde uydu yağış verisinin yağış tahmininde daha fazla sonuçlar ürettiği göze çarpmaktadır. Kış mevsiminde gözlenen ortalama hata değerinin dağılımı diğer gruplara göre daha fazladır. Bu sonuç kış mevsimi için diğer faktörlerin de hata azaltmada göz önünde bulundurulması gerektiğini işaret etmektedir.



Şekil 2 Değerlendirme indekslerinin kutu grafikleriyle mevsimsel ve yıllık (bütün) tabanda sonuçları
(Results of evaluation indices on seasonal and annual (total) basis with box plots)

Toplam yağış tabanındaki sonuçlar korelasyon katsayısı indeksine göre incelendiğinde (Şekil 3) yağış değerlerinde artış olduğunda yer-uydu yağış verisindeki uyumun daha fazla olduğunu göstermektedir. Buna göre en fazla yağış mevsimler tabanında sırasıyla kış, sonbahar, ilkbahar ve yaz şeklindedir. Veri çiftlerinin uyumu da bu sıralamayla birbirini takip etmektedir. Kış mevsiminde gözlenen RMSE, yanlılık ve ortalama hata saçılımları, toplam yağış miktarı arttıkça azalma eğilimindedir. Diğer taraftan ortalama hata saçılımında yaz mevsimi başarılı gibi gözükse de bunun asıl sebebinin yağış yüksekliğinin düşük olmasından dolayı olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında yaz mevsimi korelasyon katsayısında en az uyumu göstermiştir. Yanlılık ve ortalama hata değerleri sonbahar mevsimi için ilkbahar mevsimine göre daha fazla saçılım göstermiştir. Bu saçılım toplam yağış miktarı 1500 mm üzerine çıktığında daha belirgin olmuştur.



Şekil 3 Değerlendirme indekslerinin toplam yağış değerlerine göre değişimi
(Variation of evaluation indices according to the total precipitation values)

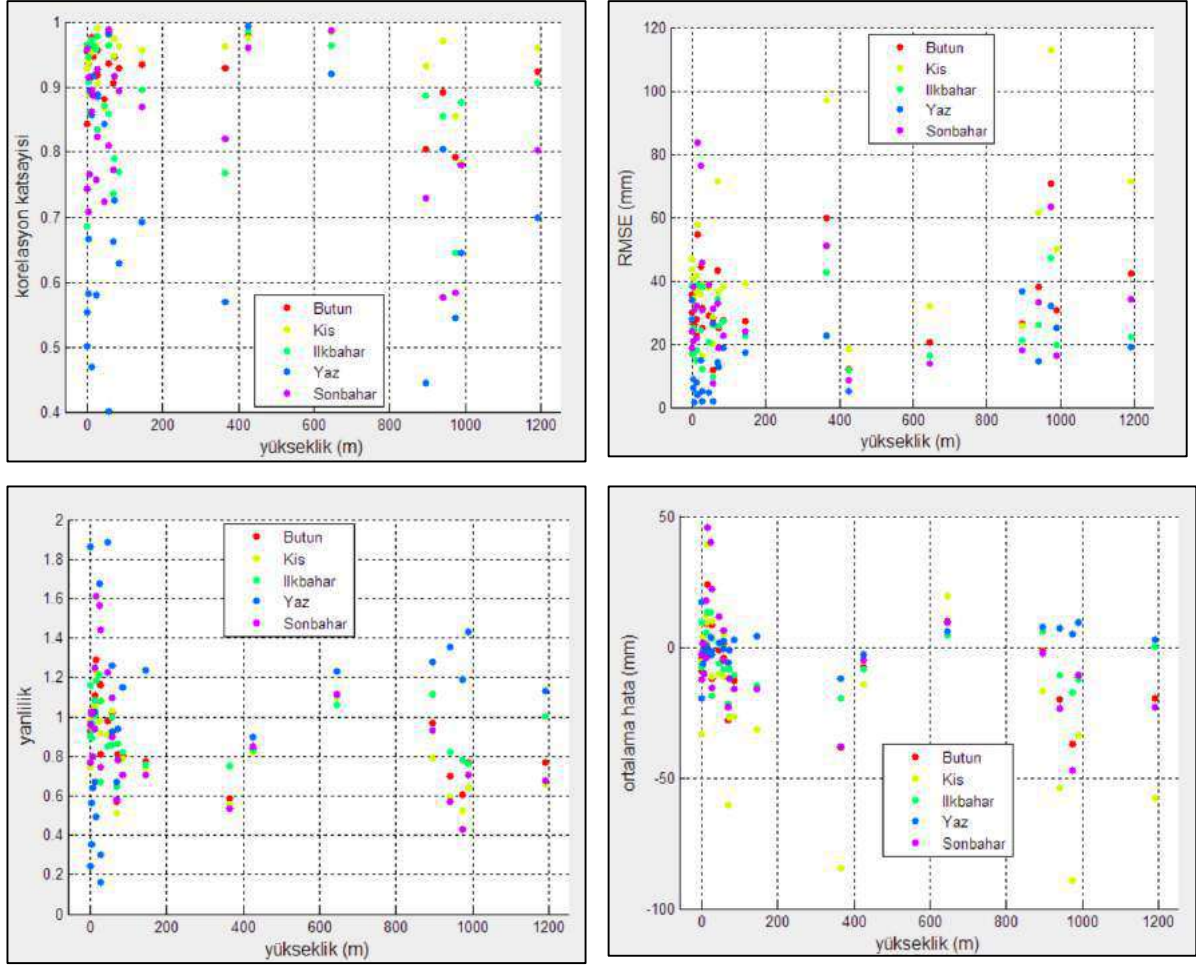
Topoğrafik yükseklik değerlerine göre değerlendirme indeksleri analiz edildiğinde (Şekil 4), çalışılan istasyonların büyük çoğunluğunun rakım değerlerinin 200 m ve altında olduğu göze çarpmaktadır. Ulaşılabilirlik ve bakım gibi sebepler nedeniyle ülkemizin yüksek bölgelerindeki istasyon sayısı alçak bölgeye göre daha azdır. Dolayısıyla değerlendirmenin alçak ve yüksek kesimlere göre kendi içinde yapılması daha sağlıklı olacaktır. Buna göre alçak bölgede yer alan istasyonlar (kabaca 200 m ve altı) ilkbahar döneminde görece daha yüksek korelasyon değerleri vermiştir. Yüksek kesimlerde ise (kabaca 200 m üzeri) yüksek korelasyonun kış döneminde olduğu görülmektedir. Yine yüksek kesimlerde kış mevsiminde gözlenen yüksek yağış değerlerinden ötürü ortalama hatanın en yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Fakat aynı mevsimde (yüksek kesimlerde) korelasyon katsayısı da en fazladır.

1. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada CPC uydu yağış verisinin, yer gözlem verisiyle aylık tabanda doğruluğu analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kısaca aşağıda listelenmiştir.

- Uydu-yer yağış verilerinde, yıllık toplam değerler, mevsim toplam değerlerine göre daha yüksek korelasyona sahiptir. Ortalama korelasyon değeri yıllık karşılaştırmada 0.91 bulunmuş olup; 7 istasyonda bu oran 0.95'in

üzerindedir. Mevsimler bazında korelasyon değerlendirmesi yapıldığında, kış mevsimi, en yüksek başarıya ($r=0,95$), yaz mevsimi ise en düşük başarıya ($r=0,71$) sahiptir.



Şekil 4 Değerlendirme indekslerinin topoğrafik yüksekliğe göre değişimi
(Variation of evaluation indices according to the topographic height)

- RMSE ve yanlılık sonuçlarında, yaz mevsimi en başarılı mevsim olarak gözlenmiştir. Ancak bu durum yağışın en az görüldüğü mevsim olmasıyla ilişkilendirilebilir. Yine aynı mevsimde, yanlılık hesaplamalarında çeyrekler arası dağılım en fazladır. Bu durum veri değerlendirmesinde istasyon konumuna ve gözlenen yağış değerlerine de dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.
- Mevsimler bazında korelasyon değerlerine bakıldığında, en fazla yağış ve böylelikle veri çiftlerinin uyumu da sırasıyla kış, sonbahar, ilkbahar ve yaz şeklinde bulunmuştur. Yani toplam yağış değerleri arttıkça, yer-uydu yağış verisindeki korelasyon/uyum da artmaktadır.
- Yanlılık ve ortalama hata değerlerinde, sonbahar mevsiminde ilkbahar mevsimine göre daha fazla saçılım saptanmıştır. Bu saçılım, toplam yağış miktarı 1500 mm üzerine çıktığında daha belirgin olmuştur. İlkbahar mevsiminde, alçak bölgede yer alan istasyonlar daha yüksek korelasyon değerlerine sahiptir. Kış mevsiminde, yüksek bölgede yer alan istasyonlar daha yüksek korelasyon değerlerine sahiptir. Kış mevsiminde ortalama hata değerinin dağılımı diğer gruplara göre daha fazladır. Sonuç olarak, kış mevsimi için diğer faktörlerin de hata azaltmada göz önünde bulundurulması gereklidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Hughes, D. A., “Comparison of Satellite Rainfall Data With Observations From Gauging Station Networks,” *Journal of Hydrology*, vol. 327, no. 3, pp. 399–410, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.11.041.
- [2] Zhao Y., Xie Q., Lu Y., and Hu B., “Hydrologic Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis for Nanliu River Basin in Humid Southwestern China,” *Sci Rep*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2017, doi: 10.1038/s41598-017-02704-1.
- [3] Chaudhari K. N., Sarkar C., Patel N. K., and Parihar J. S., “An Inter-Comparison of Satellite Based NOAA CPC Rainfall Estimates And Gauge Observations Over Selected Stations In India,” p. 5.
- [4] Özcan O., Musaoğlu N., Bookhagen B., and Örmeci C., “Uydu ve Yersel Yağış Verilerinin Noktasal Frekans Analizi ile Mekansal Değerlendirmesi,” p. 8, 2013.
- [5] Çetin S., Köksal E. S., and Tunca E., “TRMM ve GPM Uydu Verilerinden Belirlenen Yağış Haritalarının Su Bütçesi Hesaplamalarında Kullanılma Olanakları,” *Ziraat Fakültesi Dergisi*, pp. 109–118, Dec. 2018.
- [6] İlhan H. and Kayan H. H., “Yapay Sinir Ağları Kullanarak Çoklu Uydu Gözlemlerinden Elde Edilen Veriler ile Yağış Tahmini,” p. 7.
- [7] Aksu H. and Akgül M. A., “Performance Evaluation of CHIRPS Satellite Precipitation Estimates Over Turkey,” *Theor Appl Climatol*, vol. 142, no. 1–2, pp. 71–84, Oct. 2020, doi: 10.1007/s00704-020-03301-5.
- [8] Legates D. R. and Willmott C. J., “Mean Seasonal And Spatial Variability In Gauge-Corrected, Global Precipitation,” *International Journal of Climatology*, vol. 10, no. 2, pp. 111–127, 1990, doi: 10.1002/joc.3370100202.
- [9] Chen M. *et al.*, “Assessing Objective Techniques For Gauge-Based Analyses of Global Daily Precipitation,” *J. Geophys. Res.*, vol. 113, no. D4, p. D04110, Feb. 2008, doi: 10.1029/2007JD009132.
- [10] Carvalho L. M. V., Jones C., Posadas A. N. D., Quiroz R., Bookhagen B., and Liebmann B., “Precipitation Characteristics of the South American Monsoon System Derived from Multiple Datasets,” *Journal of Climate*, vol. 25, no. 13, pp. 4600–4620, Jul. 2012, doi: 10.1175/JCLI-D-11-00335.1.
- [11] Preethi B., Revadekar J. V., and Munot A. A., “Extremes In Summer Monsoon Precipitation Over India During 2001–2009 Using CPC High-Resolution Data,” *International Journal of Remote Sensing*, vol. 32, no. 3, pp. 717–735, Feb. 2011, doi: 10.1080/01431161.2010.517795.
- [12] Gayır B. and Arslan O., “Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar,” p. 17, 2018.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**SOME QUALITY CHARACTERISTICS AND SENSORIAL
PROPERTIES OF GLUTEN-FREE COOKIES MADE OF CHESTNUT,
ALMOND, AND COCONUT FLOUR BLENDS**

Esra BOSTANCI ^{1,2,*}, Fundagül EREM ³

¹Esra BOSTANCI, Department of Food Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit University, Turkey

esra.bostanci@beun.edu.tr

²Esra BOSTANCI, Department of Food Engineering, Hacettepe University, Turkey

³Fundagül EREM, Department of Food Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit University, Turkey

fundagulerem@beun.edu.tr

* corresponding author; E-Mail: esra.bostanci@beun.edu.tr; Tel.: +90 372 291 1541

ABSTRACT

In this study, it was aimed to develop gluten-free cookie formulations using composite flours. Composite flours were prepared by blending chestnut flour (CF) with almond (AF) and coconut flour (CNF) in ratios of 100:0:0 (CF), 50:50 (CF/AF), 50:25:25 (CF/AF/CNF) and 50:25:25 (AF/CF/CNF), respectively. Cookies produced from chestnut flour (CF) were evaluated as the control sample. The differences in both the water absorption capacity (WAC) and the moisture content of the different flour types and flour blends were significant ($p<0.05$). The highest value for WAC (4.39 g water/g flour) and moisture content (6.30%) was observed for CNF and CF/AF/CNF blends, respectively. However, there were no statistically significant differences for the oil absorption capacities of the flour samples and blends. Significant differences ($p<0.05$) were observed in L^* , a^* , b^* values, moisture content, baking loss, and spread ratio of the cookies. Among the sensory properties tested, shape, upper surface, and taste/odor were significantly ($p<0.05$) different for the cookies. Although there were no statistically significant differences between the overall appreciation of the cookies, according to the raw scores of the sensorial evaluation, EF4 coded cookies that contain AF/CF/CNF was the most preferred ones.

Keywords: Gluten-free cookies, celiac disease, composite flour, sensory evaluation

1. INTRODUCTION

Cookies which are consumed as snacks by people are one of the most important bakery products around the world due to their ready-to-eat and easy-to-store nature, wide consumption, availability in different varieties, good eating quality, low manufacturing cost, and relatively long shelf-life [1-4]. Three main ingredients that are used in the production of cookies are flour, fat, and sugar [5]. Traditionally, wheat flour is widely used for making cookies because of its gluten protein, which gives the dough organoleptic properties such as water absorption capacity, cohesiveness, viscosity, and elasticity [6,7]. Gluten is composed of complex proteins called gliadins and glutenins. Gliadins and glutenins are responsible for the extensibility and the elasticity of the wheat dough, respectively [8]. On the other hand, due to its gluten content wheat consumption is linked to disorders, such as celiac disease, wheat allergy, and non-celiac gluten sensitivity [9] and these disorders affect millions of people [10].

Celiac disease (CD), which is triggered by the ingestion of gluten and affects the small intestine in genetically susceptible people, is a hereditary chronic autoimmune intestine disease [10,11]. CD is seen in approximately 1% of the world's population in both adults and children [12]. The symptoms of CD are generally fatal chronic gastrointestinal disorders, weight loss, metabolic bone disease, anemia, and weakness [13]. Wheat allergy is an immunological disorder resulting from the consumption of foods containing wheat. It is less common compared to CD [14]. Non-celiac gluten sensitivity is a clinical disorder manifested by intestinal and extra-intestinal symptoms caused by gluten ingestion apart from CD and wheat allergy [15]. The only treatment method for these diseases caused by gluten is a strict gluten-free diet. Apart from the treatment of gluten-related diseases, many people have started to consume gluten-free products as a lifestyle choice [16]. This study was carried out to develop gluten-free cookie formulations using composite flours that were prepared by blending CF, AF and CNF and to determine the quality characteristics and sensory properties of the cookies produced.

2. EXPERIMENTAL METHOD

2.1. Materials and Preparation Techniques

2.1.1. Characterization of Materials

Chestnut flour (CF), almond flour (AF) and coconut flour (CNF) were purchased from online sellers. Nutritional and energy values of the ingredients specified by the manufacturers are shown in Table 1. All the other ingredients used for cookie production were purchased from a local commercial market in Zonguldak, Turkey.

Table 1. Nutritional and energy values of the ingredients (g/100g)

	CF	AF	CNF	Powdered sugar	Butter	Baking powder
Carbohydrate	80	16.7	64	99.3	1	21.11
Protein	6.1	21.4	19	0	0.8	0.11
Fat	2.8	47	16	0	82	0.19
Saturated fat	0	3.6	3	0	54	0
Sugar	16	3.6	18.7	98.3	1	0
Fibre	N	10	N	0	0	0
Salt	0.23	0.1	*	0	0	45
Energy (kcal/100g)	368	595	434	397	3065	87

N: not declared; * declared as 55g sodium, 649 mg potassium

2.1.2. Methods

2.1.2.1. Properties of flour

Water and oil absorption capacities (WAC and OAC) were determined according to Marchetti et al. [17] with four replicates and the results were expressed as g water/g of flour and g oil/g of flour for WAC and OAC, respectively. Infrared moisture analyzer (Radwag MA 50.R, Poland) was used to determine moisture content.

2.1.2.2. Production of cookies

The ingredients of the cookies are presented in Table 2. To prepare the cookie dough, all the ingredients were mixed and kneaded by hand for 5 minutes. The cookie dough was sheeted with a roller manually to a height of 0.8 cm. Then the dough was shaped with a circular die with a diameter of 3.5 cm. The prepared cookie dough was baked in a preheated conventional oven (CVS DN 3906L, Turkey) at 160 °C for 14 min. The cookies were cooled down at room temperature for 2 hours before analysis.

Table 2. The ingredients of the cookies

Ingredients (g)	EF1	EF2	EF3	EF4
Chestnut flour	200	100	100	50
Almond flour	-	100	50	100
Coconut flour	-	-	50	50
Powdered sugar	80	80	80	80
Butter	120	120	120	120
Baking powder	2	2	2	2

The composite flour counterparts of the EF1, EF2, EF3, and EF4 coded cookies are CF, CF/AF, CF/AF/CNF, and AF/CF/CNF, respectively.

2.1.2.3. Baking loss and moisture content

The weight of four cookies was measured before (W1) and after (W2) baking and the baking loss (BL) in cookies was calculated using Eq.1. [18].

$$BL (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

The cookies were ground, and their moisture content was determined using an infrared moisture analyzer (Radwag MA 50.R, Poland).

2.1.2.4. Spread ratio

The diameter (mm) and thickness (mm) of four cookies were measured with an electronic digital vernier caliper in three different positions and the spread ratio was calculated as the ratio of diameter to thickness of cookies [19].

2.1.2.5. Color

The color of the cookies was measured using a spectral colorimeter (CHN CS-410, China) with a D65 illuminant, and expressed in terms of L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness) values using CIELab parameters. Measurements were made on the upper surface of three cookies in three different parts of each [20].

2.1.2.6. Sensory evaluation

Sensory evaluation was carried out on the representative samples of cookies, coded with random letters, by nine semi-trained panelists comprising of male and female graduate students (aged 20-30) in the Faculty of Engineering at Zonguldak Bulent Ecevit University. Panelists were asked to grade cookies with a 5-points hedonic scale ranging

from 1 (extremely dislike) to 5 (extremely like) for each parameter, which are appearance (shape, upper surface, bottom surface), texture (rupture, cross-section structure, chewiness), taste/odor, and overall appreciation [21].

2.1.2.7. Statistical Analysis

Results obtained for the flour types and cookies are presented as mean \pm standard error. The statistical significance between the cookie samples was analyzed by performing Analysis of variance (ANOVA) on data using SAS System Software (SAS OnDemand for Academics). Duncan's multiple range test was used for the evaluation of parameters determined as significant at the 95% confidence level.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, different composite flour samples were used to develop gluten-free cookies. According to our preliminary studies (data not shown), overall appreciation of cookies made from CF was not found satisfactory by the untrained panelists. From that point of view, in this study, CF was used for the preparation of control cookies, and it was mixed with AF and/or CNF with three different ratios (CF/AF, CF/AF/CNF, AF/CF/CNF). The ratios of different flour types and the composition of the cookies were determined by several dough-making and baking trials.

The WAC, OAC, and moisture contents of different flour types and flour blends are presented in Figure 1. The range of values obtained for these parameters was 1.09-4.39 g water/g flour, 0.91-0.95 g oil/g flour, and 4.29-6.30%, respectively. Significant differences ($p < 0.05$) were observed for both WAC and moisture content of different flour types and flour blends. The WAC of CNF was significantly higher ($p < 0.05$) and it was followed by other blends that contain CNF. The WAC of blends containing CNF was not statistically different. Makinde and Eytayo [22] have made five blends of composite flour by combining wheat flour with 10% to 50% of partially defatted coconut flour and determined that WAC of composite flour samples increased with the increasing ratio of coconut flour. Chandra et al. [23] reported that high WAC values make the composite flour samples applicable in some food products such as sausage, dough, processed cheese, and bakery products, and the increase in the WAC has always been associated with the increase in the amylose leaching and solubility, and loss of starch crystalline structure. As seen in Figure 1, mean values of OAC for different samples were quite similar and the OAC of flour samples was not statistically different. It was reported that flour samples with higher fat content may adversely affect the OAC of composite flour. Moreover, the proteins which consist of both hydrophilic and hydrophobic parts are the most important factors that have an effect on OAC [23]. Similar OAC values of the flour types and flour blends may be due to the fat content of AF and protein content of CF and CNF (Table 1). The moisture content of the CF was found to be the highest among the flour types and the moisture content of flour blends was determined higher than AF and CNF.

The properties of cookies are shown in Table 3. The moisture content of cookies ranged between 2.65 and 5.18% and it was observed as significantly higher ($p < 0.05$) in EF1 compared to the composite flour containing cookies. The baking loss, on the other hand, was determined to be in the range of 4.67-5.35%, and EF2 had the highest value, and it was significantly ($p < 0.05$) different from the others. The highest baking loss value of EF2 is also

consistent with its moisture content in terms of being the lowest. This result may be due to the low WAC value of AF (Figure 1). The differences in the baking loss of EF1, EF2 and EF4 was not statistically significant.

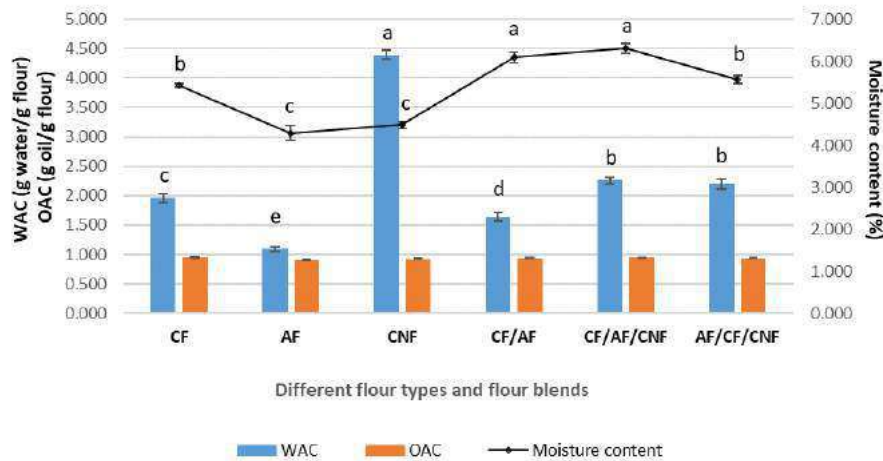


Figure 1. The WAC, OAC, and moisture contents of different flour types and flour blends (Values represent mean \pm standard error. Different lowercase letters, separately for WAC and moisture content, indicate significant differences ($p < 0.05$) among the samples).

The spread ratio, which is one of the quality parameters for cookies, should be higher for better cookies [24]. Cookies that have a higher diameter and spread ratio values are considered to have desirable quality attributes [25]. It was determined that the diameter, thickness, and spread ratio values of the cookies were significantly different ($p < 0.05$). Among the cookies, EF2 had the highest diameter (54.587 mm) and spread ratio (5.788) values, and it was followed by EF4 (Table 3). It was reported that due to the higher dietary fiber (~10%) and protein content of AF, a decrease in the spread ratio was observed in the cookies that have a higher amount of AF [26]. Similarly, Frost et al. [27] explained the lower spread ratio values by the higher dietary fiber and protein content of barley flour. The dietary fiber content (60%) of coconut flour [28] is higher than that of AF and this can explain the lower spread ratio value of EF3 and EF4 than EF2. CF contains fewer dietary fibers (~0.1-0.2%) [29] than the other flour samples. It was determined that EF1 had lower spread ratio values (4.378), however, its value was not significantly different from EF3 and EF4. Depending on the highest spread ratio value, the thickness of EF2 was significantly lower than that of the other cookies.

Cookie color depends on the color of flour and also the Maillard reaction that takes place during baking [30]. The effect of composite flour on the color values of cookies is shown in Table 3. All of the color values (L^* , a^* , b^*) were significantly different ($p < 0.05$) for different flour ratios. The highest L^* and b^* values were observed for EF4 and the lowest for EF1. An increase in the number of different types of flour and also a decrease in the ratio of the CF in the blends made the L^* and b^* value higher, and a^* value lower. In other words, blending CF with other flour types resulted in lighter-color cookies and caused an increase in their yellowness, but a decrease in the redness of the cookies.

Table 3. The properties of cookies

Cookies	EF1	EF2	EF3	EF4
Moisture content (%)	5.188 ^a ± 0.045	2.653 ^d ± 0.020	4.209 ^b ± 0.093	3.789 ^c ± 0.011
Baking loss (%)	4.666 ^b ± 0.165	5.347 ^a ± 0.391	5.136 ^{ab} ± 0.071	4.468 ^b ± 0.066
Diameter (mm)	46.557 ^c ± 0.194	54.587 ^a ± 0.375	47.157 ^c ± 0.179	48.133 ^b ± 0.020
Thickness (mm)	10.633 ^a ± 0.020	9.433 ^b ± 0.088	10.580 ^a ± 0.059	10.600 ^a ± 0.137
Spread ratio	4.378 ^c ± 0.026	5.788 ^a ± 0.069	4.458 ^{bc} ± 0.012	4.542 ^b ± 0.059
Color				
L*	54.627 ^d ± 0.309	55.441 ^c ± 0.092	61.241 ^b ± 0.361	63.753 ^a ± 0.144
a*	6.991 ^a ± 0.069	6.707 ^a ± 0.123	6.168 ^b ± 0.273	5.520 ^c ± 0.036
b*	24.337 ^d ± 0.121	26.408 ^c ± 0.147	27.203 ^b ± 0.410	28.302 ^a ± 0.173

Each value is expressed as mean ± standard error. Means with a different superscript letter within a row were significantly different (p<0.05).

The results of the sensory evaluation of cookies are shown in Figure 2. The most important factors that affect the acceptability of baked goods by the consumers are surface color, texture, and taste [31]. According to the statistical analysis, significant differences (p<0.05) were only observed for the shape, upper surface appearances, and taste/odor of the cookies. Therefore, Duncan's test results are shown only for these three parameters in Figure 2. EF3 had the highest score for the shape. However, the differences in shape among EF1, EF2, and EF3 were not statistically significant. The lowest score (3.556) for shape was observed in EF2. EF2 also had the highest spread ratio value (Table 3). Although a higher spread ratio is preferred for cookies, probably spread ratio of EF2 affected the semi-trained panelists adversely.

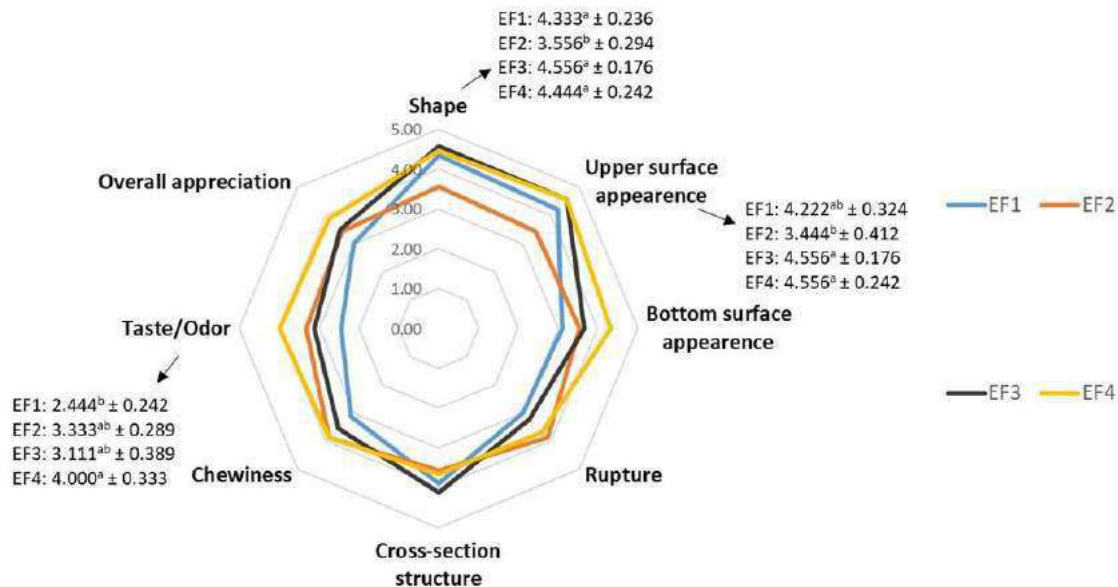


Figure 2. Sensory results of cookies (Values represent mean ± standard error. The means followed by different superscript letters are significantly different (p<0.05) for different cookies)

The panelists were asked to evaluate the surface properties in terms of color, shine, roughness, and the existence of cracks. In terms of the upper surface appearances, EF3 and EF4 had the highest scores (4.556), and EF2 had the lowest (3.444). The scores for taste/odor ranged between 2.44 and 4.00. While 100% CF-containing cookies were the least acceptable in terms of taste, EF4 had the highest score for this parameter since AF and CNF substitution developed the taste. The other parameters (bottom surface appearances, rupture, cross-section structure, chewiness,

and overall appreciation) were not found significantly different, EF4 was the most preferred cookie concerning the raw scores of the overall appreciation, though. The physical appearances of cookies are presented in Figure 3.



Figure 3. The appearances of cookies

4. CONCLUSION

This study revealed that using composite flour consisting of CF, AF and CNF developed the quality characteristics and the sensory properties of the cookies compared to the control cookies that contain 100% of CF. Substitution of CF with AF and/or CNF made the cookies more acceptable. The cookies containing flour blend of AF/CF/CNF (50:25:25) were generally the most preferred ones.

REFERENCES

- [1] Dhankhar, P. (2013). "A study on development of coconut based gluten free cookies." *International Journal of Engineering Science Invention*, 2(12), 10-19.
- [2] Baumgartner, B., Özkaya, B., Saka, I., & Özkaya, H. (2018). "Functional and physical properties of cookies enriched with dephytinized oat bran." *Journal of Cereal Science*, 80, 24-30.
- [3] Maghaydah, S., Abdul-Hussain, S., Ajo, R., Obeidat, B., & Tawalbeh, Y. (2013). "Enhancing the nutritional value of gluten-free cookies with inulin." *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(7), 866-870.
- [4] Wang, L., Li, S., & Gao, Q. (2014). "Effect of resistant starch as dietary fiber substitute on cookies quality evaluation." *Food Science and Technology Research*, 20(2), 263-272.
- [5] Dhillon, B., Sodhi, N. S., Aneja, E., Kumar, A., & Jaiswal, S. (2012). "Physico-chemical and textural (sensorial and electromyographic) evaluation of cookies formulated using different ratios of brown rice flour and refined wheat flour." *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 219-227.
- [6] Giri, N. A., & Sajeev, M. S. (2020). "Physico-mechanical and nutritional evaluation of taro (*Colocasia esculenta*) flour-based gluten-free cookies." *Agricultural Research*, 9, 125-131.
- [7] Christ-Ribeiro, A., Chiattoni, L. M., Mafaldo, C. R. F., Badiale-Furlong, E., & Souza-Soares, L. A. d. (2021). "Fermented rice-bran by *Saccharomyces cerevisiae*: Nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies." *Food Bioscience*, 40, 100859.
- [8] Sánchez-León, S., Giménez, M. J., & Barro, F. (2021). "The α -gliadins in bread wheat: Effect of nitrogen treatment on the expression of the major celiac disease immunogenic complex in two RNAi low-gliadin lines." *Frontiers in Plant Science*, 12, 663653.
- [9] Pronin, D., Börner, A., & Scherf, K. A. (2021). "Old and modern wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and their potential to elicit celiac disease." *Food Chemistry*, 339, 127952.
- [10] Myhrstad, M. C. W., Slydahl, M., Hellmann, M., Garnweidner-Holme, L., Lundin, K. E. A., Henriksen, C., & Telle-Hansen, V. H. (2021). "Nutritional quality and costs of gluten-free products: a case-control study of food products on the Norwegian marked." *Food & Nutrition Research*, 65, 6121.

- [11] Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C., . . . Lundin, K. E. A. (2019). "European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders." *United European Gastroenterology Journal*, 7(5), 583–613.
- [12] Reilly, N. R., & Green, P. H. R. (2012). "Epidemiology and clinical presentations of celiac disease." *Seminars in Immunopathology*, 34, 473-478.
- [13] Green, P. H. R., & Jabri, B. (2003). "Coeliac disease." *The Lancet*, 362(2), 383-391.
- [14] Catassi, C., & Fasano, A. (2008). "Celiac disease." In E. K. Arendt & F. D. Bello (Eds.), *Gluten-free cereal products and beverages* (pp. 1-22): Elsevier.
- [15] Ponzio, V., Ferrocino, I., Goitre, I., Pellegrini, M., Bruno, M., Astegiano, M., . . . Bo, S. (2021). "Non-celiac gluten/wheat sensitivity: Clinical characteristics and microbiota and mycobiota composition by response to the gluten challenge test." *Nutrients*, 13, 1260.
- [16] Cairano, M. D., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., & Galgano, F. (2020). "Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours." *LWT-Food Science and Technology*, 133, 109860.
- [17] Marchetti, L., Califano, A.N., Andrés, S.C. (2018). "Partial replacement of wheat flour by pecan nut expeller meal on bakery products. Effect on muffins quality." *LWT - Food Science and Technology*, 95, 81-91.
- [18] Korese, J.K., Chikpah, S.K., Hensel, O., Pawelzik, E., Sturm, B. (2021). "Effect of orange-fleshed sweet potato flour particle size and degree of wheat flour substitution on physical, nutritional, textural and sensory properties of cookies." *European Food Research and Technology*, 247, 889-905.
- [19] Naseer, B., Naik, H.R., Hussain, S.Z., Zargar, I., Beenish, Bhat, T.A., Nazir, N. (2021). "Effect of carboxymethyl cellulose and baking conditions on in-vitro starch digestibility and physico-textural characteristics of low glycemic index gluten-free rice cookies." *LWT- Food Science and Technology*, 141, 110885.
- [20] Cairano, M.D., Caruso, M.C., Galgano, F., Favati, F., Ekere, N., Tchuenbou-Magaia, F. (2021). "Effect of sucrose replacement and resistant starch addition on textural properties of gluten-free doughs and biscuits." *European Food Research and Technology*, 247, 707-718.
- [21] Torbica, A., Hadnadev, M., Hadnadev, T.D. (2012). "Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality." *Food Research International*, 48, 277-283.
- [22] Makinde, F.M, Eytayo, A.O. (2019). "The evaluation of nutritional composition and functional and pasting properties of wheat flour-coconut flour blends." *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 21-29.
- [23] Chandra, S., Singh, S., Kumari, D. (2015). "Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits." *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3681-3688.
- [24] Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S. (2017). "Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels." *LWT - Food Science and Technology*, 80, 537-542.
- [25] Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B.S. (2013). "Effect of composition of gluten proteins and dough rheological properties on the cookie-making quality." *British Food Journal*, 115(4), 564-574.
- [26] Yildiz, E., Gocmen, D. (2021). "Use of almond flour and stevia in rice-based gluten-free cookie production." *Journal of Food Science and Technology*, 58, 940-951.

- [27] Frost, D.J., Adhikari, K., Lewis, D.S. (2011). "Effect of barley flour on the physical and sensory characteristics of chocolate chip cookies." *Journal of Food Science and Technology*, 48(5), 569-576.
- [28] Trinidad, T. P., Mallillin, A. C., H.Valdez, D., Loyola, A. S., Askali-Mercado, F. C., Castillo, J. C., . . . Chua, M. T. (2006). "Dietary fiber from coconut flour: A functional food." *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7(4), 309-317.
- [29] Mete, M., Dülger Altıner, D. (2017). "Chestnut flour and applications of utilization." *International Journal of Food Engineering Research*, 3(1), 9-16.
- [30] Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L., Gallo, A. (2018). "Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics." *Food Chemistry*, 239, 679-687.
- [31] Zucco, F., Borsuk, Y., Arntfield, S.D. (2011). "Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes." *LWT - Food Science and Technology*, 44, 2070-2076.

YERALTI MADEN İŞYERLERİNDEKİ KAZALARIN AÇIK KAYNAK KODLU CBS İLE ZAMANSAL MEKANSAL ANALİZİ: TTK KOZLU TAŞKÖMÜRÜ İŞLETME MÜESSESESİ ÖRNEĞİ

Pınar EKSERT ^{1,*}, Hakan AKÇIN ²

¹Pınar EKSERT, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği ABD, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye, pinareksert@hotmail.com

²Hakan AKÇIN, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye, akcinh@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: pinareksert@hotmail.com ; Tel.: +90-507-652-1030

ÖZET

Yeraltı maden işletmelerinde işleyiş bakımından uyulması gereken iş güvenliği kuralları hayati önem arz etmektedir. Türkiye’de meydana gelen maden kazaları incelendiğinde kazaların büyük çoğunluğu çalışanların dikkatsizliği, alınan tedbirlerin yetersizliğinden ve çalışılan ortamın zorluğundan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, yeraltı madencilik faaliyetlerinde meydana gelen iş kazalarının mekânların özellikleri, kazanın oluş zamanı ve çalışanın deneyimi ile ilişkisi gibi parametreleri dikkate alarak zamansal Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analizi iş güvenliği açısından çıkarımların yapılması hedeflenmektedir. Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri AKK CBS yazılımları ve internet tabanlı veri servisleri ile bir zamansal CBS uygulaması geliştirmeye yönelik olarak Türkiye Taşkömürü Kurumu TTK’ya bağlı Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi örnek alanında Ocak 2019 ve Aralık 2020 Tarihleri arasında tutulan 234 adet kazaya ilişkin olarak olay kaydı için veri tabanı kurulmuş, olayların zaman mekân dağılımları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık kaynak kodlu CBS, maden işyerleri, iş güvenliği, zamansal mekânsal analiz, TTK

TEMPORAL SPATIAL ANALYSIS OF ACCIDENTS IN UNDERGROUND MINING WORKPLACES WITH OPEN SOURCE CODE GIS: THE CASE OF TTK KOZLU HARD COAL ENTERPRISE

ABSTRACT

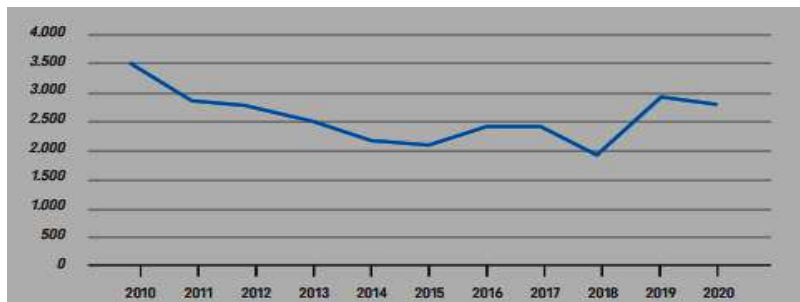
Occupational safety rules that must be followed in terms of operation in underground mining enterprises are vital importance. Considering mining accidents occurred in Turkey, the majority of accidents is due to carelessness of employees, the difficulty of the work environment and the inadequacy of the measures taken. In this context, it is aimed to analyze the occupational accidents in underground mining activities with temporal Geographic Information Systems (GIS), taking into account parameters such as the characteristics of the places, the time of

occurrence of the accident and the relationship with the experience. Open Source Code Geographical Information Systems in order to develop a temporal GIS application with OSC GIS software and internet-based data services, event log regarding 234 accidents recorded between January 2019 and December 2020 in the sample area of Kozlu Hard Coal Operation Institution of Turkish Hard Coal Enterprise-TTK. database has been established. The time-space distributions of the events were examined.

Key Words: Open source gis, mining sites, occupational safety, temporal spatial analysis, TTK

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya üzerinde madencilik tarihi milattan önceki dönemlere dayanmaktadır. Önemli madensel materyallerden biri olan kömürün keşfinin ise uygarlığın ilk dönemlerine dayandığı düşünülmektedir. İlk çağlarda ısınmak için kullanılan kömür, uygarlığın yüzyıllar içerisindeki gelişimi ile birlikte 18. yüzyıl itibari ile sanayi ve endüstri alanlarında kullanılmaya başlanmıştır [1]. Dünya, 20. Yüzyılın sonlarına doğru farklı enerji kaynaklarına yönelse de kömür, enerji kaynakları arasında hala önemli bir yer arz etmektedir. 21. Yüzyılda hala pek çok alanda kullanılan kömürün çıkarılması oldukça meşakkatli ve tehlikelidir. Maden kazalarının büyük çoğunluğunun kömür madenlerinde meydana geldiği yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır [2, 3, 4]. Türkiye’de kömürün önemli bir bölümü, Zonguldak Taşkömürü Havzasından, kömür madenciliği alanında önemli kurumlardan biri olan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından elde edilmektedir. Jeolojik yapıya bağlı olarak Zonguldak Taşkömürü Havzasında yoğun insan gücüne ve emeğine yoğun ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple mekanize çalışan diğer ülkelere göre kaza sayısı ve frekansı oldukça yüksektir. TTK faaliyet raporlarında “2019 yılı içerisinde yeraltı ve yerüstü iş yerlerinde çeşitli nedenlerle meydana gelen 2.862 adet”, “2020 yılı içerisinde 2.809 adet kaza” raporlandığı yer almaktadır [5, 6]. TTK faaliyet raporlarına ait 2010-2020 yılları arası kaza grafiği şekil 1’de verilmiştir. Yaralanma kazaları incelendiğinde; %39 ile ilk sırada Karadon Müessesesi, %24 ile Üzülmüş Müessesesi 2. sırada, %20 ile Kozlu Müessesesi 3. sırada, %11 ile Armutçuk Müessesesi 4. sırada ve % 6 ile 5. sırada Amasra Müessesesi yer almıştır. Yaralanmaların %98’si gibi büyük bir kısmı yeraltında gerçekleşirken, yerüstünde %2’si meydana gelmiştir. Kazalar nevine göre incelendiğinde yaralanmaların %67’lik bir oran muhtelif, %15’lik bir kısım göçük sebebi ile meydana gelen kazalar, % 14’ü malzeme taşıma esnasında, %2’si nakliyat esnasında ve %2’si de harici işlerde olduğu görülmektedir [5].



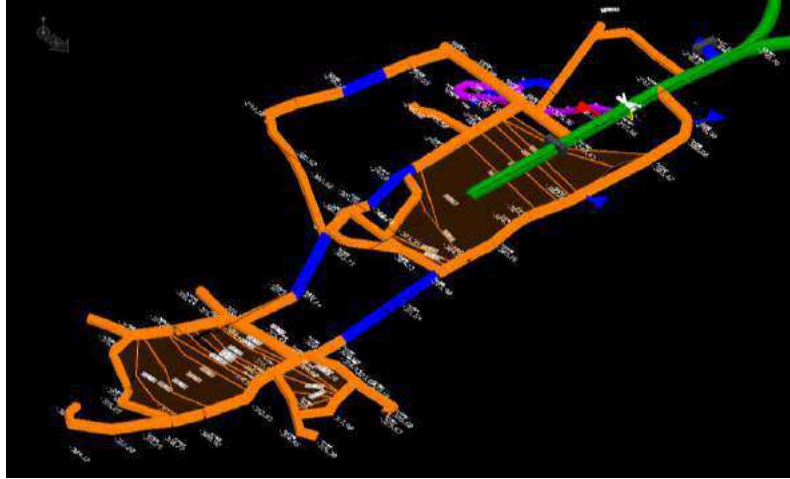
Şekil 1. Türkiye Taşkömürü Kurumuna ait 2010-2020 yılları arası kaza grafiği, Kaynak: TTK, Faaliyet Raporu, 2020.

Figure 1. Accident chart of the Turkish Hard Coal Enterprise for the years 2010-2020, Source: TTK, Annual Report, 2020.

İş kazalarına yönelik olarak konumsal ve sözel veriyi bir arada barındırabilen, bu verilerin işlenmesi ve sonrasında zamansal ve mekansal analizler yapılmasına imkan tanıyan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Türkiye'deki kömür madenleri işletmeciliğinde önemli bir yere sahip olan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), Kozlu Taşkömürü Müessesesi seçilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI (WORKING AREA)

Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Zonguldak ilinin 8 km batısında yer almakta ve 12 km² alanda üretim faaliyeti göstermektedir. Türkiye'de denizaltında üretim yapan tek taşkömürü müessesesidir. Kok hale gelebilen özellikteki kömürün üretimi, işletmenin İhsaniye ve İncirharmanı bölgeleriyle denizaltı panolarında yapılmaktadır. Üretim ve hazırlık çalışmaları -300m/-560m kotları arasındaki panolarda, 2,30-3,30 metre arasında değişen kalınlıklarda yapıya sahip 3 ayrı kömür damarında yapılmaktadır. Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesinde 2019 ve 2020 yıllarında ortalama 5 ayak ve 1 tumba bacada faaliyetler sürdürülmüştür. Çalışma alanı olarak geri dönüşlü göçertmeli uzun ayak yöntemi ile üretim yapılan -300m/-320m kotundaki Acılık Damarı Batı ayak ve -425m/-437m kotundaki Çay 5. kat ayaklar seçilmiştir. Bu alanlardaki ortalama çalışma oranı %48 dir [6]. Üretim bakır panolardan sağlanmış olup, üretim alanlarına ait haritalardan biri Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Acılık kömür damarı Batı ayak üretim alanları 3B grafik harita altlığı (-300m/-320m)
(**Figure 2.** Western longwall panel production area of Acilik coal seam 3D graphic map base (-300m/-320m).)

3. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Örnek uygulamada, kazaların önüne geçebilmek ve meydana gelen kazaların doğru değerlendirilebilmesi için bir coğrafi bilgi sistemi oluşturulmuştur. CBS pek çok farklı veriyi bir arada barındırabilen ve işlenmesine olanak tanıyan bir sistemdir. Bu amaçla bir çok CBS programı kullanılmaktadır. Bu programların seçiminde maliyet ve erişilebilirlik açısından AKK CBS yazılımları tercih edilmektedir. Kullanılacak programın seçiminde maliyet ve erişilebilirlik açısından açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının, masaüstü CBS yazılımlarına göre kullanılması kurumsal açıdan önemli bir durumdur. Bu nedenle AKK CBS yazılımı olarak bu çalışmada ARCSCENE yazılım desteğinden yararlanılmıştır.

Uygulamada kullanılmak üzere TTK kozlu taşkömürü işletme müessesesi ile gerekli yazışmalar yapılarak, izinler alındıktan sonra, detaylı kaza raporları, 3 boyutlu maden haritaları ve tarih verisi içeren maden üretim haritaları temin edilmiştir. Alınan kaza raporları programda kullanılabilir formatta sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan kaza öznelik tablosu Tablo 1’de, meta veri tablosu Tablo2’de verilmiştir. Tablo 1’de her bir rapor dosyası için bir ID numarası belirlenmiştir. Öznelik veri tablolarının CBS yazılımı içerisindeki vektör veriler ile kolay ve doğru bir biçimde ilişkilendirilebilmesi için ID belirlemek önemlidir. ID numarası belirlerken her bir dosyanın bir numarası olmasına ve arandığı durumda anlamlı bir şekilde dosyanın bulunabilmesine dikkat edilmiştir. Buna göre ID numarasının ilk dört rakam kaza yılını, sonraki iki rakam kazanın gerçekleştiği ayı, sonraki iki rakam kazanın gerçekleştiği günü ve son iki veya üç rakam dosya numarasını ifade edecek şekilde belirlenmiştir. CBS’de zaman verilerinin kaydı anlaşılabilirlik açısından önemlidir. Kaza raporlarındaki zaman verilerinden biri olan olay tarihi ISO 8601: 2004 standartlarına göre “GG/AA/YYYY” formatında gösterilmiştir [7]. Zaman verilerinden bir diğeri olan olay saati “hh:mm” formatında gösterilmiştir. Zaman verilerinin sonuncuları doğum yılı ve tecrübe tarihi “YYYY” formatında gösterilmiştir.

Tablo 1. Veri tabanına aktarılan Öznelik Bilgileri.

(Table 1. Attribute Information imported into the database.)

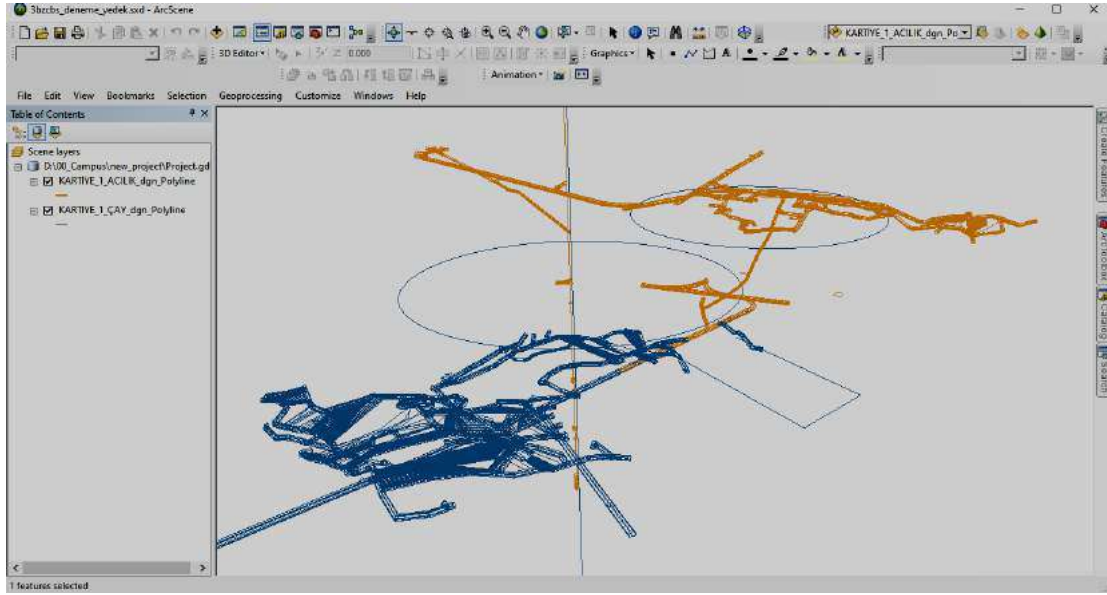
ID	Cinsiyet	Doğum Yılı	Öğrenim Durumu	İstihdam Durumu	Olay Tarihi	Saati	Tecrübe	Yaralanma Seviyesi	Ekipman Durumu	Vardiya	Unvan
2019010302	E	1984	İ	D	03.01.2019	3.45	2009	K4	KKT	V1	E0
2019010705	E	1980	İ	D	07.01.2019	9.30	2006	K0	KKT	V2	E0
2019011409	E	1982	İ	D	14.01.2019	14.15	2009	K6	KKT	V2	E1
2019011511	E	1996	O	D	15.01.2019	19.00	2015	K0	KKT	V3	E0
2019011612	E	1979	İ	D	16.01.2019	10.00	2009	K5	KKD	V2	E0
2019011713	E	1982	İ	D	17.01.2019	10.15	2006	K4	KKD	V2	E0
2019011816	E	1982	O	D	18.01.2019	17.45	2009	K5	KKT	V3	E0
2019012120	E	1984	İ	D	21.01.2019	3.05	2009	K5	KKD	V1	E0
2019012221	E	1981	L	D	22.01.2019	18.30	2009	K0	KKT	V3	E0
2019012323	E	1987	O	D	23.01.2019	19.15	2014	K6	KKT	V3	E1
2019012525	E	1981	O	D	25.01.2019	1.00	2014	K4	KKT	V1	E1

Kurumdan sayısal ortamda alınan 3 boyutlu maden haritalarının AKK CBS yazılımında grafik altlık olarak kullanılabilmesi için program içerisinde bir *.gdb (geodatabase) dosyası oluşturulmuş, 3 boyutlu harita verileri *.gdb dosyası içerisine eklenerek uygun formata dönüştürülmüştür. Dönüştürülen imalat haritasının 3B görünümü Şekil 3’de verilmiştir.

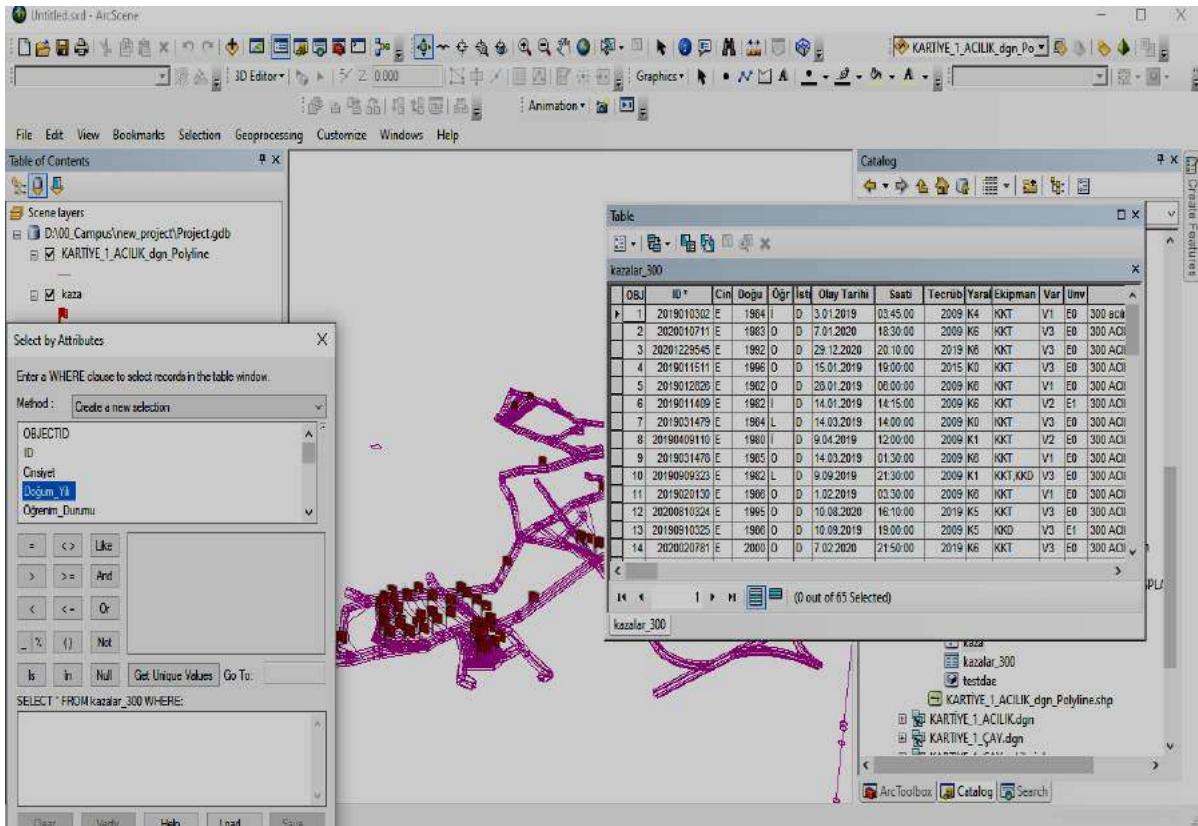
Bu yeni grafik katmanda, kaza verileri katman içerisinde kaza raporlarındaki konumlarına göre nokta verisi olarak işlenmiş ve Şekil 4’de gösterilmiştir. Bu uygulamanın amacı, kurum tarafından toplanan kaza raporlarında mekansal konum verisi olarak olay yeri koordinat kayıtlarına yer verilmemesidir. Her bir kaza raporu için belirlenen ID ile harita üzerinde konumlandırılan kazaların öznelik verileri programa aktarılmış, tablolar ilişkilendirilerek, zamansal ve mekansal sorgu ve analizler yapılabilecek hale getirilmiştir. AKK CBS yazılımı ile yapılan bu işlemlerin sonucu Şekil 5’de 2B ve 3B olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Aktarılan özntelik meta verileri ve anlamları.
(Table 2. Imported attribute metadata and their meaning.)

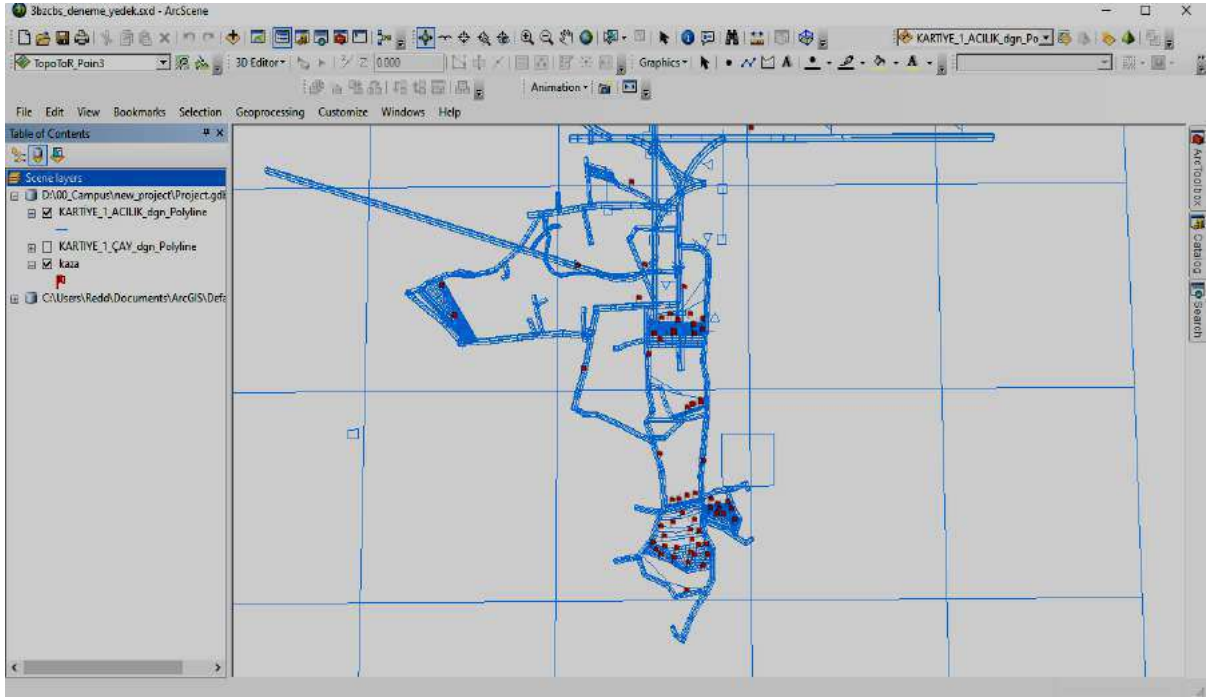
BAŞLIK ADI	TİP	UZUNLUK	HASSASİYET	AÇIKLAMA
<i>OBJEKT ID</i>	Tam sayı	4		
<i>ID</i>	Tam sayı	11		<i>ilk dört rakam kaza yılını, sonraki iki rakam kazanın gerçekleştiği ayı, sonraki iki rakam kazanın gerçekleştiği günü ve son iki veya üç rakam dosya numarasıdır.</i>
<i>CİNSİYET</i>	Metin	1		<i>E: Erkek K: Kadın</i>
<i>DOĞUM</i>	Zaman	YYYY		<i>Yıl olarak tarih</i>
<i>ÖĞRENİM</i>	Metin	1		<i>İ: İlköğretim O: Ortaöğretim L: Lise</i>
<i>İSTİHDAM</i>	Metin	1		<i>D: Daimi işçi G: Geçici İşçi M: Mevsimlik İşçi</i>
<i>OLAY TARİHİ</i>	Zaman	GG/AA/YYYY		<i>Olay tarihi</i>
<i>SAATİ</i>	Zaman	hh:mm	dakika	<i>Olay saati</i>
<i>TECRÜBE</i>	Zaman	YYYY		<i>İşe başladığı yıl olarak tarih</i>
<i>YARALANMA</i>	Metin	2		<i>K0: Kafa Yaralanmaları K1: Boyun ve Omurga Yaralanmaları K2: Göğüs Kafesi ve Solunum Organları Yaralanmaları K3: Kalça ve Diz Kapağı Yaralanmaları K4: Omuz ve Üst Kol Yaralanmaları K5: El ve Parmak Yaralanmaları K6: Baldır ve Ayak Yaralanmaları K7: İç Organ Yaralanmaları K8: Ruhsal ve Sinirsel Tahribat</i>
<i>EKİPMAN</i>	Metin	3		<i>KKD: Kişisel Koruyucu Donanım, maske, gözlük, kulaklık, gaz maskesi vb. KKT: Kuru Kimyevi Tozlu Yangın Söndürücü</i>
<i>VARDİYA</i>	Metin	2		<i>V1: Vardiya 1 V2: Vardiya 2 V3: Vardiya 3</i>
<i>ÜNVAN</i>	Metin	2		<i>E0: İşçi E1: Usta E2: Mühendis E3: Tekniker E4: Teknisyen</i>



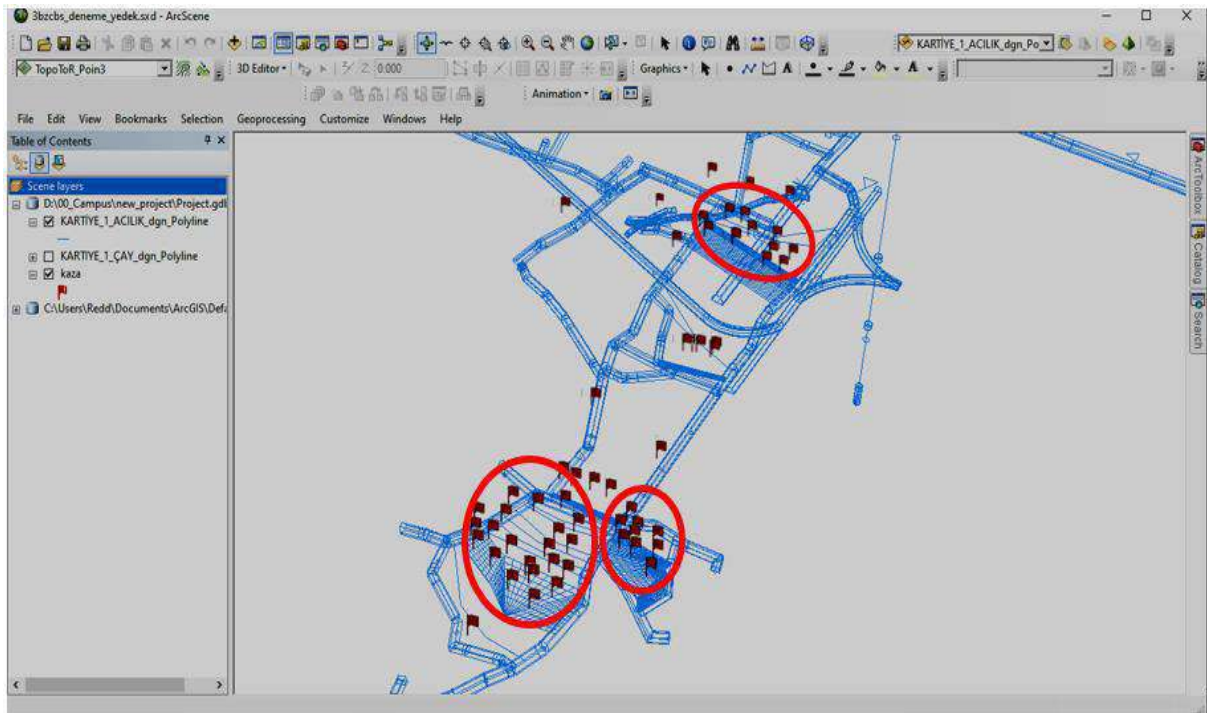
Şekil 3. AKK CBS yazılımında dönüştürülmüş 3B üretim haritası.
(Figure 3. Transformed 3D production map in OSC GIS software.)



Şekil 4. Kaza veri kayıtlarının grafik altlık olarak kullanılan 2B Maden İmalat Haritası üzerine işlenmesi.
(Figure 4. Processing of accident data records on the 2D Mining Production Map used as a graphic base.)



(a)



(b)

Şekil 5. TTK Kozlu Acılık ve Çay kömür damarlarında 2019 Ocak 2020 Aralık tarihleri arasında meydana gelen kazaların grafik harita altlığı üzerinde (a) 2B’ da dağılımı, (b) 3B’da dağılımı.

(Figure 5. Distribution of accidents that occurred in TTK Kozlu Acılık and Çay coal seams between January 2019 and December 2020 on the graphic map base (a) in 2B, (b) distribution in 3D)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Oluşturulan CBS ile mekansal ve zamansal analizler sonucunda kazalar ile tarihler, bölgeler, yaş aralıkları ve tecrübe seviyeleri arasında ilişkilerin kurulmasına yönelik hazırlıklar tamamlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre bölgesel yoğunluk gösteren kazalar için çalışan ekipmanlarının yeterli olmasına rağmen kazalar niçin meydana geldiğine yönelik analizler yapılabilecektir. Bu durumda alınabilecek ek önlemlerin neler olabileceği tespit edilebilecektir. Bu uygulamanın ön Analiz sonuçları incelendiğinde; Şekil 8b'den de görüldüğü gibi üretim panolarının ortalarına doğru, üretimin artışa geçtiği ve üretim hızının arttığı tarihlerde kazaların daha çok olduğu ve kümelendiği gözlemlenmiştir. Aynı analiz sonucuna göre yaralanmalarının çoğunun Tablo1'de **E0** olarak adlandırılan ve ayaklarda çalışan işçi sınıfına ait olduğu ve yaralanmaların çoğunluğunun **K6** olarak adlandırılmış “*baldir ve ayak yaralanmaları*” ile **K1** olarak adlandırılmış “*boyun ve omurga yaralanmaları*” olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya eklenecek yeni veriler ve daha detaylı 3B analizlerle kurum için daha yararlı ve efektif sonuçlar üretilebilecektir.

Bu çalışma ayrıca; maden mevzuatı açısından değerlendirildiğinde, kaza konumlarının üç boyutlu yapısı, zaman verisi içermesi sebebi ile kurumda sürdürülen iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri kapsamında, özellikle yoğunlaşılması gereken maden iş yerlerinin belirlenmesi açısından yararlı olacaktır. Bu bağlamda; 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun ile ilgili yönetmelikler doğrultusunda yapılması gereken risk değerlendirme çalışmalarının çok daha verimli hale getirilmesi amacıyla, iş kazası olaylarının gerçekleştiği yerlerde 3B konumsal verilerin ölçümlerle belirlenerek, hazırlanan iş kazası raporlarına işlenmesinin zorunlu hale getirilmesi ve 3B sayısal maden imalat haritalarına da bu konum verilerinin işlenmesiyle “*iş kazası imalat haritası*” üretiminin zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] TURAN, Murat (1981), “Madencilüğimizin Tarihsel Gelişimi,” Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 7. Kongresi Tebliğler Kitabı (Ankara).
- [2] Khanzode, VV., Maiti J, Ray PK. 2011. A methodology for evaluation and monitoring of recurring hazards in underground coal mining. Safety Science, Vol: 49, 1172–1179.
- [3] Maiti, J., Khanzode, VV. 2009. Development of a relative risk model for roof and side fall fatal accidents in underground coal mines in India. Safety Science, Vol:47(8),1068–1076
- [4] Sari, M., Duzgun, HSB., Karpuz, C., Selcuk, AS. 2004. Accident analysis of two Turkish underground coal mines. Safety Science, Vol:42(8), 675–690.
- [5] Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. 2019 Faaliyet Raporu. (2019). Erişim adresi: http://www.sp.gov.tr/upload/xSPRapor/files/zpvBw+TTK_2019_FAALIYET_RAPORU.pdf
- [6] Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. 2020 Faaliyet Raporu. (2020). Erişim adresi: <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2021/06/TTK.pdf>
- [7] International Standard Organization (ISO) (2004) ISO 8601:2004: Data elements and interchange formats - Representation of dates and times, Geneva, Switzerland.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**Classification of Blood Cell Images with Deep Convolutional Neural
Network**

Mahmud ALRAHHAL ¹, Ferhat BOZKURT ²

¹Mahmud ALRAHHAL, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Turkey
mahmud.alrahhal19@ogr.atauni.edu.tr

²Ferhat BOZKURT, Department of Computer Engineering, Atatürk University, Turkey
fbozkurt@atauni.edu.tr

E-Mail: fbozkurt@atauni.edu.tr; Tel.: +90 442 231 2394

ABSTRACT

Image classification has become very important with the sophistication of deep learning methods and vastly growth of datasets of images that helps developers and researchers to write effective methods of deep learning. In the medical field, also researchers, are benefiting from deep learning methods which helping doctors to make predictions about the patients' condition. Classification of blood cells has great importance and plays a significant role in the diagnosis of medical diseases. Deep learning is making a great contribution to the medical field by classifying blood cells, especially convolutional neural network (CNN) which is providing a great benefit to the medical field with the increase of images. For this experiment, a convolutional neural network (CNN) which is used includes five convolutional layers, five max-pooling layers, five batch normalization layers, a dropout layer, a fully connected layer with three hidden layers, and a dropout layer. To predict the four classes of WBCs, we have operated our model 10 times, and the highest prediction that we get, is shared in this paper. Experimental results show that the established CNN model achieved an accuracy of up to 99%.

Keywords: CNN, convolutional neural network, classification, blood cells, max-pooling

1. INTRODUCTION

Human blood consists of cells. These cells have three types, red blood cells, white blood cells (WBCs), and platelets. White blood cells are considered a defense system that protects the human body against many invaders and several diseases. WBCs are called leukocytes. Because of their function, leukocytes are called the immune system of the human body. WBCs consist of granular cells and non-granular cells. The granular cells are neutrophil, eosinophil, and basophil. The non-granular cells are monocyte and lymphocyte. These types of WBCs differ in rate between diseased and non-diseased blood. Because of this reason, doctors use this criterion to determine the type and the severity of these diseases, such as AIDS and leukemia. “if the quantity of monocyte and eosinophil is large, it generally indicates a bacterial infection. However, for the neutrophil and lymphocyte, the situation is different. If the quantity of the former is large, it generally indicates cancer. For the latter, it usually indicates AIDS.” [2]. The traditional way, in which human count blood cells manually is a tedious way which can be prone to human errors. So the classification of WBCs using deep learning methods is fundamentally important for medical diagnoses so that we propose a CNN model which shows high accuracy. However; occasionally, the CNN model gives very low accuracy. In this experiment, we operated the model on the blood cell dataset about 10 times, 9 of them show high accuracy approximately above 95%, and the remaining one gives low accuracy of about 25%

We mentioned our works in the following sections. Section II elaborated related works. Section III elaborated the material and method which we used in this experiment. Experimental results section is shown in section IV. Finally, the conclusion is shown in section V.

2. RELATED WORKS

For help the doctors in medical fields to diagnose several diseases like blood cancer and AIDS, researchers developed many blood cell classification methods. Navin D. Jambhekar used Artificial Neural Networks to classify the WBCs, and their classification rate was 81% accuracy [1]. Sinha et al. made classification using a Bayesian classifier to classify the WBCs, and the classification accuracy, which they achieved was 82% [2]. Ghosh et al. used the watershed algorithm to segment 150 images of cells and then classified them using a Bayesian classifier, and their recognition rate is 83.2% [3]. Li Ma¹ · Renjun Shuai¹ · Xuming Ran² · Wenjia Liu³ · Chao Ye¹ used a deep convolutional generative adversarial network (DC-GAN) and a residual neural network (ResNet). Their experiments show good performance and their accuracy reaches 91.7% [4].

3. MATERIAL AND METHOD

We have got the Blood Cell Images dataset from <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells>. Which contains approximately 12,500 images of blood cells (JPEG) with accompanying cell type labels (CSV). The dataset consists of approximately 3000 images for each of 4 different cell types, which are divided into four different folders for each type. The cell types consist of Eosinophil, Lymphocyte, Monocyte, and Neutrophil, these types are shown in fig. 1. We divided the WBCs dataset into train, validation, and test. 9955 of total images for training, 1245 of total images for validation, and 1244 of total images for test. The details are illustrated in Fig. 2.

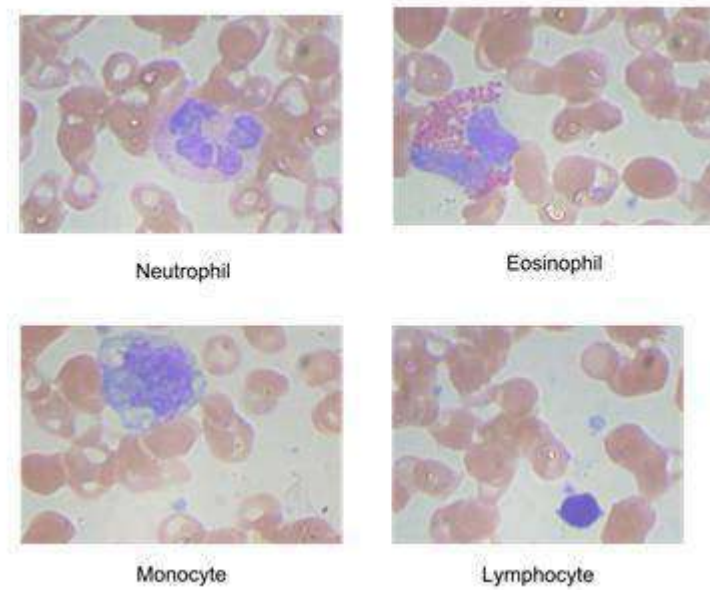


Fig. 1 The four types of WBCs in the dataset

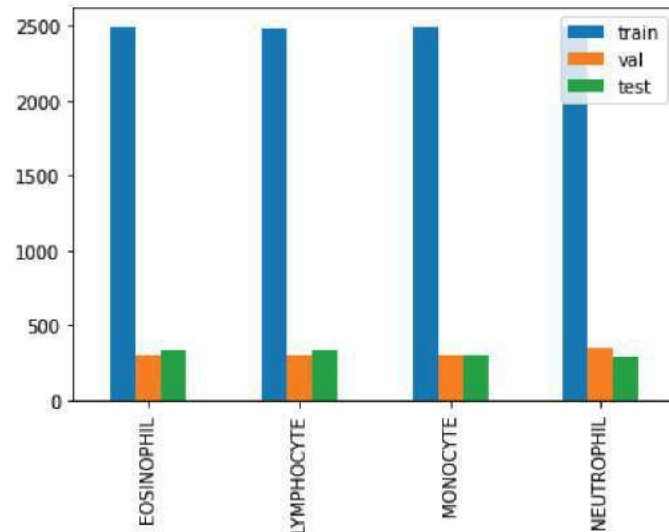


Fig. 2 The Distribution of The WBCs Dataset

Fig. 2 shows the distribution of the dataset which is divided into train, validation, and test.

We looked inspiringly at work [5], made some modification on the CNN model and improved it better. Our model consist of 1 input, 5 Convolution layer each layer is integrated with batch normalization layer, and max-pooling layer, flatten layer which consist of 3 hidden layer each layer is integrated with dropout layer, and finally there is output layer. The modification that we did is simple, We multiplied the number of neurons for each convolution layer by 2, Instead of 16 we put 32, instead of 32 we put 64, and so on. On the flatten layer also made some modifications to the number of units and dropout layer, for the former in the second layer, we multiplied the number of units by 2, and for the latter, we made their dropout value 0.2 for all dropout layers. The architecture of the CNN model is illustrated visually in fig. 3.

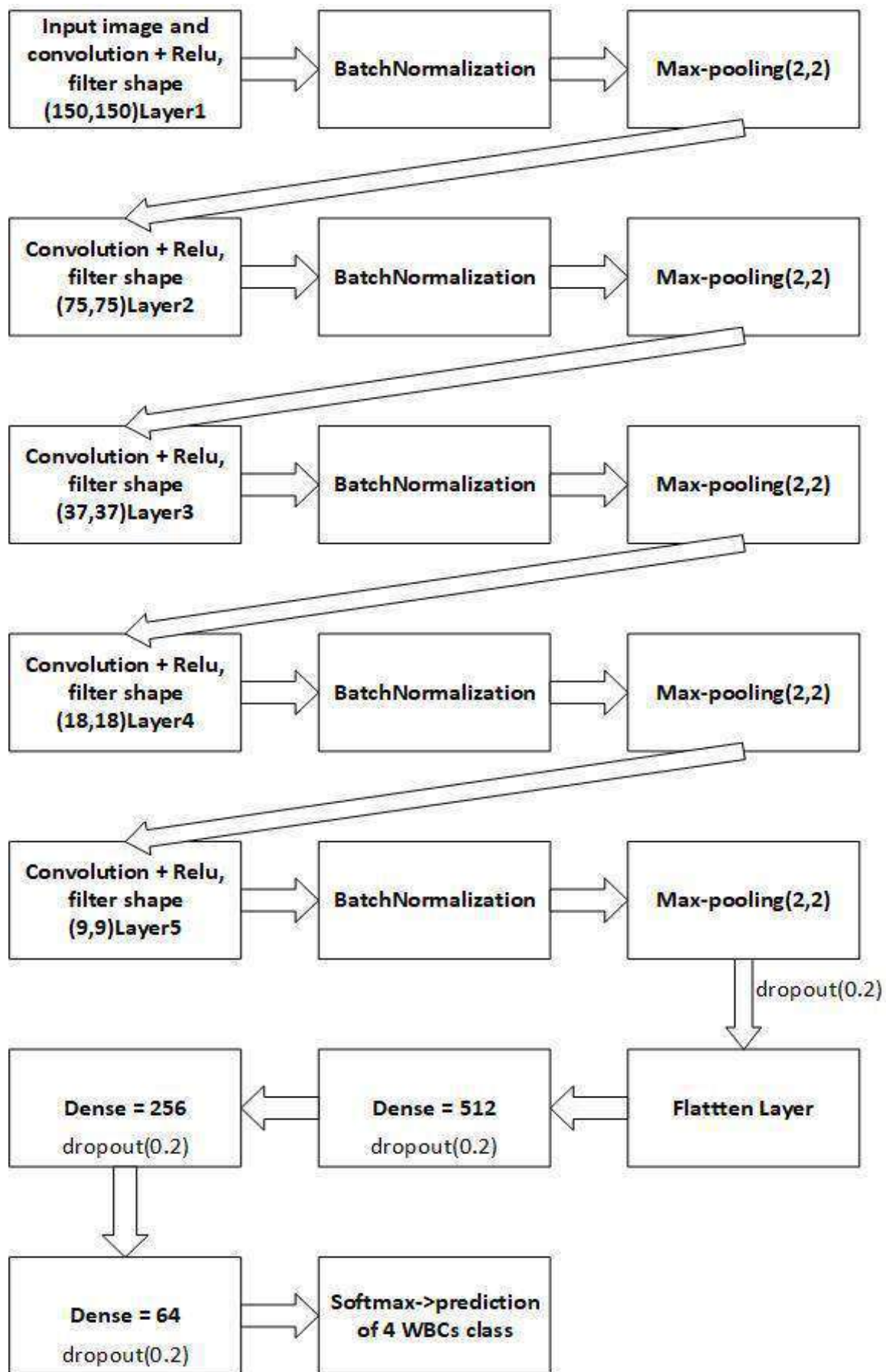


Fig. 3 The Architecture of the CNN Model

4. EXPERIMENTAL RESULTS

We operated our model 10 times and training it for 15 epochs. The higher result of the total training times is shared in Fig. 4, which shows that how the system is trained, and its accuracy. It is also shown that the validation curve (red curve) are following the training curve (green curve), which indicates that the model is trained perfectly. Fig 5 illustrates how the loss of the model is getting smaller with every step, and Fig. 6 shows the confusion matrix. From the confusion matrix, we can say that ‘Lymphocyte’ and ‘Monocyte’ are predicted perfectly, while ‘Eosinophil’ and ‘Neutrophil’ have few wrong predictions. The accuracy of the higher result is 0.9920. For making an assessment of the quality of this model, using specific equations we look at accuracy, precision, and recall of the predictions on the WBCs test dataset.

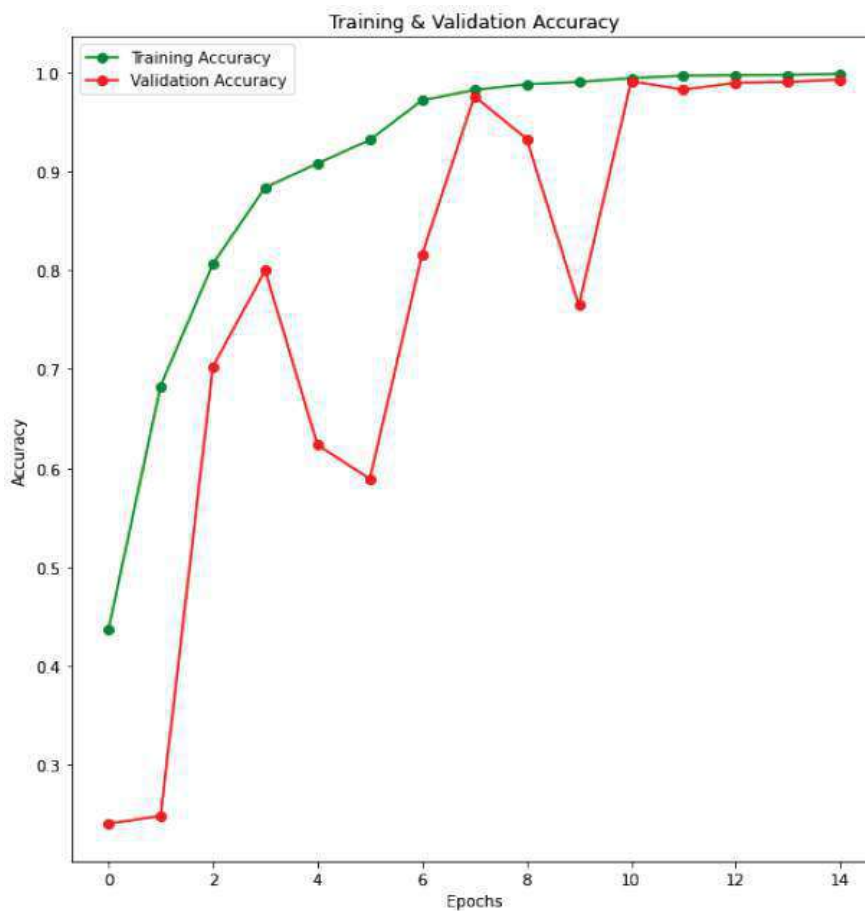


Fig. 4 Learning Curve of the Model

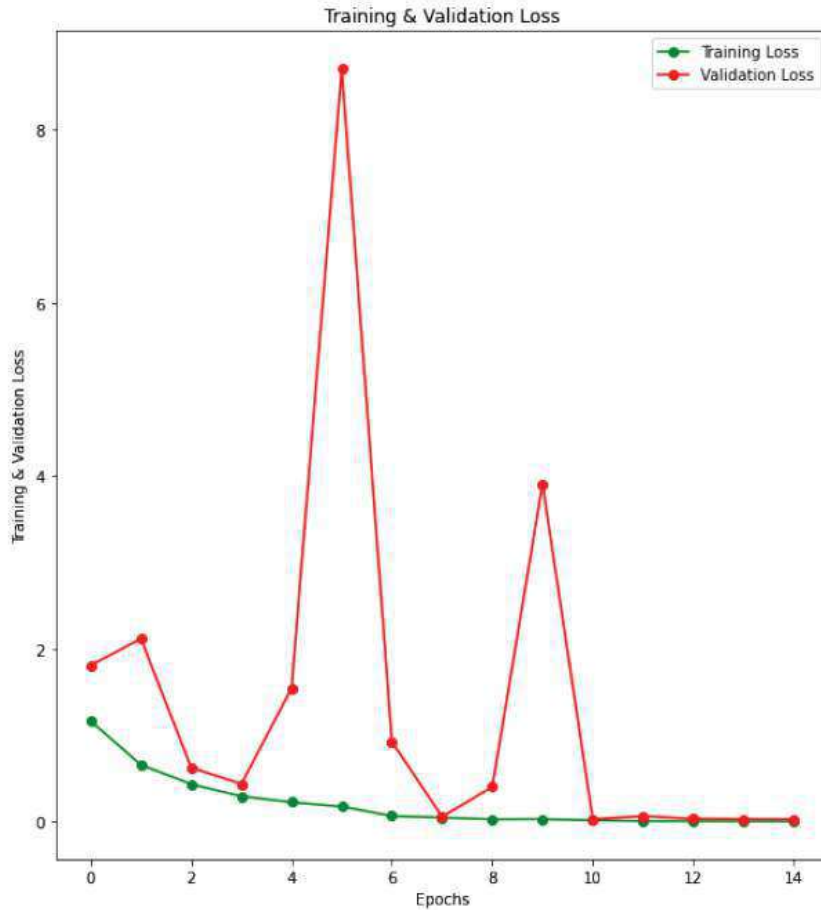


Fig. 5 Loss Curve of the Model

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Here, in (Precision) to (Accuracy), TP, FP, TN, and FN indicate true positive, false positive, true negative, and false negative where they refer that positive class is classified as positive, negative class is classified as positive, negative class is classified as negative, and positive class is classified as negative [6]. Precision indicates the ability of a model not to classify true classes, which belong to other classes. Recall indicates the ability of a model to classify true classes, which belong to true classes. These equations are calculated and shown in Table 1, and Table 2.

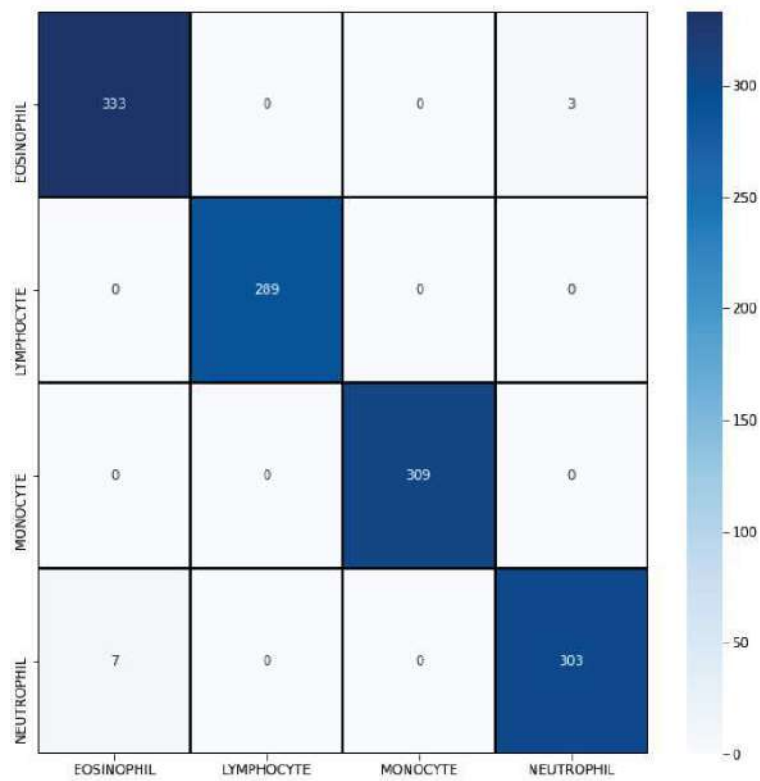


Fig. 6 Confusion Matrix

Overallly the model shows good performance for all types of WBCs dataset. We get 0.9920 total accuracy. There are only 7 predction of WBCs as ‘Neutrophil’ which are actually belong to ‘Eosinophil’ which called FP, and 3 predictions of WBCs as ‘Eosinophil’ which are actually belong to ‘Neutrophil’ and aslo called FP.

Table 1 The classification performances from quality metrics.

Test Dataset	Quality Metrics			
	TP	TN	FP	FN
Eosinophil	333	901	7	3
Lymphocyte	289	955	0	0
Monocyte	309	935	0	0
Neutrophil	303	931	3	7

Table 2 Performance measurements of the model

Test Dataset	Quality Metrics		
	Precision (%)	Recall (%)	Accuracy (%)
Eosinophil	0.979	0.991	0.991
Lymphocyte	1	1	1
Monocyte	1	1	1
Neutrophil	0.990	0.977	0.991

5. CONCLUSIONS

This study aims to enhance the prediction rate of WBCs within the use of the CNN model, this model takes 4 types of WBCs, making predictions by taking features of it, Reducing the size of the image by using max-pooling every iteration, flattening it to a 1D array, and finally gives output prediction with softmax function. by looking at the results we can infer that with enlarging the number of neurons in the model for this situation, the model gives much more accurate results. In this experiment, we get high accuracy above 0.9920 within 15 epoch which is greater than the accuracy in [5].

REFERENCES

- [1] Navin D. Jambhekar, "Red Blood Cells Classification using Image Processing", *jsrr.net*, 1(3): 151-154.
- [2] Sinha, N., Ramakrishnan, A.G.: Automation of differential blood count. In: *TENCON 2003. Conference on Convergent Technologies for Asia-Pacific Region*, vol. 2, pp. 547–551 (2003).
- [3] M. Ghosh et al., "Statistical pattern analysis of white blood cell nuclei morphometry", *IEEE Students Technology Symposium (TechSym)* pp. 59-66, 2010.
- [4] Li Ma¹ · Renjun Shuai¹ · Xuming Ran² · Wenjia Liu³ · Chao Ye¹, "Combining DC-GAN with ResNet for blood cell image classification", *SpringerLink, Medical & Biological Engineering & Computing*, (2020) 58:1251–1264.
- [5] <https://www.kaggle.com/kbrans/cnn-91-6-acc-with-new-train-val-test-splits>.
- [6] E. Urtnasan, J.-U. Park, and K.-J. Lee, "Multiclass classification of obstructive sleep apnea/hypopnea based on a convolutional neural network from a single-lead electrocardiogram," in *Physiol. Meas.*, vol. 39, no. 6, pp. 1-9, June 2018.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

KONSOLIDASYONLU-DRENAJLI DENEYDEN ELDE EDİLEN KAYMA PARAMETRELERİNİN ATTERBERG LİMİTLERİYLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Meral KARAPINAR ^{1,*}, Kamil Bekir AFACAN ², Nazile URAL ³

¹Meral KARAPINAR, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

karapinarmeral@gmail.com

²Kamil Bekir AFACAN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye

kafacan@ogu.edu.tr

³Nazile URAL, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

nazile.ural@bilecik.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: karapinarmeral@gmail.com ; Tel.: +90-534-296-2645

ÖZET

Bu çalışmada kayma direnci parametrelerini belirlemek için konsolidasyonlu-drenajlı üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar geçmişte yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kayma direnci açısını, likit limit, plastik limit ve plastisite indisine bağlı olarak tahmin edebilmek için korelasyonlar geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konsolidasyonlu-drenajlı üç eksenli basınç deneyi, kil, kayma direnci

INVESTIGATION OF THE RELATION BETWEEN THE SHEAR STRENGTH PARAMETERS OBTAINED FROM CD-TEST WITH ATTERBERG LIMITS

ABSTRACT

In this study; consolidated-drained triaxial compression test was performed to determine shear strength parameters, specifically the internal friction angle. Obtained results were compared with the results obtained from past studies. Correlations were developed to estimate friction angle from liquid limit, plastic limit and plasticity index.

Key Words: Consolidated-drained triaxial compression test, clay, shear strength

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Zeminlerin kayma direnci, zeminlerin göçme meydana gelmeden karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesi olarak tanımlanmaktadır. Zeminlerin kayma direnci parametrelerinin tayini, göçme durumunun önüne geçilerek güvenli tarafta kalmak açısından oldukça önemlidir (Önalp vd. [1]). Bu doğrultuda zeminlerin kayma direncinin Mohr-Coulomb hipotezinden elde edilen ifadesi, aşağıda Eş. 1’de verilmiştir. Burada c kohezyon değerini, ϕ ise içsel sürtünme açısı değerini vermektedir.

$$\tau=c+\sigma*\tan\phi \quad (1)$$

Arazide toprak dolgu veya yapı temeli altında kalan ya da farklı bir yüklemeye maruz kalan zeminlerin gerilme şekil değiştirme davranışları doğrultusunda kayma dirençlerini belirlemek için çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmaktadır. Üç eksenli basınç deneyinin arazi gerilmeleri altında konsolide edilebilmesi, suya doygunluğunun kontrol edilebilmesi, yanal ve eksenel yüklemelerle arazi yüklemeye yakın yüklemelerin oluşturulması gibi avantajları göz önünde bulundurulduğunda gerçeğe yakın değerler elde edilebileceği söylenebilmektedir (Holtz vd. [2], Özaydın vd. [3]). Bu çalışmada statik üç eksenli basınç deneyinde kil numune üzerinde doygun halde konsolidasyonlu drenajlı üç eksenli basınç deneyi yapılarak literatür verileriyle birlikte kıvam limitleri ve plastisite indisi değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

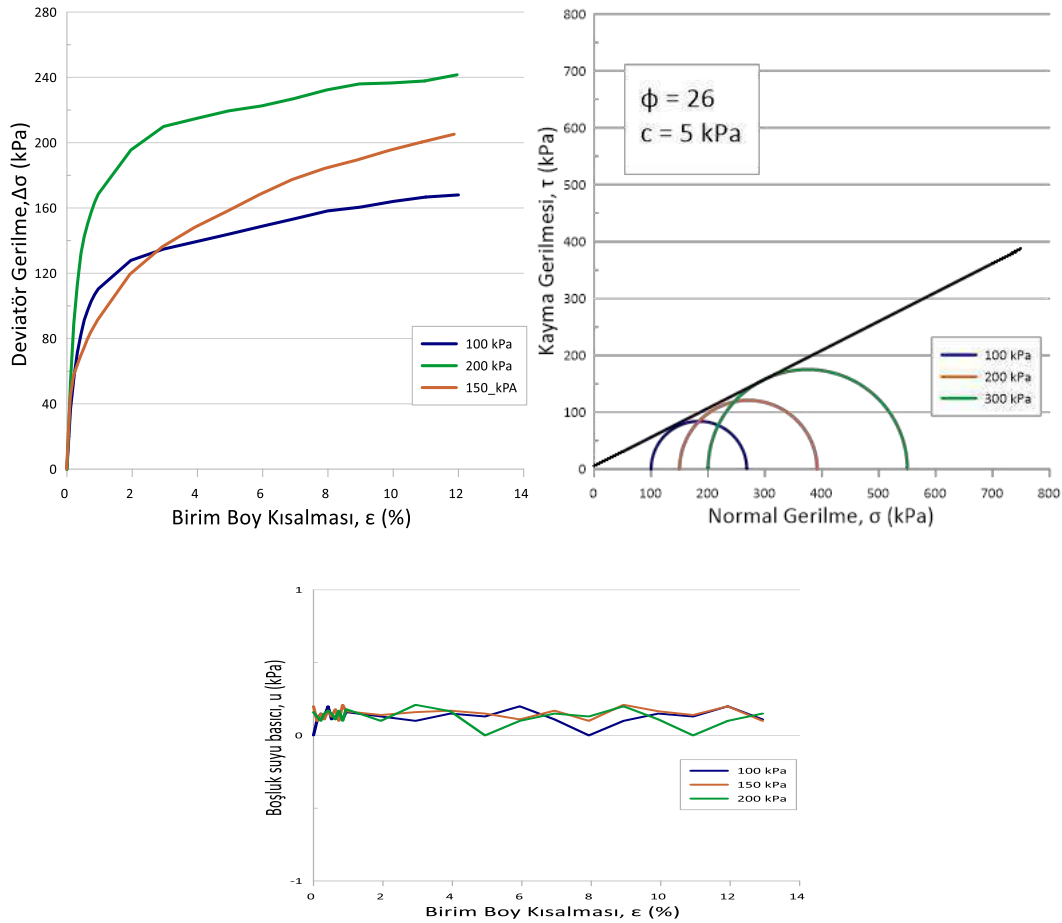
Numuneler üzerinde yapılan konsolidasyonlu-drenajlı üç eksenli basınç deneylerinde ilave boşluk suyu basıncına izin verilmediğinden ölçülen toplam gerilme değeri efektif gerilme değerine eşittir. Boşluk suyu basıncı oluşmayacak şekilde çok yavaş hızlarda yapılan drenajlı üç eksenli basınç deneyinin yükseklik/çap oranı 2 olup deney süresinin uzun sürmesine karşılık boşluk suyu basıncı ölçülebilmekte ve drenaj kontrol edilebilmektedir (Head vd. [4]). Bu deney sisteminde bulunan parçalar;

1. Üç eksenli yüklemeye kolu
2. Üç eksenli hücre
3. Yük ölçüm saati
4. Alt başlık ve üst başlık
5. Deformasyon ölçüm saati
6. Basınç Hücreleri
7. O ring membran
8. Kauçuk membran
9. Boşluk suyu basıncı ölçüm sistemi
10. Poroz taş
11. Filtre kağıdı’ndan oluşmaktadır.

Numunenin doyunluğunun elde edilmesi için sırasıyla 30, 60, 90 kPa çevre basıncı ve her bir çevre basıncına karşılık gelen ters basınç arasındaki fark 5 kPa olacak şekilde kademeli olarak basınç geçişleri yapılır. Doymun numunelere üzerinde çalışılan deney düzeneğinde numunelerin doymun hale geldiği Skempton B parametresi ile anlaşılmalıdır (Ural vd. [5]). Konsolidasyonlu-drenajlı deneyde Eş. 2’de gösterilen B parametresinin belirlenebilmesi için drenajlar kapalı durumdakken hücre basıncındaki artışla birlikte boşluk suyu basıncındaki değişim incelenmektedir (Skempton vd. [6]).

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (2)$$

B=0,95-1,00 aralığında bir değere ulaştığında konsolidasyon aşamasına geçilir. Sistemdeki drenaj vanaları kapalıyken hücre basıncı ve ters basınç arasındaki fark istenen efektif konsolidasyon basıncı değerini sağlayacak şekilde hücre basıncı artırılır ve drenaj vanaları açılarak konsolidasyonun başlaması sağlanır. Konsolidasyon aşaması %100 sağlandıktan sonra 0,005 mm/dak hızla kesme işlemi gerçekleştirilerek bu aşama eksenel yer değiştirme %12 olana kadar devam edilmiştir. Afyon bölgesine ait baraj çekirdeğinden alınmış CL numunesi üzerinde, efektif konsolidasyon değeri 100, 150 ve 200 kPa olmak üzere üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Şekil 1.’de verilmiştir. Yapılan deney sonuçlarının literatürle kıyaslanabilmesi için gerekli veriler Tablo 1.’de verilmiştir.



Şekil 1. Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları (The results of triaxial compression test)

Tablo 1. Kıvım Limitleri ve Pastisite İndisi ile Kayma Direnci Açısı Arasındaki İlişki İçin Gerekli Veriler
(Required data for the relationship between friction angle and Atterberg limit, plasticity index)

	Likit Limit	Plastik Limit	Plastisite İndisi	Zemin Sınıflandırması (USCS)	Kayma Direnci Açısı, ϕ
Bu Çalışma	46	24	22	CL	26
Bayın, AYS-13	24	12	12	CL	34
Bayın, AYS-7	75	28	47	CH	24
Satı, YS-1	77	30	47	CH	18,5
Satı, YS-4	66	29	37	CH	19

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Deneysel çalışma kapsamında dolgu baraj çekirdeğinden alınan örselenmiş kil numune kullanılmıştır . Zemin sınıflandırma çalışmalarında Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) kullanılmıştır (TS 1900-1 vd. [7]). Ayrıca kayma direnci açısı ile zeminlerin kıvım limitleri ve pastisite indisleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmalarda kullanılan killerin özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir (Bayın vd. [8], Satı vd. [9])

Tablo 2. Çalışma Kapsamında Yer Alan Numunelerin Geoteknik Özellikleri (Geotechnical properties of samples included in the study)

	Likit limit, LL(%)	Plastik limit, PL(%)	Plastisite indisi, PI	Özgül gravite, G_s	USCS Sınıflandırma
Bu çalışma	46	24	22	2,65	CL
Bayın, AYS-13	24	12	12	2,45	CL
Bayın, AYS-7	75	28	47	2,71	CH
Satı, YS-1	77	30	47	2,68	CH
Satı, YS-4	66	29	37	2,65	CL

Çalışma kapsamında numune optimum su muhtevasına getirilmiştir. Üç eksenli deney düzeneğine yerleştirmek amacıyla numune sıkıştırılarak 50 mm çap ve 100 mm yüksekliğe sahip silindir numune elde edilir. Deney sistemi üzerindeki vanalar atmosfere açılıp kapatıldıktan sonra değerler sıfırlanmıştır. Her iki yüzeyi pudralanmış kauçuk sıvı geçirmez membran içerisine silindirik numune yerleştirildikten sonra numune O ringlerle alt ve üst başlıklara sabitlenmiştir. Üç eksenli deney hücresi yerine yerleştirilip sabitleme vidaları sıkılarak deformasyon saati ayarlandıktan sonra hücre içerisi damıtık su ile doldurulur. Deney düzeneği Şekil 2.'de verilmiştir.



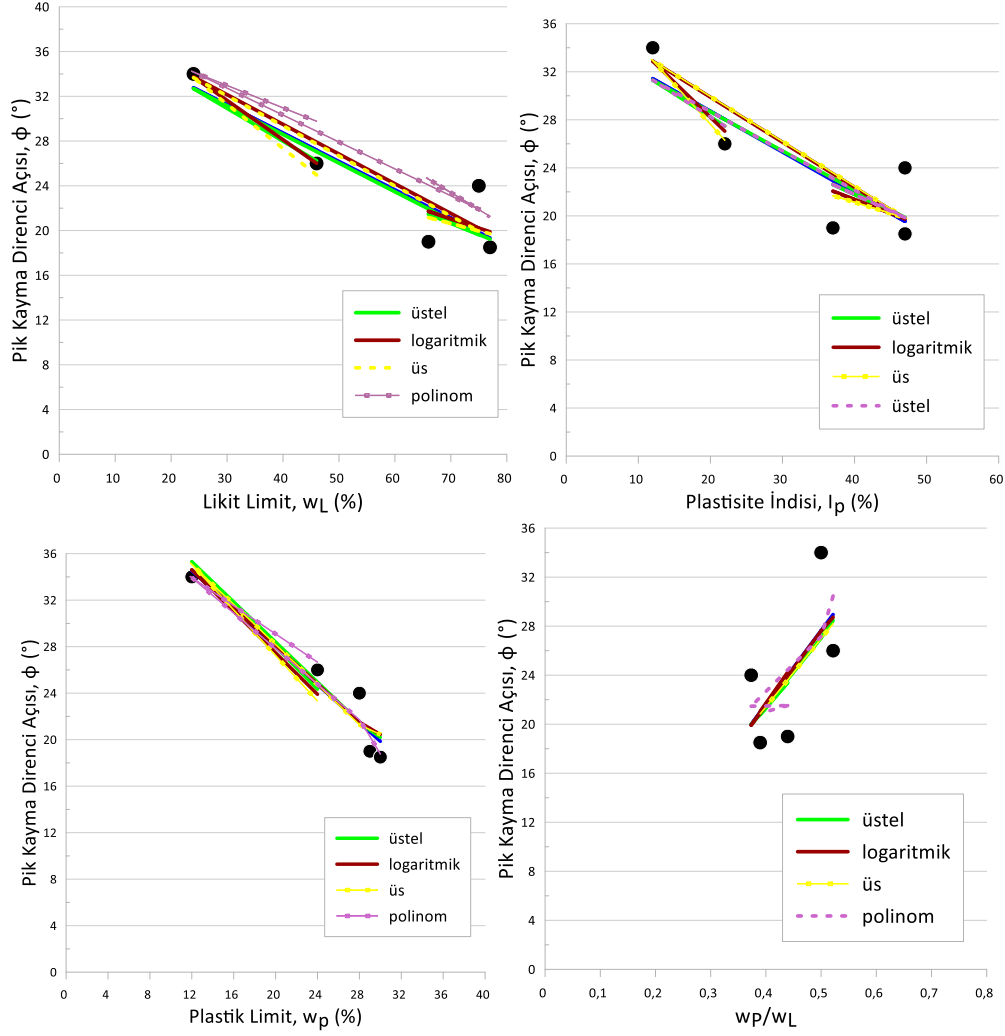
Şekil 2. Üç Eksenli Basınç Deneyi Sistemi (System of triaxial compression test)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Kil baraj dolgusundan alınan örselenmiş kil numunesi üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyi yapılarak kayma direnci parametreleri elde edilmiştir.. Geçmişte yapılan çalışmalarından elde edilen kayma direnci açılarıyla birlikte zeminlerin likit limit (w_L), plastik limit (w_p), plastisite indisi (I_p) endeks özellikleriyle ve plastik limitin likit limite oranıyla (w_p/w_L) ilişkileri incelenmiştir. Bu doğrultuda elde edilen grafikler Şekil 3'te verilmiştir. Oluşturulan üstel, logaritmik, üs ve polinom denklemleri ve R^2 değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Plastik limit, likit limit ve plastisite indisinin kayma direnci açısı ile olan ilişkileri incelendiğinde kayma direnci açısı değeri arttıkça bu değerlerin azaldığı görülmektedir. Plastik limitin likit limite oranının kayma direnci açısıyla doğru orantılı bir artış sergilediği görülmektedir. Her bir bağıntı türü için en yüksek R^2 değerini polinom denklemi vermektedir. İncelenen R^2 katsayıları sonucunda plastik limit ile kayma direnci açısı arasındaki ilişkinin en iyi sonucu verdiği görülmüşken, plastik limitin likit limite oranının kayma direnci açısıyla ilişkisinde R^2 değeri doğrultusuna kötü ilişki olduğu görülmüştür.

Tablo 3. Kıvam Limitleri ve Plastisite İndisi Değerlerinin Kayma Direnci Açısı Bağlıları (The correlations between friction angle and Atterberg limits, plasticity index)

	Bağıntı tipi	Bağıntı	R ²
Kayma direnci açısı ile plastik limit arasındaki ilişki	Üstel	$51,211 * e^{(-0,031 * w_p)}$	0,8641
	Logaritmik	$-15,46 * \ln(w_p) + 73,03$	0,8825
	Üs	$151,59 * w_p^{(-0,589)}$	0,816
	Polinom	$-0,0395 * w_p^2 + 0,816 * w_p + 29,837$	0,9536
Kayma direnci açısı ile likit limit arasındaki ilişki	Üstel	$41,553 * e^{(-0,01 * I_2)}$	0,7692
	Logaritmik	$-11,88 * \ln(w_L) + 71,494$	0,85
	Üs	$144,76 * w_L^{(-0,459)}$	0,7968
	Polinom	$-0,0014 * w_L^2 - 0,1019 * w_L + 37,42$	0,8667
Kayma direnci açısı ile plastisite indisi arasındaki ilişki	Üstel	$36,58 * e^{(-0,013 * I_p)}$	0,675
	Logaritmik	$-9,612 * \ln(I_p) + 56,765$	0,803
	Üs	$82,802 * I_p^{-0,371}$	0,7604
	Polinom	$0,0208 * I_p^2 - 1,6032 * I_p + 50,535$	0,8982
Kayma direnci açısı ile plastik limit ve likit limit oranı arasındaki ilişki	Üstel	$8,1754 * e^{(2,3916 * (w_p / w_L))}$	0,3936
	Logaritmik	$26,298 * \ln(w_p / w_L) + 45,833$	0,3795
	Üs	$55,329 * (w_p / w_L)^{1,0361}$	0,3754
	Polinom	$726,56 * (w_p / w_L)^2 + 589,73 * (w_p / w_L) + 140,37$	0,4622



Şekil 3. Kıvam Limitleri Ve Plastisite İndislerinin Kayma Direnci Açısı ile İlişkileri (The relationship between friction angle and Atterberg limits and plasticity index)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar daha önce kil numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri ile kıyaslanarak kayma direnci açısının zemin endeks özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu incelemeler plastik limit (w_p), likit limit (w_L), plastisite indisi (I_p) ve plastik limitin likit limite oranının (w_p/w_L) kayma direnci açısı ile ilişkisidir. Artan kayma direnci açısı ile birlikte plastik limit, likit limit ve plastisite indisi değerlerinin azaldığı ancak plastik limitin likit limite oranının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Kayma direnci ile zeminlerin geoteknik özelliklerinin arasındaki ilişki incelenirken üstel, logaritmik, üs ve polinom eğrileri çizilmiştir. Her bir ilişki için en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan, polinom denklemdir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Önalp, A., Arel E., “Geoteknik Bilgisi 1 Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekanik”, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, 2018.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., Sheahan, T. C. “Geoteknik Mühendisliğine Giriş”, (Çev. A.Erken), Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ankara, 2015.
- Özaydın, K., “Zemin Mekanik”, Meva Matbaacılık ve Yayıncılık Ltd. Şti., Taksim, İstanbul, 1989
- Head, K.H. “Manual of soil laboratory testing”, Vol.2, Shear Strength Tests, Second Edition, Pentech Press, London, 2006.
- Ural, N., Önalp, A.; Dinamik Üç Eksenli Deneyinin Monterey Kumu İle Kalibrasyonu , Deprem Sempozyumu, Kocaeli 23-25 Mart, 2005.
- Skempton, A. W. “Long-Term Stability of Clay Slopes”, Geotechnique, 1964.
- TS 1900-(1), “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini” , TSE, 2006.
- Bayın, A. Konsolidasyonlu-Drenajlı Üç Eksenli Basınç Deney Yöntemi İle Kalıcı Kayma Direncinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2011.
- Satı, Y. Sıkıştırılmış İnce Daneli Zeminlerin Kayma Mukavemetinin Drenajlı Koşullarda İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2016.

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUMUN TARIM TEKNOLOJİLERİNDE KULLANIMI

Edanur FIRAT ^{1,*}, Burcu BOZTAŞ ², M. Tolga ESETLİLİ³

¹Edanur FIRAT, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
edanurfirat97@gmail.com

²Burcu BOZTAŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
b.boztas35@gmail.com

³M. Tolga ESETLİLİ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
tolga.esetlili@ege.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: edanurfirat97@gmail.com

ÖZET

İklim değişikliği, su temini, enerji tasarrufu ve nüfus artışı ile birlikte açığa çıkan gıda temini sorunu gibi problemler dünya çapında etkisini göstermektedir. Bu sorunlara ise yanlış arazi yönetimi, tarıma elverişli arazi kaybı, hava ve çevre kirliliği gibi tarımsal üretimi doğrudan etkileyen faktörlerdir. Bu olumsuz gelişmeler nedeniyle tarımsal üretimde farklı teknolojik yöntemlerin kullanılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda dijital tarım kavramı içerisinde yer alan kuantum ve mekanik teknolojilerinin birleşimi ile meydana gelen çalışmalara olan ilgi giderek artmaktadır. Elektromanyetik spektrum, kuantum teknolojisinin temelini oluşturmaktadır. Özellikle son yıllarda elektromanyetik spektrumdan faydalanarak tarımın farklı kollarında gerçekleşmiş birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada elektromanyetik spektrumun dalga boyu aralıklarının tarım için kullanımı ve tarıma etkileri hakkında yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, tarımsal üretimi ve kaliteyi arttırmanın yanında kesintisiz gıda üretiminin sağlanabilmesi için elektromanyetik spektrumun birçok teknolojik bileşenle birlikte tarımsal alanda işlerlikle kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: “Elektromanyetik spektrum”, “hassas tarım teknolojileri”, “modern tarım”, “uzaktan algılama”

USE OF ELECTROMAGNETIC SPECTRUM IN AGRICULTURAL TECHNOLOGIES

ABSTRACT

Problems such as climate change, water supply, energy saving and food supply problem that arise with population growth show their effects wide world. The reasons that cause these problems are the factors that directly affect agricultural production such as mis land use management, loss of arable land, air and environmental pollution. As a result of these negative developments, it became necessary to apply different technological methods in agricultural production. Therefore, there is an increasing interest in works that occur with the combination of quantum and mechanical technologies, which are included in the concept of digital agriculture. Electromagnetic spectrum is the basis of quantum technology. Especially in recent years, there are many studies made in different branches of agriculture by using the electromagnetic spectrum. In this review, studies on the use of wavelength ranges of the electromagnetic spectrum for agriculture and their effects are evaluated. As a result, it is foreseen that electromagnetic spectrum can be used in agricultural fields together with many technological components in order to increase agricultural production and quality as well as to ensure uninterrupted food production.

Key Words: “Electromagnetic spectrum”, “precision agriculture technologies”, “modern agriculture”, “remote sensing”

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Elektromanyetik spektrum, ışık hızı ile hareket etmekte olan ve dalga boyu nanometre biriminden kilometre birimine kadar uzanan sürekli bir enerji ortamıdır. Elektromanyetik spektrum; dalga boyları 10^7 uzunluğuna sahip radyo dalgalarıyla, 10^{-6} gibi çok kısa dalga boylarına kadar uzanabilir. İnsan gözünün algılayabildiği dalga boyları ise sadece görünür bölge (7×10^{14} - 4×10^{14}) ile sınırlıdır [1].

Bu spektral aralıkların yüzeye geliş ve yansıma değerlerine göre bitki sağlığı, ürün verimi ve bitki örtüsü takibi, kuraklık izleme, bitki stresi tespiti, toprak özellikleri inceleme gibi özellikler hakkında objeler için uzaktan algılama araçlarıyla niteliksel ve niceliksel veri üretimleri yapılabilmektedir. Ürün verimini hasattan önce tahmin etme, toprak ve ortam özellikleri hakkında önceden veri elde edebilmek tarımsal üretim için oldukça önemlidir. Bu verilerin kullanımı ile envanter çalışmaları, tarımsal planlama ve üretim desenlerinin oluşturulması ve karar verici kurum veya kuruluşlara ilgili verileri sunabilmesi bu teknolojilerin güçlü yanları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitkisel üretimde ıslah çalışmaları oldukça önemlidir. Özellikle iklim değişikliğine dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi, üretilmesi, gıda sınıflandırma, gıdalardaki böcek istilası, fungal hastalık gibi belirtileri tespit etme, hassas tarım cihazları arası iletişimi sağlamak amacıyla otonom sistemler oluşturma, LED gibi ışık yayan elektronik devre elemanları aracılığıyla bitki çimlendirme, büyütme, verim artırma, yararlı böcek çoğaltma, mikrofiliz üretimi, sera tarımı, dikey tarım, hasat sonrası ürün depolama gibi alanlarda elektromanyetik spektrumdan faydalanılmaktadır. Bu nedenle özellikle küresel iklim değişikliği ile birlikte değişim gösterecek olan güneşli gün sayısına da bağlı olarak ürün deseni değişimi yoluna gitmek, yeni koşullara adapte olmak sürecinde ister istemez modern tarım teknolojilerine ihtiyaç duyulacaktır.

Araştırma, Haziran 2021 tarihinde “elektromanyetik spektrum”, “hassas tarım teknolojileri”, “modern tarım”, “uzaktan algılama” anahtar kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konuya ilişkin genel kabul görmüş bilgilerin yer aldığı çalışmalar da derlemeye dahil edilmiştir. Spektral ışınların tarım teknolojilerinde kullanımı konusu ile ilişkilendirilebilen araştırmalar değerlendirilmiştir.

2. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUMUN TARIMSAL KULLANIM ALANLARI (AGRICULTURAL USAGE AREAS OF ELECTROMAGNETIC SPECTRUM)

2.1. Yeryüzü Gözetleme Platformları ile Elektromanyetik Spektrum Arasındaki İlişki (Relationship between Earth Surveillance Platforms and Electromagnetic Spectrum):

Cisimler doku ve konum özelliklerine göre güneş ışınları ya da mikrodalga boyundaki enerjileri değişik dalga boylarında yansıtırlar ya da absorbe ederler. Pasif sensörler, tabii enerjinin bulunduğu zamanlarda algılama yapma yeteneğindedir. Tüm yansıyan enerji, güneşin dünyayı aydınlattığı zamanlarda oluşmaktadır. Toprak ve bitki üzerine gerçekleştirilecek çalışmalarda daha çok görünür ve kızılötesi bölgede çalışırlar. Sis, bulut gibi

hava olaylarından etkilenirler [1]. Ayrıca bu dalga boylarındaki ışın değerlerini çeşitli matematiksel işlemler ile formülize ederek oluşturulan bitki indeksleri ile bitki sağlık durumu, su içeriği, klorofil içeriği, kuraklık durumu gibi ürün gelişimini doğrudan etkileyecek olan faktörler hakkında bilgi edinilebilmektedir. Böylece, elektromanyetik spektrumun bu aralıklarını kullanarak uydular, insansız hava araçları (uçaklar, dronelar), spektrometreler, otonom araçlar gibi uzaktan algılama cihazları ile ürün gelişimi takibinin yapılması sağlanmaktadır.

Aktif sensörler ise, algılama için gerekli enerjiyi, güneşe bağlı olmaksızın kendi kaynağından sağlamaktadır. Görüntü sağlayan aktif mikrodalga algılayıcılarının en çok bilineni Radio Detection And Ranging olarak isimlendirilen RADAR'lardır. RADAR'lardan sonra, yüksek çözünürlük yapabilen SAR (Synthetic Aperture Radar)'lar da üretilmiştir. Mikrodalga bölgede ve aktif olarak çalışan bu sensörler her havada, gündüz veya gece görüntü algılama kabiliyetine sahiptir [2]. Atmosfer koşullarının olumsuz veya bulutluluk oranının yüksek olduğu koşullarda optik görüntülerin kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda, ancak radar uydu görüntüleri kullanılarak bitki örtüsünü belirlemek ve ürün rekolte tahmini yapabilmek olanaklı hale gelmektedir. LAI (Leaf Area Index) ile radar gerisaçılım değerleri arasında çok kuvvetli bir ilişki vardır. LAI'yi bitkinin toplam fotosentetik oranı ve biyomas'ı hakkında bilgi veren bir gösterge olarak tanımlamıştır. Le Thoan ve ark.(1984), dokuz GHz frekansında X band radar görüntülerinde gerisaçılım değerleri ile LAI arasında kuvvetli bir istatistikî bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu ilişkinin bitkiden bitkiye farklılık gösterdiğini saptamışlardır [3].

2.2. Gama Işınlarnın Tarımda Kullanımı (Use of Gamma Rays in Agriculture):

İyonlaştırıcı bir radyasyon türü olarak geçen gama ışınları (γ), aynı grupta bulunan alfa (α) ve beta (β) ışınlarına göre daha çok nüfus edici özelliktedir. Gama ışınlarının temas ettiği tüm biyolojik materyali etkilemesi ve diğer ışınlardan farklı olarak canlıların DNA'sında değişimlere sebep olması bu ışınların tarımda mutasyon ıslahında kullanılmasının önünü açmış ve yapılan çalışmalar bu yönde yoğunlaşmıştır [4]. Bitkisel üretimde istenilen miktarda üretim artışını gerçekleştirebilmek amacı güderek yapılacak çalışmaların en başında, yüksek verim potansiyeline sahip, yetiştirme koşullarına uyum gösteren, kalite özellikleri bakımından iyi, hastalık zararlılara ve iklim değişikliğine bağlı kuraklık koşullarına karşı dayanıklı yeni çeşitlerin elde edilmesi, üretimdeki çeşitlerin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması gelir. Yeni çeşit geliştirilmesinde kullanılabilecek yöntemlerden birisi olan ve kolay ve kısa sürede sonuç veren mutasyon ıslahının büyük çoğunluğu Gama ışınlanması sonucu gerçekleşir. Bu konuda gerçekleştirilen bir çalışmada, tritikale (cv T77) ve arpa (cv C4) üzerine 5, 10, 20, 30 ve 40 krad (kR) gama ışınlanması uygulanmış ve M3 generasyonundaki başak uzunluğu, bitki boyu ve başakta dane sayısı incelenmiştir. Araştırma neticesinde, uygulanan gama dozlarıyla oluşturulan varyasyonun radyasyon dozajına, çeşide ve çeşitle doz arasındaki interaksiyona bağlı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, yüksek radyasyon dozlarının zararlı etki yaptığı bildirilmiştir. [5]. Gama ışınları, topraktaki nem tarafından zayıflatılır ve bu nedenle gama fotonlarının akışı, toprakta bulunan nem miktarı için bir belirleyici olarak hareket edebilir. Bu nedenle toprak nem içeriğini belirlemek için toprak tarafından yayılan gama ışınlarını kullanan bir tür toprak nem sensörü geliştirilmiştir[6].Gama ışını spektroskopisi, otomatik sulama programlaması için bir karar destek aracı olarak potansiyel olarak kullanılacak üst toprak su içeriği dinamiklerinin sürekli izlenmesi için etkili bir saha ölçęi tekniğidir[7].

2.3. X-Işınlarının Tarımda Kullanımı (Use of X- Rays in Agriculture):

X-ışını cihazları, geleneksel X-ışını iletimi ve çift enerjili X-ışını görüntüleme olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Çift enerjili X-ışını görüntülemeye, iki farklı enerji seviyesine sahip (yüksek ve düşük) X-ışınının aynı malzemeden geçirilerek sönümlenme oranlarının analizi sonucunda malzemenin atom numarası tahmin edilir. Bu sayede objeler sağlıklı olarak sınıflandırılabilir [8]. Lin ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada bir görüntüleme yöntemi olarak X-ray kullanmışlardır. Zararlı böceklerin yayılmasını önlemek için karantina altında X-ray görüntülerin pratik uygulamasını geliştirmişlerdir. X-ray görüntüleme tekniğince meyvelerdeki böcek istilasını tanımlamada istila edilen bölgeyi belirleyebilmek adına, görüntü segmentasyon işlemi uygulamışlardır. Gerçek zamanlı görüntü işleme yöntemi; elma, şeftali ve guava gibi meyvelerin X-ray görüntüleriyle test edilmiştir [9].

2.4. Mor Ötesi Işınlarda Tarımda Kullanımı (Use of Ultraviolet Rays in Agriculture):

Dalga boyu 100 ile 400 nm arasında değişir ve X ışınlarıyla görünür ışık arasında kalır. Mor ötesi(Ultraviyole-UV) ışınlar insanlar tarafından çıplak gözle görülemez fakat kuş, böcek ve balıklar tarafından görünür. [4]. Kurutulmuş gıdalar (incir, kayısı, dut, erik, v.b.) konusunda karşılaşılan en büyük sorun aflatoksin riskidir. Bu sorunun çözümünde ultraviyole ışınları bir çözüm yolu olarak kullanılmaktadır. Oluşturulan sistemlerin tamamında; aflatoksinli kuru incirler, sağlam olanlardan ayırırken ağırlıklı olarak işgücüne dayalı ve karanlık odalarda UV lambaların incirler üzerindeki yansıtma etkisinden hareketle, renk farklılıklarıyla aflatoksin üretmiş ve üretmemiş maddelerin tespiti yapılabilmektedir [8]. Aflatoksin üreten mantarlar UV fotoğraflamayla belirlenebilmekte çünkü mantarlar tarafından üretilen aflatoksin soğurma spektrumu 362 nm dalga boyu civarında bir tepe değeri göstermektedir [10]. Ultraviyole (UV, 250–400 nm), ışınlar, görünür (VIS, 400–700 nm) ve yakın kızılötesi (NIR, 700–2500 nm) aralıklar ile kullanılan spektroskopiler ile, pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik karbon (OC), serbest demir, kil, kum ve silt içeriği, katyon değişim kapasitesi gibi toprak özelliklerinin eş zamanlı olarak tespitinde de yardımcı olmaktadır [11].

2.5. Görünür Bölge ve Kızılötesi Işınlarda Tarımda Kullanımı (Use of Visible Range and Infrared Rays in Agriculture):

Yapraktaki klorofil, karoten ve ksantofil gibi fotosentetik pigmentlerin kullandığı ışınım emilimi, görünür bölgede (400-700 nm) yoğunlaşmıştır. Yaprak yansımaları büyük ölçüde 690-740 nm (kırmızı kenar)'lik bölgede artmaktadır. Toprağın yansımadaki değişim ise tepe değerine 1300 nm (yakın kızılötesi)'de varmaktadır. Dikey tarım tekniği dediğimiz yöntem son zamanlarda isminden sıklıkla söz ettirmektedir. Kapalı dikey tarım, yapay aydınlatma ile kontrollü bir ortamda gıda üretme uygulamasıdır. Bu teknik, hava koşullarından bağımsız olarak sınırlı alanlarda mahsul verimini en üst düzeye çıkarmayı amaçlar. Kapalı bir dikey çiftliğin başlatılması ve sürdürülmesinde dört ana husus, yetiştirme tipi, mahsul tipi, teknoloji ve konumdur. Fotosentez ve klorofil içeriği sağlamak için elektromanyetik spektrum kullanarak bitki büyümesini teşvik etmek için yapay bir ışık

kaynağı kullanır [12]. Bitki büyümesi üzerindeki en iyi renk etkisi görünür kırmızı ve mavi bölge iken yeşil ışığın daha çok yansması onları yeşil olarak gösterdiğinden bitki için daha az etkilidir. Mavi ışık, öncelikle vejetatif büyümeden veya yaprak büyümesinden sorumludur. Kırmızı ışık, mavi ışıkla birleştiğinde bitkilerde çiçeklenmeyi teşvik eder. Yusuof ve ark. (2016) dikey tarım için yapay aydınlatmanın typhonium flagelliforme üzerindeki etkisini incelemek üzere bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma, kapalı dikey tarım uygulaması için Typhonium Flagelliforme üzerindeki yapay aydınlatmanın boy büyümesi, su tutma içeriği, klorofil içeriği ve CO₂ konsantrasyonuna etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuca göre, bitki büyümesi ve bitki verimliliği için %70 mavi ve %30 kırmızı ışık kombinasyonunun en iyi sonucu verdiğini göstermiştir. Mavi LED'ler fotosentez hızına uygun değildir. Bu nedenle, yapay aydınlatmanın yeni bir güneş ışığı kaynağı için yeni bir alternatif olarak kullanılabilmesi ancak mavi ve kırmızı ışıkların kompozisyonunun belirlenmesinde dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılabilir. Kırmızı ışık, yaprak gelişimi, stomaların açılması, klorofil ve karbonhidrat birikimleri dahil birçok fizyolojik tepkiye neden olurken mavi ışık, stoma açılmasını indükleyerek ve hücre içindeki kloroplast hareketini etkileyerek fotosentetik aktiviteyi etkiler, stoma sayısını ve yaprak kalınlığını da artırır. Uzun vadede mavi ışığın klorofil içeriğini arttırdığı da bilinmektedir. Mavi ışığın daha büyük bir kısmı, yüksek yaprak kalınlığı ve fotosentetik kapasite ile karakterize edilen "güneş tipi" yaprağın gelişimi ile ilişkilidir ayrıca yaprak genişlemesi ve sürgün uzaması dahil olmak üzere çeşitli bitki morfojenik tepkilerini de düzenler. Uzak kırmızı ışık (Fr), yapraklar tarafından minimum düzeyde emilir ve kendi başına fotosentezde düşük bir kuantum verimliliğine sahiptir. Son çalışmalar, uzak kızılötesi ışığının fotosistem II'de fotosentetik aktiviteyi sürdürebildiğini ve dengeli bir dalga boyu teşvik ederek fotosentezi geliştirebileceğini ortaya koymuştur. Fr aynı zamanda fitokromları inaktif formlarına dönüştürdüğü için fitokrom aktivitesini modüle ederek foto-morfojenik bir sinyal olarak da hareket edebilir. Fr böylece kırmızı ışık yanıtlarını modüle edebilir; özellikle, Kırmızı Işık/Fr oranı çiçeklenmeyi kontrol etmek için değiştirilebilir [13].

2.6. Radyo Dalgalarının Tarımda Kullanımı (Use of Radio Rays in Agriculture):

IoT(Internet of Things) dediğimiz “Nesnelerin İletişimi” tarım 4.0’ın temelini oluşturan yapı taşlarından biridir. Radyo dalgalarının (taşıyıcı frekansı) çalışabileceği frekans aralığı 9 kHz ile 300GHz arasında tanımlanmıştır. IoT uygulamalarında farklı amaçlar için kullanılacak birçok kablosuz iletişim protokolü mevcuttur. Dijital tarım cihazlarıyla gerçekleştirilen saha uygulamaları veya veri alım gönderim işlemleri bu IoT dediğimiz teknoloji sayesinde gerçekleşmektedir [14]. Radyo dalgaları aracılığıyla, arazideki toprak nem sensörleri, iklim sensörleri, akıllı sulama ve gübreleme sistemleri gibi hassas tarım sistemleri arası iletişim gerçekleşmekte ve otomasyon sağlanabilmektedir.

2.7. Lazer Işıklarının Tarımda Kullanımı (Use of Laser Rays in Agriculture):

Lazer, kaynak olarak elektromanyetik spektrumdaki ışınları kullanmaktadır. Sadece optik bir sistemle farklı dalga boylarındaki ışık yoğunlaştırılarak tek bir dalga boyuna ve frekansa indirgenir [4]. Lazer ışını teknolojisinin tarımda kullanımının potansiyel olasılıkları üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bilimsel raporlar şu bulguları ortaya koymuştur; tohumların enerji potansiyelinde artış, bitkide erken olgunlaşma, hastalıklara karşı artan direnç, artan çimlenme yüzdesi. Işınlanmış tohumlardan elde edilen fidelerin solunum

sürecinde gelişiminde, fotosentetik aktivitede ve karateonid ile klorofil içeriğinde artış gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada ekim öncesi lazer tohum uygulaması, ışınlama rejimine bağlı olarak şeker pancarı kök ve yapraklarının verimini ve köklerdeki N, P, K, Ca ve N içeriğini etkilemiştir [15]. Lidar ya da Ladar (Laser Detection and Ranging) olarak nitelendirilen sistem ise birçok ölçme uygulamalarında uçaktan lazerle tarama teknolojisi, diğer bilinen algılayıcıları içeren dijital kameralar, çok spektrumlu tarayıcılar ve termal kameralarla birlikte kullanılmaktadır [16]. Lidar sensörler, 2 veya 3 boyutlu olarak yüksek doğruluk sağlaması ile tarımda özellikle ürün gelişiminin takibi ve otonom tarım araçlarının kontrolünde kullanılmaktadır. Lidar sensörler, tarım sektöründe bitki tanımlama ve tespiti, yeşil alan indeksi, bitki büyüme değişkenliğinin belirlenmesi, ürün gelişiminin takibi, kanopi hacmi belirleme, konumların belirlenmesi, 3D modelleme, toprak yüzey pürüzlülüğünün tahmini, otonom tarım araçlarının kontrolü, arazi sınıflandırması, toprak özelliklerinin belirlenmesi, taşkın modelleme, engel tespit gibi birçok konuda yaygın olarak kullanılmaktadır [17].

2.8. Hasat Sonrası Depolama (Post Harvest Storage):

Yapraklı yeşilliklerin farklı görünür ışık dalga boylarına sahip hasat sonrası muamelesi, besin ve duyu kaliteyi koruyarak sebzelerin korunmasını iyileştirir. Düşük ışınımında sürekli beyaz LED tedavisi, karanlıkta depolananlarla karşılaştırıldığında fotosentez, klorofil ve glukozinolat sentezi ile ilgili genlerin ekspresyonunu olumlu yönde düzenlediğinden, örneğin hasat sonrası Çin lahanasında yaşlanmayı geciktirebilir ve glukozinolat seviyelerini artırabilir. UV ışığı, bitki ürünlerinin sterilize edilmesinde de başarıyla kullanılmıştır. Bu nedenle, sebzelerin hasat sonrası korunması için ışık kalitesiyle ilgili geniş uygulamalar vardır [8].

3. SONUÇ (CONCLUSION)

Değişen iklim şartlarına bağlı meydana gelecek olan ürün deseni değişimi sonucu kuraklığa dayanıklı bitki çeşidi üretimi, tarımsal üretim deseninin izlenmesi, envanter çalışmalarının sağlıklı yürütülmesi, hastalık zararlı tespiti ve müdahalesi, ürün rekolte çalışmaları ve tahmini, kaliteli gıda üretimi, depolama süreci gibi birçok çalışmanın gerçekleşmesine elektromanyetik spektrum oldukça önemli katkılar sağlamaktadır. Uzaktan algılama teknikleri, tarımsal ürün üretimi sürecinde özellikle elektromanyetik ışınların kullanıldığı sensör tabanlı robotik ve aydınlatma sistemlerine duyulan ihtiyaca bağlı olarak bu alanda yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda daha çok artış göstermiştir. Bu konuda gerçekleştirilmiş olan çalışmalar incelendiğinde, ilerleyen yıllarda kesintisiz gıda üretimini sağlamak, tarımsal üretimi ve kaliteyi arttırmak için elektromanyetik spektrumun bilimin farklı disiplinleri ile birlikte tarımsal alanlarda kullanımının giderek artış göstereceği kesindir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Kurucu Y., Esetlili M.T. , Balık Şanlı F. , Şanlı D. U., Tarımda Uzaktan Algılama Tekniği, Demfo Dijital Baskı&Ofset, İzmir, 2017

İşlem GIS, Uzaktan Algılama Kitabı, 2002.

Esetlili, M. T. Sentetik Açıklıklı Radar (Mikrodalga) Uydu Görüntüleri Kullanılarak Toprak Özelliklerinin Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi, 2008.

Kitiş, Y., & Çavuşoğlu, O. (2016). Elektromanyetik Işınlarla Yabancı Ot Kontrolü. *Meyve Bilimi*, 3(1), 29-36.

Karakoca, T. A., & Akgün, İ. (2020). Arpada Farklı Gama Radyasyon Dozu Uygulamalarının M2 Generasyonunda Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Mutagenik Etkilerinin Belirlenmesi. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 24(1).

Van der Veeke, S., Koomans, R., & Limburg, H. (2020, November). Using a gamma-ray spectrometer for soil moisture monitoring: development of the the gamma Soil Moisture Sensor (gSMS). In 2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor) (pp. 185-190). IEEE.

Baldoncini, M., Albéri, M., Bottardi, C., Chiarelli, E., Raptis, K. G. C., Strati, V., & Mantovani, F. (2019). Biomass water content effect on soil moisture assessment via proximal gamma-ray spectroscopy. *Geoderma*, 335, 69-77.

Çoker, M., & Akgül, Y. S. (2013, April). Classification and mass measurement of nuts using X-Ray images. In *2013 21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.

Güzel, E., & Özlüoymak, Ö. B. Elektromanyetik Spektrumun Tarım Makinaları Araştırmalarında Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(4), 315-320.

Yabe, K., Ando, Y., Ito, M., & Terakado, N. (1987). Simple method for screening aflatoxin-producing molds by UV photography. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(2), 230-234.

Islam, K., Singh, B., & McBratney, A. (2003). Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy. *Soil Research*, 41(6), 1101-1114.

Wong, C. E., Teo, Z. W. N., Shen, L., & Yu, H. (2020). Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming. *Trends in Food Science & Technology*.

Yusof, S. S. S., Thamrin, N. M., Nordin, M. K., Yusoff, A. S. M., & Sidik, N. J. (2016, October). Effect of artificial lighting on typhonium flagelliforme for indoor vertical farming. In 2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS) (pp. 7-10). IEEE.

Apilioğulları L. "Lpwan sensörlerin özellikleri ve iot uygulamalarına etkileri" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 4(2): 152-160, (2020).

Hernandez, A. C., Dominguez, P. A., Cruz, O. A., Ivanov, R., Carballo, C. A., & Zepeda, B. R. (2010). Laser in agriculture. *Int. Agrophys*, 24(4), 407-42

Ekercin, S., & Üstün, B. (2004). Uzaktan Algı lamada Yeni Bir Teknoloji: Lidar. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (91), 34-38.

Uygun, T., Özgüven, M. M., & Altaş, Z. (2019). Lidar (Light Detection and Ranging) Sensörlerin Tarımda Kullanımı.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ZONGULDAK İLİ ALAPLI İLÇESİ İMAR PLANINA ESAS JEOLJİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Aysun İLİK ^{1,*}, İbrahim BUZKAN ²

Aysun İLİK, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

aysun.ilik@beun.edu.tr

İbrahim BUZKAN, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

buzkan_ibrahim@yahoo.com

*Sorumlu yazar; E-Mail: aysun.ilik@beun.edu.tr; Tel.: +530-320-7067

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Zonguldak ili, Alaplı ilçesi merkezini kapsayan alanın jeolojik ve jeoteknik etüdünün yapılarak yerleşime uygunluk durumunun araştırılmasıdır.

Saha Akveren Formasyonu (KTa) ile Alüvyon (Qal) içerisinde kalmaktadır. Alandaki birimlerin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek için 33 lokasyonda sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj kuyusundan alınan örneklerde, TSE ve ASTM standartlarına göre laboratuvarda; Su Oranı (W_n), Atterberg Limitleri, Doğal Birim Hacim Ağırlık, Zeminde Direk Kesme, Elek Analizi deneyleri ve kayada Serbest Basınç, Nokta Yükleme deneyleri yapılmıştır. Jeofizik çalışmalar kapsamında gerekli sismik hız, zemin baskın periyodu, etkin yer ivme katsayısı, spektrum karakteristik periyodları, zemin büyütmesi ve zemin sınıfı gibi parametreleri belirlemek amacıyla, 20 profil Masw ve 5 noktada DES etütleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında inceleme alanının mühendislik jeolojisi özellikleri, eğim durumu, yeraltı suyu durumu, şev duraylılığı (stabilitesi), deprem durumu, olası doğal tehlike ve riskler dikkate alınarak, gerekli zemin parametrelerini ortaya koyarak yerleşime uygunluk durumunun belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Alüvyonlarda yapılan SPT değerleri genellikle 10-RF değerleri elde edilmiştir. SPT-N30 değerlerine göre rölatif sıklık değerleri sıkı- orta sıkı ve çok sıkı özelliktedir. Laboratuvar analiz sonuçlarına göre TS 1500'e göre SP (Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok) ve SM (Siltli Kum, Kum-Silt karışımı)'den oluşmaktadır. Kesme dalgası hızı değerleri (V_{s30}) 210m/sn ile 263m/sn aralığında değerler almaktadır. Deprem yönetmeliğine göre D zemin grubu ile Z4 zemin sınıfı hakimdir. İnceleme alanında Akveren Formasyonun oluşturduğu alanlar; Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar; Önlemlenmeli Alan-2.1, Alüvyon kısımlar ise Önlem Alınabilecek Nitelikte Şişme Oturma Sorunlu Alanlar Önlemlenmeli Alan-5.1 olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alaplı, Zonguldak, Jeoloji, Jeoteknik, Alüvyon

INVESTIGATION OF GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL FEATURES BASED ON ZONGULDAK PROVINCE ALAPLI DISTRICT ZONING PLAN

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the suitability of the settlement by conducting a geological and geotechnical survey of the area covering the center of Alapli district in Zonguldak province.

The field remains in alluvium (Qal) with the Akveren formation (KTa). Drilling wells were drilled in 33 locations to determine the geological and geotechnical properties of the units in the area. In the samples taken from the drilling well, water ratio (wn), Atterberg limits, natural unit volume weight, direct cutting on the ground, sieve analysis experiments and free pressure on the Rock, Point loading experiments were conducted in the laboratory according to TSE and ASTM standards. In order to determine the required parameters such as seismic velocity, ground dominant period, effective ground acceleration coefficient, spectrum characteristic periods, ground magnification and ground class within the scope of geophysical studies, DES studies were carried out at 20 profile Masw and 5 points. The scope of work Engineering Geology characteristics of the study area, slope status, groundwater status, slope stability (stability), the earthquake situation, considering the risks and potential natural hazards, soil parameters required for the placement of putting eligibility studies have been conducted to determine the status.

SPT values made in alluvials are usually obtained from 10-RF values. Relative tightness values according to SPT - N30 values are tight-medium tight and very tight. According to the laboratory analysis results, according to TS 1500, it consists of SP (poorly graded sand, gravelly sand, little or no fine material) and SM (silty sand, sand-silt mixture). Shear wave velocity values ($V_s 30$) range from 210m/sec to 263m/SEC. According to earthquake regulations, ground Group D and ground class Z4 dominate. Areas formed by Akveren formation in the field of study; Stability problem areas that can be taken as a precaution; preventive area-2.1, and alluvial parts-inflatable seating problem areas that can be taken as a precaution are evaluated as preventive area-5.1.

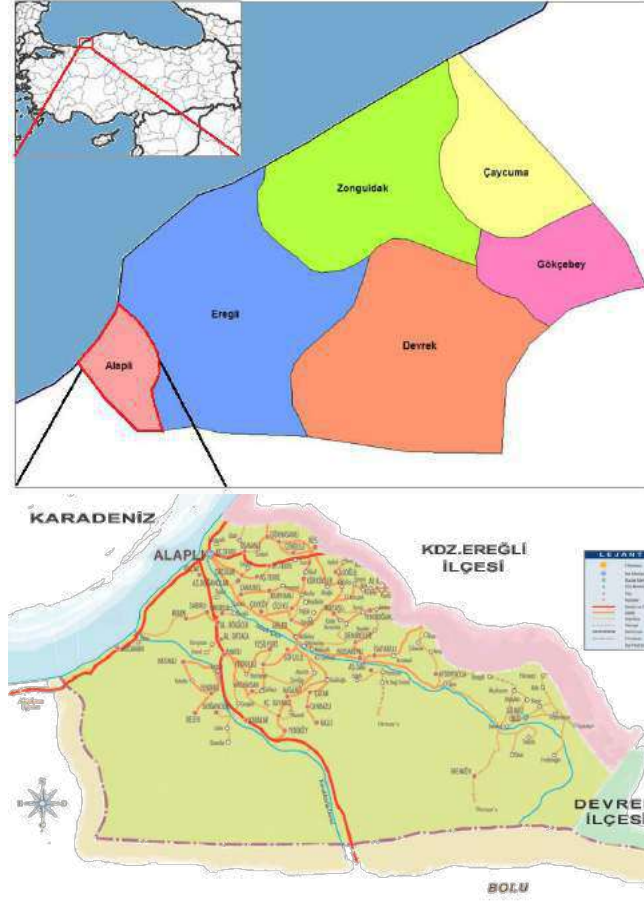
Key Words: Alaplı, Zonguldak, Geology, Geotechnics, Alluvium

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bu çalışmanın amacı, Zonguldak ili, Alaplı ilçesi merkezini kapsayan toplam 410 hektarlık alanın jeolojik ve jeoteknik etüdünün yapılarak yerleşime uygunluk durumunun araştırılmasıdır.

İnceleme alanında en düşük kot 2m iken, en yüksek kot 140m'dir. Çalışma alanı 4 farklı % eğim sınıfına ayrılmıştır. En fazla eğime sahip kesimler ($> \% 40$) vadi kenarlarına ait yamaçlarda bulunur. Alaplı Çayı ve

kenarları % 0-10, vadi üstü alanlar ise % 10-20 ve % 20-30 arasında eğime sahip düzlük-dalgalı düzlük şeklindedir. İnceleme alanı bölgesel olarak Akveren Formasyonu (KTa) ve Alüvyon (Qal) içerisinde kalmaktadır. Akveren Formasyonu (KTa); hâkim renkleri sarı, beyaz, grimsi yeşil, yer yer kırmızıdır. İnce-orta-kalın katmanlıdır. Seyrek olarak masif görünümündedir. Kumtaşı, kırıntılı kireçtaşı ile başlayan birim, üste doğru killi kireçtaşı-marn çoğunlukla olmak üzere kiltası-silttaşı aralanmalı olarak devam eder. Birimin yaşı Üst Kampaniyen - Alt Eosen'dir (1, 5, 9). İnceleme alanında Akveren Formasyonunda yapılan arazi ve sondaj çalışmaları sonucunda kalınlığı 1,00 – 3,00 m. arasında değişen kalınlıkta nebati toprak, devamında ise marn - kireçtaşı birimi bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

2. ÇALIŞMALAR (STUDIES)

İnceleme alanındaki çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla 33 lokasyonda 10m ile 20m arası derinliğe sahip toplamda 415m sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj lokasyonları jeolojik harita üzerine işlenerek bu noktalardan ilgili örnekler alınmıştır. Sondaj kuyusundan alınan örneklerden TSE ve ASTM standartlarına uygun olarak jeoteknik deneyler yapılmıştır. Kaya ortamlarda karot numuneler alınmıştır. Zemin özelliğindeki ortamlarda kumlu çakıllı zemin olmasından dolayı Shelby tüpü ile örselenmemiş UD numunesi alınamamış, yapılan SPT deneylerinden elde edilen örnekler (0.00-15.00m arasında 18 adet) alınmıştır. Zemin ortamlarda her 1,5m'de bir Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

yapılmıştır. Sondaj esnasında masif kayada en az 5m derinliğe, toprak zeminde 20 metreye kadar ilerleme yapılmıştır. Araziden TS EN ISO 22475-1'e uygun olarak alınan örnekler üzerinde TS EN ISO 22475-1'e göre zemin deneyleri yapılarak zeminlerin sınıflandırılması yapılmıştır (2, 4, 6, 7, 8). Laboratuvarında; Su Oranı (W_n), Atterberg Limitleri, Doğal Birim Hacim Ağırlık, Zeminde Direk Kesme, Elek Analizi deneyleri ve kayada Serbest Basınç, Nokta Yükleme deneyleri yapılmıştır. Büro çalışmalarında inceleme alanının 1/1.000 ölçekli eğim, jeoloji, lokasyon ve yerleşime uygunluk haritaları hazırlanmıştır. Sondajlara ait kuyu logları hazırlanmıştır. Laboratuvar deney sonuçları değerlendirilerek inceleme alanında yer alan zeminlerin taşıma gücü, oluşacak oturma-farklı oturma miktarı ile zeminin çökme, şişme, sıvılaşma potansiyeli irdelenmiştir. İnceleme alanı zemin indeks ve fiziksel özelliklerinin; sondajlardan elde edilen SPT numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına göre SP grubu (kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya yok) ve SM grubu (killi kum, kum – kil karışımı) iri taneli zemin bulunmaktadır. Akveren Formasyonunda gerçekleşen sondaj çalışmalarında alınan karot numuneleri üzerinde Kaya Mekaniği Laboratuvarında Doğal Birim Hacim Ağırlık, Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneyi ve Nokta Yükleme deneyi yapılmıştır. Jeofizik çalışmalar kapsamında, Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce 1998 yılında yayınlanmış yönetmelik çerçevesinde tanımlanması gerekli sismik hız, Zemin baskın periyodu, etkin yer ivme katsayısı, spektrum karakteristik periyodları, zemin büyütmesi ve zemin sınıfı gibi parametreleri belirlemek amacıyla, 20 profil Masw ve 5 noktada DES etütleri gerçekleştirilmiştir (3). İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki yeri, en yakın Kuzey Anadolu Fay Zonu'na göre konumu, bölgenin Sismotektonik özellikleri, bölgedeki tarihsel ve aletsel depremler büyüklükleri ile etkin yer ivmesi belirlenmiş ve bölgenin deprem tehlike ve riski irdelenmiştir. İklim ve çevre koşullarına bağlı olarak yeraltı suyu seviyesindeki değişimler, neden olabileceği sorunlar ve yapı temeline etkisi araştırılmıştır. İnceleme alanının afet durumu (heyelan, kaya düşmesi, su baskını, feyezan vb.) ve doğal afetlere duyarlılığı incelenmiştir. Çalışma kapsamında inceleme alanının mühendislik jeolojisi özellikleri, eğim durumu, yeraltı suyu durumu, şev duraylılığı (stabilitesi), deprem durumu, olası doğal tehlike ve riskler dikkate alınarak, gerekli zemin parametrelerini ortaya koyarak yerleşime uygunluk durumunun belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ (GEOLOGY OF THE STUDY AREA)

İnceleme alanı litolojik olarak Akveren Formasyonu (KTa) ve Alüvyon (Qal) içerisinde kalmaktadır. Akveren formasyonunun hâkim renkleri sarı, beyaz, grimsi yeşil, yer yer kırmızıdır. İnce-orta-kalın katmanlıdır. Seyrek olarak masif görünümlüdür. Kumtaşı, kırıntılı kireçtaşı ile başlayan birim, üste doğru killi kireçtaşı-marn çoğunlukla olmak üzere kiltası-silttaşı ardalanmalı olarak devam eder. İstif içerisinde yer yer türbidit akıntıları ile oluşan çökeller gözlenir. Birim genel olarak Yemişliçay Formasyonu üzerinde, kırıntılılardan yarı pelajik ve türbidit çökellere geçiş gösterir. Akveren Formasyonu sığ denizden, derin denize kadar değişen ortamlarda çökelmiştir. Birimin yaşı Üst Kampaniyen - Alt Eosen'dir. Akveren Formasyonunda yapılan arazi ve sondaj çalışmaları sonucunda kalınlığı 1,00 – 3,00 m. arasında değişen kalınlıkta nebati toprak, devamında ise marn - kireçtaşı birimi bulunduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki alüvyonlar Alaplı Irmağı yatağı etrafında, akarsu alüvyonu şeklindedir. Alüvyon içerisinde yapılan arazi ve sondaj çalışmaları sonucunda kalınlığı 1,00 – 2,00 m. arasında değişen kalınlıkta nebati toprak, devamında ise killi çakıllı kum tane boyunda alüvyon birim bulunduğu görülmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmaları ve karot sandığı.

4. İNCELEME ALANININ YERLEŞİM OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

(ASSESSMENT OF THE AREA OF STUDY AS A SETTLEMENT)

İnceleme alanı Akveren Formasyonun marn-kireçtaşı litolojisinden oluşan birimleri ile alüvyon oluşturmaktadır. Akveren Formasyonunda topoğrafik eğim % 0-40 arasında değişmekte, yeraltı suyu bulunmamakta ancak yer yer sızıntı suları görülmektedir. Akveren Formasyonu kaya birimleri “çok düşük kaya” kalitesi göstermektedir. Kesme dalgası hızı değerleri (V_{S30}) 616 - 1054m/sn hızına ulaşmaktadır. Deprem yönetmeliğine göre B-1 zemin grubu ile Z2 zemin sınıfı hâkimdir. Alüvyonlar; alüvyon birikintileri genellikle akarsu rejiminde, zayıf-orta boylanmış, bloklardan oluşmaktadır. Ağırlıklı olarak % 0-10 arasında eğimli düzlük alanları oluşturur. Alüvyonlarda yapılan SPT değerleri genellikle 10 - RF değerleri elde edilmiştir. SPT-N30 değerlerine göre rölatif sıklık değerleri sıkı-orta sıkı ve çok sıkı özelliktedir. Laboratuvar analiz sonuçlarına göre TS 1500'e göre SP (Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok) ve SM (Siltli Kum, Kum-Silt karışımı)'den oluşmaktadır. Kesme dalgası hızı değerleri (V_{S30}) 210 m/sn ile 263m/sn aralığında değerler almaktadır. Deprem yönetmeliğine göre D zemin grubu ile Z4 zemin sınıfı hakimdir. İnceleme alanında Akveren Formasyonun oluşturduğu alanlar; "Önem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar" Önemli Alan-2.1, Alüvyon kısımlar ise Önem Alınabilecek Nitelikte Şişme Oturma Sorunlu Alanlar Önemli Alan-5.1 olarak değerlendirilmiştir. Yapılan arazi ve jeofizik çalışmalar sonucu inceleme alanı kaya ortam olarak değerlendirilmiştir. Kaya birim olarak Akveren Formasyonu'na ait Marn-Kireçtaşı birimi belirlenmiştir.

Tablo 1. Birimlerin indeks ve fiziksel özelliklerinin gösterir laboratuvar sonuçları.

Sondaj No	Numune No	Alınan Numune Derinliği (m.)	Su Muh. Wn %	Dane Dağılımı (%)			Atterberg Limitleri			Sınıfı TS 1500	Formasyon
				Çakıl	Kum	Silt+Ki I					
SK-16	SPT-2	3,00-3,45	7,6	0,00	93,03	6,97	NP	NP	NP	SM	ALÜVYON (Qal)
SK-16	SPT-3	4,50-4,95	6,4	0,00	98,93	1,07	NP	NP	NP	SP	
SK-17	SPT-1	1,50-1,95	8,5	0,00	96,74	3,26	NP	NP	NP	SP	
SK-17	SPT-3	4,50-4,95	4,8	0,00	90,19	9,81	NP	NP	NP	SM	
SK-18	SPT-2	3,00-3,45	9,3	0,00	95,96	4,04	NP	NP	NP	SM	
SK-18	SPT-4	6,00-6,45	7,0	0,00	97,23	2,77	NP	NP	NP	SM	
SK-19	SPT-1	1,50-1,95	8,0	0,00	98,81	1,19	NP	NP	NP	SM	
SK-19	SPT-3	4,50-4,95	10,7	0,00	95,04	4,96	NP	NP	NP	SM	
SK-20	SPT-2	3,00-3,45	6,0	0,00	96,17	3,83	NP	NP	NP	SP	
SK-20	SPT-3	4,50-4,95	10,8	0,00	98,27	1,73	NP	NP	NP	SP	
SK-21	SPT-3	4,50-4,95	6,4	0,00	96,69	3,31	NP	NP	NP	SP	
SK-21	SPT-5	7,50-7,95	5,9	0,00	95,79	4,21	NP	NP	NP	SP	
SK-22	SPT-2	3,00-3,45	4,8	0,00	96,55	3,45	NP	NP	NP	SP	
SK-22	SPT-4	6,00-6,45	8,5	0,00	97,83	2,17	NP	NP	NP	SP	
SK-23	SPT-1	1,50-1,95	8,3	0,00	94,21	5,79	NP	NP	NP	SM	
SK-23	SPT-3	4,50-4,95	4,3	0,00	92,66	7,34	NP	NP	NP	SM	
SK-24	SPT-2	3,00-3,45	8,8	0,00	95,09	4,91	NP	NP	NP	SP	
SK-24	SPT-4	6,00-6,45	6,1	0,00	98,04	1,96	NP	NP	NP	SP	

Tablo 1. (Devamı).

Sondaj No	Numune Türü	Numune Derinliği (m)	Doğal Birim Hacim Ağırlığı γ_n (gr/cm ³)	Direkt Kesme Deneyi qu (Mpa)		Litoloji	Formasyon
				C (kpa)	ϕ (°)		
SK-16	SPT	3,00-3,45	1,801	2,61	23,02	Killi Çakıllı Kum	Alüvyon (Qal)
SK-16	SPT	4,50-4,95	1,860	5,55	21,07	Killi Çakıllı Kum	
SK-17	SPT	1,50-1,95	1,816	3,23	24,04	Killi Çakıllı Kum	
SK-17	SPT	4,50-4,95	1,842	6,65	24,80	Killi Çakıllı Kum	
SK-18	SPT	3,00-3,45	1,837	3,78	20,17	Killi Çakıllı Kum	
SK-18	SPT	6,00-6,45	1,869	6,15	18,99	Killi Çakıllı Kum	
SK-19	SPT	1,50-1,95	1,829	3,33	22,27	Killi Çakıllı Kum	
SK-19	SPT	4,50-4,95	1,853	2,41	24,29	Killi Çakıllı Kum	
SK-20	SPT	3,00-3,45	1,793	2,08	23,31	Killi Çakıllı Kum	
SK-20	SPT	4,50-4,95	1,835	4,98	23,72	Killi Çakıllı Kum	
SK-21	SPT	4,50-4,95	1,822	6,18	19,27	Killi Çakıllı Kum	
SK-21	SPT	7,50-7,95	1,860	4,26	20,00	Killi Çakıllı Kum	
SK-22	SPT	3,00-3,45	1,875	5,48	21,04	Killi Çakıllı Kum	
SK-22	SPT	6,00-6,45	1,846	2,98	25,23	Killi Çakıllı Kum	
SK-23	SPT	1,50-1,95	1,860	7,70	20,42	Killi Çakıllı Kum	
SK-23	SPT	4,50-4,95	1,851	3,19	16,09	Killi Çakıllı Kum	
SK-24	SPT	3,00-3,45	1,840	8,25	20,31	Killi Çakıllı Kum	
SK-24	SPT	6,00-6,45	1,852	2,88	22,89	Killi Çakıllı Kum	

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan arazi gözlemleri ile jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu; inceleme alanı kaya birimi olarak Akveren Formasyonu'na ait marn-kireçtaşı birimi litolojisinde olduğu belirlenmiştir. Bu alanlar mevcut ilgili yönetmeliğe göre "ÖNLEMLİ ALAN 2.1 (ÖA-2.1) ÖNLEM ALINABİLECEK NİTELİKTE STABİLİTE SORUNLU ALANLAR" olarak ifade edilmektedir. Bu alanlarda;

Eğimli alanlarda üstteki rezidüel zon kısımların kalınlığı ve yayılımı belirlenerek bu birimin kaldırılması ve yapı yükleri homojen olarak, Akveren Formasyonuna ait Marn-kireçtaşlarının sağlam kesimlerine oturtulmalıdır.

Her türlü kazı ve palyeleme işlemi öncesinde ve sonrasında oluşacak şev açıları ve şev yüksekliği yamacın tamamını kapsayacak şekilde, yapılacak olan bina yüklü stabilite analizleriyle belirlenmelidir.

Açılan şevler açıkta bırakılmamalı ve tekniğine uygun projelendirilmiş istinat yapıları ile desteklenmelidir.

Şev üstüne gelecek ilave yükün doğal veya yapay şeve etkisi ile şev kenarına olan mesafesinin etkileri, ilave yükün şev stabilitesini bozmayacak şev kenarına olan güvenli mesafesinin belirlenmesi, şevin Jeoteknik parametrelerinden doğabilecek problemlerin ayrıntılı çalışılarak, Jeoteknik problemin niteliğine göre gerekli önlemlerden bir veya birkaçının alınması gerekir.

İnceleme alanında yüzey suları ve atık sularının ortamdan uzaklaşmasını sağlayacak drenaj ve yalıtım sistemleri uygulanmalıdır.

Temel – zemin etütlerinde, yapılacak üst yapının niteliğine göre temel tipi, temel derinliği ve temelin taşıtırılacağı seviyenin mühendislik parametreleri (stabilite analizleri, RQD, çatlak sıklığı vb.) belirlenmelidir.

İnceleme sahasındaki alüvyon birimler "ÖNLEMLİ ALAN 5.1 (ÖA-5.1) ÖNLEM ALINABİLECEK NİTELİKTE ŞİŞME OTURMA SORUNLU ALANLAR" olarak ifade edilmektedir.

İnceleme alanında alüvyon birimlerde oturma miktarı 2,33cm olarak hesaplanmıştır. Sondaj çalışmalarından alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında NP olmasından dolayı şişme hesaplanamamıştır.

Fakat alüvyon birimin değişkenlik göstermesinden dolayı killi birimlerde şişme beklenebilir. Çalışma alanında Alaplı Irmağı kenarına açılmış sondajlarda 3,00-5,00m'de yeraltı suyuna rastlanılmıştır. İnceleme alanında gözlenen alüvyon zeminlerin sıvılaşma riskinin değerlendirilmesinde HS Jeotek programı yardımıyla her sondaj kuyusu için Sıvılaşma Analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda alüvyonun 3,00m-9,00m arasında kalan İnce Çakıllı Killi Kum biriminde sıvılaşma riski çok düşük olarak hesaplanmıştır. Bu alanlarda;

Yağmurlu mevsimlerde oluşan yüzey suları, sızıntı suları, kaynak suları ve yapıların atık suları uygun drenaj yöntemlerle etkisizleşecek kadar uzaklaştırılmalı, temel kazılarında yer altı suyuna rastlanılan kesimlerde temel altı tecrit işlemi yapılması gerekmektedir.

Temel - zemin etütlerinde temel derinliği, tipi ve genişliği, temel oturacağı seviyelerin mühendislik parametreleri (şişme, oturma vb.) ile sıvılaşma risk analizleri parsel bazında yapılacak sondajlar sonucunda ayrıntılı olarak belirlenmeli ve belirlenecek sorunlara göre önlemler alınmalıdır.

Yapı temelleri homojen olarak aynı birim üzerine oturtulmalıdır.

Planlama öncesi taşkın tehlikesi için Alaplı Irmağı ile kollarını oluşturan akar ve kuru dereler için DSİ görüşü alınmalı ve bu görüş doğrultusunda planlamaya gidilmelidir.

İnşaat aşamasında açığa çıkacak şevler, uygun istinat yapılarıyla desteklenmelidir.

İnceleme alanı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında, 1. Derece Deprem Bölgesinde kalmaktadır. İnceleme alanında, planlama öncesi ve sonrası yapılacak yapıların tasarımında, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanmış olan “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” hükümlerine uyulması zorunluluğu vardır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Aktimur, T. Emre, Ö. Uysal, Ş. ve Diğ., “Zonguldak İlinin Tektoniği”, MTA Raporu.1994
- Erdik, M. ve Durukal, E., “Strong Ground Motion, In Recent Advances In Earthquake Geotechnical Engineering And Microzonation”, A. Ansal (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2004.
- Gencoğlu, S. ve Diğ., “Türkiye’nin Deprem Riski”, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, 1990.
- Kumbasar, V. Ve Kip, F. “Zemin Mekaniği Problemleri”, Çağlayan Kitabevi, 671 S., İstanbul, 1999.
- MTA Genel Müdürlüğü; Jeoloji Etütleri Dairesi, “Zonguldak F26 Paftasına Ait 1/100.000 Jeoloji Haritaları Ve Genel Jeoloji Raporu”, Ankara, 2002.
- Şekercioğlu, E., “Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 28, Ankara, 2002.
- Ulusay, R., “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, 4.Baskı Ankara, 2001.
- Ünsal, N., “İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Ankara. 2001.
- Yergök A. F., ve Diğerleri, “Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (I)”. MTA Rap. No. 8273 (yayınlanmamış). Ankara. 1987.

3D PRINTER İLE REDÜKTÖR İMALATI

Serpil KARAKUŞ¹, Serkan OKUR²

¹Serpil KARAKUŞ, Makina Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

serpilk@beun.edu.tr

²Serkan OKUR, Makina Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

serkan.okur@mf.karaelmas.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: serpilk@beun.edu.tr; Tel.: 0372 291 1245

ÖZET

Son yıllarda kullanılmaya başlanan 3 boyutlu yazıcılar, filament malzemeyi katman katman yerleştirerek dijital bir modelin fiziksel bir 3 boyutlu nesneye dönüştürülmesini sağlamakta ve çok çeşitli sektörlerde yardımcı olabilmektedir. Solidworks, Catia gibi yazılımlar veya bir 3D tarayıcı tarafından oluşturulan veriler kullanılarak dijital modeller oluşturulabilir. Bu çalışmada düz ve helisel dişlilerden oluşan iki kademeli bir redüktörün tüm parçalarının tasarımı ve montajı solidworks yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve sayısal bir model oluşturulmuştur. Dilimleme, Cura yazılımı kullanılarak hassas bir şekilde yapılmış ve üretilen G kodları, baskı için 3D yazıcıya gönderilmiştir. Filament malzemesi olarak PLA (Polilaktik Asit) kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı, redüktör, katmanlı imalat

GEARBOX MANUFACTURING WITH 3D PRINTER

ABSTRACT

3D printers, which have been used in recent years, enable the conversion of a digital model into a physical 3D object by placing the filament material layer by layer and can help a wide variety of industries. Digital models can be created using software such as Solidworks, Catia, or data created by a 3D scanner. In this study, the design and assembly of all parts of a two-stage reducer consisting of spur and helical gears were carried out with solidworks software and a digital model was created. The slicing was done precisely using Cura software and the generated G codes were sent to the 3D printer for printing. PLA (Polylactic Acid) was used as the filament material.

Key Words: 3D printer, gearbox, additive manufacturing

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Redüktörler belli bir devir sayısını düşürmek ve momenti artırmak için kullanılan dişli çark sistemleridir. Sanayinin bir çok alanında kullanılan ve sektörde vazgeçilmez olarak nitelendirilebilecek makina elemanlarıdır. Değişik ihtiyaçları karşılamak için değişik tipte redüktörler imal edilmektedir. Bu çalışmada redüktörün dizaynında düz ve helis dişliler kullanılmıştır. Giriş gücüne göre döndürme momentleri hesaplanmış ve bu momentleri iletebilecek miller tasarlanmıştır. Dişli çarklar ise toplam redüksiyon oranına göre hesaplanmış ve momentleri iletebilecek şekilde tasarlanmıştır. Marlin yazılımı, bilgisayardan 3B yazıcıya gönderilen, Cura yazılımı ile oluşturulan G-kodlarını okuyan ve yazıcının kontrolünü sağlayan yazılımdır. Tasarlanan redüktör bileşenleri Solidworks üzerinde modellenmiş, Cura yazılımı uygun parametreler ile katmanlara bölünmüş ve G-kodları oluşturulmuştur. Daha sonrasında 3B yazıcıya gönderilmiştir. Model tamamlanana kadar, belirlenen katman kalınlığına göre, katmanlar üst üste biriktirilerek renkli 3 boyutlu prototip ortaya çıkartılmıştır.

Bir termik santralde kömür taşıyan ve tozlu ortamlarda çalışan bir bantlı konveyörün redüktörü incelenmiştir. Bu tür redüktörlerde meydana gelebilecek büyük arızaların sebepleri ve çözümleri anlatılmıştır [1]. Diğer bir çalışmada Solidworks yazılımı kullanılarak civata ve somun modeli oluşturulmuştur. Üç boyutlu yazıcıda Cura adlı yazılım kullanılarak hassas dilimleme yapılmış ve baskıya yönlendirilmiştir. Baskı malzemesi olarak PLA ve ABS kullanılmıştır [2]. PLA ve TPU malzemelerinden katmanlı olarak üretilmiş numunelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. %20, %60, %100 dolgu yüzdesi ile hazırlanan numunelere çekme ve basma testleri uygulanmıştır. Numune boyutları ve dolgu yüzdesinin mekanik performansı önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Bu husus mekanik yüklemeye içeren uygulamaları kullanan tasarımcılar için önemlidir [3].

Kısaltmalar

P_g	(kW)	Giriş gücü
$P_ç$	(kW)	Çıkış gücü
n_g	(d/d)	Giriş devir sayısı
$n_ç$	(d/d)	Çıkış devir sayısı
i_T	(-)	Toplam redüksiyon oranı
i_{12}	(-)	1. ve 2. dişliler arasındaki redüksiyon oranı
i_{34}	(-)	3. ve 4. dişliler arasındaki redüksiyon oranı
z	(mm)	Diş sayısı
η_t	(-)	Sistemin toplam verimi
d_0	(mm)	Dişlilerin bölüm dairesi çapı
m	(mm)	Modül (bölüm dairesinin diş sayısına oranı)
m_a	(mm)	Helisel dişliler için alın modülü
M_d	(N.m)	Döndürme momenti
M_b	(N.m)	Burulma momenti
S	(-)	Emniyet katsayısı
D	(mm)	Mil çapı

2. DENEYSSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Tasarım verileri PLA malzemesinin mukavemet değerlerine göre belirlenmiştir. Tasarım verileri, $P_g=0.3$ kW, $n_g=800$ d/d, $i_T=20$

Formüller

$$i_T = \frac{n_g}{n_\zeta} \quad (1)$$

$$i_T = i_{12} \cdot i_{34} \quad (2)$$

$$i_{12} \cong 1.2\sqrt{i_T} \quad (3)$$

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (4)$$

$$i_{34} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{z_4}{z_3} \quad (5)$$

$$P_\zeta = P_g \cdot \eta_t \quad (\eta_t = 0.92) \quad (6)$$

$$d_0 = m \cdot z \quad (7)$$

$$M_d = 9550 \frac{P}{n} \quad (8)$$

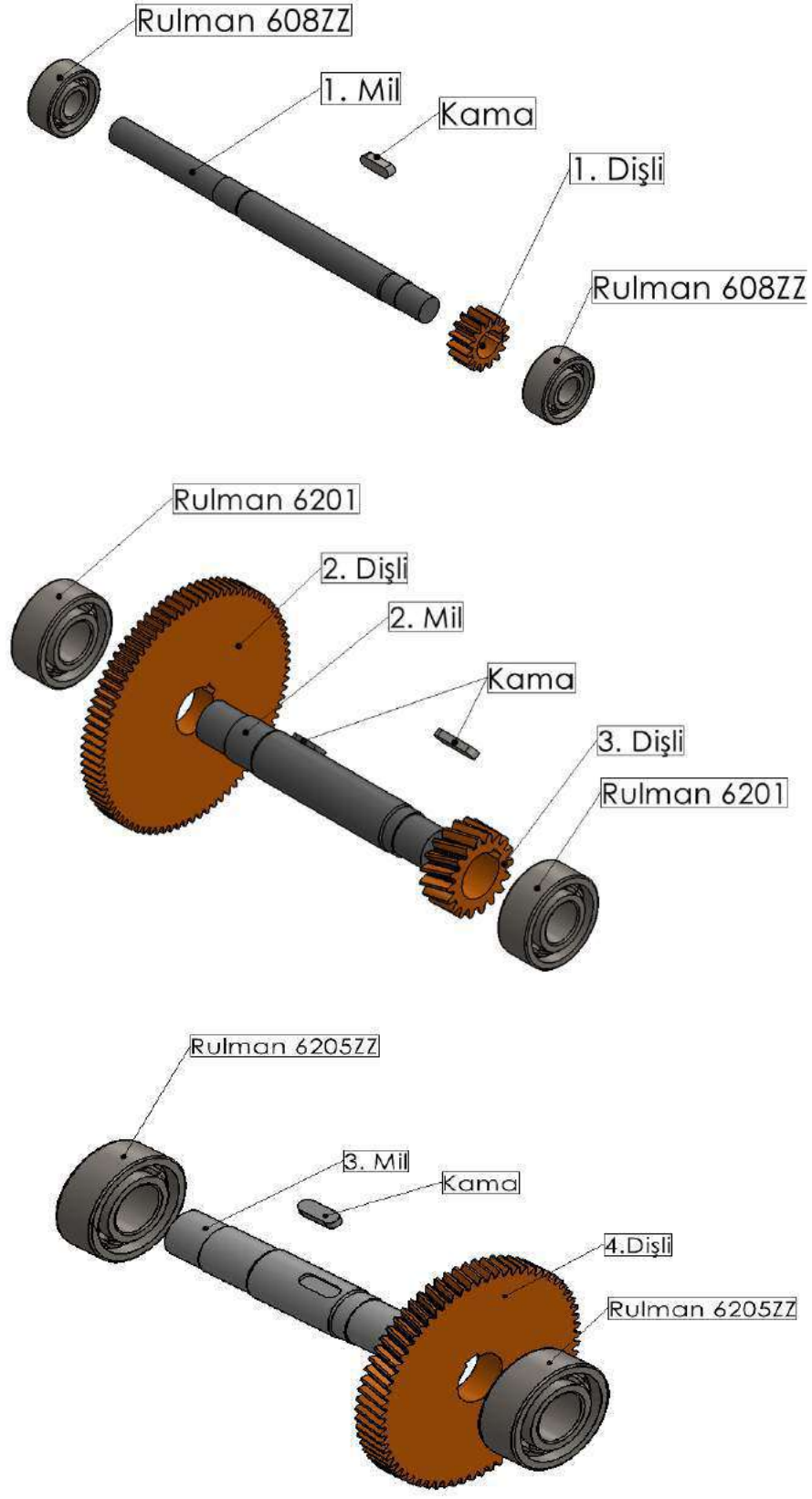
$$M_b = S \cdot M_d \quad (9)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16M_{b,max}}{\pi \cdot \tau_{max}}} \quad (10)$$

Maksimum çekme gerilmesi $\sigma_{max}=50$ MPa, kayma gerilmesi $\tau_{max}=\sigma_{max}/2$, emniyetli kayma gerilmesi $\tau_{em}=\tau_{max}/S$, emniyet katsayısı $S=1.125$ seçilmiştir. Redüktörlerde giriş devir sayısı, 1. milin devir sayısıdır. Bu çalışmada çıkış devir sayısı, 3. milin devir sayısıdır. Hesaplamalarda eş çalışan dişliler arasındaki kavrama (basınç) açısı $\alpha=20^\circ$, helisel dişlilerdeki helis açısı $\beta=15^\circ$ olarak alınmıştır. Dişlilere ait hesaplanan değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Dişlilerle ilgili hesaplanan değerler

Dişli numarası	Tipi	Diş sayısı	Modül (mm)	Bölüm dairesi çapı d_0 (mm)	Diş genişliği (mm)
1.Dişli	Düz	$z_1=15$	$m_1=1.25$	$d_{01}=18.75$	$b_1=10$
2.Dişli	Düz	$z_2=81$	$m_1=1.25$	$d_{02}=101.25$	$b_2=10$
3.Dişli	Helisel	$z_3=18$	$m_a=1.75$	$d_{03}=31.5$	$b_3=15$
4.Dişli	Helisel	$z_4=67$	$m_a=1.75$	$d_{04}=117.25$	$b_4=15$

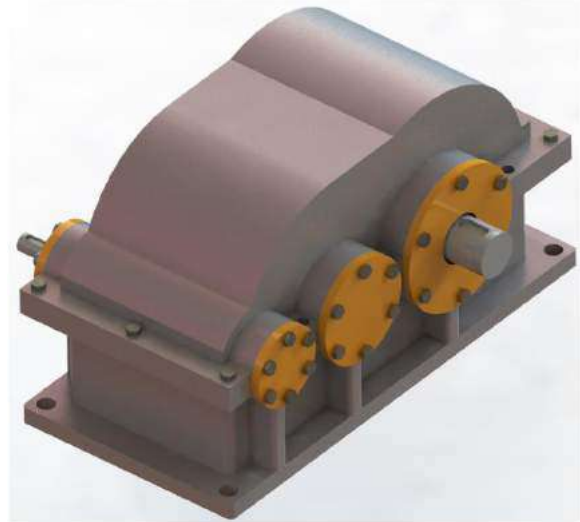
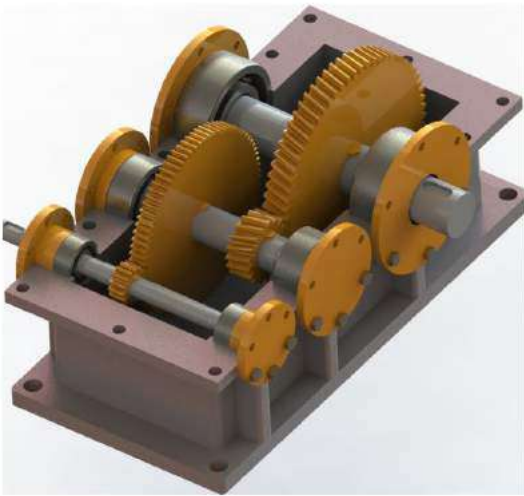


Şekil 1. Dişli, mil, rulman ve kamaya ait solidworks çizimleri

Tablo 2. Millerle ilgili hesaplanan değerler

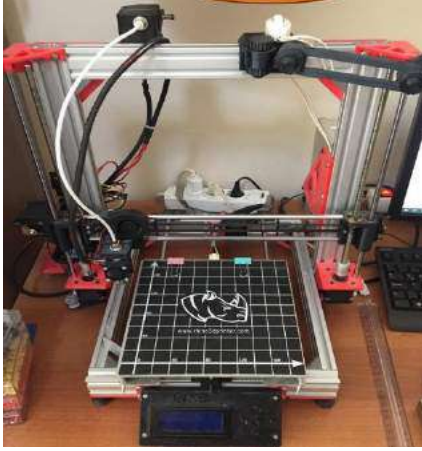
Mil numarası	Devir sayısı (d/d)	Döndürme Momenti (N.mm)	Burulma momenti (N.mm)	Mil çapı (mm)
1.mil	$n_1=800$	$M_{d1}=3581.25$	$M_{b1}=4028.91$	$D_1=10$
2.mil	$n_2=150$	$M_{d2}=19100$	$M_{b2}=21487.5$	$D_2=18$
3.mil	$n_3=40$	$M_{d3}=71625$	$M_{b3}=80578.13$	$D_3=28$

Tablo 1 deki diş sayıları eşitlik (1), (2), (3), (4), (5) kullanılarak bulunmuştur. ANSI Metrik standardına göre Solidworks yazılımından modül seçimi yapılmıştır. Bölüm dairesi çapları eşitlik (7) den hesaplanmış, diş genişlikleri ise modül-genişlik oranı tablosundan [7] alınmıştır. Tablo 2 deki devir sayıları eşitlik (1), (4), (5) den, döndürme momentleri eşitlik (8) den, burulma momentleri eşitlik (9) dan, mil çapları ise eşitlik (10) dan hesaplanmıştır. Çalışma esnasında dişlilerde radyal ve teğetsel kuvvetler oluşur. Genellikle x ve z olarak 2 boyutlu düzlemde hesaplanan bu kuvvetlerin bileşke kuvvetleri bulunur. Bunlar millerdeki rulmanlı yataklara tepki kuvveti olarak iletilir. Bu şekilde millerde eğilme momentleri oluşur. Eğilme momentlerinin de bileşkeleri kullanılır. Bu çalışmada her 3 mil için de eğilme momentleri hesaplanmış, kırılmaya karşı tehlikeli kesitler tespit edilmiş, millerdeki fatura olarak adlandırılan kademelerin yerleri ve çapları belirlenmiştir. Kontrüksiyon olarak redüktör, gövde içine yerleştirilmiş dişliler, miller, rukmanlı yataklar, Kamalar (dömeye karşı kilit) gibi elemanlardan oluşun sistemdir. Dişli kutusu olarak adlandırılan muhafaza, bileşenleri koruma görevi görür.



şekil 2. Solisworks çizim programı ile oluşturulmuş redüktör modeli.

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)



Yazıcı 1



Yazıcı 2

Şekil 3. Üretimde kullanılan yazıcılar.

Tablo 3. Üç boyutlu yazıcı özellikleri

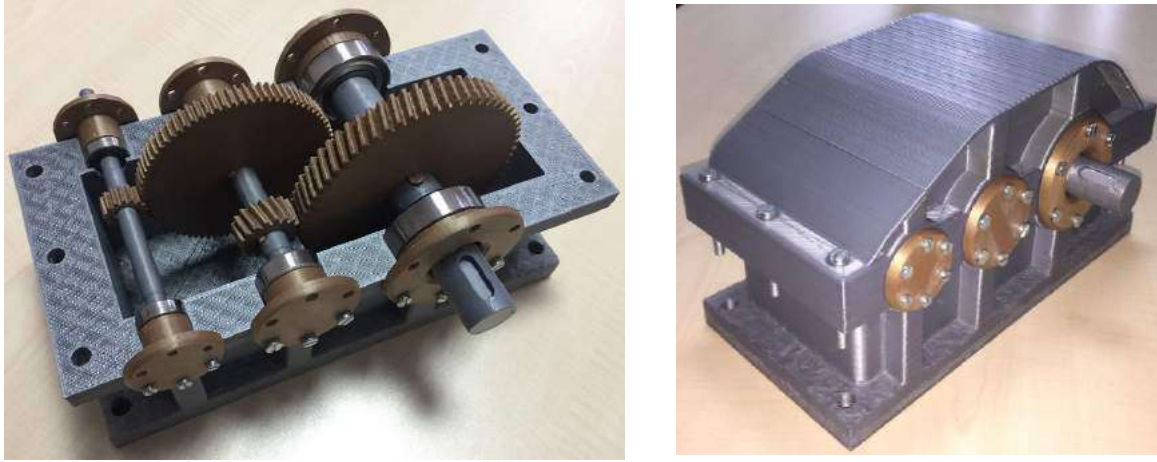
Parametre	Özellik	
	Yazıcı 1	Yazıcı 2
Baskı hacmi	200x200x190 (mm)	300x300x400 (mm)
Model	Anet A8 (Güncel)	Tronxy X5SA
Yazılım	Marlin	Varsayılan yazılım
Çalışma gerilimi	24 V DC, 20A	24 V DC, 30A
Extruder yapısı	Bowden Extruder	Bowden Extruder
Maksimum nozül sıcaklığı	275°	265°
Maksimum tabla sıcaklığı	130°	90°
Nozül çapı	0.4	0.6 mm
Katman kalınlığı	0.25	0.4 mm
Duvar sayısı	3	2
Yazdırma sıcaklığı	210°	210°
Tabla sıcaklığı	60°	60°

Tablo 4. Filament (dolgu malzemesi) özellikleri

Parametre	Özellik ve değerler
Esun Filament	1000 g
Filament Türü	PLA+
Filament çapı	1.75 mm
Yoğunluk	1.3 gr/cm ³
Young modülü	3.5 GPa
Uzama limiti	6.0%
Özgül dayanım	38 kN-m/kg
Maksimum çekme mukavemeti UTS	50 MPa
Kayma modülü	2.4 GPa

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Şekil 4 de 3 Boyutlu yazıcı ile parçaları üretilmiş ve montajı yapılmış redüktörün fotoğrafları görülmektedir. Üç boyutlu yazıcının nozül çapı bu çalışma için büyük olduğundan PLA malzemesi doluluk oranı dişliler ve miller için %40, alt ve üst kasa için %15 olarak alınmıştır.



Şekil 4. Üç boyutlu yazıcı ile imal edilmiş olan redüktörün fotoğrafları

Digital model solidworks simülasyonu ile kontrol edilmiş, dişlilerin birbirleri ile uyumlu çalıştığı ve millerin sorunsuz döndüğü görülmüştür. Üretimi yapılmış fiziksel model ise giriş miline manuel döndürme uygulanarak kontrol edilmiş, dişlilerin ve millerin sorunsuz çalıştığı görülmüştür.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Digital model 3 boyutlu fiziksel nesneye dönüştürülmüştür. Verilen değerlere uygun bir elektrikle çalışan motor temin edildikten sonra çıkış milinin devir sayısı ölçülecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] R. Prabhu, A. Devaraju. "Failure analysis and restructuring model of transfer feeder gear box in thermal powerplant." Materials Today: Proceedings 39 (2021) 633–638.

[2] V. Harshitha, Seeram Srinivasa Rao. "Design and analysis of ISO standard bolt and nut in FDM 3D printer using PLA and ABS materials." Materials Today: Proceedings 19 (2019) 583–588.

[3] Nabila Elmbert, Petros Siegas. "Dimensional considerations on the mechanical properties of 3D printed polymer parts." Polymer Testing 90 (2020) 106656.

[4] Solidworks 2020 yazılımı.

[5] Redüktör kataloğu, Yılmaz redüktör.

[6] J.E.Shigley, C.R.Mischke, R.G.Budynas"Mechanical Engineering Design" McGraw-Hill, USA,2004.

[7] Akkurt. M, Kent M. "Makina Elemanları", Cilt 1,2,3, İstanbul,1990.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**KARAYOLU ŞEVLERİNİN LİMİT DENGE VE SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK STABİLİTE ANALİZİ**

Yusuf KAYA ^{1,*}, Ali Emir ŞİŞMAN ²

¹Yusuf KAYA, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

yusufkyya@gmail.com

²Ali Emir ŞİŞMAN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

aesisman@gmail.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: yusufkyya@gmail.com; Tel.: 05413800825

ÖZET

İnsanların ve/veya araçların yararlı olduğu varsayılan bir amaca yönelik yer değiştirilmesi ulaşım olarak tanımlanmaktadır [1]. Bu amaca yönelik çeşitli mühendislik yapıları inşa edilmektedir. İnşa edilen bu mühendislik yapılarının başında gelen yolların istenilen geometrik standartları sağlaması için güzergâh topoğrafyası üzerinde yarma ve dolgu uygulamalarına yaygın olarak başvurulmaktadır. Yapılan bu yol dolgularının stabilitesinin sağlanması geoteknik mühendisliğinin ilgi alanlarındandır. Dolguların servis ömrü boyunca güvenli bir şekilde hizmet vermesi için şev stabilitesi tahkiklerinin inşaat öncesinde yapılması ve stabiliteyi bozabilecek ihtimal dahilindeki etkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bir yol dolgusunun farklı dolgu yükseklikleri, farklı yer altı su seviyeleri ve farklı trafik yükleri altında şev stabilitesi tahkikleri gerçekleştirilmiştir. Şev stabilite analizleri Bishop, Janbu ve Spencer gibi limit denge yöntemleri kullanılarak SLİDE2 programında gerçekleştirilmiş olup elde edilen güvenlik sayıları GEO5 FEM programında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen değerler ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda artan dolgu yükseklikleri ve trafik yükleri karşısında güvenlik sayısı değerlerinin azaldığı, kullanılan analiz yöntemlerinden Bishop ve Spencer yöntemlerinin diğerlerine göre yüksek güvenlik sayıları verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, limit denge, sonlu elemanlar, dolgu



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

STABILITY ANALYSIS OF HIGHWAY SLOPES USING LIMIT EQUILIBRIUM AND FINITE ELEMENT METHODS

ABSTRACT

The displacement of people and/or vehicles for a supposed useful purpose is defined as transportation. Various engineering structures are being built for this purpose. In order for the roads which are at the beginning of these engineering structures, to meet the desired geometric standards, cutting and filling applications on the route topography are widely used. Ensuring the stability of these road fills is one of the areas of interest of geotechnical engineering. In order for the embankments to serve safely throughout their service life, slope stability investigations should be made before construction and possible factors that may disrupt the stability should be determined. Within the scope of this study, slope stability investigations of a road embankment were carried out under different embankment heights, different groundwater levels and different traffic loads. Slope stability analyzes were carried out in the SLIDE2 program using limit equilibrium methods such as Bishop, Janbu and Spencer, and the obtained safety numbers were compared with the values obtained by the finite element method in the GEO5 FEM program. As a result of the study, it was concluded that the safety number values decreased in the face of increasing fill heights and traffic loads, and the Bishop and Spencer methods, which are the analysis methods used, gave higher safety numbers compared to the others.

Key Words: Slope stability, limit equilibrium, stability, finite element, fill

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Literatürde şev tanımlaması doğal arazi yüzeyi ile açı yapan zemin kütleleri olarak tanımlanmaktadır. Şevler doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yapay şevler kazı veya dolgu uygulamaları sonucunda elde edilmektedir. Şev stabilitesinin sağlanması can ve mal güvenliğinin korunması için önem arz etmektedir. Şev stabilitesini bozucu etkilere örnek olarak dinamik etkiler, yer altı su seviyesindeki değişimler ve dış yüklemeler verilebilir. Geoteknik mühendisliğinde şev stabilitesinin göçmeye karşı güvenlik durumunun belirlenmesi için bazı metotlar ve hesap teknikleri geliştirilmiştir [2]. Stabilite metotları iki ana grup içinde sınıflandırılabilir. Bu metotlar limit denge Metotları (LEM) ve nümerik analizlerdir. Limit denge yöntemlerinde kayma yüzünün şekline göre bir varsayım yapılarak güvenlik sayısının hesaplanması yoluna gidilir. Bilgisayar yazılımlarının gelişmesi ile hayatımıza giren nümerik yöntemler ise şevin sonlu sayıda elemanlara ve bölgelere bölünmesi esasına dayanır. Nümerik yöntemlerden sonlu elemanlar yöntemi (FEM), ayrık elemanlar yöntemi (DEM) ve sınır elemanlar yöntemleri (BEM) yaygınca kullanılmaktadır [3]. Bu çalışmada bir karayolu dolgusu şevi için stabilite analizleri limit denge yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Stabilite analizleri farklı dolgu yükseklikleri, farklı yer altı su seviyeleri ve farklı trafik yükleri kullanılarak yapılmış ve elde edilen güvenlik sayıları mukayese edilmiştir.

2. ANALİZ METOTLARI (ANALYSIS METHODS)

Şev stabilitesi analizlerinde literatürde yer alan çeşitli yöntemler vardır. Bu çalışma kapsamında kullanılanlar limit denge yöntemi ve sonlu elemanlar analiz yöntemleridir. Limit denge yöntemlerinin ve sonlu elemanlar yönteminin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Limit denge yöntemlerinde deplasman ve gerilme-şekil değiştirme durumu hesaplanamamaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ise daha esnek bir kullanım alanı sunmaktadır.

2.1 Limit Denge Yöntemleri (Limit Equilibrium Methods)

Limit denge yöntemlerinde dairesel ve kama tipi olası bir kayma yüzeyi varsayımı yapılarak devirici ve direnen momentler ya da kuvvetler arası ilişkiye bağlı şevin kaymaya karşı güvenlik sayısı elde edilmektedir. Araştırmacılar tarafından limit denge prensibine dayanan çeşitli hesap yaklaşımları önerilmiş ve geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları Bishop Metodu [4], Fellenius Metodu [5], Spencer Metodu [6], Janbu Metodu [7] ve Morgenstern-Price Metodu [8] olarak sıralanabilir. Yapılan bu çalışmada Bishop, Spencer ve Janbu limit denge yaklaşımları kullanılarak şev güvenlik sayıları hesaplanmıştır.

Bishop metodunda kayma yüzeyi dairesel kabul edilir. Dilimler arası kesme kuvvetleri ihmal edilirken normal kuvvetler dikkate alınır. Yapılan çalışmalarda Bishop yöntemi ile elde edilen güvenlik sayısı ile sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen güvenlik sayısı arasında %5 fark bulunduğu ortaya konulmuştur [9]. Janbu yöntemi dilimler arası kuvvetleri dikkate alır, dilimler arası kuvvetlerin bir itki hattı çizgisi üzerinde olduğunu varsayar, hem kuvvet hem de moment dengesini sağlar, karmaşık geometri ve kayma yüzeyleri için geliştirilmiştir. Spencer yöntemi ise dilimler arası kuvvetlerin paralel ve aynı eğime sahip olduğu varsayımına dayanmaktadır. Dilimler arası kuvvetlerin eğimi denge denklemlerinin çözümü ile elde edilir. Spencer yönteminde yapılan bir diğer varsayım ise

normal kuvvetin her dilimin tabanında etki ettiği. Dilim sayısının artırılması yapılan bu varsayımın dilimler üzerindeki etkisini ihmal edilebilir düzeye getirmektedir [10].

2.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi (Finite Element Method)

Sayısal modellemeler karmaşık mühendislik problemlerini çözmek için etkili bir araç olarak kabul edilir ve geoteknik mühendisliği uygulamalarında giderek yaygınlaşmaktadır. Sayısal analiz yöntemlerinden biri olan sonlu elemanlar metodu şev stabilitesi analizlerinde şev kayma yüzeyi için herhangi bir varsayım gerektirmediği için avantajlı bir yaklaşım konumundadır. Sonlu elemanlar yaklaşımı, modeli parçalara veya elemanlar ağına bölmektedir.

Sonlu elemanlar yönteminde şev güvenlik sayısı hesaplanırken mukavemet azaltma tekniği veya yer çekimi artırma tekniği kullanılır. Yer çekimi artırma tekniğinde şev göçünceye kadar yer çekimi ivmesi arttırımına gidilir [11]. Mukavemet azaltma tekniğinde ise zemin kohezyon değeri ve zemin içsel sürtünme açısının azaltımına gidilir. İlgili mukavemet parametreleri zemin göçmesi meydana gelene kadar azaltılır [12]. Mohr-Coulomb malzeme bünye modeli için güvenlik sayısı (FS) ile azaltılan kayma mukavemeti değeri Eşitlik (1) kullanılarak elde edilir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen nümerik analizlerde sonlu elemanlar yöntemine bağlı mukavemet azaltma tekniği kullanılmıştır.

$$\frac{\tau}{FS} = \frac{c}{FS} + \frac{\tan\phi}{FS} \quad (1)$$

3. ANALİZ SONUÇLARI (RESULTS OF ANALYSIS)

Yapılan bu çalışma kapsamında karayolu dolgusu şevlerinin stabilite analizleri SLIDE2 ve GEO5 FEM paket yazılımları kullanılarak karşılaştırmalı şekilde yapılmıştır. Analizlerde kullanılan malzeme bünye parametre değerleri için Beyene (2019) referans alınmıştır [13]. Kullanılan siltli kum zemin için parametre değerleri Tablo (1)'de verilmiştir.

Tablo 1. Zemin parametreleri (Soil properties)

Parametre	Birim	Değer
Birim Hacim Ağırlık	kN/m ³	17
Doygun Birim Hacim Ağırlık	kN/m ³	19
Elastisite Modülü	MPa	20
Poisson Oranı	-	0,33
Kohezyon	kPa	9,80
İçsel Sürtünme Açısı	°	27
Dilatansi Açısı	°	0

Analizlerde fiziksel değişkenler olarak 2 farklı yer altı su seviyesi, 3 farklı dolgu yüksekliği ve 4 farklı trafik yükü kullanılmıştır. Kullanılan dolgu yükseklikleri Tablo (2)'de verilmiştir.

Tablo 2. Dolgu yükseklikleri ve şev açıları (Heights of fill and angles of slope)

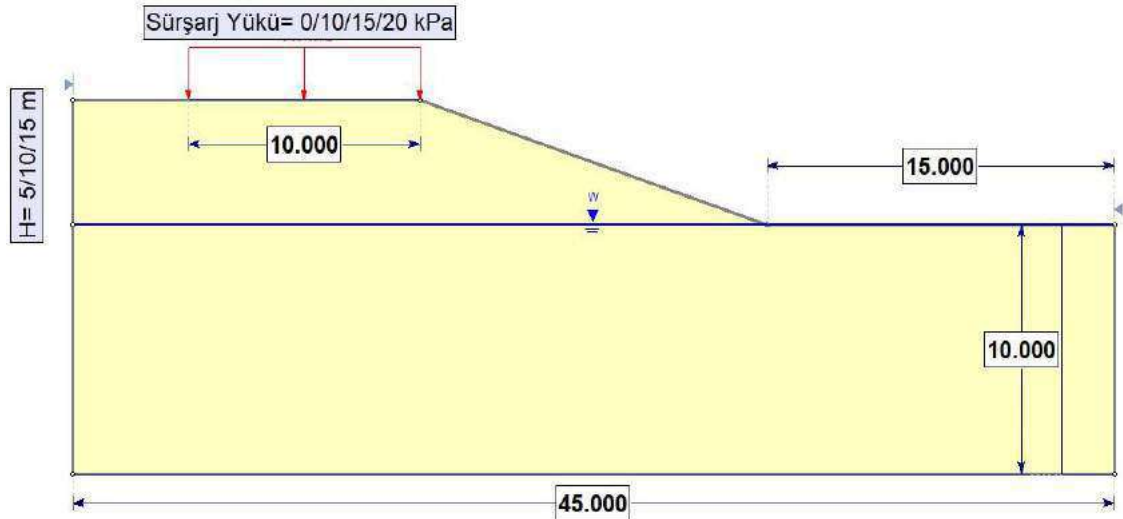
Durum	Yükseklik	Birim	şev Açısı	Birim
1	5	m	18	°
2	10	m	34	°
3	15	m	45	°

Analizlerde sürşarj yükü olarak kullanılan trafik yükü için kullanılan değerler Tablo (3)'de verilmiştir. Yer altı su seviyesi olarak ise şev topuğu kotu ve şev topuğundan 5 metre derinde olması durumları kullanılmıştır.

Tablo 3. Sürşarj yükleri (Surcharge loadings)

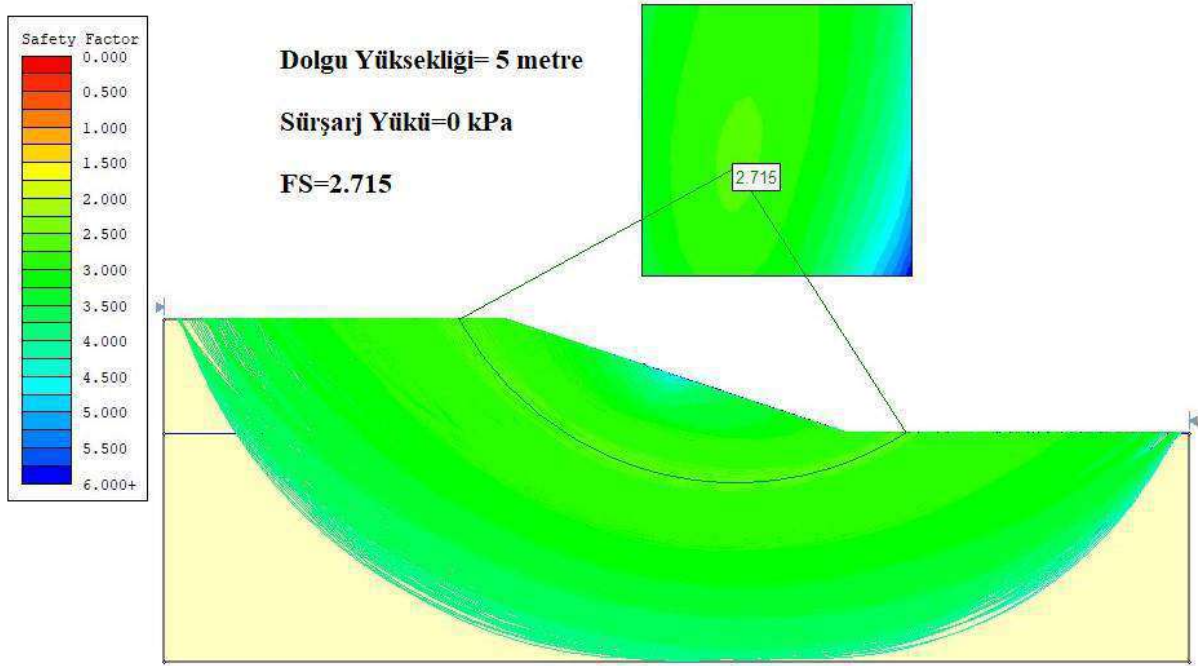
Durum	Birim	Değer
1	kN/m ²	0
2	kN/m ²	10
3	kN/m ²	15
4	kN/m ²	20

Karayolu dolgusuna ait zemin ve şev geometrisi şekil (1)'de verilmiştir.

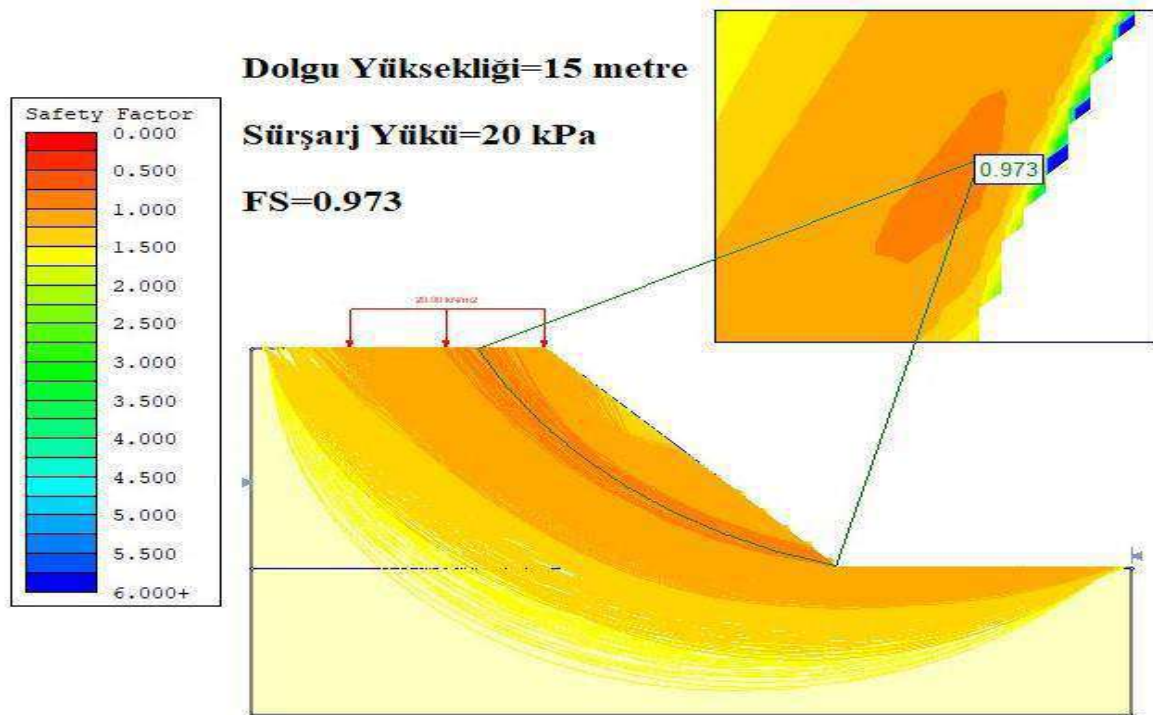


şekil 1. Model geometrisi (Model geometry)

SLIDE2 programı kullanılarak gerçekleştirilen şev stabilite analizleri neticesinde Bishop, Spencer ve Janbu yaklaşımları için güvenlik sayıları elde edilmiştir. Spencer metodu ile elde edilen sürşarj yüklemesi 0 ve 20 kPa değerleri için olası göçme yüzeyleri örnek olarak şekil (2) ve şekil (3)'te verilmiştir.

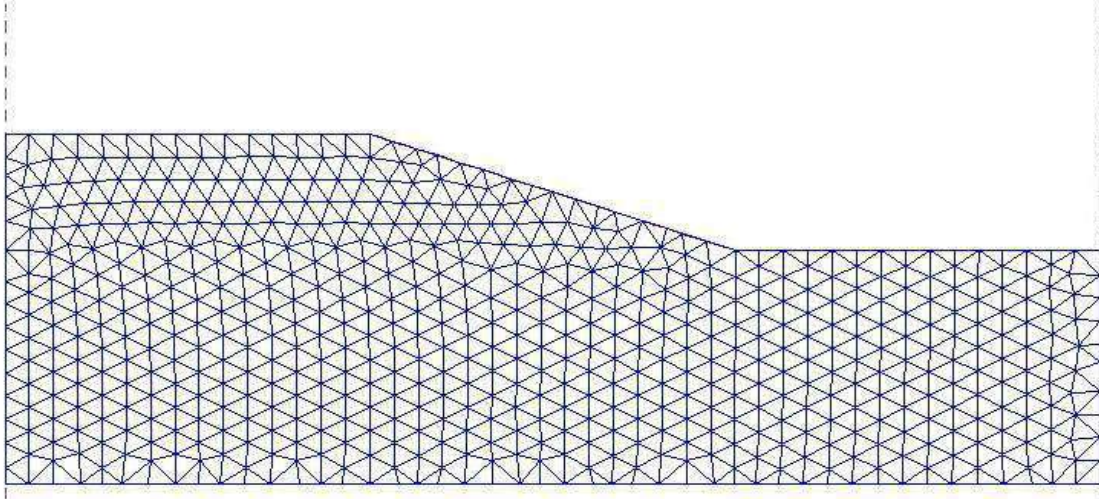


Şekil 2. Spencer metodu kayma yüzeyleri (Spencer method sliding surfaces)

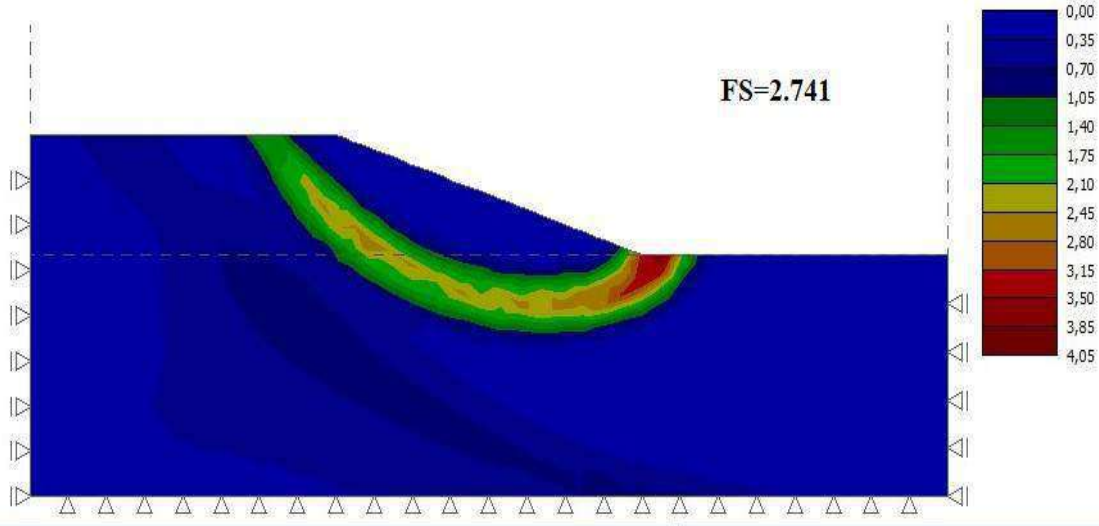


Şekil 3. Spencer metodu kayma yüzeyleri (Spencer method sliding surfaces)

GEO5 FEM sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak yüksüz ve 5 metre dolgu yüksekliği için elde edilen sonlu elemanlar ağı ve olası şev kayma yüzeyi Şekil (4) ve Şekil (5)'te verilmiştir.

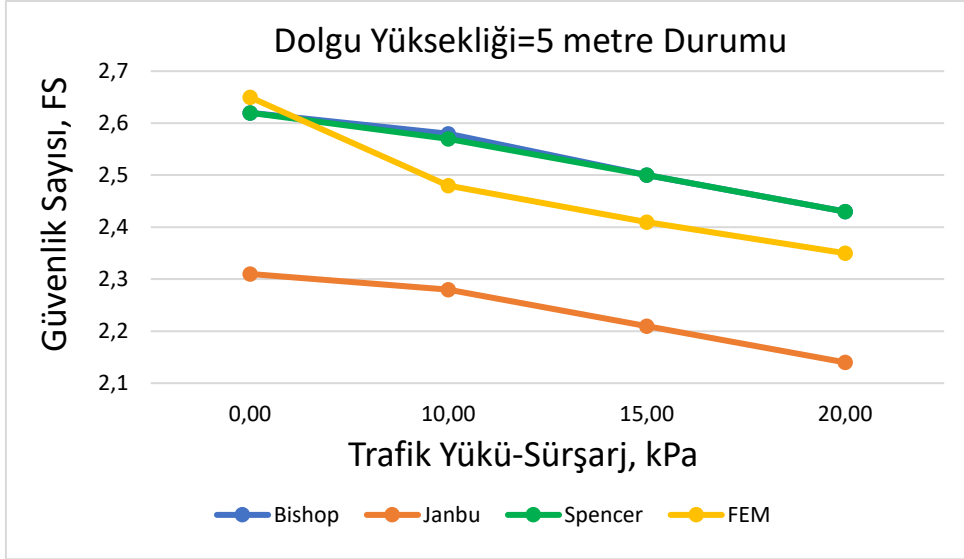


Şekil 4. Sonlu elemanlar ağı (Finete element mesh)

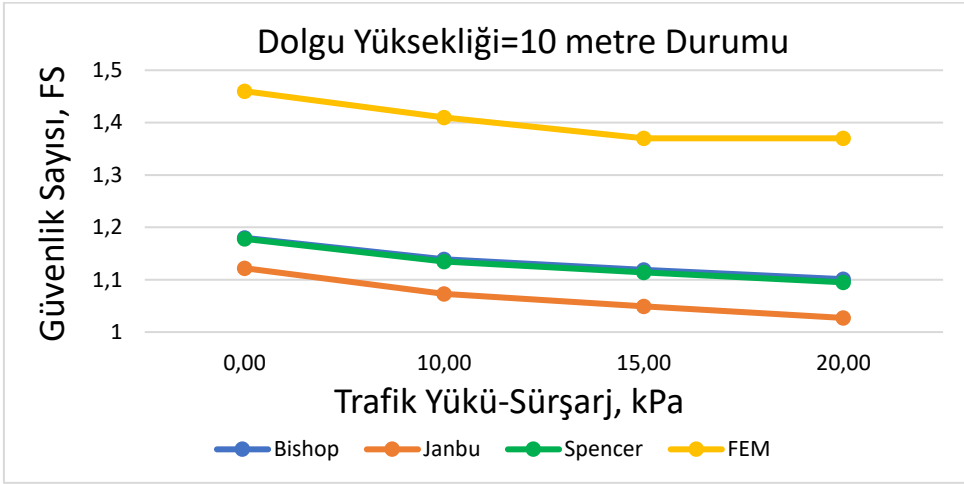


Şekil 5. Sonlu elemanlar yöntemi kayma yüzeyi (Finete element method sliding surface)

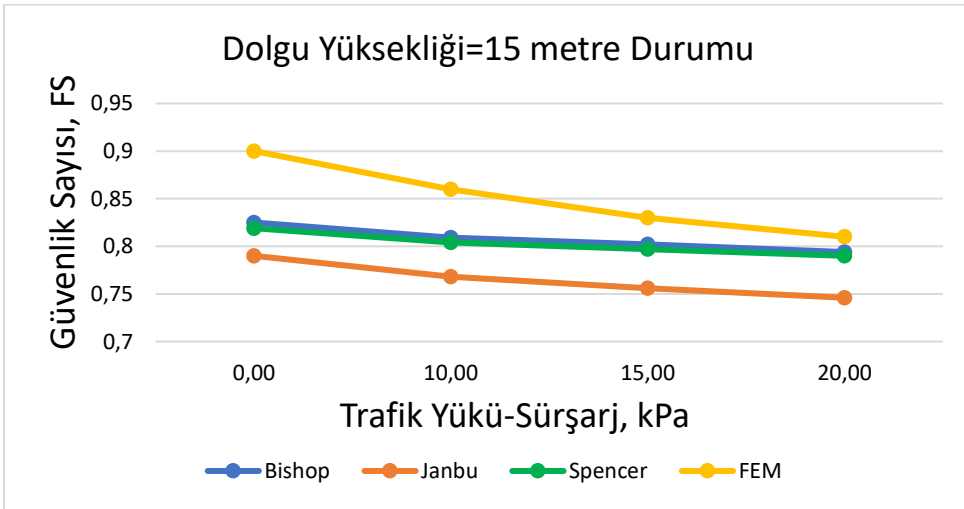
Karayolu dolgusu şev stabilitesi değerlendirmeleri için yapılan Bishop, Janbu, Spencer ve sonlu elemanlar yöntemi analizlerinin karşılaştırmalı sonuçları farklı dolgu yükseklikleri ve yer altı su seviyesinin şev topuğu seviyesinde olması durumu için Şekil (6), Şekil (7) ve Şekil (8)'de verilmiştir.



Şekil 6. Dolgu yüksekliği 5 metre için FS değişimi (Changing FS for 5 meters of fill height)

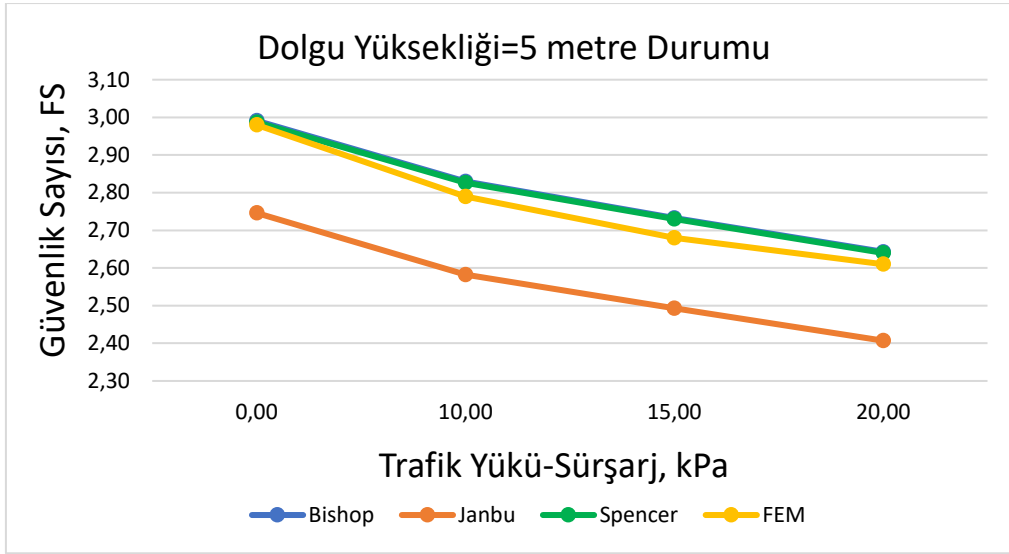


Şekil 7. Dolgu yüksekliği 10 metre için FS değişimi (Changing FS for 10 meters of fill height)



Şekil 8. Dolgu yüksekliği 15 metre için FS değişimi (Changing FS for 15 meters of fill height)

Yer altı su seviyesinde düşüş meydana gelmesi durumunda şev güvenlik sayısının değişimi de irdelenmiş olup mevcut duruma göre şev topuğundan 5 metre aşağıda olması hali için karşılaştırmalı sonuç Şekil (9)'da verilmiştir.



Şekil 9. Dolgu yüksekliği 5 metre için FS değişimi (Changing FS for 15 meters of fill height)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan bu çalışmada karayolu dolgusunun şev stabilitesi analizleri literatürde yer alan yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiş olup kullanılan yöntemler mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan limit denge ve sonlu elemanlar yöntemlerinin tamamında dolgu yüksekliğinin artması şev güvenlik sayısını azaltmıştır. Ayrıca artan trafik yükleri karşısında da şevin kaymaya karşı güvenlik sayısı azalma eğilimi göstermiştir.

Analizler sonucunda kullanılan metodların kıyaslanmasıyla tüm durumlarda limit denge yöntemlerinden Janbu yaklaşımının en düşük şev güvenlik sayısını verdiği elde edilmiştir. Limit denge yöntemlerinden Spencer ve Bishop yaklaşımları ise analizler sonucunda örtüşen güvenlik sayıları vererek en yakın sonuçları oluşturmuştur. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarda ise iki farklı dolgu yükseliğinde en yüksek güvenlik sayıları elde edilmiştir. Bu durumun limit denge yöntemlerinde yapılan varsayımlardan kaynaklı olduğu literatür çalışmalarında yer almaktadır. Ek olarak yer altı su seviyesinde gerçekleşen azalmanın şev güvenlik sayısını aynı dolgu yüksekliği durumuna göre bir miktar artırdığı görülmüştür.

Nihai olarak kullanılan tüm yaklaşımlarda şev güvenlik sayılarında büyük sapmalar gözlenmemiş ve yöntemler birbiri ile doğrusallık göstermiştir. Güvenlik sayısının 1 değerinin altına düşerek stabil durumun bozulduğu şartlar ise dolgu yüksekliğinin 15 metre olduğu durumlardadır. Diğer dolgu yükseklikleri ve trafik yüklemeleri durumlarında şev güvenlik sayısı 1 değerinin üzerinde kalmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yayla, N. "Karayolu Mühendisliği." Birsen Yayınevi, 2002.
- [2] Matsuo, M., Kuroda, K. "Probabilistic Approach to the Design of Embankments." Soil Found, 14(1), 1-17, 1974.
- [3] Kanjanakul, C., & Chub-uppakarn, T. Comparison between numerical and limit equilibrium methods for slope stability analysis. In 18th National Conference on Civil Engineering (NCCE), 104-110, 2013.
- [4] Bishop, Alan W. "The use of the slip circle in the stability analysis of slopes." Geotechnique 5, no. 1, 7-17, 1955.
- [5] Fellenius, W. Calculation of the Stability of Earth Dams, Trans. 2nd Cong. on Large Dams, Vol. 4, p. 445, 1936).
- [6] Spencer, E. A method of Analysis of the Stability of Embankments, Assuming Parallel Interslice Forces. Geotechnique, Vol. 17, pp. 11-26, 1967.
- [7] Janbu, N. Stability analysis of Slopes with Dimensionless Parameters. Thesis for the Doctor of Science in the Field of Civil Engineering, Harvard University Soil Mechanics Series, No. 46, 1954.
- [8] Morgenstern, N., and Price, V.E., The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces, Geotechnique, Vol. 15, No. 1, pp.79-93, 1965.
- [9] Anderson, M. G. and Richards, K. S. (1987): Slope stability; geotechnical engineering and geomorphology. Chichester: Wiley.
- [10] Duncan J.M. ve Wright, S.G., (2005). Soil Strength and Slope Stability, John Wiley and Sons, Hoboken, N.J.
- [11] Chen, W.F. ve Mizuno, E., Nonlinear Analysis in Soil Mechanics: Theory and Implementation, Elsevier, Amsterdam, 1990.
- [12] Zienkiewicz, O.C. ve Taylor, R.L., The Finite Element Method, Vol. 1, 4thEdition, McGrawHill, New York, 1989.
- [13] Beyene, Y. (2017): Comparison of Finite Element and Limit Equilibrium Methods for Slope Stability Analysis, Master's Thesis.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF IN-SITU SiC-B₄C
COMPOSITE WITH LOW RESIDUAL CARBON FROM UNDESIREDD
CARBON-RICH B₄C**

Sare TOKAT ^{1,*}, Sinem BAŞKUT ², Servet TURAN ³

¹Sare TOKAT, Department of Material Science and Engineering, Eskişehir Technical University, Turkey

saretokat@eskisehir.edu.tr

²Sinem BAŞKUT, Department of Material Science and Engineering, Eskişehir Technical University, Turkey

skayhan@eskisehir.edu.tr

³Servet TURAN, Department of Material Science and Engineering, Eskişehir Technical University, Turkey

sturan@eskisehir.edu.tr

* corresponding author; E-Mail: saretokat@eskisehir.edu.tr ; Tel.: +90-531-280-4383

ABSTRACT

Boron carbide (B₄C); It has become an indispensable material for armor applications in the defense industry, thanks to its excellent properties such as high hardness, high melting point, exceptional wear resistance and low density, and good ballistic performance. Some B₄C powders are carbon-rich, meaning they have a high amount of carbon in their structure beyond the stoichiometric limit. This free carbon content plays a major role in the mechanical properties of B₄C. Especially in sintered B₄C ceramics, free carbon negatively affects hardness and strength. In this context, it is desirable to eliminate or reduce the amount of free carbon in order to improve the mechanical properties of the ceramic product. One of the most effective methods to improve carbon-rich B₄C powders is to produce composites by forming a secondary phase. In this project, in-situ SiC(silicon carbide)-B₄C composite ceramics with low amount of residual carbon with high value of hardness and fracture toughness were produced with the second phase of SiC formed by the reaction of silicon (Si) with free carbon in carbon-rich B₄C powder and residual carbon was determined with in-lens SEM technique. With the production of SiC-B₄C composite containing 3% by weight Si among the produced samples, it was observed that the hardness and fracture toughness properties of the carbon-rich B₄C ceramic were improved with a low amount of free carbon.

Keywords: Boron carbide, silicon carbide, spark plasma sintering (SPS), defense industry, in-lens SEM

1. INTRODUCTION

In recent years, the importance of material technology, which has developed in parallel with the research and development studies of sectors such as defense industry, aviation and space technologies, has been increasing. In the defense industry, armor materials are of strategic importance as they provide effective protection. Boron carbide; thanks to its excellent properties such as high hardness, high melting point, outstanding abrasion resistance and low density and good ballistic performance, it has become a candidate material for high-tech industries such as body armor applications.

Some B₄C are carbon-rich, meaning they have an excess of carbon in their structure beyond the stoichiometric limit. This carbon is defined as residual or free carbon. The free carbon content plays an important role in the mechanical properties and applications of boron carbide. In particular, the presence of free carbon in sintered boron carbide ceramics adversely affects hardness, fracture toughness and strength. In this context, it is desirable to eliminate or reduce the amount of free carbon in order to improve the mechanical and physical properties of the final ceramic product. In order to create the optimum ceramic, all steps in the production process need to be considered and developed [1,2].

Various methods have been developed with different sintering additives for the production of B₄C composites in studies carried out in the literature so far. In a study, carbon and silicon powders were chosen as sintering aids in the production of B₄C-TiB₂ (titanium diboride) ceramic composites by pressureless sintering. The optimum relative density of 10% C-Si added B₄C-TiB₂ ceramic composites produced at 2150°C was 98.9%, Vickers hardness was 27.5 GPa, bending strength was 336 MPa, and fracture toughness was 5.11 MPa.m^{1/2}. In a recent study, B₄C-TiB₂-SiC composites with different SiC contents were prepared by SPS method and their mechanical properties were investigated. The Vickers hardness of the B₄C-TiB₂ composites was 29.82 GPa and the fracture toughness was measured as 3.70 MPa.m^{1/2}. In B₄C-TiB₂-SiC composites with 15% SiC by weight, Vickers hardness was obtained as 30.07 GPa and fracture toughness as 4.17 MPa.m^{1/2} [3,4].

In the scientific world, new materials have been developed by the addition of sintering additives to B₄C ceramic powders in the studies mentioned so far. One of the most suitable material candidates to improve the mechanical properties of B₄C is SiC. The aim of this project is to produce in-situ SiC-B₄C composite ceramics with low amount of residual carbon with extremely high hardness and fracture toughness properties resulting from Si reaction with free carbon in undesirable carbon-rich B₄C and to detect residual carbon by in-lens SEM technique.

2. EXPERIMENTAL METHOD

In this study, ceramic composites were produced by using B₄C and Si powders with different composition percentages. Pure B₄C and 3, 5 and 10 wt% Si doped B₄C powders were sintered at 2100°C, under the same pressure and atmospheric conditions by the spark plasma method, and phase and microstructure analyzes of the produced samples were performed; density, Vickers hardness, fracture toughness values were determined.

2.1 Materials and Preparation Techniques

In this study, B₄C and Si were used as additives. The properties of the B₄C powder used in the experiment are shown in Table 2.1 [5].

Table 2.1. Properties of B₄C powder [5]

	B ₄ C
B:C	3,29
C	21,03 %
O	4,09 %
Si	1,73 %
S	1,09 %
Ca	1,47 %
Fe	0,47 %
Size distribution: 90%	7 μm
50%	3,5 μm
10%	1 μm

In order to investigate the effect of Si amount on the phase change, microstructure and mechanical properties of B₄C, 4 different compositions were established as indicated in Table 2.2.

Table 2.2. Compositions of powder mixtures of composites

	Amount of Si (% Weight)	Amount of B ₄ C (% Weight)
B ₄ C	0	100
%3Si-B ₄ C	3	97
%5Si-B ₄ C	5	95
%10Si-B ₄ C	10	90

Si powder was weighed at 3, 5 and 10% by weight and mixed with B₄C powder in an isopropyl alcohol medium in an ultrasonic vibration device to become homogeneous. Then, mixing and grinding was applied with a speed of 300 RPM for 2 hours using Si₃N₄ balls with powder mixture in a ball mill. After this process, the alcohol in the powder was removed using the evaporator. The resulting powder was sieved through a 300 micron sieve for 15 minutes. The powder mixture prepared in the last step was sintered using the SPS method in the SPS furnace environment with the parameters of 100°C/min heating rate, 2100°C, 50 MPa and 10 minutes sintering time.

2.1.1. Characterization of materials

XRD and SEM characterization techniques were used to better understand the phase compositions and microstructure of the composites. The densities of the produced samples were measured using the Archimedes principle. It was measured by indentation method using Vicker's tip for hardness and fracture toughness measurement. The presence of residual carbon was determined in scanning electron microscopy using the in-lens technique.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. The Effect of Sintering at 2100°C on Phase Evolution

Powder mixtures containing B₄C and Si added as an additive were sintered at 2100°C for 10 minutes under 50 MPa pressure in vacuum atmosphere by spark plasma method, and the phase transformations occurring in their structures after sintering were investigated by XRD. The graphite peak representing free C appears at approximately 26.53° (2θ). XRD analyzes of the samples obtained before and after sintering containing 5% Si are given in Figure 3.1 and the effect of sintering on the phase evolution is examined. SiC phase formation as a result

of in-situ reaction of Si and C after sintering was detected in diffraction pattern. After sintering, the peak representing Si isn't seen in the diffraction pattern, and it is seen that Si completely reacts. The intensity of the graphite peak representing free C decreased by reacting with Si, forming the SiC phase.

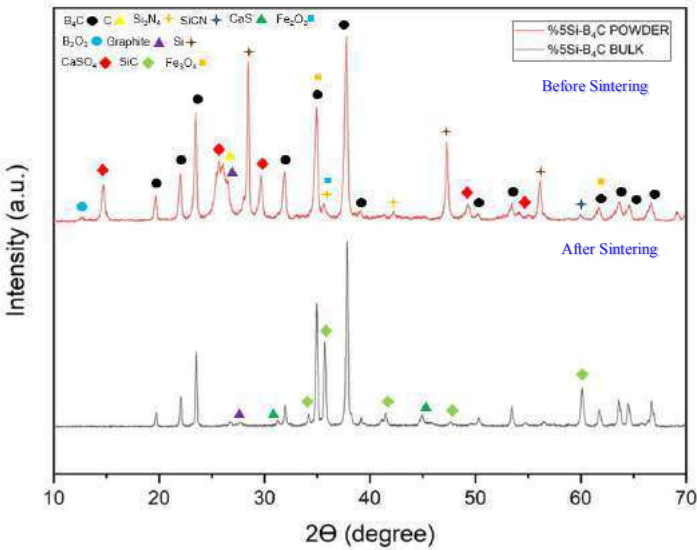


Figure 3.1. XRD patterns of 5% by weight Si doped B₄C before and after sintering

3.2. The Effect of Si Content on Phase Evolution After Sintering

In Figure 3.2, XRD analysis of the samples prepared to contain 0, 3, 5 and 10 wt% Si, respectively, and sintered at 2100°C for 10 minutes under 50 MPa pressure in vacuum atmosphere by spark plasma method is given. As the amount of Si added increases, the intensity of the peaks representing SiC in the diffraction patterns increases. Even in the sample containing 10% Si by weight, Si peak wasn't observed after sintering since the added Si completely reacted. After sintering, the graphite peak was observed in all the samples produced, and the free carbon remained in the structure after sintering.

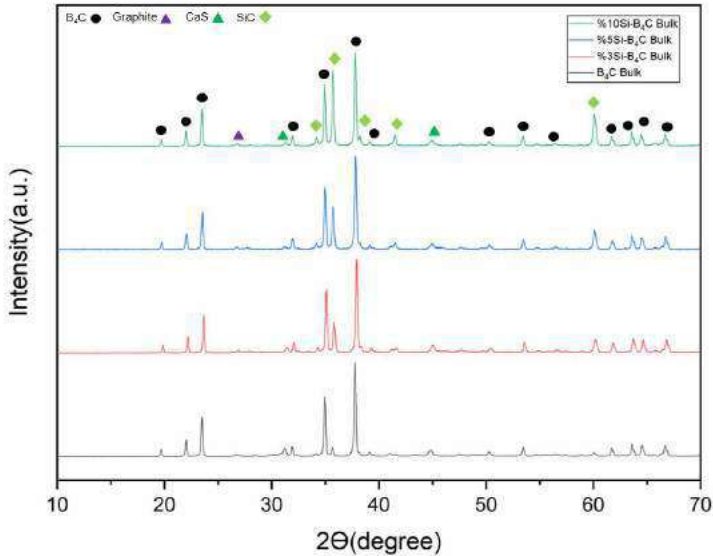


Figure 3.2. XRD patterns of B₄C and SiC-B₄C composites

3.3. The Effect of Si Content on B_4C Microstructure

SEM images of B_4C and SiC- B_4C composite samples containing 3%, 5% and 10% by weight Si obtained from the BSE mode are given in Figure 3.3. As shown in Figure 3.3, according to the analyzes taken from the EDS spectrum, the dark-colored regions formed the B_4C phase, while the light-colored region consisted of Si and C elements, which supports the presence of SiC. In addition, as indicated in the XRD pattern, it was determined that the light colored regions showing the SiC phase increased with the increase in the amount of doped Si. The density values obtained from SiC- B_4C composite samples containing B_4C and 3%, 5% and 10% Si by weight are given graphically in Figure 3.4. As can be seen in the graph given in Figure 3.4, the density of the samples increased with the increase in the amount of doped Si. By providing SiC phase formation, the pores became smaller and a denser structure was obtained.

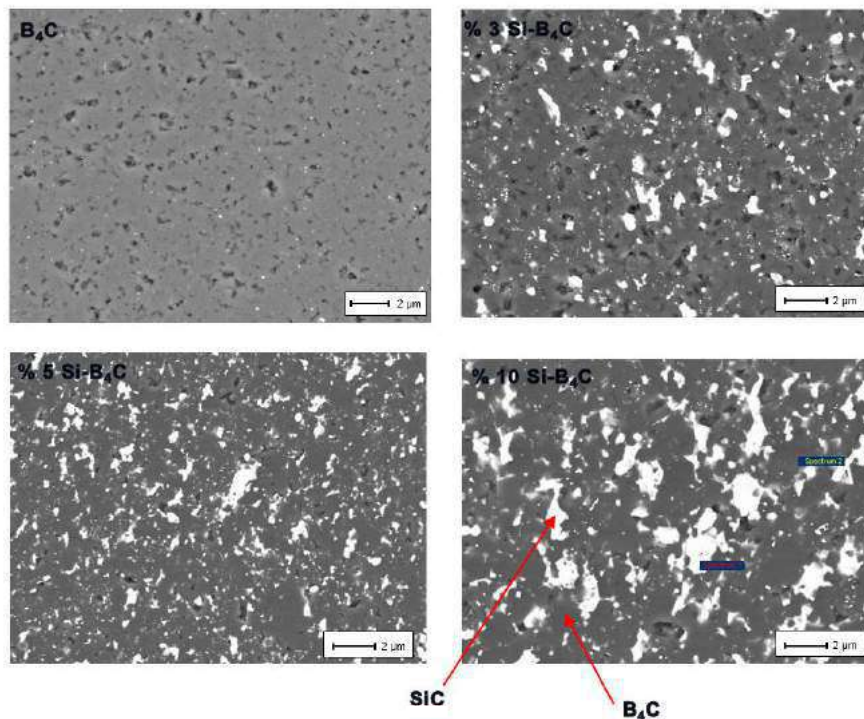


Figure 3.3. SEM images of B_4C and SiC- B_4C composites

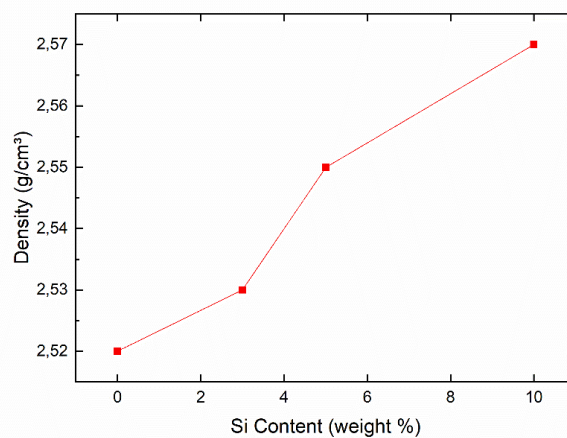


Figure 3.4. Density values of B_4C and SiC- B_4C composites

3.4. Detection of Free Carbon After Sintering with the In-Lens SEM Detector Technique

SEM images obtained in in-lens mode to detect residual carbon in SiC-B₄C composite samples are given in Figure 3.5. Since the average atomic weights of C and B₄C are similar in electron microscopy, they can't be distinguished in images taken from the BSE mode [5]. Therefore, it was determined whether residual C remained in the structure with the images taken in the in-lens mode, which allows this. The presence of residual carbon in SiC-B₄C composite samples containing 3, 5 and 10 wt% Si was detected as shown in Figure 3.5. The presence of the graphite phase after sintering in XRD patterns also strengthens this determination. As stated in the aim of the project, composites with low residual carbon content were produced.

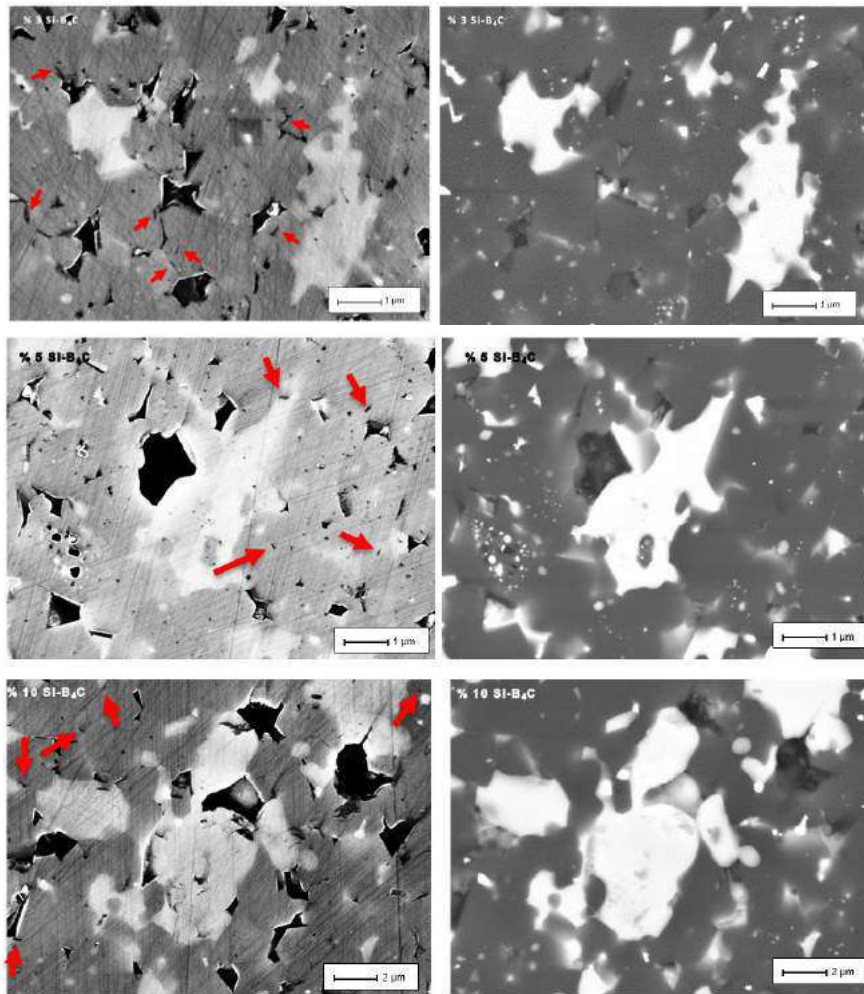


Figure 3.5. Images of SiC-B₄C composites in in-lens and BSE mode

3.5. The Effect of Si Content on B₄C Hardness and Fracture Toughness

The hardness and fracture toughness values obtained from B₄C and SiC-B₄C composite samples containing 3%, 5% and 10% by weight Si are given graphically in Figure 3.6. With the addition of 3% by weight Si to pure boron carbide, the hardness increased by 8.9% and the fracture toughness value increased by 14.2%, as seen in the graph in Figure 3.6. This increase in mechanical properties is due to an increase in density and a decrease in porosity in the microstructure [1]. However, by increasing the amount of Si from 3% to 5% by weight, a decrease was observed in the hardness value due to the lower hardness value of SiC than B₄C. However, by adding 5% Si by weight to the pure sample, a 2.2% increase in hardness was observed. The sample containing 10% by weight of Si has the lowest

hardness value due to the excess amount of SiC phase. The amount of residual carbon remaining in the structure and the SiC phase formed in the composite sample containing 3% Si had a positive effect in terms of fracture toughness, but the fracture toughness values were decreased with the addition of 5% Si. Because the graphite phase, which represents the residual carbon in the structure, provides toughness [2]. The decrease in the toughness value is due to the reduction of the residual carbon content and agglomerated SiC particles [7,8].

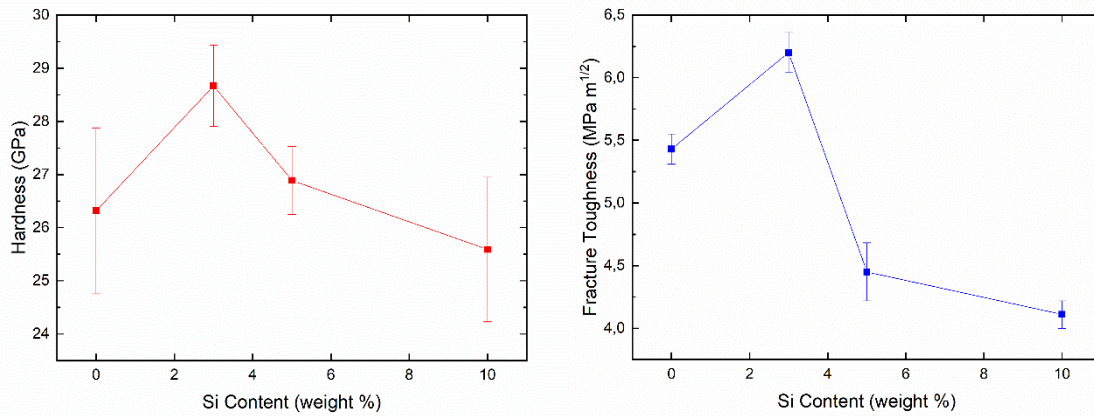


Figure 3.6. Hardness and fracture toughness values of B₄C and SiC-B₄C composites

4. CONCLUSIONS

- Based on Si-B₄C powders, in-situ SiC-B₄C composite samples with low residual carbon content were successfully produced with the spark plasma sintering technique.
- In XRD analysis, graphite phase representing residual carbon after sintering was found in the structure and no Si phase was detected. This is because in the in-situ reaction of Si and C, all of the Si is reacted, but there isn't enough Si to eliminate all of the C. However, as can be seen from the XRD analysis, it was determined that the SiC peaks increased with the increase of the %Si ratio in the raw material because there was no unconverted Si phase in the structure.
- In the microstructure examinations, it is seen with the SEM images that the SiC phase increases with the increase in the amount of Si added to the structure. It was observed that the boron carbide sintered better and less porous structure was obtained with increasing Si amount.
- In the hardness measurements, the hardness value of 28.67 GPa was reached in the sample containing 3% by weight, and the highest hardness value was obtained compared to the other samples. This is because the microstructure is improved and the density is increased. However, with the addition of 5%Si by weight, the hardness value decreased due to the increase in the amount of SiC, which has a lower hardness value than B₄C.
- In the fracture toughness measurements, 6.20 MPa m^{1/2} value was obtained in the sample containing 3% by weight, and the highest fracture toughness value was obtained compared to the other samples. With the addition of 3% Si, the amount of residual carbon in the structure and the SiC phase formed had a positive effect in terms of fracture toughness, but the fracture toughness value decreased due to the decrease in the residual carbon ratio in the structure with the addition of 5% Si.

REFERENCES

- [1] Rehman, S. S., Ji, W., Khan, S. A., Fu, Z., & Zhang, F. (2015). Microstructure and mechanical properties of B₄C densified by spark plasma sintering with Si as a sintering aid. *Ceramics International*, 41(1), 1903-1906
- [2] Suri, A. K., Subramanian, C., Sonber, J. K., & Murthy, T. C. (2010). Synthesis and consolidation of boron carbide: a review. *International Materials Reviews*, 55(1), 4-40
- [3] Zhu, Y., Cheng, H., Wang, Y., & An, R. (2019). Effects of carbon and silicon on microstructure and mechanical properties of pressureless sintered B₄C/TiB₂ composites. *Journal of Alloys and Compounds*, 772, 537-545
- [4] Liu, Y., Wu, X., Liu, M., Huang, Y., & Huang, Z. (2020). Microstructure and mechanical properties of B₄C–TiB₂–SiC composites fabricated by spark plasma sintering. *Ceramics International*, 46(3), 3793-3800
- [5] Topçuoğlu, E. (2016). Preparation and characterization of polymer composites containing boron compounds, Middle East Technical University.
- [6] Baskut, S., & Turan, S. (2020). Sample preparation and microscopical investigation techniques for metal and ceramics containing graphite and graphene-like layered particles. *Microscopy Research and Technique*, 83(10), 1282-1289
- [7] Wei, H., Zhang, Y., & Deng, X. (2011). Effect of silicon additions on the hot pressing of B₄C. *Journal of ceramic processing research*, 12(5), 599-601.
- [8] Ye, F., Hou, Z., Zhang, H., & Liu, L. (2010). Densification and mechanical properties of spark plasma sintered B₄C with Si as a sintering aid. *Journal of the American Ceramic Society*, 93(10), 2956-2959



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

KARADENİZ'DEKİ MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ

İzel KENAN ^{1,*}

¹İzel KENAN, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

izelkenan95@gmail.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: izelkenan95@gmail.com

ÖZET

Antropojenik kaynaklı kirleticilerden biri olan mikroplastikler, küçük boyutlara sahip olmaları ve yanlış atık yönetimi gibi nedenlerle kolaylıkla denizlere ve okyanuslara karışmaktadır. Bu nedenle günümüzde çevre kirliliğini ele alan araştırmalarda ön plana çıkan konular arasında yer almaktadır. Yapılan bu çalışmada Karadeniz'deki mikroplastik sorunu ele alınmış, bu konuda yapılan çalışmalar irdelenmiş ve mevcut durum ortaya konulmaya çalışılmıştır. Karadeniz yarı kapalı bir iç deniz olması nedeniyle, etrafındaki yerleşim alanlarından çevreci olmayan davranışlar sonucunda mikroplastik kirliliğine maruz kalabilmektedir. Karadeniz'de deniz yüzeyi, su sütunu, deniz sedinamı ve plaj kumu örneklerinin değerlendirildiği çalışmalar Karadeniz'in antropojenik faaliyetler sonucu mikroplastik kirliliğine maruz kaldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, karadeniz, plastik, deniz çöpu,

MICROPLASTIC POLLUTION IN THE BLACK SEA

ABSTRACT

Microplastics, one of the pollutants of an anthropogenic origin, are easily mixed into the seas and oceans due to their small size and improper waste management. For this reason, it is among the most prominent topics in research on environmental pollution today. In this study, the problem of microplastics in the Black Sea was discussed, the studies on this subject were examined and the current situation was tried to be revealed. Due to the fact that the Black Sea is a semi-enclosed inland sea, it may be exposed to microplastic pollution as a result of non-environmental behavior from the surrounding settlements. Studies evaluating the sea surface, water column, sea sedina and beach sand samples in the Black Sea have shown that the Black Sea is exposed to microplastic pollution as a result of anthropogenic activities.

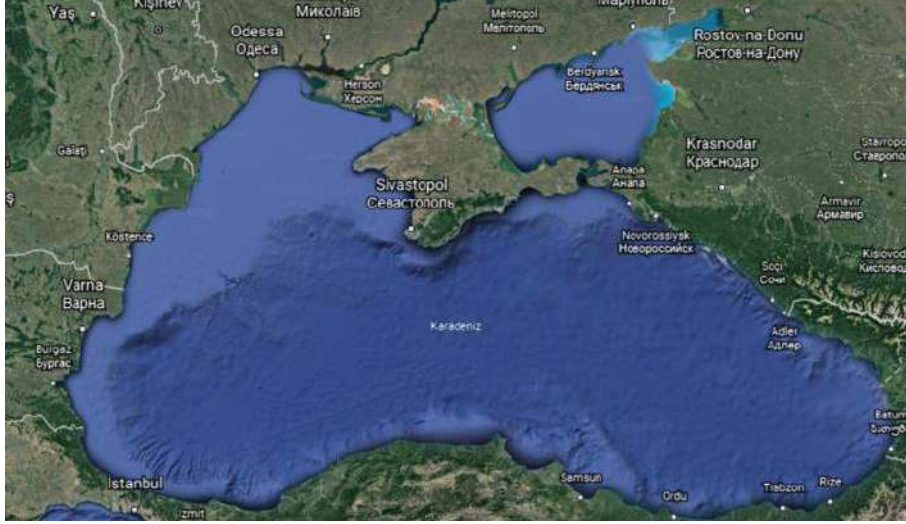
Key Words: Microplastic, blacksea, plastic, marine litter

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Plastik, geçmişten günümüze hayatımızın neredeyse her alanında bulunan bir malzemedir. İşleme ve kullanım kolaylığı, dayanıklı ve esnek oluşu gibi pek çok avantaj plastikleri cazip bir materyal haline getirmiştir [1]. Plastik malzemeler genellikle polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klörür (PVC), polistiren (PS) ve polietilen tereftalat (PET) polimerlerinden üretilirler. 5 mm'den küçük plastik parçacıklar olarak tanımlanan mikroplastikler [2], kullanım amacı doğrultusunda özellikle kozmetik sektörü, hava püskürtücüler için çok küçük boyutlarda üretilen birincil mikroplastikler ve çöp depolama alanlarında plastiklerin parçalanması, çamaşır yıkama sırasında kopan lifler [3], [4], [5] sigara izmaritlerinin parçalanması [6] gibi çevresel şartların etkisinde daha büyük plastik parçacıkların oluşan ikincil mikroplastikler olarak ikiye ayrılırlar [1]. Genellikle lif, film, parçacık, mikroboncuk ve düzensiz şekiller halinde çıkan mikroplastikler mavi, kırmızı, siyah, turuncu ve şeffaf gibi farklı renklere sahip olabilirler.

Günümüzde küresel bir problem haline gelen plastik kirliliği halihazırda tüm deniz ve okyanuslarda tespit edilmiş olup [7], [8] yapılan çalışmalar sonucunda sucul ekosistemdeki canlıların mikroplastiklerden etkilendiği bilmektedir [1], [3], [9] Sanayileşmenin artması, ticari balıkçılık faaliyetleri, yoğun turizm faaliyetleri, atmosferik çökeltme, yanlış atık yönetimi, atıksu arıtma tesisleri [3], [4] ve nehir taşınımı gibi nedenler sonucunda plastikler deniz ve okyanus ortamına karışmaktadır [10], [11]. Mikroplastikler, polimerlerin yoğunluğuna ve parçacıkların çevresel ortamda yıpranma derecesine bağlı olarak yüzey suyunda, su kolonunda ve deniz çökeltileri içinde bulunabilmekte ayrıca, plastiklerin imalatı sırasında eklenen farklı hidrofobik kirletici maddelerin denizlere taşınımında mikroplastikler vektör görevi görebilmektedirler [12], [8]. Bunun yanı sıra aşınmış parçacıklar mikroorganizmaların birikimi için uygun bir yüzey alanı oluşturur ve canlılar için hastalık yapıcı etkiler oluşturur [13]. Woodall ve diğ. [12] göre deniz çökeltileri mikroplastikler için nihai bir birikim alanıdır [12]. Cózar ve diğ. [14], ise yapmış oldukları bir çalışmada mikroplastiklerin açık okyanusta subtropikal girdaplarda birikebileceğini bildirmişlerdir [14].

Boğazlar sistemi ile okyanusa bağlı olan Karadeniz'in etrafında Tuna, Dinyeper ve Dinyester gibi kirlilik yükü yüksek nehirlerin olması ve Karadeniz'in kendine özgü koşulları nedeniyle kirli yarı kapalı bir iç deniz olduğu söylenebilir, [15] su sirkülasyonunun kısıtlı olması, ve bölgede sanayileşmiş ülkelerin bulunması nedeniyle buradaki mikroplastik varlığı ciddi bir risk oluşturmaktadır [16].



Şekil 1 Karadeniz'in uydu görüntüsü

Yapılan bu derleme çalışmada Karadeniz'deki mikroplastiklerin son yıllardaki durumunu değerlendirmek için farklı yıllara ait deniz yüzeyi, su sütunu, deniz sedimanı ve plaj kumu örnekleri üzerinde çalışılan araştırmalar değerlendirilmiş olup Karadeniz'in mikroplastik kirliliği açısından incelenmesi yapılmış ve mikroplastik oluşumunun en aza indirgenmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

2. KARADENİZ'DEKİ MİKROPLASTİK VARLIĞI (PRESENCE OF MICROPLASTICS IN THE BLACK SEA)

Son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ciddi bir problem haline gelen mikroplastik kirliliğinin her geçen gün üzerinde önemle durulan bir husustur. Bu bağlamda Aytan ve diğ. [16], Güneydoğu Karadeniz'de mikroplastiklerin oluşumu ve dağılımını üzerine yaptıkları çalışmada Kasım 2014 Şubat 2015 tarihleri arasında 12 istasyondan aldıkları 24 örneği binoküler mikroskop ile incelemişler örneklerin %92'sinde mikroplastik bulunduğunu tespit edildi. %49,4 lif, %30,6 film ve %20 diğer yapılardan oluşan bu parçacıkların deniz suyundaki konsantrasyonunun $1,1 \times 10^3$ adet/ m^3 olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ölçülen en yüksek konsantrasyonun Kasım ayında toplanan örneklerde olduğunu bu durumun mevsimsel dikey karışımın kıyı bölgelerdeki parçacıkları açık denize sürüklemesinden kaynaklandığı belirtmişlerdir [16].

Şener ve diğ. [17], İstanbul Anadolu yakasının Karadeniz sahillerinde plastik varlığını araştırmak için Mayıs 2017 ile Şubat 2018 tarihleri arasında belirlenen altı bölgede mevsimsel bir çalışma yürütmüşlerdir. İncelenen 24 plaj kumu örneğinde 841 adet parçacığın toplam ağırlığı 105,1063 g olarak belirlenmiş ve mevsimsel olarak bakıldığında yaz aylarında en yüksek plastik bolluğu (%34,70) kaydedilirken, en düşük yoğunluk kış mevsiminde (%14,50) gözlemlenmiştir. Numune alınan noktalardaki ağırlıkça plastik yoğunluğu ise %24,14 Kumbaba, %17,36 Kurfallı, %13,08 Ağva, %10,70 Alaçalı ve %8,68 Şile Limanı'nda gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında araştırmacılar İstanbul Anadolu yakasının Karadeniz kıyılarının genel olarak büyük plastik parçalarla birlikte mikroplastiklerle de kirlenmiş olduğunu ve plastik kirliliğine karşı önlem alınması gerektiği sonucuna ulaşmıştır [17].

Aytan ve diğ. [10], Güneydoğu Karadeniz'in nehir taşınımı ile mikroplastiklerden etkilendiğini düşünerek, yedi kıyı bölgesinde deniz suyu, su sütünü ve deniz sedimanını inceleyip mikroplastik konsantrasyonunu ve bileşimini araştırmışlardır. Bu çalışmada 2019 yılında 14 istasyondan toplanan örnekler stereo mikroskop ile görsel olarak incelenmiş ardından FTIR ile polimer türleri tanımlanmıştır. Derinliğin artmasıyla ve doğudan batıya gidildikçe konsantrasyonda artış olduğunu gözlemleyen araştırmacılar yüzey sularında ortalama konsantrasyonun $0,178 \times 10^6 - 4 \times 10^6$ adet/m² arasında değişirken sedimentte ise ortalama konsantrasyonun 74,1 - 1778,8 adet/m² arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca yüzey suyu ve sedimentte rastlanan polimerler arasında farklılıklar bulunduğu, fakat ağırlıklı olarak PE ve PP ile birlikte sekiz polimerden oluşan bu parçacıkların şekil dağılımının ise %42,8 lifler, %35,5 parçalar, %21,5 filmler, %0,2 köpükler ve %0,05 mikro boncuklardan oluştuğunu bildirmişlerdir [10].

Berov ve diğ. [18], Karadeniz'deki plastik kirliliği hakkında yeni bulgular kazandırmak için 2017 yılında Bulgaristan'ın Karadeniz kıyısı boyunca (Burgaz Körfezi ve Kaliakra Burnu) deniz çöpü ve mikroplastikleri kapsayan bir araştırma yapmışlardır. Manta ağı ile çekilerek toplanan yüzey suyu numunelerin görsel incelemesi için bir stereomikroskop ile inceleme yapan araştırmacılar parçalar, lifler, filmler ve granüller şeklinde sınıflandırdıkları mikroplastiklerin konsantrasyonunu $1,14 \times 10^4 - 1,91 \times 10^5$ öge/km² ve 0,33-490,52 g/km² hesaplamışlardır. Tüm inceleme bölgelerinde mikroplastiklere rastlayan araştırmacılar en yüksek konsantrasyonu Kaliakra Burnu'nun batısında (93,8 adet/km²), en düşük konsantrasyonu ise Shabla'nın doğusunda tespit etmişlerdir [18].

Sibirsova [19], Sivastopal sahillerinde plaj kumunda bulunan mikroplastik varlığına ilişkin bir araştırma için Omega ve Uchkuevka plajlarından toplanan 300'den fazla kum ve çakıl örnekleri incelenmiştir. Polimer yapısı PE, PP, PVC ve PS olan lifler, parçalar, şeritler ve oval yapıda mikroplastiklerin en yüksek konsantrasyonu Mayıs ve Ağustos 2016 tarihinde Omega plajında ($5,3 \pm 0,15$ ve $6,6 \pm 0,21$ adet/m²) kaydedilmiş olup Uchkuevka plajında nispeten daha az parçacıklar görülmüştür. 2016 yılında Omega plajı ve Uchkuevka plajında tespit edilen ortalama mikroplastik konsantrasyonu $5,12 \pm 0,15$ adet/m² ile $3,02 \pm 0,076$ adet/m² iken 2017 yılında tespit edilen ortalama konsantrasyon $5,82 \pm 0,15$ adet/m² ile $1,92 \pm 0,048$ adet/m² arasındadır [19].

Totoiu ve diğ., Güneybatı Karadeniz'de bulunan mikroplastik ve mezo deniz çöpü miktarını belirlemek için Ekim 2019 tarihinde gerçekleşen bir uluslar arası seferde (Romanya, Bulgaristan ve Türkiye) toplanan 18 örneği incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarında en yüksek mikroplastik yoğunluğu $99,45 \text{ ml/m}^3$ ile Varna Bulgaristan yakınlarında kaydedilirken en düşük yoğunluk $2,85 \text{ ml/m}^3$ ile İstanbul Türkiye yakınlarında kaydedildiğini bildirmiştir [20].

Cincinelli ve diğ. [21], 2016-2017 yıllarında Karadeniz'de 22-2131 m aralığındaki farklı derinliklerde, deniz sedimanında oluşan mikroplastiklerin morfolojisini ve tanımlamasını bildirmek için FTIR 2D Görüntüleme kullanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. 12 numunenin 10'unda tespit edilen mikroplastiklerin polimer yapısı; %44,5 PE/PP, %32 poliamid, %13 akrilatlar/PE-akrilatlar, %3,9 rayon, %4,7 PVC ve %1,6 tanımlanamayan diğer polimerlerden oluşurken en sık gözlemlenen renklerin siyah, mavi ve şeffaf/renksiz olduğu ve en sık

rastlanan şeklin lifler olarak belirtilmiştir. Ortalama konsantrasyonun 106,7 mp/kg olduğu çalışmada araştırmacılar, Kuzeybatı sığığından alınan örneklerin en yüksek mikroplastik oranına sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır [21]

Pojar ve diğ. [11], Tuna Nehri, Tuna Deltası, Romanya ve Bulgaristan'a kadar Karadeniz kıyısı boyunca sedimentte bulunan mikroplastik varlığını araştırmak için yaptıkları çalışmada. 38 numuneyi dijital mikroskop ile incelemişler ve ardından GC-MS Piroiliz testi ile parçacıkların polimer yapısını belirlemişlerdir. Örnekleme yapılan tüm alanlarda plastik bulunduğunu ve toplamda 6047 parçacık/kg mikroplastik tespit edildiğini bildirmişlerdir. Karadeniz'deki en yüksek konsantrasyon Tuna Delta'sı kıyısında (yaklaşık 620 parçacık/kg) ve en düşük konsantrasyon Bulgaristan kıyılarında (131 parçacık/kg) ölçülmüştür. En çok gözlemlenen polimerler %31 PET, %26 PP ve %18 PS olup Tuna Nehri'nden Karadeniz'e kadar genellikle lifler, pul ve parça şeklindeki plastiklere rastlanmıştır. Çalışmanın sonuçları Tuna Nehri'nin mikroplastiklerin taşınımında bir vektör olabileceği görüşünü doğrular niteliktedir. Nehrin üst kısımlarında yüksek konsantrasyon tespit edilmesine rağmen nehrin alt kısımlarında beklenenden düşük konsantrasyonla karşılaşan araştırmacılar bunun sebebinin nehir boyunca çeşitli lagün ve barajlarda mikroplastiklerin birikmiş olabileceği olduğu düşüncesini öne sürmüşlerdir [11]

Terzi ve Seyhan [22], 2012-2013 yılları arasında mevsimsel periyotta (Rize, Trabzon, Ordu, Giresun, Samsun ve Sinop illerinde) dokuz sahilde mevcut deniz çöpünün miktarını ve bileşimini değerlendirmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar kıyı şeridinden kıyı kenar çizgisine kadar toplanan organik kökenli olmayan materyalleri görsel olarak inceleyip veri analizi ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları yaz mevsiminde deniz çöpünde diğer mevsimlere oranla bir artış olduğunu toplamda 108,28 kg ağırlığında 5690 adet plastik çöp bulunduğunu göstermiştir. İncelenen örneklerin %85'inden fazlasını içecek ambalajları ve genel ambalaj öğelerini oluşturan plastikler ve strafordan oluşmuştur. Araştırmanın bir diğer önemli sonucu ise, plastiğin toplam deniz çöpünün %61,65'ini oluşturması ve karasal kaynaklı plastiklerin deniz çöpünün büyük bir kısmını oluşturduğu düşüncesini doğrulamasıdır [22].

Öztekin ve Bat [23], Mayıs 2015 ve Şubat 2016 tarihleri arasında yapmış oldukları çalışmada Sinop Sarıkum Lagünü'ndeki mikroplastik varlığını ve dağılımını belirlemek için yüzey suyu ve su kolonunu incelemişlerdir. Deniz yüzeyi dışında yüzeyden, 5m, 15m ve 30m derinlikten alınan numunelerin stereo mikroskop ile incelendiği çalışmanın sonucunda araştırmacılar su kolonundan kıyıya doğru konsantrasyonun arttığını gözlemleyip toplamda yüzey sularında 2314 adet su kolonunda ise 687 adet parçacık tespit etmişlerdir. Yüzey suyunda izole edilen parçacıkların polimer yapısı incelendiğinde %51,61'in gemi boyası, %29,99'un lif, %10,16'sının sert plastik parçacıklar, %3,49'un naylon ve %1,31'in polystiren olduğu belirlenmiştir. Su kolonundaki dağılımın ise neredeyse benzer olduğu fakat polystiren parçacığa rastlanmadığı ifade edilmiştir. Her iki inceleme grubunda beyaz ve mavi renkli parçacıkların baskın olup en yüksek mikroplastik konsantrasyonunun ilkbahar mevsiminde gözlemediği kaydedilmiştir [23].

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İncelenen ve derlemeye dahil edilen araştırmaların yapıldığı alanlar, Karadeniz'deki mikroplastik kirliliğine bütünsel bir bakış açısıyla bakmak için bölgedeki farklı yerlerden seçilmiştir. Yapılan literatür taramasında Karadeniz'de mikroplastikler hakkında yapılan çalışma sayısının kısıtlı olduğu ve genel kanının bu bölge üzerinde daha fazla araştırma yapılması yönündedir.

Yapılan derleme çalışma sonucunda, Karadeniz'deki mevcut mikroplastiklerin sanayi faaliyetleri, nehir taşınımı, atıksu arıtma tesisleri ve turizm faaliyetleri gibi karasal kökenli nedenlerle oluşması nedeniyle, kıyısında sanayi şehirleri ve Tuna Deltası bulunan Bulgaristan ve Romanya kıyılarının mikroplastik kirliliğini daha yoğun bir şekilde hissettiği görülmektedir. Genellikle yaz aylarında tespit edilen yüksek konsantrasyonun turizm faaliyetleri ve rekreasyonel alanların kullanımındaki artıştan kaynaklandığı düşünülebilir. Karadeniz'deki rim akıntısına ek olarak dikey ve yatay taşınım mekanizmaları parçacıkların dağılımını etkileyen etkenlerden birisidir. Yapılan incelemeler FTIR, GS-MC gibi yöntemlerle polimer türlerinin tespit edilmesinin mikroplastik kaynaklarının belirlenmesinde önemli olduğunu göstermiştir. Polimer türünün belirlendiği çalışmalarda sıklıkla PE, PP, PET, PA ve PS ile karşılaşmış olup liflerin baskın olduğu görülmüştür ancak bu konuda daha fazla veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Mikroplastiklerin bölgede yaşayan canlılara olan etkisinin belirlenmesi ve çeşitli modelleme sistemlerinin geliştirilmesi Karadeniz'e giren kirliliğin azaltılmasına yönelik çalışmalar için destekleyici nitelikte olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] J. G. Derraik, «The pollution of the marine environment by plastic debris: a review,» *Marine Pollution Bulletin*, pp. 842-852, 2002.
- [2] A. L. Andrady, «Microplastics in the marine environment,» *Marine Pollution Buletin*, pp. 1596-1605, 2011.
- [3] M. Cole, P. Lindeque, C. Halsband ve T. S. Galloway, «Microplastics as contaminants in the marine environment: A review,» *Marine Pollution Bulletin*, pp. 2588-2597, 2011.
- [4] M. . A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway ve . R. Thompson, «Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide:Sources and Sinks,» *Environmental Science & Technology*, pp. 9175-9179, 2011.
- [5] P. He, L. Chen, L. Shao, . H. Zhang ve F. Lü, «Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics? -Evidence of microplastics in landfill leachate,» *Water Reserch*, pp. 38-45, 2019.
- [6] F. Belzagui, V. Buscio, C. Gutiérrez-Bouzán ve . M. Vilaseca, «Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic level of concern,» *Science of the Total Environment*, p. 144165, 2021.
- [7] M. Eriksen, L. C. Lebreton, H. S. Carson, M. Thiel, C. J. Moore, J. C. Borerro, F. Gaigani, P. G. Ryan ve J. Reisser, «Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea,» *PLoS one*, p. e111913, 2014.
- [8] A. L. Andrady, «The plastic in microplastics: A review,» *Marine Pollutin Bulletin*, pp. 12-22, 2017.
- [9] H. Auta, C. Emenike ve S. Fauziah, «Distribution and importance of microplastics in the marine environment: Distribution and importance of microplastics in the marine

- environment:» *Environmental International*, pp. 165-176, 2017.
- [10] Ü. Aytan, Y. Şentürk, F. B. Esensoy, A. Öztekin, E. Ağırbaş ve A. Valente, «Microplastic pollution along the southeastern Black Sea,» %1 içinde *Marine Litter in The Black Sea*, İstanbul, Turkish Marine Research Foundation Publication Number:56, 2020, pp. 192-207.
- [11] L. Pojar, A. Stănică, F. Stock, C. Kochleus, M. Schultz ve C. Bradley, «Sedimentary microplastic concentrations from the Romanian Danube River to the Black Sea,» *Scientific Reports*, pp. 1-9, 2021.
- [12] L. C. Woodall, . A. Sanchez-Vidal, M. Canals, G. . L. J. Paterson, R. Coppock, V. Sleight, A. Calafat, . A. D. Rogers, B. E. Narayanaswamy ve R. C. Thompson, «The deep sea is a major sink for microplastic debris,» *Royal Society Open Science*, p. 140317, 2014.
- [13] M. . K. Viršek, M. . N. Lovšin, Š. Koren, A. Kržan ve . M. Peterlin, «Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*,» *Marine Pollution Bulletin*, pp. 301-309, 2017.
- [14] A. Cózar, F. Echevarría, J. I. González-Gordillo, X. Irigoien, B. Úbeda, S. Hernández-León, Á. T. Palma, S. Navarro, J. García-de-Lomas, A. Ruiz, M. L. Fernández-de-Puelles ve C. M. Duarte, «Plastic debris in the open ocean,» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp. 10239-10244, 2014.
- [15] T. Oguz, S. Tugrul, Z. Uysal, E. Mutlu, D. Ediger ve Ş. Beşiktepe, «Karadeniz ekosisteminin mevcut durumunun ve gelecekteki olası davranış biçimlerinin saptanması,» 2008.
- [16] U. Aytan, A. Valente, Y. Senturk, R. Usta, F. B. Esensoy Sahin, R. E. Mazlum ve E. Agirbas, «First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters,» *Marine Environmental Research*, pp. 22-30, 2016.
- [17] M. Şener, P. Doğruyol ve N. Balkaya, «Microplastic pollution in the Black Sea Coast of the Anatolian side of Istanbul, Turkey,» *Desalination and Water Treatment*, pp. 351-358, 2019.
- [18] D. Berov ve S. Klayn, «Microplastics and floating litter pollution in Bulgarian Black Sea coastal waters,» *Marine Pollution Bulletin*, p. 111225, 2020.
- [19] E. Sibirtsova, «Microplastic pollution of soils of the beaches of Sevastopol in summer period 2016-2017,» *Environmental safety of the coastal and shelf zones of the sea*, pp. 64-73, 2018.
- [20] A. Totoiu, G.-E. Harcotă, E. Bişinicu, F. Timofte ve L. Boicenco, «Distribution of micro- and mesolitter in the southwestern part of the Black Sea,» %1 içinde *Marine Litter in the Black Sea*, İstanbul, Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 56, , 2020, pp. 208-217.
- [21] A. Cincinelli, C. Scopetani, D. Chelazzi, T. Martellini, M. Pogojeva ve J. Slobodnik, «Microplastics in the Black Sea sediments,» *Science of the Total Environment*, p. 143898, 2021.
- [22] Y. Terzi ve K. Seyhan, «Seasonal and spatial variations of marine litter on the south-eastern Black Sea coast,» *Marine Pollution Bulletin*, pp. 154-158, 2017.
- [23] A. Oztekin ve L. Bat, «Microlitter Pollution in Sea Water: A Preliminary Study from Sinop Sarikum Coast of the Southern Black Sea,» *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2017.
- [24] S. A. Carr, J. Liu ve A. G. Tesoro, «Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants,» *Water Reserch*, pp. 174-182, 2016.
- [25] M. Cole, P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, J. Moger ve T. S. Galloway, «Microplastic Ingestion by Zooplankton,» *Environmental Science & Technology*, pp. 6646-6655, 2013.
- [26] E. Can-Güven, «Microplastics as emerging atmospheric pollutants: a review,» *Air Quality, Atmosphere & Health*, pp. 203-2015, 2020.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

TÜRKİYE’NİN KADASTRO 2014 VİZYONU PERFORMANSININ ANALİZİ

Gamze Nur KAYHAN ^{1,*}, Zeynel Abidin POLAT ²

¹Gamze Nur KAYHAN, Harita Mühendisliği ABD, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye
gamzenur.kayhan@gmail.com

²Zeynel Abidin POLAT, Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye
zeynelabidin.polat@ikc.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: gamzenur.kayhan@gmail.com; Tel.: +90-544-216-3591

ÖZET

1990'lı yıllardan itibaren geleneksel kadastrodan çok amaçlı kadastroya geçiş gereksinimi gerçekleştirilen birçok organizasyon bünyesinde tartışılmaya başlanmıştır. Bu tartışmalar sonucunda geleceğin kadastral sistemlerini ele alan bir rapor hazırlanmıştır. Bu bağlamda Kadastro 2014, Uluslararası Haritacılar Birliği'nin (FIG) alt komisyonu olan 7. Komisyonu tarafından 1998 yılında ilan edilen ve geleceğin kadastrounu tarif eden önemli ve dikkat çekici bir vizyon çalışmasıdır. Bu duruma istinaden çalışma raporu uluslararası boyutta önemli derecede kabul görmüş ve 25 farklı dile çevrilerek tanıtılmıştır. Kadastro 2014'e gösterilen bu ilginin asıl nedeni, kadastroya, bilhassa kadastral verilerin yönetimine getirdiği yeni yaklaşımlardır. Arazi Bilgi Sistemi (ABS) verilerinin 'parsel tabanlı' yerine 'nesne tabanlı' yönetimini öngörmesi, Kadastro 2014'ün en dikkat çekici söylemlerinden biridir. Vizyonun bir diğer önemli öngörüsü ise "Kadastro 2014 kamusal haklar ve kısıtlamalar da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu gösterecektir" ifadesidir.

Globalleşen dünya ile birlikte birçok ülkenin hedefinde sürdürülebilir kalkınma arayışı önemli bir yer tutmaktadır. Bu yapının kurulabilmesi için gerekli temel bileşenler, arazi ve mülkiyet kavramları ile bunların etkin yönetimidir. Arazi yönetiminin temelini oluşturan bu bileşenlerin sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi için Kadastro 2014 Vizyonu ülkelere önemli bir fırsat sunmaktadır. Ülkemizde sürdürülebilir bir arazi yönetimi kapsamında çok amaçlı bir kadastral sistemi kurmak için Kadastro 2014 Vizyonu dikkate alan birçok çalışma ve proje yapılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin Kadastro 2014 Vizyonu performansının SWOT tekniği ile analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar hukuki, teknik ve kurumsal yönden ele alınmış ve mevcut yapının güçlü ve zayıf yönleri ortaya konulmuş ve dış çevreden kaynaklı fırsatlar ve tehditler belirlenmiştir. Analiz sonucunda Kadastro 2014 Vizyonunun tüm ilkelerinin uygulanabilmesi için gerekli kurumsal politikalar oluşturulabilmesi için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

ANALYSIS OF TURKEY'S CADASTRE 2014 VISION PERFORMANCE

ABSTRACT

The need for transition from traditional cadastre to multi-purpose cadastre has started to be discussed within the scope of many organizations especially since the 1990s. As a result of these discussions, a report on the cadastral systems of the future has been prepared. In this context, Cadastre 2014 is an important and remarkable vision study, which was announced in 1998 by the 7th Commission, the sub-commission of the International Union of Surveyors (FIG), and describes the cadastre of the future. Based on this situation, the study report has been widely accepted internationally and has been introduced via translation into 25 different languages. The main reason for this interest in Cadastre 2014 is the new approaches it has brought to cadastre, especially to the understanding of cadastral data management. One of the most remarkable expressions of Cadastre 2014 is the fact that Land Information System (ABS) data predicts 'object' based management instead of 'parcel'. Another of the vision's important predictions is that “Cadastre 2014 will show the entire legal status of the land, including public rights and restrictions”.

With the spread of globalization, the pursuit of sustainable development has an important place among the goals of all countries. The basic components required for achieving this goal (veya establishment of this structure) are the concepts of land and property and their effective management. Cadastre 2014 Vision provides an important opportunity for countries to manage these components, which form the basis of land management, in a sustainable way. To establish a multi-purpose cadastral system within the scope of sustainable land management in our country, many studies and projects are carried out considering the Cadastre 2014 Vision. In this study, it is aimed to analyze Turkey's Cadastre 2014 Vision performance by utilizing SWOT technique. The studies conducted within this scope were discussed in legal, technical and institutional aspects, the strengths and weaknesses of the existing structure were determined, and opportunities and threats originating from the external environment were identified. As a result of the analysis, various suggestions were made to create the necessary institutional policies for the implementation of all the principles of the Cadastre 2014 Vision.

Key Words: Cadastre 2014 Vision, land management, GDLRC, SWOT analysis

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1990'lı yıllardan itibaren geleneksel kadastrodan çok amaçlı kadastroya geçiş gereksinimi gerçekleştirilen birçok organizasyon bünyesinde tartışılmaya başlanmıştır. Yapılan tartışmalar sonucunda geleceğin kadastral sistemlerini ele alan kapsamlı bir rapor hazırlanmıştır. Kadastro 2014 Vizyonu olarak bilinen bu rapor, Uluslararası Haritacılar Birliği'nin (FIG) 7. Komisyonu öncülüğünde 1998 yılında deklare edilen ve geleceğin kadastrounu tarif eden önemli bir vizyon çalışmasıdır. Bu bağlamda sözkonusu çalışma raporu uluslararası çapta yaygın kabul görmüş ve bunun neticesinde 25 farklı dile aktarılmıştır [1]. Kadastro 2014'ün birçok ülke tarafından hızlıca kabul görmesinin sebebi, kadastroya, özellikle de kadastral verilerin yönetimine ilişkin ortaya koyduğu yeni yaklaşımlardır. Arazi Bilgi Sistemi (ABS) verilerinin 'parsel tabanlı' yerine 'nesne' tabanlı yönetimini benimsemesi, Kadastro 2014'ün ortaya koyduğu en önemli ifadelerinden biridir. Vizyonun vurguladığı önemli ifadelerden bir diğeri ise "Kadastro 2014 kamusal haklar ve kısıtlamalar da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu gösterecektir" ifadesidir [2]. Son yıllarda birçok ülkenin hedefinde sürdürülebilir kalkınmayı mümkün kılmak önemli bir yer tutmaktadır. Bahsedilen hedefe ulaşabilmeyi sağlayacak temel bileşenler, arazi ve mülkiyet kavramları ve bunların etkin yönetimidir [3]. Bu bağlamda Kadastro 2014 Vizyonu sürdürülebilir arazi yönetimi için ülkelere önemli bir imkan sunmaktadır. Türkiye'de sürdürülebilir bir arazi yönetimini tasarlamak için zorunlu olan çok amaçlı bir kadastral yapı tasarlamak için Kadastro 2014 Vizyonunu dikkate alan birçok önemli çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin Kadastro 2014 Vizyonu performansının SWOT tekniği ile analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda yapılan faaliyetlerin hukuki, teknik ve kurumsal boyutu ele alınmış ve mevcut yapının güçlü ve zayıf yönleri belirlenerek dış çevreden kaynaklı fırsatlar ve tehditler tespit edilmiştir.

2. KADASTRO 2014 VİZYONU (CADASTRE 2014 VISION)

Kadastro 2014 vizyonu dünya çapında halen kullanılan ve geleneksel bir yapıya sahip kadastral sistemleri sosyal, hukuksal, ekonomik ve teknik açıdan ortak yönlerini ortaya koyarak [4] geleceğin kadastrounun oluşturulmasına katkı veren önemli bir vizyon çalışmasıdır [5]. Vizyonda geleneksel kadastral sistemlerin sahip olduğu güçlü yönleri; (1) mülkiyet hakkının yasal güvenceye korunmuş olması, (2) kullanıcıların istenilen veriye ve bilgiye internet aracılığı ile erişebilmeleri ve (3) kadastrounun tüm ülke alanını kapsamı olarak vurgulanmaktadır. Kadastral sistemlerin sahip olduğu zayıf yönleri ise; otomasyonun yeterli seviyede olmaması, tapu ve kadastro entegrasyonunun tamamlanmaması ve ekonomik, idari ve kurumsal konulardaki yaşanan problemler olarak sıralanmaktadır [2, 6]. Kadastro 2014'ün en önemli kısmı olan vizyon bölümünde ise 2014 yılında mevcut kadastrounun geleceği aşama şu şekilde özetlenmiştir [2]:

- Kadastro 2014 Vizyonunun 1. İlkesine göre "Kadastro, kamusal hak ve kısıtlamalar da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu gösterecektir". Arazi kullanımı yönelik yoğun baskılara bağlı olarak taşınmazlar üzerindeki tüzel ve gerçek kişilerin sahip olduğu mülkiyet hakları kamu yararı gibi sebeplerle kısıtlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında taşınmazla bağlantılı mülkiyet hakkının korunması ve güvence altına alınabilmesi için 2014 kadastrouna araziyle ilgili tüm hak, kısıtlama ve sorumlulukları gösterme görevi düşmektedir.

- Kadastro 2014 Vizyonununun 2. ilkesine göre ‘‘Tapu ve kadastro verileri bütünlük hale gelecektir’’. Bu ilkeyle tapu ve kadastro verileri arasındaki ayrımın giderilerek bu verilerin bütüncül ve sürdürülebilir bir şekilde sorgulanabilir, yönetilebilir ve kontrol edilebilir olması vurgulanmaktadır.
- Kadastro 2014 Vizyonununun 3. ilkesine göre ‘‘Kadastral harita yapımının yerini kadastral modelleme alacaktır’’. Bu ilkeyle aynı veri modeli yapısından farklı ölçekli kadastro haritalarının ve farklı form yapısındaki tapu kayıtlarının hızlı ve kolay bir şekilde üretilebilmesi ve modellenmesi gerektiği ifade edilmektedir.
- Kadastro 2014 Vizyonununun 4. ilkesine göre ‘‘Kağıt-kalem kadastrosu yerini temel veri modeline bırakacaktır’’. Bu ilkeyle geleneksel yöntemlerin yerine yeni teknolojinin kullanıldığı temel veri modellerinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır.
- Kadastro 2014 Vizyonununun 5. ilkesine göre ‘‘Kadastro önemli ölçüde özelleşecek, kamu sektörü ile özel sektör yakın işbirliği içinde çalışacaktır’’. Bu ilkeyle kamunun teminat gücü ile özel sektörün gücünün entegre edilmesi ve kamunun ağırlıklı olarak denetim ve kontrole odaklanması ifade edilmiştir.
- Kadastro 2014 Vizyonununun 6. İlkesine göre ‘‘Kadastro, maliyet geri kazanımlı olacaktır’’. Bu ilkeyle kadastro hizmetlerinin sunumundan doğan maliyetlerinin arazi maliklerinden talep edilmesi ve elde edilen diğer maddi gelirlerin tekrar kadastro hizmeti için kullanılması öngörülmektedir.

3. TÜRKİYE’NİN KADASTRO 2014 PERFORMANSININ ANALİZİ (ANALYSIS OF TURKEY'S CADASTRE 2014 PERFORMANCE)

FIG’in 1998 yılında ilan ettiği Kadastro 2014 çalışması, geleceğin kadastrosu ile ilgili öngörülerini kapsayan önemli bir vizyon çalışmasıdır. Birçok ülke bu vizyonun uygulanması için birçok çalışma yürütmektedir. Bu bağlamda Türkiye birçok çalışma yürüten ülkelerden biridir. TKGGM bu çalışmalara öncelik eden önemli bir kamu kurumudur. Bu bölümde, yapılan bu çalışmaların Kadastro 2014 Vizyonununun uygulanmasına ne ölçüde katkı sağladığını ve uygulama sırasında ne tür problemler ile karşılaşıldığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için Kadastro vizyonu için yapılan çalışmalar dikkate alınarak tapu ve kadastronun mevcut yapısı SWOT tekniği kullanılarak analiz yapılmıştır. SWOT tekniği, çeşitli sistem ve yapıların kendi etraflarında sahip oldukları kaynak ve yeteneklerin optimum şekilde kullanılmasını olanak sağlayacak bilgileri elde etmenin en önemli aracı olarak geliştirilmiştir. Bu bağlamda SWOT analizinin en önemli ve temel amacı, konuya ilişkin güçlü ve zayıf yönlerle bu durumları destekleyen imkan ve tehditlerin tanımlanmasıdır. SWOT analizi, arazi yönetiminde aktif rol oynayan kurumların güçlü ve zayıf yönlerini belirlemede, dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri tespit edilmesinde kullanılması için uygun bir tekniktir [7]. Bu bağlamda Kadastro Vizyonununun ön gördüğü kadastral sistemin kurulabilmesi için gerekli olan kadastral altyapının vizyonun her bir prensibe göre hukuki, teknik ve kurumsal açıdan sahip olduğu güçlü ve zayıf yönler ile dış çevreden kaynaklı olarak ortaya çıkan fırsatlar ve tehditler belirlenmiş ve Tablo 1’de listelenmiştir.

Tablo 1. Kadastro 2014 Vizyonunun prensiplerinin hukuksal, teknik ve kurumsal açıdan SWOT Analizi
(Legal, technical and institutional SWOT Analysis of the principles of Cadastre 2014 Vision)

Kriter	İlke No.	İçsel Faktörler		Dışsal Faktörler	
		Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar	Fırsatlar	Tehditler
Hukuksal	1.	--4721 Sayılı Türk Medeni Kanununun -3402 Sayılı Kadastro Kanunu -Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği	-Nesne tabanlı kadastro olarak tanımlanmaması - Çok boyutlu kadastroyla (3D, 4D) alakalı mevzuatta açık ve net ifadelerin olmaması -2. kadastro nun yasaklanması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi -Arazi yönetimine ilişkin yayınlanan Deklarasyonlarda sürdürülebilir kadastral modellemenin önemine vurgu yapılması	2014 -Çok sayıda ve karmaşık olarak hazırlanmış mevzuatlar -Uzayan kadastro davaları -Arazi Yönetimi/idaresi ve kadastro konusunda yeterince uzman hukukçu ve bilirkişi olmaması
	2.	--4721 Sayılı Türk Medeni Kanununun -3402 Sayılı Kadastro Kanunu -2644 Sayılı Tapu Kanunu -Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması Hakkında Yönetmelik	-Çok sayıda ve anlaşılması güç yasal düzenlemenin olması -Çok boyutlu kadastroyla (3D, 4D) alakalı mevzuatta açık ve net ifadelerin olmaması -2. kadastro nun yasaklanması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi - Mevcut mevzuatı uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesine yönelik çalışmaların yapılması	2014 -Çok sayıda ve karmaşık olarak hazırlanmış mevzuatlar -Teşkilat yasaasının kurum ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalması
	3.	--4721 Sayılı Türk Medeni Kanununun -3402 Sayılı Kadastro Kanunu -Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması Hakkında Yönetmelik	- Çok sayıda ve anlaşılması güç yasal düzenlemenin olması - Çok boyutlu kadastroyla (3D, 4D) alakalı mevzuatta açık ve net ifadelerin olmaması -2. kadastro nun yasaklanması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi - Mevcut mevzuatı uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesine yönelik çalışmaların yapılması	2014 -Çok sayıda ve karmaşık olarak hazırlanmış mevzuatlar -Teşkilat yasaasının kurum ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalması
	4.	--4721 Sayılı Türk Medeni Kanununun -3402 Sayılı Kadastro Kanunu -Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması Hakkında Yönetmelik	-Mevzuatın çok geniş ve karmaşık olması -3. Ve 4. Boyuta ilişkin mevzuatta net tanımlamaların olmaması -2. kadastro nun yasaklanması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi - Mevcut mevzuatı uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesine yönelik çalışmaların yapılması	2014 -Yasal düzenlemelerin çağın gereksinimlerini karşılama da yetersiz kalması -Kurum içi hazırlanan tüzük ve yönetmeliklerin bazen yasalarla çelişmesi -Uzun süren kadastro davaları
	5.	-Birçok Yatırım Ve Hizmetlerin Yap-İşlet-Devret Modeli kullanılarak gerçekleştirilmesi -4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu -4046 Sayılı Özelleştirme Kanunu	-Arazi idaresine ilişkin geniş ve karmaşık yasa, genelge ve yönetmeliklerin varlığı -TKGM-özel sektör işbirliği odaklı mevzuatın yetersiz olması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi -Arazi yönetimine ilişkin yayınlanan Deklarasyonlarda kamu-özel sektör birlikteliğine sıklıkla vurgu yapılması	2014 -Kamu-özel sektör anlaşmazlığını çözebilecek yeterli mevzuatın olmaması -Kamu İhale Kanununda çok sık değişiklik yapılması

Tablo 1'in devamı (continuation of Table 1)

Hukuksal	6.	-492 Sayılı Harçlar Kanunu -6544 sayılı Döner Sermaye Kanunu	-Harçların rayiç bedel üzerinden hesaplanmasına ilişkin hükümlerin bulunması -TKGM Kurumsal işleyişine uygun özel bir mevzuatın olmaması	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi -Kadastral hizmetlerinin maliyet ve giderlerinin hizmetten faydalanandan alınması görüşünün kabul görmesi	-Harç ve döner sermaye ödemelerindeki yüksek tutarlar
	1.	Ülke çapında TAKBİS'e entegrasyonunun tamamlanması -İhtiyaca bağlı olarak sürekli proje geliştirilmesi -TUCBS Projesi -MEGSİS Projesi	-Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması -Çok fazla işlem yükünün olması -Farklı kadastral altlıkların kullanılması	-Uydu ve mobil teknolojileri kullanarak mesafeye bağlı kalınmaksızın konumsal veri elde edilmesi -Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler -Ülke çapına yayılmış 1700 adet aktif noterin bulunması -Ülke çapına yayılmış 3122 adet serbest harita kadastro mühendislik bürolarının varlığı -Ülke çapına yayılmış 225 adet aktif LİHKAB -133 aktif değerlendirme şirketi	-Diğer kurumlardan veri temininde yaşanan zorluklar -Doğal afetler (Deprem vb.) ile sürekli değişen sınırlar -İkinci kez kadastro yapılmasının yasaklanması
Teknik	1.	Ülke genelinde TAKBİS'e geçişin tamamlanması -MEGSİS Projesi	-Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması -Kadastro müdürlüklerinde yaşanan işlem yoğunluğu -Kadastro çalışmalarında farklı ölçme sistemlerinin ve kadastral altlıkların kullanılması	-GPS ve uzaktan algılama sistemlerinin kadastral verilerin toplanılmasında kullanılması -Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler -Ülke çapına yayılmış 1700 adet aktif noterin bulunması -Ülke çapına yayılmış 3122 adet serbest harita kadastro mühendislik bürolarının varlığı -Ülke çapına yayılmış 225 adet aktif LİHKAB -133 aktif değerlendirme şirketi	-Tapu ve kadastro verileri arasındaki uyumsuzluklar -Kadastro haritalarının sayısallaştırılmasında yaşanan aksaklıklar
	2.				

Tablo 1'in devamı (continuation of Table 1)

3.	<p>Ülke genelinde TAKBİS'e geçişin tamamlanması</p> <p>-MEGSİS Projesi</p> <p>-3D Kent Modellerinin ve 3B Kadastronun Altlıklarının Oluşturma Projesi</p>	<p>-Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması</p> <p>-Parsel tabanlı ve 2 boyutlu kadastronun varlığı</p> <p>-Kadastro çalışmalarında farklı ölçme sistemlerinin ve kadastral altlıkların kullanılması</p>	<p>-GPS ve uzaktan algılama sistemlerinin kadastral verilerin toplanılmasında kullanılması</p> <p>-Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler</p> <p>-Kamunun Ar-Ge ile inovasyona yönelik çalışmaları desteklemesi ve kaynak ayırması</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 1700 adet aktif noterin bulunması</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 3122 adet serbest harita kadastronun mühendislik bürolarının varlığı</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 225 adet aktif LİHKAB</p> <p>-133 aktif değerlendirme şirketi</p>	<p>-Tapu ve kadastronun arasındaki uyumsuzluklar</p> <p>-Dış kaynaklı yazılımlara sürekli bağımlılık duyulması</p> <p>-Deprem vb. doğal afetler sonucu sınırların değişmesi</p>
4.	<p>Ülke genelinde TAKBİS'e geçişin tamamlanması</p> <p>-MEGSİS Projesi</p> <p>-3D Kent Modellerinin ve 3B Kadastronun Altlıklarının Oluşturma Projesi</p>	<p>-Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması</p> <p>-Parsel tabanlı ve 2 boyutlu kadastronun varlığı</p> <p>-Kadastro çalışmalarında farklı ölçme sistemlerinin ve kadastral altlıkların kullanılması</p>	<p>-GPS ve uzaktan algılama sistemlerinin kadastral verilerin toplanılmasında kullanılması</p> <p>-Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler</p> <p>-Kamunun Ar-Ge ile inovasyona yönelik çalışmaları desteklemesi ve kaynak ayırması</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 3122 adet serbest harita kadastronun mühendislik bürolarının varlığı</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 225 adet aktif LİHKAB</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 1700 adet aktif noterin bulunması</p> <p>-133 aktif değerlendirme şirketi</p>	<p>-Bilgi Teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla ortaya çıkan riskler</p> <p>-Dış kaynaklı yazılımlara sürekli bağımlılık duyulması</p> <p>-Deprem vb. doğal afetler sonucu sınırların değişmesi</p>
5.	<p>-Tüm teşkilatın TAKBİS'e geçmesi</p> <p>-İhtiyaca bağlı olarak sürekli proje geliştirilmesi</p>	<p>-Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması</p> <p>-Çok fazla işlem yükünün olması</p>	<p>-Özel sektörün gücü</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 1700 adet aktif noterin bulunması</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 3122 adet serbest harita kadastronun mühendislik bürolarının varlığı</p> <p>-Ülke çapına yayılmış 225 adet aktif LİHKAB</p>	<p>-Özel sektörde işgücü maliyetlerinin yüksek olması</p> <p>-Kamunun özel sektör üzerinde denetimde yaşanan sorunlar</p> <p>-Özel sektörün mevcut kapasitesinin kullanılmaması</p>

Tablo 1'in devamı (continuation of Table 1)

		-133 aktif değerlendirme şirketi			
Teknik	5.	-Harçların ve döner sermaye giderleri için nakit ya da kredi kartıyla ödeme kolaylığı	-Yetki alanı dışı işlemlerde döner sermaye ücretinin iki katı tahsil edilmesi	- e-devlet üzerinden harç ödemesi yapılabilmesi	-Özel sektörde işgücü maliyetlerinin yüksek olması -Kamunun özel sektör üzerinde denetimde yaşanan sorunlar -Özel sektörün mevcut kapasitesinin kullanılmaması
	6.	- Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek Kurum çatısı altında olması -Köklü kurumsal geçmişe sahip olma -Güçlü kurumsal bütçe -Yaygın bir teşkilat yapısı	-Kontrol ve denetimde karşılaşılan problemler, -Nitelikli ve uzman personel eksikliği	-Kamu ve özel sektör işbirliği uygulamalarının geliştirilmesi -Güçlü özel sektör yapısı	-Kurumun genel bütçe içerisinde düşük pay alması -Ulusal düzeyde sürdürülebilir arazi yönetimi politikası eksikliği -TKGM dışında farklı kurumların kadaströ faaliyetinde bulunması
Kurumsal	1.	-Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek kurum çatısı altında olması -Köklü kurumsal geçmişe sahip olma -Güçlü kurumsal bütçe -Yaygın bir teşkilat yapısı	-Kontrol ve denetimde karşılaşılan problemler -Nitelikli ve uzman personel eksikliği	-Kamu kurumlarının e-devlet kullanımının teşvik edilmesi -Kamu-özel sektör işbirliğinin giderek yaygınlaşması	- Kurumun genel bütçe içerisinde düşük pay alması -Yazılım ve sistem yönetimi konusunda dış kaynaklı yazılımlara ve firmalara devamlı bağımlılık duyulması -TKGM dışında farklı kurumların kadaströ faaliyetinde bulunması
	2.	-Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek kurum çatısı altında olması -Köklü kurumsal geçmişe sahip olma -Güçlü kurumsal bütçe -Yaygın bir teşkilat yapısı	-Kontrol ve denetimde karşılaşılan problemler -Nitelikli ve uzman personel eksikliği -TKGM'nin farklı bir tüzel kişilik yapısına sahip olmaması -Tapu ve kadaströ hizmetlerinde işlem hacmi ve çeşitliliğinin artmasına rağmen buna paralel olarak personel sayısının artmaması	-Kamu kurumlarının e-devlet kullanımının teşvik edilmesi -Kamu-özel sektör işbirliğinin giderek yaygınlaşması	- Kurumun genel bütçe içerisinde düşük pay alması -Yazılım ve sistem yönetimi konusunda dış kaynaklı yazılımlara ve firmalara devamlı bağımlılık duyulması -TKGM dışında farklı kurumların kadaströ faaliyetinde bulunması
	3.	- Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek kurum çatısı altında olması -Köklü kurumsal geçmişe sahip olma -Yaygın bir taşra teşkilat yapısı	-Kontrol ve denetimde karşılaşılan problemler -Nitelikli ve uzman personel eksikliği -TKGM'nin farklı bir tüzel kişilik yapısına sahip olmaması -Tapu ve kadaströ işlem yoğunluğunu azaltacak sayıda personel sayısının olmaması	-TKGM'nin e-devlet kullanımında başarı sağlayan kurumların başında gelmesi -Kamu-özel sektör işbirliğinin giderek yaygınlaşması -Kurumun arazi yönetimine ilişkin güncel gelişmeleri takip etmesi	-Kurumun yönetim kademesinin politik kararlara göre sürekli değişmesi - Yazılım ve sistem yönetimi konusunda dış kaynaklı yazılımlara ve firmalara devamlı bağımlılık duyulması -Dijital ortamda yaşanan siber saldırılar

Tablo 1'in devamı (continuation of Table 1)

	4.	- Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek Kurum çatısı altında olması -Ülke genelinde hizmet veren yaygın bir teşkilat yapısına sahip olması -Kurumun toplumun ihtiyaçlarına karşılılık verecek şekilde sürekli kendini yenilemesi	-Kadaströ çalışmalarında farklı ölçme sistemlerinin ve kadastral altlıkların kullanılması -Kontrol ve denetiminde yaşanan yetersizlikler, -Nitelikli ve uzman personel eksikliği	-Taşınmazlarla ilişkili tüm yatırım projelerinin temel altlığını tapu ve kadaströ verilerinin oluşturması -TKGM'nin e-devlet kullanımında başarı sağlayan kurumların başında gelmesi -Kamu-özel sektör işbirliğinin giderek yaygınlaşması	-Dijital ortamdan kaynaklı yaşanan bazı güvelik sorunları -Bilgi teknolojilerinde milli imkânlardan yeterince faydalanılmaması -Kurumun yönetim kademesinin politik kararlara göre sürekli değişmesi - Yazılım ve sistem yönetimi konusunda dış kaynaklı yazılımlara ve firmalara devamlı bağımlılık duyulması
Kurumsal	5.	- Tapu ve kadaströ işlemlerinin tek Kurum çatısı altında olması -Güçlü kurumsal bütçe -Yaygın bir teşkilat yapısı -Köklü kurumsal geçmişe sahip olma	-Özel sektöre yaptırılan işlemlerin kontrol ve denetiminde yaşanan yetersizlikler -Kamu-özel sektör işbirliği konusunda tecrübeli personel eksikliği	-Sivil toplum kuruluşları, kamu ve özel sektör işbirliği uygulamalarından elde edilen başarılar -Özel sektörle işbirliğinin kurumsal açıdan teşvik edilmesi	-Bazı tecrübesiz özel sektör firmalarıyla işbirliği yapılması -Özel sektör firmalarının ekonomik krizlerden çok daha hızlı etkilenmeleri
	6.	-Harç ve döner sermaye ücretlerinden elde edilen yüksek gelir -Güçlü kurumsal bütçe -Kurum içerisinde Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğünün bulunması	-Kurumun topladığı harçlardan pay alamaması -Yasaya istinaden bazı tapu işlemlerinin harçlarından muhaf tutulması	-Artan tapu ve kadaströ işlemlerini bağı olarak gelirin artması -TKGM'ye duyulan güvenin artması -Kadaströ ve tapu işlemlerinden alınan harçların bir kısmının kadaströ yapımı için ayrılması	-Kadaströ hizmetlerinin tamamlanması için ayrılan bütçeden daha fazla harç ve döner sermaye geliri elde edilmesi -Kaybedilen davalar sonucu ödenen maddi tazminatlar

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

TKGM kurumsal olarak sunduğu hizmetleri uluslararası seviyede gerçekleşen modern arazi idaresi anlayışı ile uyumlu olarak sürdürmeyi amaç olarak hedeflemiştir. Bu bağlamda uluslararası gelişmeleri yakından takip ederek kadaströ alanındaki vizyon çalışmalarının ön gördüğü prensipleri ülkedeki tapu ve kadaströ sistemine entegre etmek için çeşitli çalışmalar yürütmekte ve politikalar geliştirmektedir. Bu bağlamda vizyonun 2., 5. ve 6. prensibi tamimiyle uygulanabilmektedir. Fakat vizyonun 1., 3. ve 4. prensibinin uygulanmasında bazı hukuksal, teknik ve kurumsal eksikliklerden dolayı tam olarak başarılı sağlanamamıştır. Vizyonun 1., 3. ve 4. prensipleri açısından öngörülen kadastral hedeflere ulaşabilmek için hukuki, teknik ve kurumsal açıdan bazı değişikliklerin gerçekleşmesi gereklidir. Bu bağlamda aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

- 3 Boyutlu kadaströ ile nesne tabanlı kadaströ kavramlarına ilişkin yasal tanımlamalar yapılmalıdır.

- Sürdürülebilir bir kadastral modelleme için taşınmazla ilişkin tüm detaylar (Ör. Mülkiyet ve konumsal bilgiler) birer katman mimarisi içerisinde tutulmalıdır. Araziye ilişkin tüm yasal durumun gösterilebilmesi için kurumsal açıdan tapu ve kadastro müdürlükleri eş güdümlü çalışmalıdır.
- Bilgi ve iletişim teknolojileri ile GPS, uzaktan algılama sistemlerden daha fazla faydalanılmalı,
- Geçmişte farklı ölçüm yöntemleri, altlık ve koordinat sistemleri kullanılarak hazırlanan haritaların mevcut sisteme dönüşümü sağlanmalıdır.
- 2. kadastronun yapılmasının önündeki yasal engel kaldırılmalıdır.
- Kurum personeli vizyonla ön görülen kadastral sisteme geçiş noktasında eğitilmelidir.
- Kurumsal açıdan yetersiz kalınan durumlarda özel sektörün gücünden daha fazla faydalanılmalıdır.
- Kadastral faaliyetlerinde görevli personel teknik ve hukuki açıdan hizmet içi eğitime tabi tutulmalıdır.
- Kadastro 2014 Vizyonu ve Arazi İdaresi Temel Modeline uyumlu bir kadastral sistem tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Uluslararası Haritacılar Birliği İnternet Sitesi, Cadastre 2014, <http://www.fig.net>, 16.06.2021.
- Kaufmann J. and Steudler, D., 1998, Cadastre 2014–A Vision for a Future Cadastral System, FIG Publication, s. 44.
- Çağatay, U., 2012, Kadastroda Yeni Yaklaşımlar Ve Kentsel Yapıya Etkileri, Cbü Sosyal Bilimler Dergisi Yıl : 2012, Cilt :10 Sayı :2.
- Manzoor, S., Qureshi, T., A., Liaqat, M., D., Farooq, M., K. and Shamil, S., 2009, A Comparison between Cadastre 2014 and Cadastral Systems of Different Countries, ICEGOV 2009, *Proceedings of the 3rd International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Bogota, Columbia.
- Çete, M., 2015, Kadastro 2014'ün ve Türkiye Kadastrosunun Geleceği, MMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Tek. Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.
- Çete, M. ve İnan, H., I., 2013, Kadastroda Modern Eğilimler ve Türkiye Kadastrosu, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.
- Aydınoglu, A., Ç., 2011, Sosyoteknolojik Yaklaşımlarla Konumsal Veri Altyapısı Kurulması Sürecinde Mevcut Durum Değerlendirmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**KAMPÜSLERDE YAŞAM KALİTESİ: KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
ÖRNEĞİ**

Murat Selim ÇEPNİ^{1*}, Sümeyye USTA², Ece EYİYÜREKLİ³

¹Murat Selim ÇEPNİ, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

muratselim.cepni@kocaeli.edu.tr

²Sümeyye USTA, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

170227052@kocaeli.edu.tr

³Ece EYİYÜREKLİ, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

170227034@kocaeli.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: muratselim.cepni@kocaeli.edu.tr; Tel.: [+90 303 300 4](tel:+903033004)

ÖZET

Kentlerin küçük bir örneği olarak gösterebileceğimiz kampüslerde memnuniyet kavramı son zamanlarda bir çok araştırmaya konu edinilmiş ve bu konu kapsamında sağlanan imkanlarla memnuniyet arasındaki ilişki irdelenerek daha iyi bir planlama yapılması için çabalanmıştır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada yaşam kalitesiyle alakalı literatür araştırması yapılmış ve Kocaeli Üniversitesi kampüsündeki memnuniyetin irdelenmesi yapılarak sonuçlar analiz edilerek harita mühendisliği disiplini çerçevesinde haritalandırılmıştır. Yapılan çalışma pandemi şartlarından dolayı uzaktan eğitim dönemi içerisinde gerçekleştirilmiş olduğundan öğrencilerin uzaktan eğitim ile alakalı memnuniyetleri irdelenmiş ve uzaktan eğitimin gelecekteki konumuyla alakalı görüşleri hakkında bilgi edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaşam kalitesi, üniversite kampüsü, uzaktan eğitim, harita mühendisi

**QUALITY OF LIFE ON CAMPUSES: THE CASE OF KOCAELI
UNIVERSITY**

ABSTRACT

The concept of satisfaction in campuses, which we can show as a small example of cities, has been the subject of many researches recently and the relationship between satisfaction and opportunities provided within the scope of this subject has been examined and efforts have been made for better planning. In this study we have done, a literature search related to the quality of life has been made and the satisfaction in Kocaeli University campus has been examined and the results have been analyzed and mapped within the framework of the survey engineering discipline. Since the study was carried out during the distance education period due to the pandemic conditions, the satisfaction of the students about distance education was examined and information was obtained about their views on the future position of distance education.

Key Words: Life quality, university campus, distance learning, survey engineer

1 GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yaşam Kalitesi, bireylerin hayat standartlarını değerlendirilmesini sağlayan önemli kavramlardan biridir. Yapılmış olan birçok çalışmada yaşam kalitesinin önemi belirtilmiş ve farklı dallarda birden fazla tanımı yapılarak literatürde yerini almıştır. Farklı disiplinler yaptıkları çalışmalarda kendi alanlarına yönelik göstergeler belirlemişlerdir [1][2].

Yaşam kalitesinin artmasının bireysel ve toplumsal olarak ayrı ayrı bakıldığında bir konuya duyulan gereksinimin karşılanma düzeyi olarak değerlendirilebileceğimiz memnuniyet düzeyinin artmasına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Bütün bunlara bağlı olarak kentsel mekân çerçevesinde ihtiyaç duyulan gereksinimler iyi bir düzeyde karşılanmaya başlandığında kentsel mekân kalitesi de bu durumdan pozitif yönde etkilenerek artmaktadır. Bu sebeple kullanımda olan kişi sayısı birçok kentsel alandan fazla olan üniversite kampüsleri de yaşam kalitesi kavramını incelemek için oldukça uygun bir ortamdır. Kimi çalışmalarda yaşam kalitesi göstergeleri sadece öznel ve nesnel yaşam kalitesi göstergeleri şeklinde bir sınıflandırma yapılırken, öteki çalışmalarda yaşam kalitesi göstergelerini hem nesnel ve öznel yaşam kalitesi göstergeleri hem de bireysel ve toplumsal boyutta nesnel ve öznel göstergeler olarak dörtlü bir ayrıma tabi tutulmaktadır[3][4].Önemli uluslararası kuruluşlardan biri olan Avrupa Çevre Ajansı'nın yaşam kalitesi ölçüleri şu şekilde belirtilmektedir;

“Avrupa Çevre Ajansı'nın ölçütleri; tarım, enerji, ulaşım, doğa, turizm, iklim değişikliği, kıyılar ve denizler, hava kalitesi, katı atıklar, toprak, su, eve ait kullanımlar şeklinde toplanmıştır. Üstelik kentsel atık sularının temizlenmesi, çevreye dost ulaşım araçlarının kullanımının çoğaltılması gibi birçok kriter yaşam kalitesi için belirlenen ölçütlerdir” [5]

Bu çalışmanın amacı Kocaeli Üniversitesi Umuttepe kampüsünde lisans eğitimi görmekte olan öğrencilerin akademik ve sosyal konularda memnuniyet derecesini ölçmektir.

Küçük bir kent emsali olarak gördüğümüz üniversiteler aynı kentler gibi mekânsal düzenlemelere ihtiyaç duyarlar. Bu mekânsal düzenlemeler yapılırken eğitim fonksiyonunu birinci sırada göz önüne alarak diğer fonksiyonlar için de bir çalışma yapılmalıdır ki öğrenciler ve akademisyenler üniversiteden alabilecekleri en yüksek verimi alsınlar. Sadece eğitim odaklı bir düzenleme yapıp öğrencilerin birbirleriyle olan iletişimi için büyük bir önem arz eden ortak kullanıma tabi olan sosyal alanları dikkate almamak başarısız ve kalitesiz bir düzenleme olur. Öğrencilere oluşturulacak doğru bir kampüs öğrencilerin mutluluğunu artıracak ve bu da bireysel çalışmaları daha verimli hale getirecektir. Öğrencilerin memnun olacağı bir kampüs düzeni kurmak, yani öğrencilerin kampüsteki yaşam kalitesini arttırmak eğitimden alınan verimi arttırmakla kalmaz beraberinde kendine güvenen ve fikirlerini topluluk içinde sunup savunabilen bireylerin yetişmesine de katkı sağlar.

Üniversitede yaşam kalitesini incelerken bütün değerler düşünüldüğü zaman yaşantının kalitesine ilişkin bazı kavramlar ön plana çıkmaktadır. Yaşam kalitesi algısının öğrencilerin cinsiyeti, yaşı, eğitim görmekte olduğu bölümü, üniversiteye gelmeden önceki yaşadığı şehir, aile ilişkileri, akademik ilişkileri, sosyal ortamları, kampüsün tasarımı ve kampüs yerleşkesinin konumu gibi başlıklarla ilişkilendirilebilir.Tasarımın bir konusu da kampüs tasarımıdır. Neuman ve Kliment'a göre bir kampüs planlanırken dikkat edilmesi gereken üç önemli kriter vardır. Bu kriterler; erişilebilirlik, güvenlik ve kampüste bulunacak kişilerin katılımıdır.[6] Kampüsteki Erişilebilirlik ve ulaşım, kampüs içerisindeki bireylerin fakültelere, ortak sosyal kültürel alanlara, spor tesislerine ve konut gibi diğer yapılara kolaylıkla ulaşım sağlamaları ve rahat bir şekilde ihtiyaçlarını gidermeleri olarak tanımlanır[7]. Basil'e göre bir kampüsün tasarımı için belli bir spesifik düzen yoktur. Ancak iyi bir kampüs tasarımı olması için binaların birbirleriyle ortak bir yerde, düzen içerisinde olması gerektiği düşüncesine sahiptir[8].Kampüs planlamasına günümüzden geçmişe doğru tasarım şekillerine bakıldığı zaman kampüs içindeki binaların, sosyal alanların nasıl organize edileceği hakkında altı sistem gelişmiştir. Bunlar; Yaygın tip yerleşme sistemi, Merkezi tip yerleşme sistemi, Moleküler tip yerleşme sistemi, Şebeke yerleşme sistemi, Haç tipi yerleşme sistemi, Lineer tip yerleşim sistemi[9].

Hem Türkiye'de hem de Dünya'da sürdürülebilir kampüs kavramı oluşturmak için düzenlemeler yapılmaktadır. Sürdürülebilir bir kampüs çevre temizliğine önem vermekle kalmaz aynı zamanda kampüs içinde kullanılacak enerjilerin minimum miktarda maksimum verimlilikle kullanılmasını hedefler. Bu önlemlerle hem kendi bulunduğu ortamı hem de genel yerleşimi korumayı hedefler. Sürdürülebilirlik kavramını baz alarak kendi ihtiyaçlarını kendilerinin karşılayabilen, enerji kullanımını doğaya dost olacak bir şekilde düzenleyen, karşılaşılan sosyoekonomik problemlere kendi başına çözüm üretebilen kampüs kavramı ortaya çıkmıştır.

Araştırmaların ve yapılan çalışmaların sonucunda sürdürülebilir bir üniversite kampüs kavramını şöyle tanımlamak mümkündür; bulunduğu ortamın içerisinde kendisine lazım ihtiyaçlarını giderebilen, karşılaştığı ekonomik ve sosyal sorunların etkisini oldukça minimum seviyeye getirebilen ve gerçekleştirdiği bu çalışmalarla da topluma sürdürülebilirlik kavramı açısından yol gösterici olan yükseköğretim kurumlarıdır. Eko-kampüs, yeşil kampüs gibi adlarla da anılmaktadır.

Üniversite Kampüslerini sürdürülebilir bir çevreye dönüştürmek adına AASHE standartları baz alınarak çalışmalar ve tasarılar yapılmaktadır [10]. Üniversite kampüsünün planlanması aşamasında akademisyenlere ve öğrencilere bu konu çerçevesinde bilgi vererek onları konu hakkında bilinçlendirmek oldukça önemlidir.

Akademisyenlerin bilgisi ve tecrübesi eşliğinde sürdürülebilir bir kampüs oluşumu doğaya, ülke ekonomisine, kaynaklara ve yaşam kalitesine katkısı olacağı gibi gelecek nesillerde oluşturulacak üniversitelerin de rol modeli olacaktır[11].

2 DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışmanın kuramsal çerçevesi ve amaçları dikkate alınarak, 209 kişiden oluşan örneklem grubundan toplanan verilerin betimleyici analizleri ile araştırmanın amacına yönelik yapılan analizler yer almaktadır. Çalışmada SPSS 20.0 ve Arcmap 10.8 programları kullanılarak üniversite yaşam kalitesine dair istatistiksel analizler ve güvenilirlik analizleri yapılmış ve analizler sonucunda mekansal istatistiğin değerlendirilebilmesi adına haritalandırılması yapılmıştır

Araştırma hedeflerini gerçekleştirmek üzere yapılan anket çalışmasında soruların dağılımları incelenmiştir ve haritalandırma aşamasında da bu anket sonuçlarının değerlendirilmesi baz alınmıştır.Çalışmada yapılan analizler şu şekildedir:

- Araştırmada kullanılan ölçeklere ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bulgular
- Araştırmada kullanılan nominal ölçeklere ilişkin bulgular
- CBS tabanlı uygulamadan elde edilen haritalar

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Hazırlanan bu tezin amacı Kocaeli Üniversitesi'nde eğitim görmekte olan öğrencilerin üniversiteye ilişkin memnuniyet derecelerini ölçmek ve kampüs yaşam kalitesini belirlemektir. Bu kapsam çerçevesinde Umuttepe kampüsünde 2020- 2021 dönemi içerisinde lisans öğrencisi olan öğrencilere 54 sorudan oluşan bir naket uygulanmıştır. Anket internet ortamında, Google Forms üzerinden hazırlanılmış olup yine cevaplar bu uygulama üzerinden toplanmıştır. Anket içeriğinde 10 adet demografik soru bulunmaktadır. Bu sorulara ek olarak 5'lik likert ölçeği (1: çok kötü-5: çok iyi) baz alınarak hazırlanan 44 adet ilave soru sorulmuştur. Yapılan çalışma öğrencilerin genelini kapsamamakla beraber elde edilen kısıtlı veri setiyle bir sonuca ulaşılmış ve harita mühendisliği disiplini açısından mekansal istatistiğin kullanılabilirliği ARCMAP 10.8 programında oluşturulan haritalarla ölçülerek gösterilmiştir.

2.1.1 Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

Araştırma hedeflerini gerçekleştirmek üzere yapılan anket çalışmasında soruların dağılımları incelenmiştir. Bu sonuçlara göre ankete katılanların %54,5'ine denk gelen 114 katılımcı kadın, %45,5'ine denk gelen 95 katılımcı ise erkek olmuştur. Bu sonuca göre kadınlarla erkekler neredeyse eşit düzeyde ankete katılım sağlamıştır.

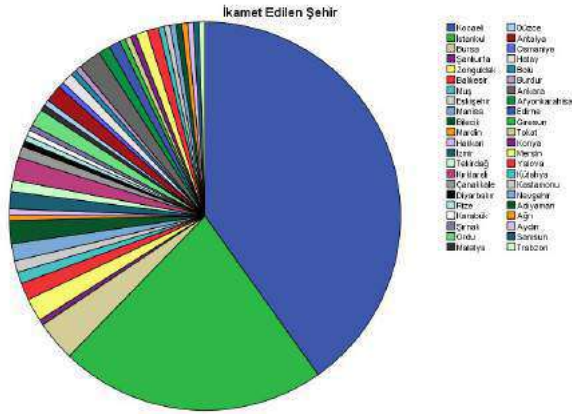
ÇİZELGE 1 Ankete katılan öğrencilerin cinsiyete göre dağılımı

Cinsiyet	Frekans	Yüzde
<i>Kadın</i>	114	54.5
<i>Erkek</i>	95	45.5
Toplam	209	100,00

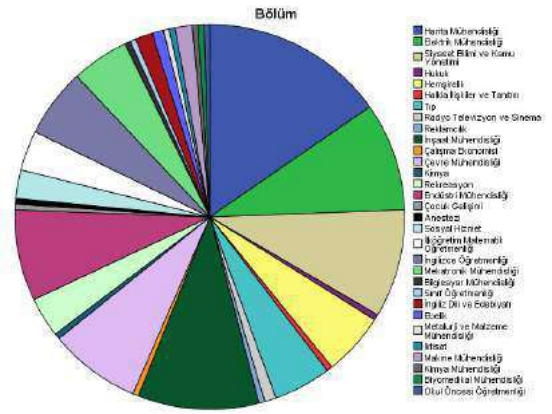
Bulgulara göre ankete katılanların %1,4'üne denk gelen 3 öğrencinin birinci sınıfta okuduğu, %1,9'una denk gelen 4 öğrencinin ikinci sınıfta okuduğu, %25,4'üne denk gelen 53 öğrencinin üçüncü sınıfta okuduğu, %56,9'una denk gelen 119 öğrencinin dördüncü sınıfta okuduğu, %14,4'üne denk gelen 30 öğrencinin ise beş yıl ve fazlasında okuduğu başka bir deyişle okuduğu bölümü uzattığı görülmektedir. Ankete katılanların büyük bir çoğunluğunun üçüncü ve dördüncü sınıfta okuyanların oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

ÇİZELGE 2 Ankete katılan öğrencilerin eğitim yıllarına göre dağılımı

Öğrenim Yılları	Frekans	Yüzde
1.yıl	3	1,4
2.yıl	4	1,9
3.yıl	53	25,4
4.yıl	119	56,9
5 ve fazlası yıl	30	14,4
Total	209	100,0



Şekil 1: Ankete katılan öğrencilerin ikamet ettiği şehirler



Şekil 2: Şekil 1: Ankete katılan öğrencilerin okuduğu bölümler

Araştırma sonuçlarına göre mühendislik bölümlerinin diğer bölümlere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ankete katılım oranının en yüksek olduğu bölüm %15,3 ile Harita Mühendisliği bölümünde olduğu görülmüştür. Ankete katılım oranının en düşük olduğu bölümler ise %0,50 ile Okul Öncesi Öğretmenliği, Halkla İlişkiler ve Tanıtım, Hukuk, Reklamcılık, Çalışma Ekonomisi, Kimya, Çocuk Gelişimi, Anestezi, Bilgisayar Mühendisliği, Sınıf Öğretmenliği, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği, İktisat, Kimya Mühendisliği ve Biyomedikal Mühendisliği bölümlerinde olduğu sonucuna varılmıştır.

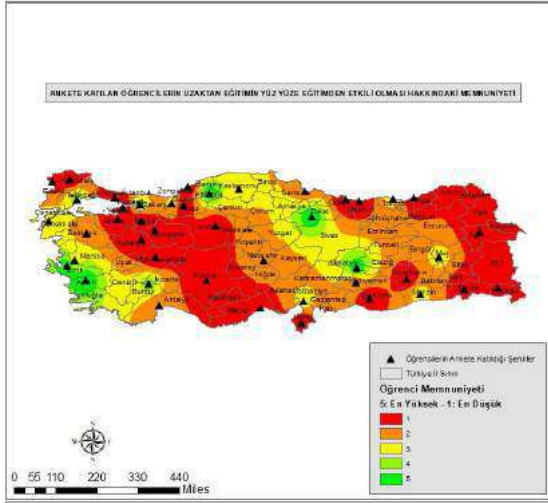
Bulgulara göre ankete katılanların %1,4'üne denk gelen 3 öğrencinin birinci sınıfta okuduğu, %1,9'una denk gelen 4 öğrencinin ikinci sınıfta okuduğu, %25,4'üne denk gelen 53 öğrencinin üçüncü sınıfta okuduğu, %56,9'una denk gelen 119 öğrencinin dördüncü sınıfta okuduğu, %14,4'üne denk gelen 30 öğrencinin ise beş yıl ve fazlasında okuduğu başka bir deyişle okuduğu bölümü uzattığı görülmektedir. Ankete katılanların büyük bir çoğunluğunun üçüncü ve dördüncü sınıfta okuyanların oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Anket sonuçlarına göre örneklemin %40,2'sine denk gelen 84 öğrencinin Kocaeli'de ikamet ettiği ve %22'sine denk gelen 46 öğrencinin İstanbul'da yaşadığı görülmektedir. Diğer öğrenciler yüzdesi ise az bir çoğunluk göstermektedir. Buna göre ankete katılanların büyük bir kısmının Kocaeli'de yaşadığı sonucuna varılmıştır. Bu durumda Kocaeli'den gelen öğrencilerin okudukları yere ulaşımın kolay olduğu sonucu çıkarılabilir.

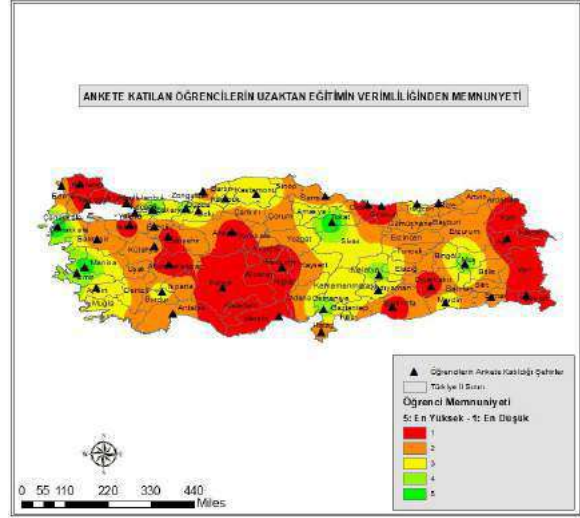
Ankete katılanların %3,8'ine denk gelen 8 öğrencinin ulaşımını servis ile sağladığı, %70,3'üne denk gelen 147 öğrencinin otobüs kullandığı, %4,8'ine denk gelen 10 öğrencinin ulaşımını özel araç ile sağladığı ve son olarak %21,1'ine denk gelen 44 öğrencinin kampüse yaya olarak ulaştıkları görülmektedir. Bu sonuca göre ankete katılanların büyük çoğunluğunun otobüs kullanarak fakültelerine ulaştıkları sonucuna varılmaktadır.

3 SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışmaya katılan Kocaeli Üniversitesi lisans öğrencilerine uzaktan eğitim döneminde ikamet ettikleri şehirler sorulmuş olup bu şehirlere göre Arcmap 10.8 ortamında haritalandırmalar yapılmıştır. Haritalandırmalarda en yüksek memnuniyet derecesi olan 5 yeşil renk ile gösterilmiş olup en düşük memnuniyet derecesi olan 1 ise kırmızı renkle gösterilmiştir.

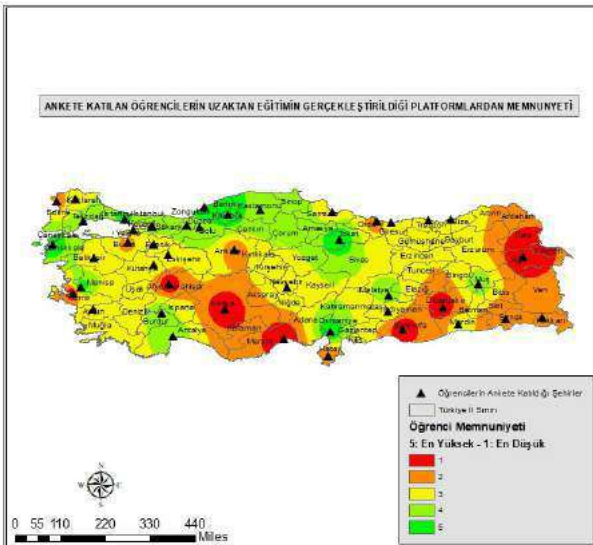


Şekil 4: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitimin yüz yüze eğitimden etkili olması hakkındaki memnuniyeti

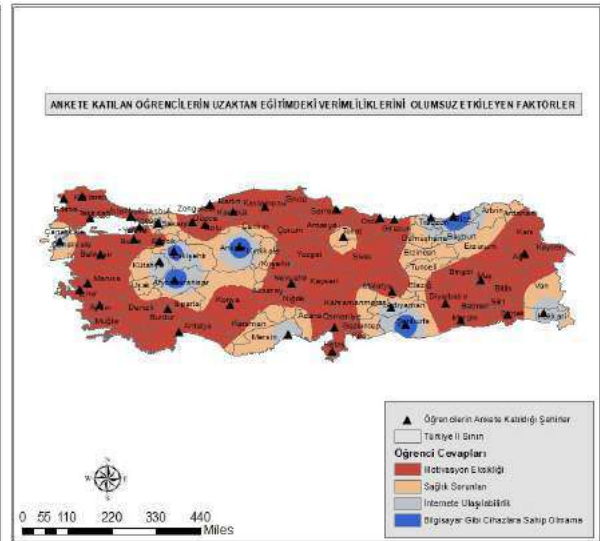


Şekil 3: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitimin verimliliğinden memnuniyeti

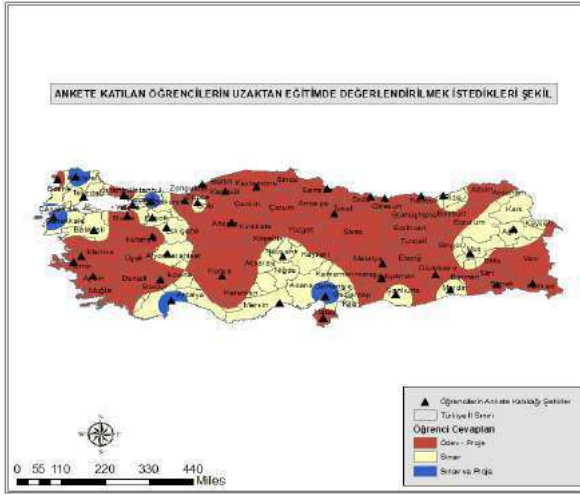
Ankete katılan öğrencilere uzaktan eğitimin yüz yüze eğitimden daha etkili olması hakkındaki düşüncelerini sormuş olup öğrencilerin vermiş olduğu memnuniyet dereceleriyle oluşturulan şekil 3'teki haritalandırmada görmekteyiz ki öğrencilerin geneli yüz yüze eğitimin uzaktan eğitimden daha etkili olduğunu düşünmektedirler. Şekil 4'te ise öğrencilerin uzaktan eğitimin verimliliğinden memnuniyet derecelerinin düşük olduğu gözlemlenmektedir.



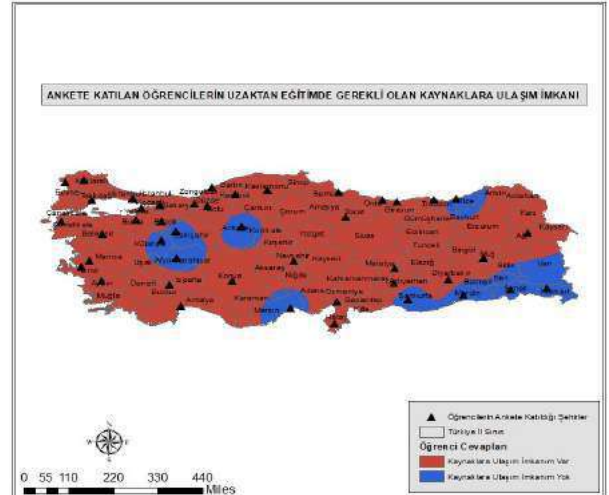
Şekil 5: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitimin gerçekleştirildiği platformlardan memnuniyeti



Şekil 6: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitimdeki verimliliklerini olumsuz etkileyen faktörler

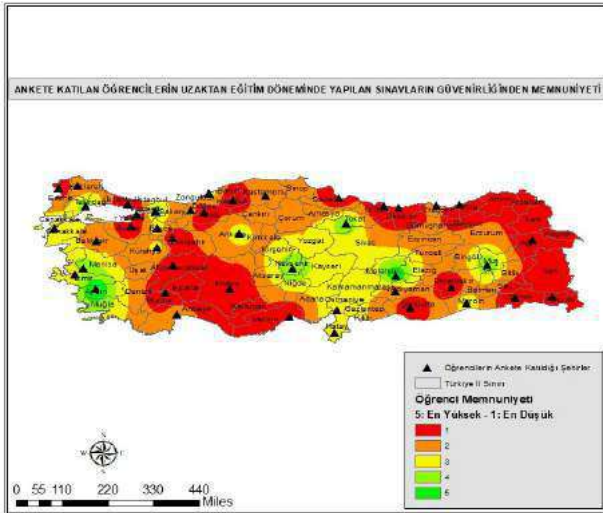


Şekil 8: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitim döneminde tercih ettikleri değerlendirilme şekli

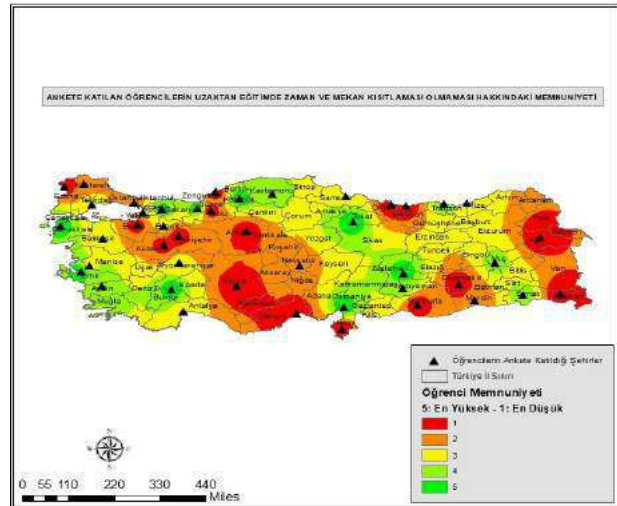


Şekil 7: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitimde gerekli olan kaynaklara ulaşım imkanı

Yapılmış olan haritalarda görülmektedir ankete katılan 209 lisans öğrencisinin çoğunun uzaktan eğitim için gerekli kaynaklara ulaşım imkanı olmakla birlikte ülkenin doğu kısmındaki öğrencilerin bu kaynaklara erişim imkanı yoktur. Şekil 6'daki haritalandırmayı incelediğimiz zaman buradaki ulaşım imkanı sorununun internet ve bilgisayar gibi cihazlara sahip olunmaması gibi nedenlere dayandığını görmekteyiz.

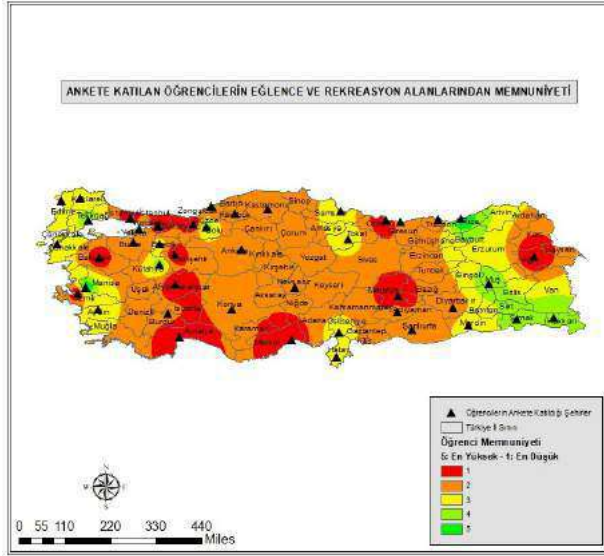


Şekil 10: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitim döneminde yapılan sınavların güvenilirliğinden memnuniyeti

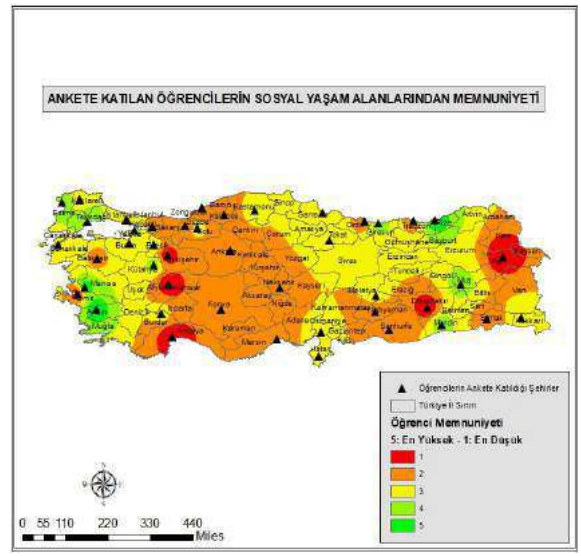


Şekil 9: Ankete katılan öğrencilerin uzaktan eğitim döneminde zaman ve mekan kısıtlaması olmaması hakkındaki memnuniyeti

Şekil 9' daki haritalandırmada öğrencilerin uzaktan eğitimin döneminde yapılan sınavların güvenilir olmadığını düşündüğünü gözlemlemekteyiz. Şekil 7'de bulunan haritadaki öğrencilerin uzaktan eğitim döneminde tercih ettikleri değerlendirme şeklinin çoğunlukla ödev-proje biçiminde olmasını da şekil 9'daki haritanın sonucu olarak gösterebiliriz.

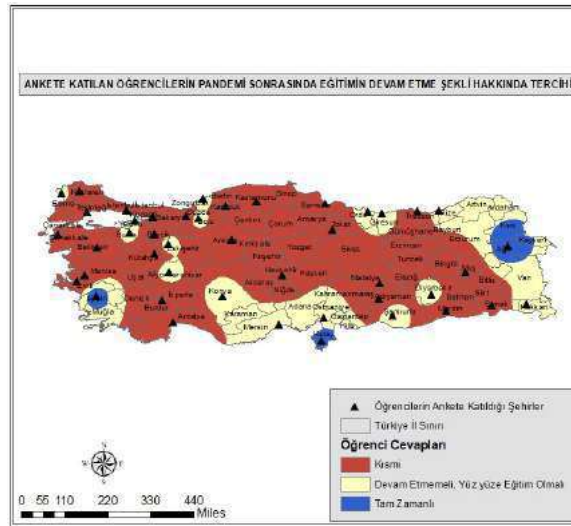


Şekil 11: Ankete katılan öğrencilerin eğlence ve rekreasyon alanlarından memnuniyeti



Şekil 12: Ankete katılan öğrencilerin sosyal yaşam alanlarından memnuniyeti

Anket çalışmasına katılan öğrencilerin Kocaeli Üniversitesi kampüsündeki eğlence ve rekreasyon alanlarından memnuniyet derecelerinin genel olarak düşük olduğunu, memnuniyet derecesini yüksek olarak değerlendiren öğrencilerin ise ülkenin doğu kısmından ankete katılan öğrenciler olduğunu şekil 11’de gözlemlemekteyiz. Şekil 12’de ise ankete katılan öğrencilerin sosyal yaşam alanlarından memnuniyetinin şekil 11’deki eğlence ve rekreasyon alanlarından memnuniyetten daha yüksek olduğunu görmekteyiz.



Şekil 13: Ankete katılan öğrencilerin pandemi sonrasında eğitimin devam etme şekli hakkındaki tercihi

Şekil 13’deki haritaya baktığımız zaman öğrencilerin pandemi sonrasında eğitimin devam etme şekli hakkındaki tercihlerinin kısmi şekilde devam etmesi olduğunu gözlemlemekteyiz. Ankete katılan öğrenciler lisans eğitimi gördüğü bölümlerde uzaktan eğitimle devam edebilecekleri dersler olduğunu düşünmektedirler.

Bunun yanı sıra uzaktan eğitimin devam etmemesi, yüz yüze eğitimin tam zamanlı olarak devam etmesi fikrine sahip öğrenciler olduğunu, uzaktan eğitimin tam zamanlı devam etmesini isteyen öğrenci yoğunluğunun ise oldukça düşük olduğunu gözlemlemekteyiz.

4.SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmaların sonucunda Kocaeli Üniversitesinde eğitim gören öğrencilerin üniversite ile ilgili hem genel hem de alt boyutlara ilişkin memnuniyet seviyelerini ölçmesi ve genel memnuniyete etki eden faktörlerin incelenmesi bakımından önem taşımaktadır. Çalışmada öğrencilerin en çok İmkanlar ve hizmetler yönünden memnuniyet duydukları görülmüştür ve yine akademik ve idari yönden de memnuniyet yüksektir. Spor alanlarından memnuniyet orta derecededir ve sosyal yaşam hizmetlerinden memnuniyetleri ise düşük düzeyde çıkmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği pandemi ortamında öğrencilerin uzaktan eğitimin verimliliğinden memnuniyet duymadıkları ve yüz yüze eğitimi uzaktan eğitime tercih ettiklerini görmekteyiz.

Anket sorularını cevaplandıran öğrencilerin uzaktan eğitim dönemi içerisinde tercih ettikleri değerlendirme şeklinin ödev olduğu bunun sebebinin de internet üzerinden yapılan sınavların güvenilirliği hakkındaki memnuniyetlerinin düşük olmasını gösterebiliriz. Öğrencilerin verdikleri cevaplardaki çoğunluğa bakıldığında bu dönem içerisinde öğrencilerin eğitimlerini olumsuz etkileyen faktörün motivasyon eksikliği olduğu görülmektedir. Olumsuz etkileyen faktörlerden internet ve bilgisayar gibi cihazlara sahip olmama sorunu ise genel olarak ülkenin doğu kısmındaki öğrencilerde olduğunu görmekteyiz. Uzaktan eğitim dönemi içerisinde uzaktan eğitimin gerçekleştirildiği platformlardan memnuniyet genel olarak yüksek olmakla birlikte , uzaktan eğitimde mekan ve zaman kısıtlamasının olmamasının eğitimin devamlılığını olumlu etkilediğini gözlemiş bulunmaktayız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- KABADAYI, H. (2006), Yaşam Kalitesi ve Kullanıcı Memnuniyetinin Kentsel Tasarımdaki Etkisine Çok Boyutlu Yaklaşım (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- EKŞİOĞLU, A. Y. (2011), Kentsel Yaşam Kalitesi ve İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, M.Ü., Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- ALTUNTAŞ, S. T. ve EYİGÜN, Y. (2021), Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları Raylı Sistemler Örneği.
- SARI, V. İ. ve KINDAP, A. (2018), TÜRKİYE'DE KENTSEL YAŞAM KALİTESİ GÖSTERGELERİNİN ANALİZİ. Journal of Turkish Court of Accounts/Sayıstay Dergisi, (108).
- ÖZHEKİM, N. (2016), Toplu Taşıma Sistemlerinin Kentsel Yaşam Kalitesine Etkisi: İstanbul Kadıköy–Kartal Metro Örneği. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gebze.
- ABD-RAZAK, M. Z., UTABERTA N. ve HANDRYANT, N. (2012), A study of students' perception on sustainability of campus design: A case study of four research universities campus in Malaysia. Research Journal of Environmental and Earth Sciences,, 4.6: 646-657.
- MATLOOB, F. A. ve ALSOFE, H. H. (2018), Performance of Outdoor Physical Character of Kirkuk University Campus.
- SALİHOĞLU, T. Ve AÇIKGÖZ, F. K. (2020), Üniversite Kampüslerinde Öğrenci Yaşantısının Kalitesi: GTÜ Çayirova Kampüsü Örneği. Üniversite Araştırmaları Dergisi, 4(1), 53-60.
- GÜNGÖR S.ve DEMİR, M. (2018), Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilir Tasarım Sürecinin İrdelenmesi ve Selçuk Üniversitesinde Sürdürülebilir Kampüs Tasarımına Yönelik Öneriler
- BULUT, Z., KILIÇASLAN, Ç., DENİZ, B., ve KARA, B. (2010), Kentsel Ekosistemlerde Sürdürülebilirlik ve Açık-Yeşil Alanlar.

Panel Veri Modelleri ile OECD Ülkeleri Arasında Covid-19 Vaka Sayısını Etkileyen Kısıtlayıcı Faktörlerin Analizi

Ayşe DUMAN^{1,*}, Ülkü Babuşcu YEŞİL²

¹Ayşe DUMAN, Matematik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

ysdmn10@gmail.com

²Ülkü Babuşcu YEŞİL, Matematik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

ubabuscu@yildiz.edu.tr

* Sorumlu yazar: E-Mail: ysdmn10@gmail.com; Tel.: +90 505 145 23 56

ÖZET

2020 Ocak ayı itibariyle günlük yaşamımızı derinden etkileyen Covid-19 salgın hastalığı hızlı bir şekilde tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Bu hastalığın yayılım hızı ve etki dereceleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu hastalığı en iyi şekilde kontrol altına alabilmek için devletler, birçok kısıtlayıcı politikaları benimsemişlerdir. Bu çalışmada Oxford Covid-19 Devlet Müdahale İzleyicisi tarafından paylaşılan, ülkelerin Covid-19 hastalığına karşı yürütmüş olduğu sınırlama ve kapatma politikaları, ekonomik politikalar ve sağlık sistemi politikaları verilerinden faydalanılarak bu değişkenlerinin Covid-19 vaka sayısına etki dereceleri incelenmiştir. Bu analizde Covid-19 vaka sayısı hedef değişken alınarak toplam 16 bağımsız değişken üzerinden çeşitli panel veri modelleri ile analiz yürütülmüştür. Analizde klasik, sabit ve rassal etkili panel veri modelleri ile 35 OECD ülkesinin 2020 Mart – 2021 Nisan ayları da dahil olmak üzere toplam 14 ay için panel veri yapısı oluşturulmuştur. Analiz sonucunda çeşitli hipotez testleri uygulanarak iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, toplu ulaşım kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, uluslararası seyahat kontrolü, borç sözleşme muafiyeti, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu, aşı politikası istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde ülkelere göre oluşturulan rassal etkiler modelinde anlamlı bulunmuştur. 14 aylık zaman serisi verilerine göre yapılan analizde sabit etkili panel veri modeli uygun bulunmuştur. Sabit etkili panel veri modelinde iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu ve aşı politikası %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, OECD, panel veri analizi, sabit etkili panel modeli, rassal etkili panel modeli

ANALYSIS OF LIMITING FACTORS AFFECTING THE NUMBER OF COVID-19 CASES ACROSS OECD COUNTRIES USING PANEL DATA MODELS

ABSTRACT

As of January 2020, the Covid-19 epidemic disease, which deeply affected our daily lives, quickly affected the whole world. The rate of spread and the degree of impact of this disease differ from country to country. In order to control this disease in the best way, states have adopted many restrictive policies. In this study, the effects of these variables on the number of Covid-19 cases were examined by making use of the data shared by the Oxford Covid-19 Government Response Monitor, the containment and closure policies of countries against the Covid-19 disease, economic policies and health system policies[x]. In this analysis, the number of Covid-19 cases was taken as the target variable and analysis was carried out with various panel data models on a total of 16 independent variables. In the analysis, a panel data structure was created for a total of 14 months, including the months of 2020 March – 2021 April of 35 OECD countries, with classical, fixed and random effect panel data models. As a result of the analysis, by applying various hypothesis tests, workplace closure restriction, gathering restriction, public transportation restriction, stay at home restriction, domestic movement restriction, international travel control, debt contract exemption, contact tracing, mask wearing obligation, vaccination policy are statistically at 95% confidence level. It was found significant in the random effects model created by countries. The fixed effect panel data model was found to be appropriate in the analysis made according to the 14-month time series data. In the fixed effect panel data model, workplace closure restriction, gathering restriction, stay at home restriction, internal movement restriction, contact tracing, mask wearing requirement and vaccination policy were found to be statistically significant at the 95% confidence level.

Key Words: Covid-19, OECD, panel data analysis, fixed effect panel model, random effect panel model

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Panel veri yapısı yatay kesit gözlemleri ve zaman serisi verilerinin birleşiminden meydana gelmesi sebebiyle istatistiksel modellemelerde birçok avantaj sağlamaktadır. Bu tür modellerde bireyler; firmalar, ülkeler, hane halkları gibi çeşitli birimlere ait yatay kesit gözlemlerin, belirli dönem aralıklarında bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır [1]. Panel Veri Modelleri birçok literatür araştırmalarında özellikle ekonomik gelişim süreçleri, ülkeler arası sağlık, turizm, eğitim ve demografik modellemelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu gibi önemli alanlarda tercih edilmesi, incelenen bağımlı değişken ve ona etki eden açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkilerin doğru yorumlanmasını önemli kılmaktadır. Panel veri analizinde bulunan her bir birim tüm zamanlar boyunca gözlenmiş ise dengeli panel, bazı birimler için bazı zamanlarda eksik değerlerin yer alması durumunda dengesiz panel yapısı söz konusu olmaktadır. İncelenen araştırmalarda birime ait gözlemlerin her bir zaman diliminde eksiksiz veri bulundurulması bazı durumlar için olanaksız olmaktadır [2]. Panel veri yapısı birçok birimin kendine has özelliklerini modele yansıtmaktadır. Birimlerin özelliklerini yansıtan bu tür değişkenlere birim etki adı verilmektedir. Birim etki değerlendirilirken birimlere göre değişen zamana göre sabit değişkenler göz önüne alınır. Diğer yandan incelenen her bir zaman diliminin de kendine has özellikleri olabilir. Bu tür zaman özelliklerini ortaya çıkaran değişkenlere zaman etkisi adı verilmektedir. Zaman etkisi değerlendirilirken birimlere göre sabit ve zamana göre değişen değişkenler dikkate alınır. Panel veri modelleri arasında tercih yapılırken birim etki ve zaman etkilerinin olmadığı düşünülüyorsa klasik en küçük kareler regresyon modeli (havuzlanmış en küçük kareler yöntemi) sadece birim etkileri, sadece zaman etkileri veya hem birim etki hem de zaman etkilerinin olduğu düşünülüyorsa tesadüfi (rassal) etkiler modeli veya sabit etkiler modelini kullanılır. Sabit etkiler modeli kendi içerisinde gölge değişkenli en küçük kareler yöntemi, grup içi tahmin yöntemi ve gruplar arası tahmin yöntemi olarak ayrılmaktadır. Bu oluşturulan modellerde hangisinin en uygun model olduğuna karar verebilmek için çeşitli hipotez testleri yapılmaktadır. Klasik modelin geçerliliği için F testi, rassal etkili ve klasik model arasında tercih yaparken Lagrange Multiplier (LM) testi, sabit etkiler ve klasik model arasında tercih yapabilmek için olabilirlik oran testi (LR testi) ve rassal etkili panel veri modeli ile sabit etkili panel veri modeli arasında tercih yapabilmek için Hausman testi literatürde sıklıkla uygulanan testler arasındadır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada öncelikle panel veri yapısını meydana getiren veri türleri, modelleri ve uygunluk testleri üzerinde detaylı bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada öncelikle havuzlanmış en küçük kareler panel veri modeli, sabit etkili panel veri modeli ve rassal etkili panel veri modelleri ile uygunluk testleri yapılmıştır. Tek yönlü birim etkiler panel veri modellerinden gölge değişkenli en küçük kareler yöntemi, grup içi tahmin yöntemi ve gruplar arası tahmin yöntemi uygulanmıştır. Bu modeller hem yatay kesit birimlerini oluşturan 35 OECD ülkesi üzerinde hem de zaman etkisini oluşturan 2020 Mart – 2021 Nisan ayı verileri üzerinde ayrı olarak etkileri incelenmiştir. Aşağıdaki tabloda panel veri modellerinde kullanılan açıklayıcı değişkenler açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

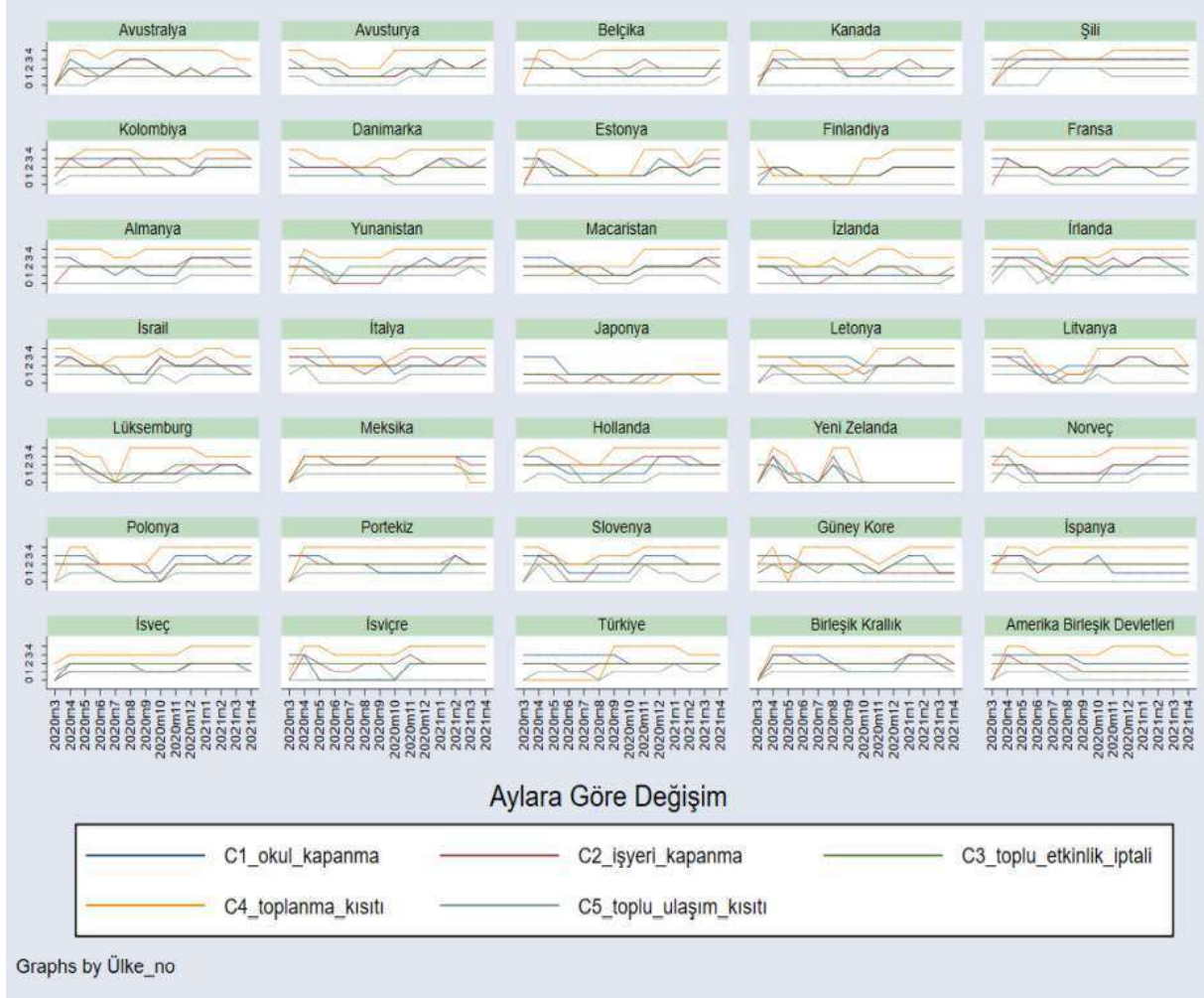
Tablo 2.1 Oxford Covid -19 Devlet Müdahale Takibi Değişkenleri ve Açıklamaları (Oxford Covid -19 Government Response Request Variables and Disclosures) [3]

Değişken Adı	Değişken Açıklaması	Değişkenin İçerdiği Değerler
Ülke_adı	Ülke adı	Ele alınan ülkeler 0'dan başlanarak alfabetik sıraya göre kodlanmıştır.
Tarih	Verilerin elde ediliş tarihi	Günlük elde edilen verilerin tarih durumu
C1_okul_kapanma	Okulların ve üniversitelerin kapanış durumları	0 durumu önlem yok; 1,2,3 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir
C2_işyeri_kapanma	İşyerlerinin kapanış durumları	0 durumu önlem yok; 1,2,3 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir
C3_toplu_etkinlik iptali	Herkese açık etkinliklerin durumları	kısıt 0 durumu önlem yok; 1 ve 2 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir.
C4_toplantı_kısıtı	Toplantılarda kayıt limitleri	0 durumu önlem yok; 1 ve 2 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir.
C5_toplu_ulaşım_kısıtı	Toplu taşıma kısıtı	0 durumu önlem yok; 1 ve 2 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir.
C6_evde_kalma_kısıtı	Evde kalma kısıt durumları	0 durumu önlem yok; 1,2,3 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir.
C7_iç_hareket_kısıtı	Şehirler / bölgeler arasındaki iç hareket kısıtlamaları	0 durumu önlem yok; 1 ve 2 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir
C8_uluslararası_seyahat_kontrolü	Uluslararası seyahatlerle ilgili kısıtlamalar	0 durumu önlem yok; 1,2,3,4 durumları kısıtlamalar artacak şekilde belirtilmiştir.
E1_gelir_desteği	Hükümetin işini kaybeden veya çalışamayan insanlara doğrudan nakit ödeme yapıp yapmadığı durumu	0 durumu gelir desteği yok; 1 ve 2 durumları gelir desteği artacak şekilde belirtilmiştir.
E2_borç_sözleşme_muafiyeti	Hükümetin hane halkları için sözleşme muafiyet durumu	0 durumu borç / sözleşme muafiyeti yok; 1 ve 2 durumları borç /sözleşme muafiyetleri artacak şekilde belirtilmiştir.
H1_kamu_bilgilendirme_kampanyaları	Herkese açık bilgi kampanyaları durumu	0 durumu bilgilendirme kampanyası yok; 1 ve 2 durumları kampanyalar artacak şekilde belirtilmiştir.
H2_test_politikası	Hükümetin Covid Testi politika durumu	0 durumu test politikası yok; 1,2,3 durumları toplum üzerinde test erişimi artacak şekilde belirtilmiştir.
H3_temas_izleme	Pozitif bir teşhisten sonra temas takibiyle ilgili hükümetin politika durumu	0 durumu temaslı izleme yok; 1 ve 2 durumları temaslı takip önlemleri artacak şekilde belirtilmiştir.

H6_maske_takma_zorunluluk_durumu	Maske takma durumları	0 durumu maske takmanın ile ilgili politika yok; 1,2,3,4 durumları maske takma önerileri artacak şekilde belirtilmiştir.
H7_aşı_politikası	Farklı gruplar için aşı teslimi durumu	0 durumu farklı gruplar için aşı teslimi yok; 1,2,3,4,5 durumları aşı teslim durumu artacak şekilde belirtilmiştir.
H8_yaşlıların_korunması	Yaşlı insanları korumaya yönelik kayıt politikaları	0 durumu yaşlı insanlarda koruma yok; 1,2,3 durumları korumanın giderek arttığı belirtilmiştir.

Model varsayımlarını bozan otokorelasyon, birimler arası eş zamanlı korelasyon ve değişen varyans (heteroskedasticity) problemi olup olmadığı istatistiksel hipotez testleri ile test edilmiştir. Varsayımı bozan problemler için robust tahmin ediciler kullanılarak standart hata değerleri tekrar düzeltilip analiz yürütülmüştür. Birimler arası korelasyonun olduğu durumlarda Parks-Kmenta ve Becz- Katz tahmincisi kullanılarak esnek genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon modeli üzerinden analizler hem zaman etkisi taşıyan modele hem de birim etkiyi taşıyan modele ayrı ayrı uygulanarak Covid-19'a etki eden açıklayıcı değişkenlerin neler olduğu %95 güven düzeyinde tespit edilmiştir.

2.1 Covid-19 Vaka Sayısına Etki Eden Önlemlerin Grafiksel Gösterimleri (Materials and Preparation Techniques)



Şekil 2.1. Okul Kapanma, İş Yeri Kapanma, Toplu Etkinlik İptali, Toplanma ve Toplu Ulaşım Kısıtının OECD Ülkeleri Arasında Aylara Göre Değişimi

Grafikte 35 OECD ülkesinin 2020-Mart ve 2021-Nisan ayı Covid-19 vaka sayılarına göre devlet tarafından benimsenen bazı kısıtlımların dönem bazlı dereceleri verilmiştir. Örneğin Türkiye’de 2020 Ağustos ayı itibariyle toplanma kısıtı önemli derecede artmıştır. Aynı dönemde toplu ulaşımında da kısıtlamaların arttığı gözükmemektedir. Aşılama sürecinin başlamasına bağlı olarak 2021 Ocak ayı itibariyle hem toplanma kısıtında hem toplu ulaşım kısıtında önem dereceleri azalmıştır.

3. ANALİZDE KULLANILAN PANEL VERİ MODELLERİ VE TAHMİN YÖNTEMLERİ (PANEL DATA MODELS AND FORECAST METHODS USED IN ANALYSIS)

Covid-19 vakalarına etki eden kısıtlayıcı faktörlerin modele bağımlı değişkene ne ölçüde yansıdığı tespit edebilmek için ilk olarak havuzlanmış en küçük kareler regresyon modeli uygulanmıştır. Bu model için oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Modelde yer alan bütün katsayılar aynı anda sıfırdır.

H_1 = Modelde yer alan en az bir katsayı sıfırdan farklıdır.

Modelin anlamlılığı test edildiğinde H_0 hipotezi %5 anlamlılık seviyesinde reddedilir. Havuzlanmış en küçük kareler yöntemine göre anlamlı bulunan değişkenler şu şekildedir: işyeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, uluslararası seyahat kontrolü, gelir desteği, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu ve aşı politikasıdır.

İkinci olarak ele alınan analiz durumu sabit etkili panel veri modelleridir. Bu modellerde 3 farklı yöntem ile analizler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yatay kesit birimlerine göre oluşturulan modelde her ülke için kukla değişken (dummy variable) atanmıştır. Model anlamlı çıkmıştır. İkinci oluşturulan modelde ise OECD ülkeleri arasındaki farklılıkları göz önüne alacak gruplara arası tahmin yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. Bu modelin çıktıları da %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En son gruplar içindeki vaka sayısı değişimini dikkate alan grup içi tahmin yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem de istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermiştir. Sabit etkiler modelinde birim etki veya zaman etkisi modelde yer alan hata terimi bileşenine yansıtılmaktadır. Klasik regresyon modelinde hata terimleri ile açıklayıcı değişkenler arasında herhangi bir korelasyon yani ilişkinin olması uygun değildir. Bu yüzden sabit etkiler modeli sayesinde birim etki veya zaman etkisi modele yansıtılmaktadır.

Analize dahil edilen diğer bir model ise rassal etkili panel veri modelleridir. Bu model yapısında hata terimi ile açıklayıcı değişken arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını kabul ederek analiz yürütülür [4]. Bu tür modellerde birimlerin tesadüfi olarak seçiminden kaynaklanması sebebiyle birimler arası meydana gelecek farklılıkların rassal olacağı görüşü benimsenmiştir. Rassal etkili model için oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Modelde bulunan bütün açıklayıcı değişkenlerin katsayıları sıfırdır. Model bir bütün olarak anlamsızdır.

H_1 = Modelde bulunan açıklayıcı değişkenlerin katsayılarından en az bir tanesi farklıdır. Model bir bütün olarak anlamlıdır.

Wald chi2 test istatistiği sonucuna göre elde edilen rassal etkiler modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

3.1 Panel Veri Modelleri İçin Uygunluk Testleri ve Robust Tahmin Ediciler (Suitability Tests and Making Preferences and Robust Estimators for Panel Data Models)

Bu aşamada havuzlanmış en küçük kareler yönteminin uygunluğu için F testi yapılmıştır. Bu test sonucunda modelin anlamlı olmadığı %5 anlamlılık düzeyinde görülmüştür. Çünkü klasik regresyon modelleri birim etki veya zaman etkisini modele dahil etmez. Bir sonraki aşamada sabit etkiler modelinde birim etkinin varlığını sınamak için geliştirilmiş olan olabilirlik oran testi yapılmıştır. Bu test için kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Birim etkilerin standart hataları sıfıra eşittir. (Klasik model için uygundur)

H_1 = Birim etkilerin standart hataları sıfırdan farklıdır. (Sabit etkili model uygundur)

Test sonucuna göre H_0 hipotezi reddedilmiştir. Sabit etkili modelin uygun olduğu anlaşılmıştır. Rassal etkili modelin geçerliliğini test etmek için Lagrange Multiplier (LM) testi uygulanmıştır. Bu model için kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Birim etkilerin varyansı sıfırdır.

H_1 = Birim etkilerin varyansı sıfırdan farklıdır.

Breusch and Pagan Lagragian Multiplier testi yapıldığında H_0 'ı reddetmekle yapılacak hata 0 olduğu görülmüştür. Dolayısı ile klasik modelin uygun olmadığı rassal etkili modelin uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Son aşamada ise rassal etkili ve sabit etkili model arasında tercih yapmak için geliştirilen Hausman testinden faydalanılmıştır. Bu test için kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Tesadüfi (Rassal) etkili model uygundur.

H_1 = Sabit etkili model uygundur.

Model çıktısı göz önüne alındığında yatay kesit birimini oluşturan OECD ülkelerinin grup değişken olarak yer aldığı model rassal etkili modele; zaman serisi verileri grup değişken olarak ele alındığında oluşan panel veri modeli ise sabit etkili modele uygun olduğu belirlenmiştir.

Ülkelere ve zamana göre oluşturulan panel veri modelleri için diagnostiklere bakmak çok önemlidir. Çünkü model varsayımları sağlanmadığında elde edilen parametreler güvenilir değildir. Bunun için geliştirilen birçok istatistiksel test vardır. Analizde değişen varyans için Levene, Brown ve Forsythe tarafından geliştirilen değişen varyans testi uygulanmıştır. Yatay kesit birimleri ile oluşturulan rassal etkili modelde değişen varyans problem varken zaman serisi verilerine göre oluşturulan sabit etkiler modelinde Wald testi dikkate alındığında değişen varyans problemi ile karşılaşılmasıdır. 2. Varsayımı test etmek için rassal etkili model kullanılarak oluşturulan Durbin-Watson test istatistiğine göre yatay kesit birimlerinde test istatistiği sonucunun 2'den küçük çıkması sonucunda modelde otokorelasyon problem olduğu tespit edilmiştir. Sabit etkili modelde ise otokorelasyon problemi çıkmamıştır. 3. olarak test edilen varsayım ise birimler arası eş zamanlı korelasyonun olup olmadığı testidir. Hem rassal etkili modelde hem sabit etkili modelde birimler arası korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu durumu düzeltmek rassal etkiler modelinde Parks-Kmenta tahminci ile oluşturulan ortak AR (1) gecikmeli esnek genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon modeli kurulmuştur. Daha sonra OECD ülkelerine özel otokorelasyon katsayısını modele dahil eden esnek genelleştirilmiş model ile analiz yapılmasına karar verilmiştir. Ülkelere göre oluşturulan esnek genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon modeline göre iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, toplu ulaşım kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, uluslararası seyahat kontrolü, borç sözleşme muafiyeti, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu, aşı politikası Covid-19 vakaları üzerinde anlamlı bulunmuştur.

Zaman serisi verilerine göre gruplanan sabit etkili model için Becz-Katz tahmincisi kullanılarak model parametreleri tekrar tahmin edilmiştir. Bu analizler sonucunda zaman serisi gözlemlerinden yararlanılarak oluşturulan sabit etkili model ve en son tahmin edilen robust tahminciler göz önüne alındığında iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu ve aşı politikası ele alınan açıklayıcı değişkenler arasında %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Modelin sabit parametresinin de anlamlı olduğu tablodaki değere göre anlaşılmaktadır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada panel veri yapısı ve uygun teknikler ile analizi, modellemeleri ve uygunluk testleri araştırılarak Covid-19 vaka sayısına etki eden kısıtlayıcı ve önleyici faktörlerin tespiti üzerine detaylı bir araştırma yapılmıştır. Analizde Oxford üniversitesi Devlet Tepki İzleyicisi github reposunda yer alan sınırlama ve kapatma politikaları, ekonomik politikalar ve sağlık sistemi politikalarını içeren 16 değişken üzerinden incelemeler yapılmıştır. Kurulan modellerde bağımlı değişken olarak analizde yer alan Covid-19 vaka sayısı, belirlenen bağımsız değişkenler tarafından panel veri yapısına uygun olarak hazırlanmıştır. Analizde zaman serisi verileri 2020 Mart – 2021 Nisan ayları verilerinden faydalanılarak aylık bazda düzenlenmiştir. Yatay kesit birimleri Johns Hopkins Üniversitesi tarafından paylaşılan milyon başına düşen Covid-19 vaka sayısı değişkeni üzerinden 35 OECD ülkesini ele alacak şekilde analize dahil edilmiştir [5]. Panel veri yapısı oluşturulduktan sonra hangi modele karar verileceğini tespit edebilmek için sabit etkili modellerden gölge değişkenli en küçük kareler yöntemi, grup içi tahmin yöntemi ve gruplar arası tahmin yöntemi ile modeller oluşturulmuştur. Daha sonra rassal etkili ve havuzlanmış en küçük kareler yöntemini kullanarak panel veri modelleri için uygunluk testleri yapılmıştır. Panel veri yapısına uygun olan modeller arasında tercih yapabilmek için klasik modelin geçerliliğini sınavan F testi, sabit etkili modelin geçerliliğini sınavan LR testi, rassal etkilerin geçerliliğini sınavan LM testi ve sabit ile rassal etkili modelin karşılıklı geçerliliğini sınavan Hausman testi ile çeşitli hipotez testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler sonucunda yatay kesit birimlerini oluşturan OECD ülkeleri rassal etkili modele, zaman serisi verilerini oluşturan 14 ay verileri sabit etkili modele uygun bulunmuştur. Modele karar verilme aşamasından sonra model varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığına dair temel diagnostikler kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda rassal etkili modelde değişen varyans, birimler arası korelasyon ve birimler içinde otokorelasyon problemi olduğu tespit edilmiştir. Bu saplamalara karşı Parks-Kmenta tahmincisi ile robust modeller oluşturularak parametreler tekrar tahmin edilmiştir. Bu analiz sonucunda 35 OECD ülkesinin verilerinden yararlanılarak tahmin edilmeye çalışılan Covid-19 vaka sayısı üzerinde iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, toplu ulaşım kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, uluslararası seyahat kontrolü, borç sözleşme muafiyeti, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu, aşı politikası istatistiksel olarak %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Zaman serisi verileri ile oluşturulan sabit etkili modelde değişen varyans ve otokorelasyon problemi ortaya çıkmamıştır. Bununla birlikte gruplar arasında yani zaman serisi birimleri arasında korelasyon problemi olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamada Becz Katz tahmincisi kullanılarak robust model yapısı oluşturulmuştur. Bu analiz sonucunda ise iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu ve aşı politikası istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmanın Covid-19 vaka sayısının oluşturduğu trendin artan eğilimini azaltması ve normalleşme sürecini hızlandıracak önlem ve kısıtlamaların önemlilik derecelerine göre belirlenmesi açısından katkı sağlayacağını düşünmekteyim.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada öncelikle panel veri yapısını meydana getiren veri türleri, modelleri ve uygunluk testleri üzerinde detaylı bir araştırma yapılmıştır. Araştırmanın uygulama bölümü için Oxford Üniversitesi tarafından paylaşılan Covid-19 Devlet Müdahale Takibi içerisinde yer alan kısıtlayıcı ve önleyici değişkenlerden faydalanılmıştır. Bu değişkenler pandemi döneminde ülkelerin uygulamış olduğu kısıtlama, sağlık ve ekonomi politikalarını ordinal ölçekte yer veren birçok değişkenden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra bağımlı değişken olarak Covid-19 vaka sayısı verileri Johns Hopkins Üniversitesinin github reposundan elde edilmiştir. Araştırmada ülkelerin uygulamış olduğu kısıtlayıcı ve önleyici faktörlerin Covid-19 vaka sayısına ne ölçüde etki ettiği çeşitli panel veri modelleri ile test edilmiştir. Araştırmada 35 OECD ülkesi ve 2020 Mart – 2021 Nisan ayı dahil olmak üzere 14 ay üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda yatay kesit birimlerini oluşturan OECD ülkelerinin rassal etkiler modeline uygun olduğu belirlenmiştir. Bu modelde yer alan iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, toplu ulaşım kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, uluslararası seyahat kontrolü, borç sözleşme muafiyeti, temas izleme, maske takma kısıtı ve aşı politikası açıklayıcı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Analizde yer alan zaman serisi verileri ile oluşturulan modelde sabit etkiler modeli anlamlı bulunmuştur. Bu modelin gerekli varsayımları kontrol edildikten sonra Becz-Katz tahmincisi kullanılarak modelin sapmalara karşı dayanıklılığı artırılmıştır. Bu modelde yer alan iş yeri kapanma kısıtı, toplanma kısıtı, evde kalma kısıtı, iç hareket kısıtı, temas izleme, maske takma zorunluluk durumu ve aşı politikası açıklayıcı değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmayı gerçekleştirmede katkı sağlayan ve desteğini üzerinde hissettiğim danışman hocam Doç.Dr. Ülkü Babuşcu Yeşil'e teşekkürlerimi iletmek isterim.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yerdelen Tatoğlu F., (2013), “Panel Veri Ekonometrisi”, Beta Yayınları, İstanbul
- [2] Yerdelen Tataoğlu F., (2020), “İleri Panel Veri Analizi”, Beta Yayınları, İstanbul
- [3] <https://github.com/owid/covid-19-data/blob/master/public/data/owid-covid-codebook.csv> (Erişim Tarihi: 17. 04. 2021)
- [4] Güriş, S., Akay, E., v.d., (2018), Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi, Der Yayınları, İstanbul
- [5] <https://github.com/owid/covid-19-data/blob/master/public/data/owid-covid-codebook.csv> (Erişim Tarihi: 17. 04. 2021)



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

MODİFİYE EDİLMİŞ GRAFEN OKSİT VE ÇEŞİTLİ KATKI MALZEMELER İLE EPOKSİ ESASLI POLİMER KOMPOZİT KAPLAMANIN ÜRETİMİ

Merve YILMAZ¹, Şaduman ŞEN²

¹Merve YILMAZ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
merve.yilmaz36@ogr.sakarya.edu.tr

²Şaduman ŞEN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
sdmnsen@sakarya.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: merve.yilmaz36@ogr.sakarya.edu.tr; Tel.: +905345830771

ÖZET

Bu çalışmada teknoloji ve bilim alanında önemli bir gelecek vaat eden karbon bazlı malzemelerden biri olan pulcuklu grafitten elde edilmiş indirgenmiş grafen oksit, endüstri alanlarında kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından güçlü fonksiyonel bir malzeme olan, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve yapışmaz kaplama malzemesi olarak tercih edilen PTFE epoksi kaplamanın özelliklerini geliştirmek için kullanılmıştır. Daha önce gerçekleştirilen deneysel çalışmalara istinaden indirgenmiş grafen oksit ve PTFE arasında ki sinerjistik etkinin tribolojik performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda epoksi kaplama içerisine farklı oranlarda eklenmesi planlanan indirgenmiş grafen oksit (RGO), ilk aşamada %1 oranında çözeltiye eklenmiş olup kaplama gerçekleştirilmiştir. İlerleyen aşamalarda epoksi reçinesi %10 PTFE ve farklı oranlarda redüklenmiş grafen oksit ilavesiyle gerçekleştirilecek olup tribolojik etkileri incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Grafen oksit, politetrafloroetilen, triboloji, epoksi

PRODUCTION OF EPOXY BASED POLYMER COATINGS BY THE MODIFIED GRAPHENE OXIDE AND VARIOUS ADMIXTURE MATERIAL

ABSTRACT

In this study, reduced graphene oxide obtained from flake graphite which one of the carbon-based materials with a promising future in technology and science which is a strong functional material in industrial areas in terms of chemical and physical properties, PTFE which is resistant to high temperatures and preferred as a non-stick coating material was used to improve the properties of the epoxy coating. Based on previous experimental studies, it is aimed to improve the tribological performance of the synergistic effect between reduced graphene oxide and PTFE. For this purpose, reduced graphene oxide(RGO), which is planned to be added to the epoxy coating at different rates, was added to solution at the rate of 1% in the first stage and the coating was carried out. In the following stages, epoxy resin will be made by adding 10% PTFE and reduced graphene oxide at different rates and its tribological effects will be examined.

Key Words : Graphene oxide, polytetrafluoroethylene, tribology, epoxy

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Polimer endüstrisindeki en kullanışlı malzemelerden biri olan epoksi reçine, sahip olduğu çapraz bağlanma özelliği, üstün mekanik özellikleri, yüksek termal kararlılığı, düşük büzülmesi, düşük toksisitesi gibi mükemmel özellikleriyle tercih edilen kaplama malzemelerinden biridir. Sentetik polimerler arasında yer alan epoksi reçineler, temel bir organik bağlayıcı madde olarak kullanılabilen özgül özellikleriyle yeni polimerlerin sentezi, karakterizasyonu, polimer bilim ve teknolojisinin gelişmesi için her zaman katkı sağlamaktadır [1]. Metalik malzemelere göre daha düşük ağırlıklı seçenekler sunan polimer kompozitler otomotiv, havacılık, kimya endüstrilerinde yapısal malzemeler olarak daha fazla uygulanmaktadır [2]. Uygun kütle yüzdesiyle belirli uygulamalar için elde edilebilecek polimer kompozitler ve polimerlerde kullanılarak onların özelliklerini etkileyen dolgu maddeleri, tribolojik özelliklerini de etkilemektedir.

Grafit içeren PTFE, kompozit matrisinin PTFE olmasından dolayı tribolojik açıdan iyi özelliklere sahiptir [3]. Politetrafluoroetilen (PTFE) mükemmel kimyasal stabiliteye, düşük sürtünme katsayısına, dielektrik özelliklere ve özellikle kendi kendini yağlamaya sahiptir [4]. Güçlü C-F bağı olan, yüksek moleküler ağırlıklı ve yarı kristal yapılı ortalama 325-335°C'de ki erime noktasına sahip olan PTFE, yüksek termal direnci ve yüksek çalışma sıcaklığı nedeniyle termoplastikler arasında yer almaktadır. Yüksek sıcaklık döngülerine karşı yapışmaz, kaygan kaplama malzemesi olarak tercih edilen PTFE, ticari adıyla Teflon, yağlama, rulman bilyaları ve polimerik dişliler gibi mekanik kullanım alanlarında da önemli bir mühendislik polimeridir [5].

Endüstri alanında kendiliğinden yağlama kabiliyetine sahip mekanizmalar sağlamak için polimer kaplamaların kullanımı giderek artmıştır. Bu yönelim doğrultusunda çeşitli malzemelerin etkileri birleştirilerek sinerjik davranış elde etmek üzerine yoğunlaşmıştır. Malzeme bilimi alanında birçok geliştirme çalışmasının konusu olan ve tribolojik uygulamalarda da olumlu sonuçlara sahip olan grafen de bu etkili malzemelerden biridir. Grafenin bu etkileri sadece polimerlerin aşınma direnci ve düşük sürtünme katsayısı üzerinde değil aynı zamanda yük taşıma kapasitesinin iyileştirilmesi, sürtünmenin azaltılması, sıvı yağlayıcıların aşınma dirençlerini de geliştirme etkisine sahiptir [6]. Altıgen olarak bağlı olan sp² hibritleşmiş karbon atomuna sahip tek bir atomik grafit tabakası olarak adlandırılan grafen, yüksek hareketlilik, mükemmel elektronik ve mekanik özellikler, yüksek termal iletkenlik gibi mükemmel özelliklere sahip olması nedeniyle geniş bir kullanım alanı imkanı sunmaktadır [7].

Malzemelerin tek başına kullanım alanları, ortam ve çevre koşullarına dayanıklılığının sınırlı olması nedeniyle çeşitli katkılarla istenen koşullara dayanıklı hale getirilmesi yaygınlaşan bir uygulama olmuştur. Korozyona dayanıklı alaşımların yüzeylerinde bulunan pasif film bile göreceli hareketi nedeniyle hasar görebilmekte ve korozyon süreçlerini hızlandırmaktadır [8]. Örneğin yüksek sıcaklıklar da çalışmak için gövde malzemesi olarak ya da bağlantı elemanları, pim rulman, takım çelikleri alanında kullanılan ve %10,5'in üzerindeki krom içeriğinin hafif koşullardan şiddetli koşullara kadar korozif ortamlarda kullanım alanı sahip olan paslanmaz çeliğin aşınma direnci zayıftır. Literatür incelendiğinde aşınma direncini de iyileştirmek için, yaygın olarak epoksi reçine (EP), poliamid (PA), politetrafloroetilen (PTFE) gibi polimer malzemeler yağlama matrisi olarak kullanılmaktadır [9].

Kian vd. [10] yaptıkları çalışmada Aromatik Termoset Polyester (ATSP) polimer kaplamalarında katı yağlayıcılar olarak grafen nano partiküller (GNP) ve PTFE'nin tribolojik performanslarını 25°C ile 300°C sıcaklıklar arasında ve kuru koşullar altında gerçekleşen deneylerin sonucunda, %5 grafen nano partikül ve %7,5 PTFE bileşimine sahip ATSP'nin sertliğinin ve camsı geçiş sıcaklığının aynı kalmasına rağmen tribolojik performansının iyileştiği, grafen nano partikül ilaveli ATSP kaplamaları için 300°C'ye kadar artan sıcaklıkla birlikte sürtünme katsayısının ve aşınma oranının %53 ve %69 oranlarında azaldığı, PTFE katkılı ASTP ilavesinde ise 180°C'ye kadar ki sıcaklık artışıyla sürtünme katsayısının %54 azaldığı, uygulanan çelik pim üzerindeki grafen ilaveli kaplamada artan sıcaklıkla sağlam bir transfer film geliştirdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak geniş sıcaklık aralıklarında çalışan tribolojik parçaların aşınma direncinin artırılması için PTFE ve grafen ilavesinin önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür.

Birçok araştırmada olumlu sonuçlara sahip olan grafen ve türevlerinin tercih edilmesine rağmen, modifiye grafen ve PTFE'nin sinerjistik etkisinin araştırılması yaygın değildir. Bu çalışmada mükemmel kimyasal ve mekanik özelliklere sahip epoksi reçinesi matris olarak seçilmiştir. Polimer kaplamanın tribolojik performansını geliştirmek amacıyla pulcuklu grafenden modifiye edilmiş grafen oksit ve PTFE tercih edilerek, oluşturdukları sinerjistik etkinin tribolojik sonuçlara olumlu katkısı amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1 Malzemeler (Materials)

Grafen oksit eldesi için kullanılan pulcuklu grafit, hidrazin, aseton, 1,4-Dimetil Benzen, etanol, H₂O₂ (Hidrojen Peroksit), N,N-Dimetilformamid (DMF), NaNO₃ (Sodyum Nitrat) kullanılmıştır.

2.2 Grafitten Grafen Oksit Üretimi (Production of Graphene Oxide From Graphite)

1 gram grafen oksit eldesi için; 1 gram pulcuklu grafit, 1 gram NaNO₃ (sodyum nitrat) ve 50 ml H₂SO₄ (sülfirik asit) ilave edilerek oluşturulan çözelti 12 saat boyunca banyoda karıştırılmıştır. Karışımı tamamlayan çözelti sıcaklığı 0-3°C'ye düşmesi için 1-2 saat boyunca soğutucuya bırakılmıştır. Soğuma işleminin ardından buz banyosuna alınan çözeltiliye 6 gram KMnO₄ (potasyum permanganat) ilavesi yapılmıştır. Bu ilave sırasında çözelti sıcaklığının 3°C'yi geçmemesi gerekmektedir.



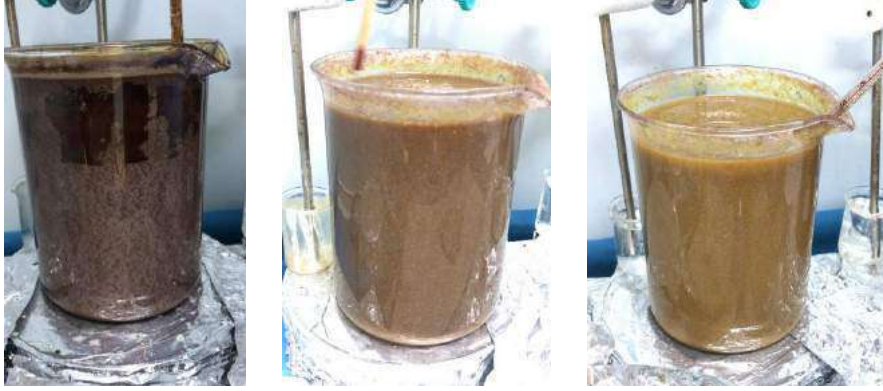
Şekil 1. KMnO₄ ilavesi yapılan çözelti (Figure 1. The solution with the addition of KMnO₄)

KMnO₄ ilavesinin ardından çözelti 1-2 saat boyunca buz banyosuna alınıp karıştırılmıştır. Buz banyosundan çıkarılan karışım 12 saat boyunca 35°C'de 600 rpm'de karıştırılarak mor, eflatun rengine sahip çamur kıvamında bir çözelti elde edilmiştir. Elde edilen çözeltinin sıcaklığının 3°C'yi geçmemesi için çözelti buz banyosuna alınıp 50 ml saf su damla damla ilave edilip, 1 saat boyunca buz banyosunda karıştırılmıştır.



Şekil 2. (a) Mor, eflatun rengi elde edilen çözelti, (b) Damla damla saf su ilavesi (Figure 2. (a) The obtained purple solution, (b) Drop by drop distilled water addition to)

1 saat sonunda çözelti 98°C olan ısıtıcıya alınıp 30 dakika boyunca karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 3.'de görüldüğü gibi sıcaklık yükseldikçe çözelti rengi mordan koyu sarıya dönmüştür.



Şekil 3. Çözelti rengi mordan koyu sarı rengine dönüşmektedir. (Figure 3. The solution color changes from purple to dark yellow.)

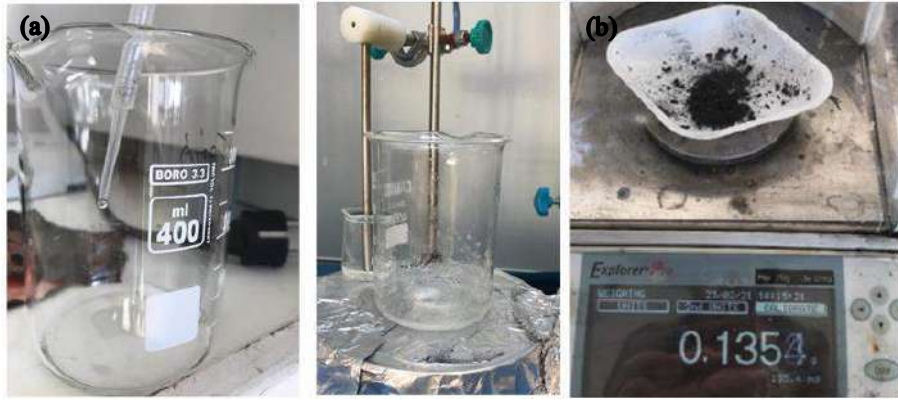
Elde edilen koyu sarı renkli çözelti oda sıcaklığında 3 saat boyunca karıştırılmış, 100 ml damla damla saf su eklemiş ve tekrar 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Bir sonraki aşamada çözeltiye 2 ml aniden olacak şekilde, 6ml ise damla damla olarak toplamda 8 ml H₂O₂ (Hidrojen Peroksit) ilavesi yapılmış ve 2 saat boyunca çözelti karıştırılmıştır. Çözelti yıkama aşamasında ise; 30 ml Hidroklorik asit (HCl) ile 70 ml saf su karışımı oluşturularak hazırlanan çözeltiye ilave edilmiş ve 2 saat boyunca karıştırılmıştır. İlaveleri tamamlanan çözelti tüplere alınarak santrifüj ve pH değeri 5 olana kadar yıkama işlemi yapılmıştır. Son aşamada ise çözelti beher içine dökülerek 60°C'de 12 saat boyunca kurutmanın ardından elde edilen ürün kazınarak alınmıştır. Şekil 4.'de belirtildiği gibi kurumuş grafen oksit elde edilmiştir.



Şekil 4. Elde edilen grafen oksit (Figure 4. The obtained graphene oxide)

2.3 Kompozit Kaplamanın Hazırlanması (Preparation of Composite Coating)

Dimetilformamid (DMF), dimetilbenzen ve aseton ile 9 gram (6:1:3 oranında) hazırlanan solvente 3 gram epoksi ilave edilip ve iyice karıştırılmıştır. Çözeltiye küreleme malzemesi olarak 1,5 gram poliamid ilave edilmiştir. 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcı da karıştırılmıştır.



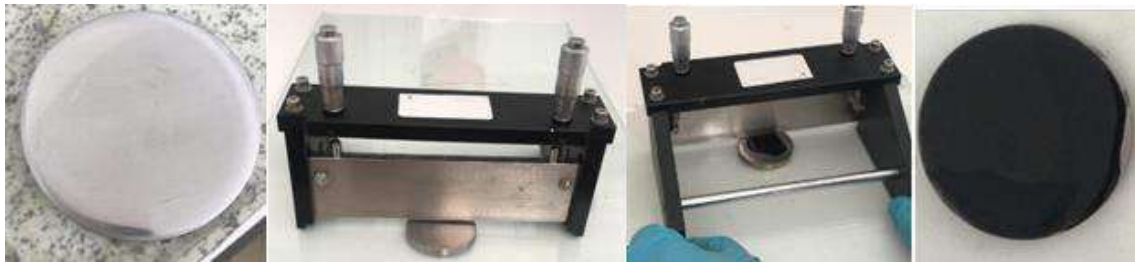
Şekil 5. (a) Kompozit kaplama için hazırlanan çözelti, (b) indirgenmiş grafen oksit (Figure 5. (a) Prepared solution for composite coating, (b) reduced graphene oxide)

Karışımın ardından Şekil 5.(b)'de gösterilen çözeltinin %1'i oranında redüklenmiş grafen oksit (0,135 gram) hazırlanarak çözeltime ilave edilmiştir. Katkı ilavesi tamamlanan çözelti 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmış olup, hazırlanan çözelti 2 saat boyunca ultrasonik banyoya alınmıştır (25°C, 150w, 50 kHz). Çözeltinin pH'ı 5,5 olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Ultrasonik banyo aşaması ve pH değeri (Figure 6. Stage of ultrasonic bath and value of pH)

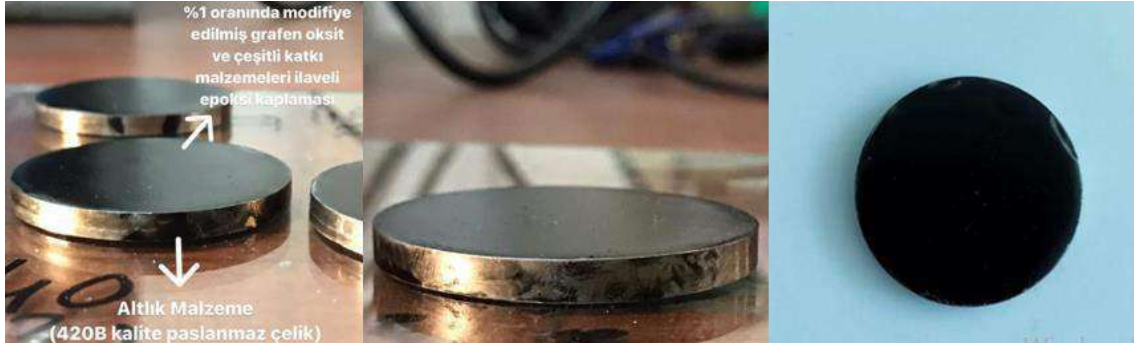
Ultrasonik banyodan alınan çözelti bilyeli öğütme yöntemi ile zirkonyum bilyeler kullanılarak 6 saat öğütülmüştür. 60, 180, 400, 800, 1000 zımpara kağıtları ile yüzeyi hazırlanan martenzitik paslanmaz çelik (420-B) numunesinin yüzeyini temizlemek amacıyla 10 dakika aseton içerisinde ultrasonik banyoya bırakılmış, ardından aseton ile yüzeyi silinmiş ve 5 dakika etüvde kurutulmuştur. Doktor Blade metodu ile kalınlık ayarlanmıştır ve malzeme yüzeylerine kaplama yapılmıştır. Kaplanan malzemeler 80°C'de 2 saat boyunca etüvde kurutulmuştur.



Şekil 7. Kaplama işlemi tamamlanmış malzemeler. (Figure 7. Completed coating materials)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Hidrazin ile indirgenmiş olan grafen oksit ana katkı malzemeleri olarak epoksi reçinesine ilave edilmiş ve yüzeyi Dr. Blade kaplama metodu ile 40 µm ve 20 µm kaplama işlemi uygulanan altlık olarak 420B kalitesine sahip paslanmaz çelik malzemesinin kaplama kalitesi incelenmiştir. %1 oranında uygulanan grafen oksitin altlık malzemeye son derece homojen dağıldığı, malzeme yüzeyine iyi bağlandığı ve kaplamanın başarıyla elde edildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Kaplanan malzemelerin son hali (Figure 8. Final state of coated materials)

Duxin vd. [11] çalışmasında farklı poliimid(PI) matrisine farklı miktarlarda modifiye edilmiş grafen oksit ilavesi eklenerek termal stabilite, çekme ve tribolojik özellikleri incelenmiştir. Sonuçlarında gerilme mukavemeti ve gerilme modülünün saf PI karşılaştırıldığında %0,5 modifiye edilmiş grafen ilavesinden sonra termal stabilitesinin iyileştiği, gerilme mukavemetinin %27,2 ve gerilme modülünün %28,0 arttığı, sürtünme katsayısının %30,2'lik azaldığı ve aşınma hızının %71,2 azaldığı gözlemlenmiştir.

Literatürde de çeşitli çalışmalar da olumlu sonuçları gözlenen grafen oksit ve politetrafloroetilen (PTFE) için bir sonraki çalışmada çeşitli oranlar da modifiye edilmiş grafen oksit ve %10 oranında ilave edilecek politetrafloroetilen(PTFE) ile kaplama gerçekleştirilecek ve karakterizasyon çalışmaları yapılacak olup tribolojik etkilere olumlu sonuçlar vermesi beklenmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada sahip olduğu çapraz bağlanma özellikleri nedeniyle tercih edilen kaplama malzemelerinden biri olan epoksi reçine ve epoksi reçine içerisindeki yayılabilirliğinin iyi olduğu bilinen, literatür çalışmalarında da olumlu sonuçlara sahip grafen oksitin paslanmaz çelik yüzeyine iyi yapışması, dayanıklı bir kaplama oluşturması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda başarıyla pulcuklu grafitten elde edilmiş %1 oranında ilave edilen indirgenmiş grafen oksitin, uygulanan mikronlarda epoksi reçinesinde son derece homojen ve iyi dağılıbilir özelliğe sahip, yüzeyde çatlak oluşturmayan, altlık ile iyi bağlantı sağladığı bir tabaka elde edilmiştir.

Bahsedildiği üzere bir sonraki çalışmada kaplamanın tribolojik performansını incelemek için farklı konsantrasyonlarda indirgenmiş grafen oksit ve PTFE ilave edilerek karakterizasyon çalışmaları yapılacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Marcus L. Cain, "Epoxy resins: synthesis, applications and recent developments" Nova Science Publishers, New York, 2016.
- Li Chang, Zhong Zhang, Lin Ye, Klaus Friedrich, "Tribology and Interface Engineering Series Chapter 3 Synergistic effects of nanoparticles and traditional tribofillers", 2008, Sf:35-61.
- Jerzy Józwick, Krzysztof Dziedzic, Mychajło Paszczko, Marcin Barszcz, "Comparative assessment of tribological properties of selected polymers and polymer composites", Metro Aero Space, Poland, 2019, Sf:1.
- Zhitian Liu, Xiong Cai, Xianzhong Ke, Feng You, Qi Zhang, Xiang Gao, "Influence of CaCO₃/glass fiber hybrid fillers on the mechanical and thermal properties of polytetrafluoroethylene", Wuhan, China, 2017, Sf:2.
- Ajay Kumar Mishra and Deepak Pathania, "Graphene Oxide: Advances in research and applications", India, 2018.
- Pedro Bandeira, Judith Monteiro, António Monteiro Baptista, Fernão D. Magalhães, "Influence of oxidized graphene nano platelets and [DMIM][NTf₂] ionic liquid on the tribological performance of an epoxy-PTFE coating", Porta, Portugal, 2016.
- Ajay Kumar Mishra and Deepak Pathania, "Graphene oxide: advances in research and applications", Nova Science Publishers, South Africa, 2018.
- Yu Yan, Duncan Dowson, Anne Nevilleb, "In-situ electrochemical study of interaction of tribology and corrosion in artificial hippross the sissimulators", China: 2012, UK: 2020.
- Yilong Ren, Lin Zhang, Guoxin Xie, Zhanbo Li, Hao Chen, Hanjun Gong, Wenhui Xu, Dan Guo, Jianbin Luo, "A review on tribology of polymer composite coatings", China, 2020.
- Kian Bashandeh, Pixiang Lan, Jacob L. Meyer, Andreas A. Polycarpou,, "Tribological performance of graphene and PTFE solid lubricants for polymer coatings at elevated temperatures", 2019.
- Duxin Li, Wenyan Yang, Yue Chen, Chunguang Xiao and Mengling Wei, "Effect of modified graphene on thermal, mechanical and tribological performance of polyimide based composites", Changsha, China, 2018.

ALIN LEVHALI BULONLU KİRİŞ KOLON BİRLEŞİM BÖLGESİNİN EUROCODE 3 YÖNETMELİĞİNE GÖRE MOMENT DÖNME İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

Cansel Çelik ORAL ^{1*}, Nihan DOĞRAMACI AKSOYLAR ²

¹Cansel Çelik ORAL, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Türkiye
cansel.celik@stu.fsm.edu.tr

²Nihan D. AKSOYLAR, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Türkiye
ndogramaci@fsm.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: cansel.celik@stu.fsm.edu.tr; Tel.: +90 212 521 8100

ÖZET

Alın levhalı bulonlu birleşimler ekonomik tasarım olanakları, kolay imalat ve hızlı montaj avantajları nedeniyle moment aktaran çelik çerçevelerde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı Eurocode 3 yönetmeliğine göre alın levhalı bulonlu kiriş kolon birleşimlerinin davranışlarının belirlenmesinde kullanılan moment dönme eğirliklerinin incelenmesidir. Bu amaçla uzatılmış alın levhalı dört sıra bulonlu birleşim tipi seçilerek Eurocode 3 yönetmeliğine göre tasarlanmıştır. Daha sonra tasarlanan birleşimin moment taşıma kapasitesi ve rijitliği elemana dayalı metod kullanılarak belirlenmiştir. Ardından birleşimin davranışı yönetmelikte verilen tek doğrulu ve çok doğrulu moment dönme eğirleri ile modellenmiştir. Elde edilen moment dönme grafikleri literatürde aynı tip ve özelliklere sahip birleşime ait deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: “Alın levhalı bulonlu birleşim”, “moment-dönme ilişkisi”, “elemana dayalı metod”

DETERMINATION OF MOMENT ROTATION BEHAVIOUR OF BOLTED END PLATE CONNECTION ACCORDING TO EUROCODE 3

ABSTRACT

Bolted end-plate connections are widely used in moment resisting steel frames due to their economical design, easy fabrication and fast erection. The aim of this study is to investigate the moment rotation relationship used to determine the behavior of end plate beam column connections according to the Eurocode 3. For this purpose extended four-row bolted end plate connection type is selected and designed according to Eurocode 3. Subsequently, the moment capacity and rigidity of the designed connection is calculated according to the component-based method. Then, bilinear and tri-linear

moment rotation curves given in Eurocode 3 is used for modeling the beam–column connection behavior. The moment-rotation relationships of connection are compared to the results of the same type of bolted end plate connection experimentally studied in the literature.

Key Words: “Bolted end plate connection”, “moment-rotation relationship”, “component based method”

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1994 yılında Amerika’da meydana gelen Northridge ve 1995 yılında Japonya’da meydana gelen Kobe depremlerine kadar moment aktaran çelik çerçevelerde kiriş-kolon birleşimleri olarak tamamen kaynaklı birleşim tipi tercih edilmiştir. Ancak çelik çerçeve sistemleri 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinde istenilen performansı gösterememiş ve kiriş kolon birleşimlerinde beklenilmeyen büyük hasarlar oluşmuştur. Bu depremlerin sonucunda moment aktaran çelik çerçeve birleşimlerinin deprem davranışlarının belirlenmesi ve yeni tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi amacıyla çok sayıda analitik ve deneysel araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalardan Amerika’da yürütülen SAC Projeleri “SAC Joint Venture” (1995) [1] kapsamında moment aktaran çelik çerçevelerde meydana gelen hasarların nedenleri araştırılmış ve hasarları en aza indirmek için yeni tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Yürütülen çalışmalarda depremler sırasında gevrek kırılmaların gözlemlendiği tamamen kaynaklı kiriş-kolon birleşimlerine alternatif yeterli sünekliğe sahip birleşim tipleri incelenmiştir. Özellikle araştırılan alternatif bağlantılardan birisi de alın levhali bulonlu birleşim tipi olmuştur. Alın levhali bulonlu bir kiriş-kolon birleşimi, alın levhasının kirişe kaynaklanması ve bu sistemin kolona bulonlar ile bağlanmasıyla oluşmaktadır. Alın levhali bulonlu birleşimler, tamamen kaynaklı birleşimlere göre daha az rijit olduklarından kiriş-kolon birleşim bölgelerinde daha sünek bir davranış sergileme imkanı sağlamaktadır.

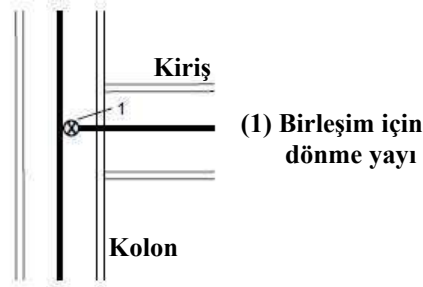
Eurocode EN 1993-1-8 [2] yönetmeliğinde birleşimlerin mekanik özelliklerini belirlemek için analitik bir model kullanılmaktadır. Günümüzde, yapısal birleşim bölgelerinin tasarım özelliklerinin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan bu model “elemana dayalı yöntem” adı verilen ayrıntılı bir tasarım yöntemine dayanır. Elemana dayalı yöntem geometrik konfigürasyonu, yükleme tipi (eksenel kuvvet ve/veya eğilme momenti) ve eleman enkesitleri ne olursa olsun her çeşit çelik veya kompozit birleşimlerde uygulanabilir.

Alın levhali bulonlu kiriş kolon birleşimlerinin analiz ve tasarımıyla ilgili son 50 yılda çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar AISC Tasarım Raporu 4 [3] ve AISC Tasarım Raporu 16’da [4] özetlenmiştir. Alın levhali bulonlu kiriş kolon birleşimlerinin moment dönme davranışları analitik ve deneysel olarak [5-8] çalışmalarında detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda malzeme, alın levhası kalınlığı, bulon çapı ve birleşimin geometrik özellikleri gibi birçok faktör dikkate alınarak davranış üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Bu çalışmada Eurocode 1993 1-8 [2] yönetmeliğine göre moment taşıma kapasitesi ve dönme rijitliği belirlenen alın levhali dört bulonlu bir kiriş kolon birleşiminin moment dönme davranışı incelenmiştir. Bu amaçla birleşimin davranışı yönetmelikte verilen tek doğrulu ve çok doğrulu moment dönme eğrileri ile modellenmiş ve literatürde aynı tip ve özelliklere sahip birleşime ait deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. BİRLEŞİMLERİN MODELLENMESİ (MODELLING OF CONNECTIONS)

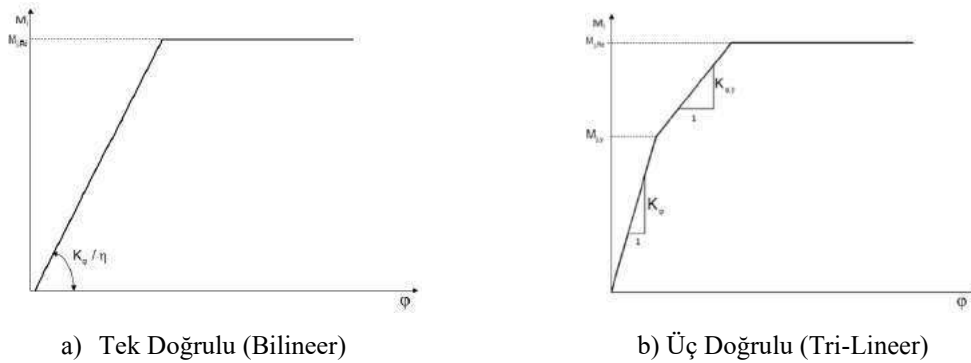
Kiriş-kolon birleşim davranışının mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın şekilde yapısal analizlere yansıtılması gerekir. Bu amaçla EN 1993-1-8'te [2] verilen dönme yaylı model sıklıkla kullanılır. Birleşimlerin davranışını modellemek için kullanılan basitleştirilmiş bu modeldeki dönme yayı birleşim elemanlarının yanı sıra kolon başlığı eğilmesini ve kayma bölgesi deformasyonunu da yansıtacak şekilde tariflenir. Şekil 1'de tek taraflı düğüm noktası konfigürasyonu için birleşimin dönme yayı modeli verilmiştir.



Şekil 1. Tek taraflı düğüm noktası modellemesi [2] (Single sided joint modelling)

Kiriş-kolon birleşim davranışının belirlenmesinde en doğru ve güvenilir metot deneysel çalışmalardır. Ancak bu yöntem günlük mühendislik uygulamaları için pahalı bir metottur (Faella vd., [9]). EN 1993 1-8 [2] yönetmeliğinde kiriş-kolon birleşimlerin davranışlarının belirlenmesi ve modellenmesi 3 farklı yöntem (matematiksel, mekanik, ve sonlu eleman modelleri) kullanılarak yapılır. Birleşim bölgelerine ait moment dönme eğrilerinin doğru şekilde modellenmesi yapılan analizlerin güvenilirliği açısından oldukça önemlidir.

Birleşimlerin modellenmesinde kullanılan yayların moment dönme davranışları çeşitli matematiksel modeller ile tanımlanabilir. Eurocode EN 1993 1-8'de [2] birleşimlerin davranışları tek doğrusu ve üç doğrusu matematiksel modeller ile yansıtılmıştır. Şekil 2a'da moment dönme ilişkisi görülen tek doğrusu model hesabında elastik-plastik analiz kullanılır. Tek doğrusu moment dönme eğrisi birleşimin plastik moment kapasitesi ve başlangıç rijitliğine bağlı olarak elde edilir. Şekil 2b'de verilen üç doğrusu modellemenin birleşimlerin davranışını ideal ve doğru şekilde ifade ettiği birçok deneysel ve analitik çalışmada gösterilmiştir.



a) Tek Doğrusu (Bilineer)

b) Üç Doğrusu (Tri-Lineer)

Şekil 2. Moment dönme eğrileri (EN 1993-1-8, [2]) (Moment rotation relationships)

Şekil 2'de verilen üç doğrusu moment dönme ilişkisini tarifleyebilmek için beş parametreye ihtiyaç vardır. Parametrelerden üçü, birleşim tipine bağlı olan basit matematiksel bağıntılarla diğer iki parametreden elde edilir.

Gerekli olan bu iki parametre, birleşimin başlangıç dönme rijitliği ve plastik moment kapasitesidir. Eurocode EN 1993 1-8'e [2] göre başlangıç dönme rijitliği ve plastik moment kapasitesi bilinen birleşimin akma moment kapasitesi $M_{j,y}$ Eş. 1 ile belirlenir.

$$M_{j,y} = \frac{2}{3} M_{j,Rd} \quad (1)$$

Burada $M_{j,Rd}$ birleşimin plastik moment kapasitesidir. Birleşimin akma sonrası dönme rijitliği $K_{\phi,y}$ ise Eş. 2 ile verilmiştir.

$$K_{\phi,y} = \frac{K_{\phi}}{3 \left[1.5^{\xi} - \frac{2}{3} \right]} \quad (2)$$

Burada K_{ϕ} birleşimin başlangıç dönme rijitliğidir. EN 1993 1-8'te [2] ξ katsayısı kaynaklı ve bulonlu alın levhalı birleşimler için 2.7 verilmiştir.

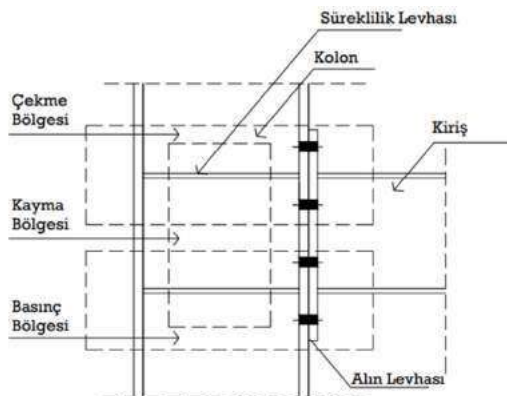
Tek doğrulu ve üç doğrulu moment dönme diyagramı için gerekli olan birleşimin başlangıç rijitliği ve plastik moment kapasitesi değerleri Eurocode 1993-1-8 [2] ve Eurocode ENV1993-1-1:1992/A2'de [10] açıklanan elemana dayalı yöntem kullanılarak elde edilebilmektedir.

3. ELEMANA DAYALI YÖNTEM (COMPONENT BASED METHOD)

Eurocode EN 1993 1-8'te [2] açıklanan ve mekanik bir yöntem olan elemana dayalı yöntem ile birleşimin başlangıç rijitliği ve taşıma kapasitesi belirlenebilir. Yönetmelikte ayrıntılı olarak açıklanan bu tasarım yöntemi teorik olarak modellenebilen ve kapasite hesabı yapılabilen tüm birleşimlere uygulanabilmektedir. Elemana dayalı yöntem ile kiriş kolon birleşimini oluşturan elemanların her birinin çekme, basınç ve kayma bölgesindeki dayanımları belirlenir (Şekil 3).

3.1 Birleşimin Plastik Moment Kapasitesi (Connection Design Resistance)

Bu çalışmada incelenen alın levhalı bulonlu birleşimlerin tasarımları EN 1993 1-8'te [2] verilen elemana dayalı yöntemle yapılmıştır. Buna göre alın levhalı bulonlu birleşim 8 eleman ile ifade edilmiştir (Şekil 3).



Bölgeler	Elemanlar
Kayma Bölgesi	Kayma etkisindeki kolon gövdesi (cws)
Basınç Bölgesi	Basınç etkisindeki kolon gövdesi (cwc) Basınç etkisindeki kiriş başlığı ve gövdesi (bfc)
Çekme Bölgesi	Çekme etkisindeki kolon gövdesi (cwt) Eğilme etkisindeki kolon başlığı (cfb) Eğilme etkisindeki alın levhası (epb) Çekme etkisindeki kiriş gövdesi (bwt) Çekme etkisindeki bulonlar (bt)

Şekil 3. Kiriş kolon birleşiminde bölgeler ve elemanlar (Components and elements of connection)

Kiriş kolon birleşim bölgesinin plastik moment kapasitesi elemana dayalı yöntemle belirlenirken öncelikle birleşimde bulunan tüm elemanların (yukarıda verilen 8 eleman) dayanımları ayrı ayrı belirlenir. Her aşamada dayanımları hesaplanan bileşenlerin basınç merkezine uzaklıkları olan h_r ve $F_{t,Rd}$ dayanımları arasından en küçük değerde olanları tespit edilir. Bu bileşenlerin dayanımlarının her birinin katkıları bulon sıralarından bağımsız olarak ayrı ayrı ve birbirleri ile etkileşimli olarak (gruplu) göz önünde bulundurulur. Hesaplanan bu değerler sonucunda Eş. 3'te verilen denklem ile birleşime ait moment taşıma kapasitesi belirlenir.

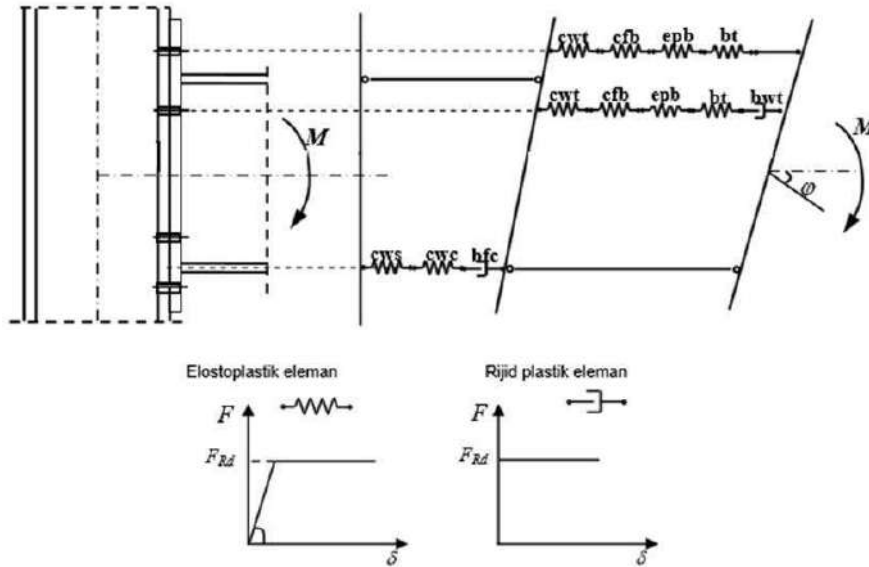
$$M_{j,Rd} = \sum_{i=1}^n (F_{t,Rd} \times h_i) \quad (3)$$

Burada $F_{t,Rd}$ bulon sırasına ait taşıma kapasitesi, n çekme bölgesindeki bulon sıra sayısı ve h_i bulon sırasının basınç merkezine olan uzaklığıdır.

3.2 Birleşimin Başlangıç Dönme Rijitliği (Initial Stiffness of Connection)

Alın levhali bulonlu kiriş kolon birleşim bölgesinin moment dönme ilişkisinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer önemli parametre başlangıç rijitliğidir. EN 1993-1-8'de [2] birleşimlerin başlangıç rijitliklerini belirlemek için elemana dayalı metod kullanılır. Bu yöntemde birleşimin davranışı her biri belirli rijitlik ve dayanıma sahip elastik yaylarla temsil edilen bir dizi elemanla tanımlanır. Daha sonra tüm yayları paralel bağlayarak birleşimin başlangıç rijitliği elde edilir.

Bu çalışmada kullanılan dört bulonlu alın levhali bulonlu birleşim için çıkarılan mekanik model Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu modelde sadece eğilme dayanımına etkisi olan elemanlar rijit plastik yay olarak, diğer elemanlar ise elasto plastik yay elemanı olarak modellenmiştir.



Şekil 4. Dört bulonlu alın levhali bulonlu birleşimin yay modellemesi (Four bolted end plate connection spring model)

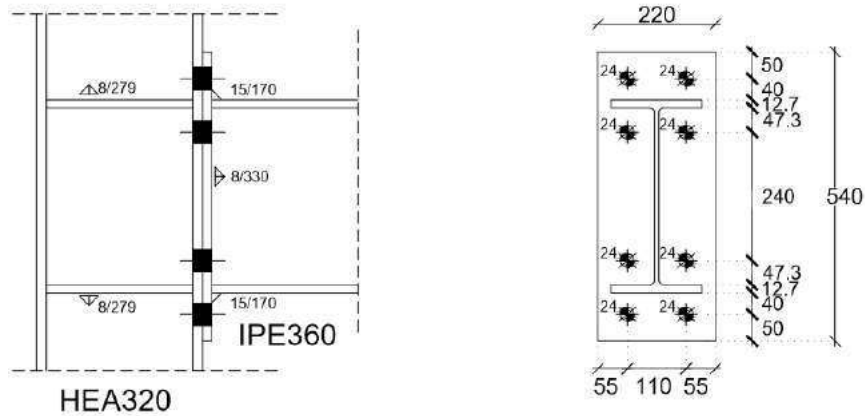
EN 1993-1-8 [2] yönetmeliğine göre bağlanan elemandaki eksenel normal kuvvet N_{ed} , enkesitinin normal kuvvet tasarım dayanımı $N_{pl,Rd}$ 'nin %5'ini aşmıyorsa alın levhalı bulonlu birleşimler için dönme rijitliği Eş. 4'deki denklem kullanılarak belirlenir.

$$K_{\varphi} = \frac{E z_{eq}^2}{\sum_i \frac{1}{k_i}} \quad (4)$$

Burada E çeliğin elastisite modülü, z moment kolunu ve k_i değeri ise bölgeler için ayrı ayrı hesaplanan rijitlik katyasıdır.

4. SAYISAL UYGULAMA (NUMERICAL APPLICATION)

Sayısal uygulamada Şekil 5'de verilen tipik uzatılmış alın levhalı bulonlu bir birleşim detayı ele alınmıştır. Kiriş enkesiti olarak IPE360, kolon enkesiti olarak HEA320 profili kullanılmış ve alın levhası kalınlığı 18mm seçilmiştir. Kiriş kolon birleşiminde 8 adet 10.9 kalitesinde M24 bulonu dikkate alınmıştır. Birleşimde kullanılan profillerin ve levhalarda S355 çeliği kullanılmıştır. Kiriş kolon birleşimine ait detay çizim ve geometrik özellikler Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Dört bulon sıralı alın levhalı bulonlu birleşim detayı (Detail of four bolted end plate connection)

Dört sıra bulonlu alın levhalı kiriş-kolon birleşimin moment taşıma kapasitesi hesabında kolon başlığı, kolon gövdesi, alın levhası ve bulon dayanımları ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Ayrıca bileşenlerin dayanımlarının her birinin katkıları bulon sıralarından bağımsız olarak ayrı ayrı ve birbirleri ile etkileşimli olarak (gruplu) göz önüne alınmıştır (Tablo 1). 1. bulon ve 2. bulon sıralarının dayanımlarında belirleyici alın levhasının akmasıyla beraber bulonların geçmeye ulaşması sınır durum olmuştur.

Tablo 1'de her bir eleman için belirlenen değerler kullanılarak Eş.3'de verilen denklem ile birleşime ait taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Buna göre birleşimin taşıyabileceği moment kapasitesi 268.68 kN olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Kiriş kolon birleşiminde yer alan elemanların taşıma kapasiteleri (Resistance of components)

Bölgeler	Elemanlar	Taşıma Kapasiteleri		
Kayma Bölgesi	Kayma etkisindeki kolon gövdesi	$V_{cw,Rd}$	759 kN	
Basınç Bölgesi	Basınç etkisindeki kolon gövdesi	$F_{t,cwc,Rd}$	753 kN	
	Basınç etkisindeki kiriş başlığı ve gövdesi	$F_{t,bfc,Rd}$	1265 kN	
Çekme Bölgesi	Çekme etkisindeki kolon gövdesi	1. Bulon sırası	$F_{t,cvt,Rd}$	642.7 kN
		2. BulonSırası	$F_{t,cvt,Rd}$	642.7 kN
	Eğilme etkisindeki kolon başlığı	1. Bulon sırası	$F_{t,cfb,Rd}$	433.6 kN
		2. BulonSırası	$F_{t,cfb,Rd}$	433.8 kN
	Eğilme etkisindeki alın levhası	1. Bulon sırası	$F_{t,epb,Rd}$	364.0 kN
		2. BulonSırası	$F_{t,epb,Rd}$	427.0 kN
	Çekme etkisindeki bulonlar	1. Bulon sırası	$F_{t,bt,Rd}$	508 kN
		2. BulonSırası	$F_{t,bt,Rd}$	508 kN

Alın levhalı dört bulonlu kiriş kolon birleşiminin momnet dönme grafiğinin modellenmesi için gereken rijitlik değeri için elemana dayalı yöntem ile her bir elemana ait ijtlik katsayıları tek tek belirlenmiştir (Tablo 2). Bu çalışmada kullanılan birleşimde kolon gövdesi (panel bölgesi) süreklilik levhaları ile rijitleştirdiği için kayma etkisindeki kolon gövdesi (k1) ve basınç etkisindeki kolon gövde (k2) rijitlikleri ∞ kabul edilmiştir.

Tablo 2. Kiriş kolon birleşiminde yer alan elemanların rijitlik katsayıları (Stiffness coefficients of components)

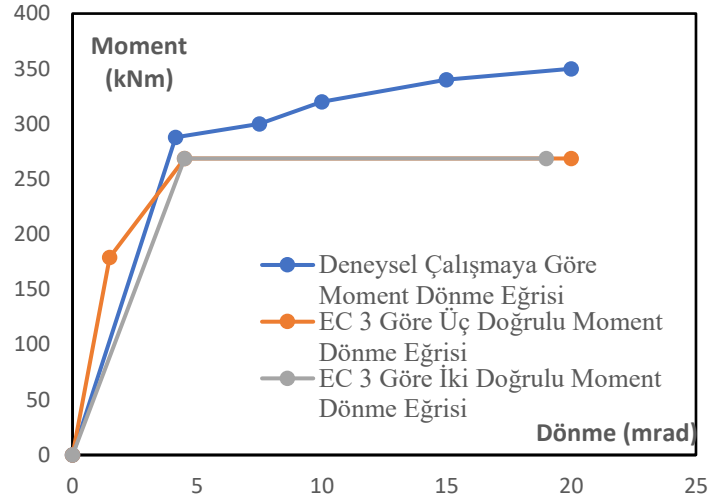
Elemanlar	1. Bulon Sırası	2. Bulon Sırası	3. Bulon Sırası
Çekme etkisindeki kolon gövdesi (k3)	4.59 mm	4.59 mm	4.59 mm
Eğilme etkisindeki kolon başlığı (k4)	22.77 mm	22.77 mm	22.77 mm
Eğilme etkisindeki alın levhası (k5)	14.25 mm	10.60 mm	10.60 mm
Çekme etkisindeki bulonlar (k10)	11.30 mm	11.30 mm	11.30 mm

Belirlenen bu yay katsayıları Eş.4’de verilen denklemde yerine konularak birleşimin dönme rijitliği 119634 kNm olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Çalışmada tam dayanımlı dört sıra bulonlu alın levhalı kiriş kolon birleşiminin EN 1993-1-8’ e [2] göre tasarım kriterleri incelenmiş ve elemana dayalı tasarım yöntemi kullanılarak birleşimin moment taşıma kapasitesi ile başlangıç dönme rijitlikleri hesaplanmıştır. Ardından birleşim davranışı Eurocode EN1993-1-8’de [2] verilen tek doğrulu ve üç doğrulu moment dönme modelleri kullanılarak tanımlanmıştır. Son olarak hesaplanan sayısal sonuçlar ve moment-dönme ilişkisi literatürde Nogueiro P. vd. [7] çalışmasında deneysel olarak incelenen aynı tip alın levhalı bulonlu birleşime ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Şekil 5’de alın levhalı bulonlu birleşimin moment dönme eğrilikleri ve deney sonuçları ile karşılaştırılması verilmiştir.

Sayısal hesaplamalar sonucu elde edilen moment taşıma kapasitesi deney sonucundan % 6.7 oranında daha küçük çıkmıştır.Bu sapma miktarının sayısal hesaplamalarda pekleşme etkisinin dikkate alınmaması, ve deneylerde özellikle malzemenin mekanik özelliklerindeki belirsizliklerin etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5. Moment dönme ilişkisinin modellenmesi ve deneysel sonucu ile karşılaştırılması (Modelling of moment rotation relations and comparison to experimental result)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- SAC., “Analytical and field investigations of buildings by the northridge earthquake of january 17, 1994”, SAC/BD- 95/04, SAC Joint Venture, 1995.
- Eurocode EN 1993-1-8. “Design of steel structures Part 1.8: design of joints. Commission of the European Communities, Brussels, 2005.
- AISC Steel Design Guide Series 4 “Extended end plate moment connections”. AISC, 2002.
- AISC Steel Design Guide Series 16 “Flush and extended multiple row moment end plate connections” AISC, 2002.
- Shi, Y. J., Chan L. S., ve Wong L.Y., “Modeling for moment-rotation characteristics for eEnd – plate connections”, 122, 11, 1300-1306,1996.
- Coelho, A.M.G., Bijlaard, F. S. ve da Silva,L.S. “Experimental assessment of the ductility of extended end plate connections”. Engineering Structures.26(9),(pp.1185-1206), 2004.
- Nogueiro, P., Simões da Silva L., Bento R. ve Simões, R. “Experimental behaviour of standardised european endplate beam-to-column steel joints under arbitrary cyclic loading”, Stability of Ductile Steel Structures,Lisbon, Portugal, 2006.
- Tartaglia, R., D’aniello, M., Rassati, G., Swanson, J. ve Landolfo, R. “Full strength extended stiffened end-plate joints:AISC vs recent European design criteria”, Engineering Structures, Cilt 159, 155-171, 2018.
- Faella, C., Piluso, V., ve Rizzano., G. “structural steel semi rigid connections. Theory, design and software, 2000.
- Eurocode ENV 1993-1-1:1992/A2, “Design of Steel Structures-Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, Annex J Joints in Building Frames”, CEN, Brussels, Belgium, 1998.

HTEA VE BULANIK PROMETHEE İLE BİR İNŞAAT ŞİRKETİNDEKİ İŞ KAZALARININ RİSK ANALİZİ

Betül KAYA¹, Habibe YEŞİLYURT², Nazire YEŞİLBAŞ³, Merve AYTAÇ⁴ & Yeşim OK⁵

¹ Betül KAYA, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

betul.kaya17@ogr.atauni.edu.tr

² Habibe YEŞİLYURT, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

habibe.yesilyurt17@ogr.atauni.edu.tr

³ Nazire YEŞİLBAŞ, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

nazire.yesilbas17@ogr.atauni.edu.tr

⁴ Merve AYTAÇ, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

merve.aytac17@ogr.atauni.edu.tr

⁵ Yeşim OK, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

yesim.ok@atauni.edu.tr

Sorumlu Yazar; E-Mail: yesim.ok@atauni.edu.tr; Tel.: +90 442 231 6007

ÖZET

İnşaat sektörü, gerçekleşen iş kazaları ve sebep olduğu sonuçlar dikkate alındığında, önem bakımından Türkiye’de ilk sırada yer almaktadır. İş kazalarının büyük bir kısmı işveren ve işçi hatalarından kaynaklanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği kapsamında alınan tedbirlere riayet edilerek birçok iş kazasının önüne geçilebilmektedir. İş kazalarının belirlenmesi, analiz edilmesi ve önceliklendirilmesi ile bu kazalar önemli oranda önlenabilir ve azaltılabilir. Bu bağlamda, bu çalışmada, bir inşaat firmasında çalışan sekiz uzmanın görüşünden yararlanılarak, inşaat alanındaki kaza risk faktörleri HTEA yöntemi ile belirlenmiş ve belirlenen bu riskler arasındaki öncelikler, Bulanık PROMETHEE yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: HTEA, İş güvenliği, Risk analizi, Bulanık PROMETHEE

RISK ANALYSIS OF WORK ACCIDENTS IN A CONSTRUCTION COMPANY WITH HTEA AND FUZZY PROMETHEE

ABSTRACT

The construction industry ranks first in Turkey in terms of importance, considering the occupational accidents and the consequences they cause. Most of the occupational accidents are caused by the mistakes of employers and workers. Many occupational accidents can be prevented by complying with the measures taken within the scope of occupational health and safety. By identifying, analyzing and prioritizing occupational accidents, these accidents can be significantly prevented and reduced. In this context, in this study, accident risk factors in the construction site were determined by using the FMEA method, using the opinions of eight experts working in a

construction company, and the priorities among these risks were determined using the Fuzzy PROMETHEE method.

Keywords: FMEA, Occupational safety, Risk analysis, Fuzzy PROMETHEE

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada ve Türkiye’de iş kazaları önemli bir problemdir. İş kazaları sonucu işçilerde sakatlık, mesleki deformasyon sonucu ortaya çıkan kalıcı hasarlar veya hastalıklar ortaya çıkabilir. Bunlar arasından meydana gelen en kötü sonuç iş kazaları nedeniyle işçilerin hayatını kaybetmesidir. Bu tip olaylar en çok inşaat sektöründe meydana gelmektedir. Bunun nedeni her inşaat projesinin birbirinden farklı olması ve buna bağlı olarak çalışma koşullarının sürekli değişmesidir. Aynı zamanda inşaatlar oldukça tehlikeli ve kazaya elverişli faaliyetler içermektedir. Bu nedenle iş kazasının en çok yaşandığı inşaat sektöründe düzeltici ve önleyici çalışmalar yapılmalıdır.

İş kazalarının meydana gelmesine sebep olan muhtemel hataların önceden tespit edilmesi ve bu hatalara neden olan faaliyetlerin belirlenmesinde kullanılabilecek en etkili yöntem Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemi olabilir. Bu yöntem sayesinde gerçekleşmesi muhtemel hatalar önceden tespit edilebilir ve bu doğrultuda önlemler alınabilir. Belirlenen hatalara ve gerçekleşme nedenlerine karşı doğru ve zamanında önlem almak için önceliklerinin iyi belirlenmesi gerekir. Bunun için de Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden yararlanılabilir. Bu yöntemlerden biri olan Bulanık PROMETHEE sözel olarak yapılan değerlendirmeleri sayısal hale getirerek analiz yapılmasını ve risklerin önceliklendirilmesine yardımcı olur.

Bu çalışmada, inşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları konusu üzerine durulmuştur. Bir inşaat firmasında uygulama yapılarak meydana gelen hata türleri ve sonrasında yaşanan etkileri Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ile incelenmiştir. HTEA yönteminde bulunan yetersizlikler ve önceliklerin belirlenmesi amacıyla da Bulanık PROMETHEE yönteminden yararlanılmıştır. Efe, Yerlikaya ve Efe’ nin (2016) hazırladığı çalışmada yaptıkları, inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarını mümkün olduğu kadar önlemek amacıyla bir risk analizi çalışması örnek alınmıştır. Bir inşaat firmasında uygulama yapılarak meydana gelen hata türleri ve sonrasında yaşanan etkileri Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ile incelenmiştir. HTEA yönteminde bulunan yetersizlikler ve önceliklerin belirlenmesi amacıyla da Bulanık PROMETHEE yönteminden yararlanılmıştır [1].

1.1. İş Kazası Nedir? (What Is Work Accident?)

‘‘İşyeri ortamı, üretim araçları ve işçileri üretim sürecinde bir araya getiren mekanlardır’’. İşyerinin ortamından çeşitli fiziksel, kimyasal, mekanik faktörlerden kaynaklı sorunlar çıkabilmekte ve çeşitli etkilere sebep olmaktadır. İşyerindeki oluşan sorunlar etkilerini iş kazaları olarak göstermektedir. [2]. Sosyal Güvenlik Kurumu iş kazasını ‘kişinin çalışma hayatında 5510 sayılı Kanunda sayılan hallerden birinde meydana gelen ve sigortalıyı bedenen veya ruhen engelli hale getiren olaydır.’

1.1.2. İnşaat Sektöründe İş Kazaları (Work Accidents In The Construction Industry)

Sektör bazında incelendiğinde, inşaat sektörü ülkemizde hem ölümlü iş kazası hem de sürekli iş göremezlik ile sonuçlanan iş kazası sıklığının en fazla yaşandığı sektördür.

Araştırmalar sonucunda bulunan verilere göre inşaat sektöründe yaşanan iş kazalarını toplam yaşanan iş kazalarına oranladığında %11,28 sonucuna ulaşılır, ölüm oranına bakıldığında ise iş kazalarından ölenlerin yaklaşık %32'sini inşaat sektöründe çalışmakta olan sigortalı işçiler kapsamaktadır. Anlaşılacağı üzere Türkiye de 2019 yılında yaşanan iş kazalarının yaklaşık %11'ini inşaat sektörü oluşturmaktadır ve ölüm oranının göz ardı edilemeyecek düzeyde olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

2. METODLAR

2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effects Analysis)

Yapılacak herhangi bir üretim veya hizmet çalışmalarında gerçekleşmesi muhtemel hataları, bu hatalar meydana gelmeden tespit etmek son derece önemlidir. Bu süreçlerde hataya neden olabilecek etkenleri belirlemenin en etkili yöntemlerinden biri Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemidir. [3]. Htea ürün, tasarım ve hizmet gibi incelemeye konu olan süreçte, kalite yönetim sistemlerinde ve problem çözme tekniklerinde hata türlerinin belirlenmesi ve olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelerine göre bu hata türlerinin sınıflandırılması için kullanılmaktadır [4].

2.1.1.HTEA RÖS Hesaplama (FMEA Risk Priority Number Calculation)

HTEA bir hatanın ortaya çıkma olasılığı (O), şiddeti (S) ve saptanabilirliğinin (D) çarpımı sonucunda meydana RÖS ile hata türlerinin öncelikleri belirlenir. [5]

$$RÖS = O \times S \times D$$

Hata olasılığı (O), sistemin çalışma süresi boyunca yaşanacak bir durumdur. Bu durum birim zamanda meydana gelme, olarak da tanımlanabilir. [6] Şiddet değeri gerçekleşmesi muhtemel hatanın sisteme veya müşteriye olan etkisini belirtir. [3] Saptanabilirlik, yapılan kontrol işlemlerine bağlı olarak hatayı tespit etme yeteneğidir. [6] Saptanabilirlik (D), diğer iki kriter ile yani olasılık ve şiddet kriterleri ile ters orantılıdır. Bir alternatif hata türü için bu kriter değeri ne kadar yüksek ise o hata türünün riski o kadar azdır demektir. Örneğin, bir kazayı gerçekleşmeden önce fark edebiliyorsak risk o kadar düşer. Dolayısıyla, bu kritere ait değer yüksek ise risk azdır. Olasılık (O), bir hata türünün meydana gelme ihtimalidir. Bu ihtimal yüksek ise riskte yüksektir. Şiddet (S), bir hata türü meydana geldiği zaman sistemde oluşturacağı hasardır. Bu şiddet yüksek ise riskte yüksektir.

2.2. Bulanık Promethee (Fuzzy Promethee)

Bulanık mantık teorisinin Promethee ile birleştirilmesiyle Bulanık PROMETHEE yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bu yöntem ilk defa 1998 yılında Lé Teno ve Mareschal tarafından dile getirilmiştir. 2000 yılında ise Goumas ve Lygerou tarafından geliştirilerek son halini almıştır. [7, p. 250]

Bulanık PPROMETHEE' nin amacı karar vericilerin kriterler ile ilgili fikirlerini dilsel değişkenlerle ifade etmeleridir. Bu ifadeler bazı zamanlarda yanlış anlaşılmalara yol açtığı için problemlerin sonucunda sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların ortadan kaldırılması için üçgensel bulanık sayılardan yararlanılmaktadır. [8, p. 130] Üçgen bulanık sayılar, üç gerçek sayıyla tanımlanan özel bir bulanık sayı çeşididir. (a1, a2, a3) şeklinde ifade edilen bu sayılarda, a1, a2 ve a3 değerleri sırayla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri ifade ederler [9].

Bulanık PROMETHEE adımları Promethee adımları bulanıklaştırılarak yapılır. Tek fark ise 2. Adımda kullanılan tercih tiplerinin bulanıklaştırılmasıdır. Çalışmamızda 6 tercih fonksiyonundan 5. Tip tercih fonksiyonunu kullanmaktayız. Bu tercih fonksiyonu aşağıda gösterilmiştir.

$$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r}, & s < x < s+r \\ 1, & x > s+r \end{cases} \quad (4.1)$$

5. Tip tercih fonksiyonu (Doğrusal Tercih Fonksiyonu) seçilmesinin nedeni Bulanık Promethee problemlerinde sıkça kullanılması ve kriterlerin ortalama üstündeki değerlerinin tercih edilmesidir.

Bulanık Promethee yöntemindeki tüm hesaplamalar bulanık sayılarla yapılarak, tercih eş değerleri (q ve p) ve ağırlıklar sayı olarak kalır. q ve p değerlendirmelerin belirsiz olmaması için bulanık sayı değildir. Bulanık PROMETHEE' de bulunan $p(x)$ performansları arasındaki fark d, (n, c, d) bulanık sayı olarak ifade edilir. [8, p. 131]

$$p(x) = \begin{cases} 0, & (n-c) \leq s \\ \frac{(n,c,d)-s}{r}, & s < (n-c) \text{ ve } (n+d) < s+r \\ 1, & (n+d) > s+r \end{cases} \quad (4.2)$$

3. KAYNAK TARAMASI

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile İş Kazaları Literatür Araştırması (Occupational Accidents Literature Research With Multi-Criteria Making Methods)

Bu kısımda iş kazaları değerlendirmesinde çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılması ile ilgili güncel çalışmalara yer verilmiştir. Koçak'ın (2019) hazırladığı çalışmada Türkiye Taş Kömürü Kurumu için iş kazalarının meydana gelmesinde risk analizi yapmak için yöntem seçmede Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen yöntemler arasında Bulanık TOPSİS yöntemiyle en uygun olanı papyon analizi olarak belirlenmiştir. (Koçak, 2019). Efe ve Efe'nin (2019) hazırladıkları çalışmada, tekstil sektöründe iş kazalarına sebep olan nedenler incelenmiş, iş kazalarına sebep olan risk faktörleri arasındaki ilişki DEMATEL yöntemi ile belirlenmiştir. Kriterler arası önem dereceleri belirlenmiş ve o doğrultuda önlemler alınmıştır (Efe & Efe, 2019).

Özcan'ın (2019) hazırladığı çalışmada, inşaat sektöründe meydana gelen kazaların nedenleri araştırılmış ve araştırma sonucunda elde edilen veriler üç başlıkta altında toplanmıştır. Elde edilen veriler Bulanık AHP yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Sonuçta elde edilen değerler doğrultusunda da Bulanık TOPSİS yöntemi ile sektörde bulunan üç firma karşılaştırılmıştır (Özcan, 2019). Tepe'nin (2020) hazırladığı çalışmada, AHP ve

Bulanık AHP yöntemleri kullanarak iş kazalarına sebep olan faktörler her iki yöntem doğrultusunda sıralanmıştır (Tepe, 2020).

4. UYGULAMA

4.1. Bir İnşaat Firmasında HTEA ve Bulanık PROMETHEE Yöntemleri İle İş Kazası Risk Analizi (Fmea And Fuzzy Promethee Methods In a Constrcution Company for Work Accidents Risk Analysis)

Geleneksel HTEA O, S, D risk faktörleri arasındaki önem derecelerini eşit kabul ettiği için değerlendirmenin kolay olmadığı bir yöntemdir ve uygulamada hatalı sonuçlar neden olabilmektedir. İş kazalarının analizinin iyi yapılabilmesi ve önleyici faaliyetlerin geliştirilebilmesi için HTEA yönteminin eksikliklerinin giderilebilmesi amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılabilmektedir. Bu çalışmada ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Bulanık PROMETHEE kullanılmıştır. Bulanık mantık belirsiz veriyi kullanabilmeye imkan sağlamaktadır. Bu nedenle HTEA 'daki birçok bulanık bilgiyi ifade edilebilir hale getirebilmektedir.

Bu çalışmada risk faktörleri HTEA yönteminden yararlanılarak yürütülmüş, hataların sıralanması Bulanık PROMETHEE yöntemi çerçevesinde yapılmıştır.

Sözel İfadeler	Üçgen Bulanık Sayı Karşılığı			Üçlü Sayı Karşılığı		
Çok yüksek (ÇY)	0,8	1	1	1	0,2	0
Yüksek (Y)	0,65	0,8	1	0,8	0,15	0,2
Orta yüksek (OY)	0,5	0,65	0,8	0,65	0,15	0,15
Orta (O)	0,3	0,5	0,65	0,5	0,2	0,15
Orta düşük (OD)	0,15	0,3	0,5	0,3	0,15	0,2
Düşük (D)	0	0,15	0,3	0,15	0,15	0,15
Çok düşük (ÇD)	0	0	0,15	0	0	0,15

Tablo 1. Sözel ifadeler ve Bulanık Sayıların Üçlü Sayı Karşılığı

Tablo 5' de problemin çözümünde kullanılacak sözel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları ile üçlü sayı karşılıkları bulunmaktadır. Tablo 6' da uygulama yapılacak olan inşaat sektöründe karşılaşılan hata türleri yer almaktadır. Tablo 7' de sözel ifadelerin kullanımı ile oluşturulan 8 uzman kişiye ait risk faktörlerinin ağırlık değerlendirmeleri bulunmaktadır. Tablo 8' de hata türlerinin sözel olarak risk faktörü değerlendirmesi mevcuttur. Tablo 9' da kriter ağırlıkları ve hata türlerinin birleşmiş olarak risk faktörleri değerlendirme matrisi gösterilmektedir. Bulanık promethee yöntemi kriter ağırlıkları toplamının 1 olmasını gerektiren bir yöntemdir. Bu nedenle bulanık değişkenlerin durulaştırılması işleminden sonra elde edilen toplam ağırlık değerleri 1 olacak şekilde yeniden oranlanarak normalize edilmiştir. Tablo 10' da elde edilen bu değerler bulunmaktadır.

Kod	Hata türleri
HT1	Yüksekten Düşme
HT2	İş Makinesi Kazaları
HT3	Şantiye İçi Trafik Kazaları
HT4	Elektrik Kazaları
HT5	Ekipman Kaynaklı Kazalar
HT6	Malzeme Kaynaklı Kazalar
HT7	Toprak Kayması Kazaları
HT8	Patlama ve Yangın Kaynaklı Kazalar

Tablo 2. İnşaat Sektörü Hata Türleri

Takım Üyeleri		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8
Risk Faktörü	O	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	ÇY	ÇY	Y
	S	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y
	D	Y	Y	ÇY	Y	Y	Y	Y	Y

Tablo 3. Karar Vericilerin Risk Faktörlerini Dilsel Değerlendirmeleri

Risk Faktörü		O								S								D							
Takım Üyeleri		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8
Hata Türleri	HT1	OY	Y	ÇY	ÇY	Y	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y	Y	ÇY	Y	Y
	HT2	OY	ÇY	OY	Y	OY	D	Y	Y	OY	Y	ÇY	Y	OY	OY	ÇY	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y	Y	Y	OY
	HT3	D	ÇD	OY	OY	ÇD	ÇD	O	Y	D	D	ÇY	O	O	D	O	Y	Y	Y	ÇY	Y	Y	ÇY	Y	OY
	HT4	Y	OD	ÇY	Y	OY	O	Y	Y	ÇY	Y	ÇY	Y	OY	Y	Y	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y	OY	Y	Y
	HT5	D	Y	ÇY	Y	Y	OD	O	ÇY	Y	Y	ÇY	Y	OY	Y	Y	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y	OY	Y	OY
	HT6	OD	D	ÇY	Y	OD	OD	OY	Y	Y	OD	ÇY	Y	OD	D	Y	Y	ÇY	Y	ÇY	OY	Y	Y	Y	Y
	HT7	OD	ÇD	OY	OY	D	D	O	OY	Y	D	Y	ÇY	OY	ÇY	ÇY	OY	OY	Y	ÇY	ÇY	Y	OY	Y	OY
	HT8	D	D	ÇY	Y	D	ÇD	O	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	Y	OY	Y	ÇY	Y	Y	Y	Y	OY

Tablo 4. Karar Vericilerin Kriterlerin Risk Faktörlerine Yönelik Dilsel Değerlendirmeleri

Risk Faktörü		O			S			D		
Ağırlıklar		0,8	0,18	0,2	0,8	0,19	0,2	0,8	0,16	0,2
Hata Türleri	HT1	0,5	0,18	0,2	1	0,20	0	0,8	0,17	0,2
	HT2	0,15	0,16	0,2	0,65	0,16	0,2	0,65	0,17	0,2
	HT3	0	0,10	0,2	0,15	0,18	0,2	0,65	0,16	0,2
	HT4	0,3	0,16	0,2	0,65	0,16	0,2	0,65	0,17	0,2
	HT5	0,15	0,17	0,2	0,65	0,16	0,2	0,65	0,17	0,2
	HT6	0,15	0,16	0,2	0,15	0,16	0,2	0,65	0,16	0,2
	HT7	0	0,14	0,2	0,15	0,17	0,2	0,65	0,16	0,2
	HT8	0	0,14	0,2	0,8	0,18	0,2	0,65	0,16	0,2

Tablo 5. Veri Matrisi

O	S	D	TOPLAM
0,332875	0,331499	0,335626	1

Tablo 6. Kriter Ağırlıkları

Bu bölümde karar verici olarak yer alan uzman kişilerin bilgi ve deneyimlerine dayanarak yapmış oldukları değerlendirmeler sonucunda elde edilen sözel ifadelerin neden olduğu belirsizlik ve bundan dolayı oluşabilecek yanlış değerlendirmelere engel olmak amacıyla, bulanık promethee yöntemi ile hata türlerinin risk önceliklerinin belirlenmesi için bir çözüm yapılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalardan yola çıkılarak [10] uygulamada kullanılacak olan tercih fonksiyonu için farksızlık eşiği (q) 0 değerini alırken, tercih eşiği (p) ise 0,6 değerini almıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen pozitif ve negatif üstünlük değerleri Tablo 11’ de gösterilmektedir. Promethee – I ile elde edilen kısmi öncelik sıralaması ise Şekil 1’ de gösterilmiştir.

	HT1	HT2	HT3	HT4	HT5	HT6	HT7	HT8
Φ +	0,857143	0	0	0,428571	0	0	0	0
Φ -	0	0,142857	0,285714	0	0,142857	0,142857	0,285714	0,285714

Tablo 7. Alternatifler İçin Pozitif ve Negatif Üstünlükler Tablosu

HT1 → HT4 → HT2 = HT5 = HT6 → HT3 = HT7 = HT8

Şekil 1. Bulanık Promethee ile Elde Edilen Kısmi Sıralama.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışma sonucunda, en yüksek risk faktörü yüksekten düşme (HT1) olarak belirlenmiştir. En düşük risk faktörü olarak ise şantiye içi trafik kazaları (HT3), toprak kayması kazaları (HT7), patlama ve yangın kaynaklı kazalar (HT8) riskleri birbirine eşit olarak bulunmuştur.

En yüksek risk önceliğine sahip olan HT1'in saptanabilirliği (D) yüksek olsa da şiddeti (S) de en yüksek seviyededir. Olasılığı (O) ise orta seviyeye yakındır. En düşük risk önceliğine sahip olan HT3 ve HT7'in saptanabilirlikleri (D) orta seviyenin biraz üstünde ancak olasılık (O) ve şiddet (S) etkileri en düşük seviyededir. Bu nedenle, bu iki hata türü en son ele alınması gereken hata türüdür. HT8, risk önceliğinde HT3-HT7 hata türleri ile en düşük risk önceliğinde olsa dahi şiddet (S) etkisi daha yüksektir. Dolayısıyla HT8, HT3-HT7 hata türlerinden daha önce ele alınması gerekir. Bununla birlikte, HT1'in şiddeti (S) HT8' den daha yüksek seviyede olduğu için ilk ele alınması gereken alternatiftir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Yapmış olduğumuz bu çalışmamızda yardımları için Arş. Gör. Dr. Mehmet Akif YERLİKAYA' ya teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1 M. A. Yerlikaya, B. Efe and Ö. F. Efe, "İş Kazalarında Hata Türleri ve Etkilerinin Bulanık Promethee Yöntemiyle Analizi: Bir İnşaat Sektöründe Uygulama," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, pp. 127-135, 2016.
- [2 "Türkiye Genel Hizmetler İşçileri Sendikası," [Online]. Available: <https://www.genel-is.org.tr/is-kazasi,2,11660#.X-ZVoNgzbiU>.
- [3 Y. Çeber, "Hata Türü Ve Etkileri Analizinin Üretim Sektöründe Uygulanması," *Dokuz Eylül Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, pp. 32-68, 2010.
- [4 S. Eleveli, "HTEA-OMÜ," 2018. [Online]. Available: https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/2890_22774_1535.pdf.
- [5 B. Efe, M. A. Yerlikaya and Ö. F. Efe, "İŞ GÜVENLİĞİNDE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMİ İLE HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİNİN ANALİZİ: BİR İNŞAAT FİRMASINDA UYGULAMA," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:6 Sayı:7*, pp. 126-137, 2016.
- [6 M. Yılmaz, "HTEA Tekstil Sektöründe Bir Uygulama," *İstanbul Kültür Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, pp. 20-35, 2017.
- [7 N. Kabadayı and S. Dağ, "BULANIK DEMATEL VE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMLERİ İLE KABLO ÜRETİMİNDE MAKİNE SEÇİMİ," *KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ SOSYAL BİLİMLER DERGİSİ*, pp. 247-251, 2017.

- [8 B. Efe, M. A. Yerlikaya and Ö. F. Efe, "İŞ GÜVENLİĞİNDE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMİ İLE HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİNİN ANALİZİ: BİR İNŞAAT FİRMASINDA UYGULAMA," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:6 Sayı:2*, pp. 126-137, 2016.
- [9 N. Karakaşoğlu, "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama," *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, pp. 1-247, 2008.
- [1 B. Efe, M. A. Yerlikaya and Ö. F. Efe, "İŞ GÜVENLİĞİNDE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMİ İLE HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİNİN ANALİZİ: BİR İNŞAAT FİRMASINDA UYGULAMA," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:6 Sayı:2*, pp. 126-137, 2016.
- [1 "T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu," 2016. [Online]. Available:
1] http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/emekli/is_kazasi_ve_meslek_hastaligi/is_kazasi.
- [1 A. Taşoluk, "Hazır Giyim Üretiminde Meslek Hastalıkları, Yorgunluk ve İş Kazaları Risk Faktörlerinin Değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama," p. 34, 2011.
- [1 A. Demir, "Uluslararası İş Güvenliği ve İş Sağlığı Kongresi," 2020. [Online]. Available:
3] [http://www.isguvenligivecalisansagligikongresi.org/bildiriyayrinti/tedbirsizlik-ve-kader-inancinin-is-kazalarina-etkisi_31#:~:text=%C4%B0%C5%9F%20kazalar%C4%B1%20a%C3%A7%C4%B1s%C4%B1ndan%20T%C3%BCrkiye%2C%20d%C3%BCnyada,management%20\(y%C3%B6netim\)%20olarak](http://www.isguvenligivecalisansagligikongresi.org/bildiriyayrinti/tedbirsizlik-ve-kader-inancinin-is-kazalarina-etkisi_31#:~:text=%C4%B0%C5%9F%20kazalar%C4%B1%20a%C3%A7%C4%B1s%C4%B1ndan%20T%C3%BCrkiye%2C%20d%C3%BCnyada,management%20(y%C3%B6netim)%20olarak).
- [1 "Acar OSGB," [Online]. Available: <https://www.acarosgb.com.tr/is-kazalarinin-olus-sebepleri/>.
4]
- [1 Ş. Keçeci, "Hata Türü Ve Etkileri Analizi Yöntemi İle Bir Asansörün Yapıya Tesis Edilmesinde Risk Analiz Çalışması," *Mesleki Bilimler Dergisi*, p. 3, 2019.
- [1 anonim, "endüstri mühendisliği," 13 12 2012. [Online]. Available:
6] <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com/2012/12/fmea-hata-turleri-ve-etkileri-analizi.html>.
- [1 Ş. Toptancı and N. Erginel, "HTEA VE Kalite Fonksiyon Yayılımı İle Bir İnşaat Firması İçin Risk Değerlendirmesi," *Mühendislik bilimleri ve tasarım dergisi*, pp. 191-192, 2017.
- [1 Ç. Yaylalı, "Kalite İyileştirmede HTEA Ve Bir Üretim Sürecinde Uygulama," *Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, pp. 37-57, 2008.
- [1 "Dönüşüm Danışmanlık," 23 Haziran 2020. [Online]. Available:
9] <https://www.donusumdanismanlik.com/fmea-egitimi-hata-turleri-ve-etkileri-analizi/>.
- [2 E. Aytaç, "KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE UYGULAMA ÖRNEĞİ," *ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ, YÜKSEK LİSANS TEZİ*, pp. 66-68, 2011.
- [2 M. Turgut, "BULANIK MANTIK VE GRİ TEORİ ESASLI HTEA İLE OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ İMALATINDA HATA ÖNCELİKLENDİRME," *İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, YÜKSEK LİSANS TEZİ*, pp. 10-12, 2013.
- [2 H. İ. Ayaz, "BİLGİSAYAR VERİ GÜNLÜKLERİ ÜZERİNE HTEA OTOMASYONU VE ALTERNATİF YÖNTEMLER İLE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI," *HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ, YÜKSEK LİSANS TEZİ*, pp. 11-13, 2018.

[2 B. Tekin, "İş Sağlığı ve İşçi Güvenliği meclisi," 10 Ekim 2020. [Online]. Available:
3] http://www.isigmeclisi.org/site_icerik/2020/10ekim/bedri_tekin.pdf.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ORTAK PROJE
GERÇEKLEŞTİRMELERİ İÇİN İŞ BİRLİĞİ UYGULAMASI**

Orhun Ege Ülker^{1,*}, Özgün Yılmaz²

¹Orhun Ege Ülker, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, Türkiye
egeulker99@gmail.com

²Özgün YILMAZ, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, Türkiye
ozgun.yilmaz@ege.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: egeulker99@gmail.com; Tel.: +90-538-456-8925

ÖZET

Günümüzde bilgisayar mühendisleri öğrencilerinin sahip olduğu sorunlardan bir tanesi, mezun olduklarında gerçek proje tecrübesi, kendi projelerini gerçekleştirme motivasyonu ve yaratıcı fikirlere sahip olamamalarıdır. Sosyal bilimlerle ilgili bölümlerdeki öğrenciler ise daha kolay proje fikri bulmakla beraber yeterli yazılım geliştirme eğitimi almadıkları için yazılımla ilgili projelerini gerçekleştirememektedirler. Öğrencilerin sosyal çevrelerinin genellikle aynı bölümdeki insanlardan oluşması ve kulüp aktivitelerinde de şans eseri tanışılan öğrencilerin gereken yeteneklere sahip olmaması, bilgisayar mühendisliği öğrencileri ile diğer bölüm öğrencilerinin ortak proje yapmalarını engellemektedir. Bu çalışmanın ana amacı, farklı bölümlerdeki öğrencilerin, proje fikirlerini bilgisayar mühendisliği öğrencileriyle iletişime geçerek paylaşabilecekleri bir platform sağlamaktır. Böylece bilgisayar mühendisliği öğrencileri sahip oldukları yetenekleri kullanarak deneyim kazanıp özgeçmişlerine ekleyebilecekleri projelere sahip olurken, farklı becerilere sahip olan diğer bölüm öğrencileri ise fikirlerini, teknik bilgiye ihtiyaç olmadan gerçekleştirmiş olurlar.

Anahtar Kelimeler: Bilgi teknolojileri, girişimcilik, yetenek, iş birliği, disiplinler arası

**A COLLABORATION SOFTWARE APPLICATION FOR
UNDERGRADUATE STUDENTS TO REALIZE JOINT PROJECTS**

ABSTRACT

One of the big problems that computer engineering students have today is that they do not have real project experience when they graduate, and they do not have the motivation and ideas to realize their own projects.

On the other hand, students in departments related to social sciences can find novel ideas more easily but cannot realize their ideas because they do not receive sufficient software development training. The fact that the social

circle of the students usually consists of people from the same department and that the students who meet by chance in club activities do not have the necessary skills, prevent the computer engineering students and other department students from doing joint projects. The main purpose of this study is to provide a platform where students from different departments can share their project ideas by communicating with computer engineering students. Thus, while computer engineering students gain experience by using their talents and have projects that they can add to their résumés, students from other departments with different skills can realize their ideas without the need for technical knowledge.

Key Words: Information Technology, entrepreneurship, competency, collaboration, interdisciplinary

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Şirketler, üniversitelerin Bilgisayar Mühendisliği Bölümü mezunlarına iş hayatlarında ihtiyaç duyacağı yeteneklerin kazandırılmamış olmasından nedeniyle yeni mezunları seçerken daha dikkatli olmaya çalışmışlardır. Microsoft'un Geliştirici Mükemmeliyet Direktörü (Director of Developer Excellence) çalışmasında [1] yeni mezunların beş yeteneğe sahip olmadıklarını ve bu yeteneklerin üniversiteye eklenecek kurslar ile kazandırılması önerisinde bulunmuştur. Bu yetenekler; tasarım analizi, geniş yelpazeden kullanıcılar için yazılım geliştirme, disiplinlerarası iletişim, büyük ölçekte yazılım geliştirme ve güvenli, kaliteli kod yazabilmektir.

Microsoft Research'ün yaptığı başka bir çalışmada ise yeni geliştiricilerin işlerinde yaşadıkları ve kendi eksikliklerinden oluşan problemleri; soru sormaktan çekinme, edindikleri bilgileri organize edememe ve beraber çalıştıkları elemanlarla iletişim eksiklikleri olarak sıralayabiliriz. Bu problemleri çözmek için ise eğitimcinin bir proje yöneticisi ve mentor rolüne büründüğü dersler önerilmektedir [2].

Bu iki çalışmada [1, 2] da görüldüğü üzere bilgisayar mühendisliği müfredatlarının önemli eksiklerinden bir tanesi genellikle aynı yeteneklere sahip öğrencilere verilen ve genellikle bir kişi tarafından yapılabilen projelerin ödev olarak verilmesidir. Öğrenciler, kendi projelerini yaparak ilk araştırmanın [1] bahsettiği tasarım analizi ve büyük ölçekte yazılım geliştirme yeteneklerini geliştirebilirler, ancak proje üzerinde kendileri gibi gönüllü olarak çalışacak öğrencileri bulmakta zorluklar yaşayabilirler.

Bu çalışma, çok disiplinli proje takımında çalışma deneyimi, tasarım analizi ve büyük ölçekli yazılım geliştirme yeteneklerini öğrencilere kazandırmayı amaçlamaktadır. Bunun için diğer bölümlerden proje fikri olan öğrenciler ile bu projeleri gerçekleştirebilecek teknolojileri bilen öğrenciler arasında bir köprü görevi görür. Buna ek olarak, bir proje üzerinde çalışan öğrencilerin istediği teknik bilgilere sahip diğer öğrencileri seçebilmesini sağlar. Öğrenciler, henüz mezun olmadan iş hayatlarında işlerine yarayacak yetenekleri edinirken, proje sahipleri ise Tübitak BiGG[3] gibi burslarla ürünlerini finansal başarıya dönüştürebilir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR (RELATED WORK)

Önceki bölümde yeni mezun öğrencilerin önemli yeteneklere sahip olmadığı tartışılmıştı. Öğrencilerin mezun olmadan önce büyük projelerde çalışması, öğrencilerin tasarım analizi, çok disiplinli proje deneyimi, ve büyük

ölçekte yazılım (üniversite ödevlerine kıyasla) geliştirme gibi yetenekleri kazanmalarını sağlayabilir. Yeni mezunlarda gözlemlenen, soru sormaktan çekinme, edindikleri bilgileri organize edememe ve iletişim eksikliği gibi sorunlar, üniversite döneminde öğrencilerin bir ekibin parçası oldukları projelerde görevlendirilmesiyle giderilebilir.

Başka bir çalışmada [4] ise giriş seviyesindeki yazılımcıların işverenlerin aradıkları en önemli yeteneklerin, ortalama önemleri ve üç yıldaki değişimlerinin oranları Tablo 1’de sıralı olarak verilmiştir.

Tablo 1. Aranılan Yeteneklerin Öne göre Sıralanması [4] (Skills Sought Ranked by Importance)

	Ortalama Önem	Ortalama Değişim
Programlama Temelleri	6.86	-0.17
Çalışma Deneyimi	6.43	0.83
Veri Yapıları	6.43	0.00
Sözel İletişim	6.29	0.67
Takım Çalışması	6.26	0.67
Yazılı İletişim	6.00	0.50
Algoritmalar ve Karmaşıklıkları	6.00	0.00
Web Servisleri ve XML	5.75	0.40
Yazılım Geliştirme Metodolojileri	5.29	0.67
Veri tabanı	5.29	0.33
Profesyonellik	5.29	0.17
Proje Yönetimi	4.84	0.67
Etik	4.82	0.67
İş Bilgisi	4.80	0.67
İnsan Bilgisayar Etkileşimi	4.71	0.83
Bilgi ve İş Analizi	4.71	0.33
Bilgisayar Mimarisi	4.67	0.33
Grafik İşleme	4.50	0.50
İşletim Sistemleri	3.71	0.00
Sistem Yürütme ve Bakımı	3.43	0.00
Telekomünikasyon ve Ağlar	2.50	0.33
Yapay Zekâ	2.43	0.17

Görüldüğü üzere müfredatlarda üzerinde durulan programlama temellerinin önemi azalırken; gerçek dünya deneyimi, sözlü ve yazılı iletişim gibi yeteneklerin öneminin arttığını görüyoruz. Bu tablodan yola çıkarak, başka bölümlerdeki öğrenciler ile yapılacak projelerin tam da bu yetenekleri geliştirmede yardımcı olacağını ve bu sayede giriş seviyesindeki iş başvurularında daha da yüksek başarı oranı elde edilmesini sağlayacağı sonucuna varabiliriz.

Aynı tabloda ayrıca üniversitelerin müfredatlarında yer alan ve daha teknik olan; programlama temelleri, veri yapıları, algoritmalar ve karmaşıklıkları, veri tabanları gibi yetenekleri görüyoruz. Üniversite ödevlerinin incelendiği bir araştırmada [5] bu yeteneklerin kazanılmasında öğrencilerin ilgisini çekmek için ödevlerin kaliteli, konuyla alakalı, kolay başlanılabilir ve genişletilebilir olması gerektiği üzerinde durulmuştur. Öğrencilerin

beklentisinin ise dünyaya ve topluma olumlu katkıda bulunabilecek oyunlaştırılmış ödevler olduğu görülmüştür. Aynı araştırmada, akademik öğrenmenin toplum yararı gözetilerek yapıldığı “servis öğrenimi” kavramından bahsedilmektedir. Purdue Üniversitesi ve Dayton Üniversitelerinin uyguladığı disiplinler arası, farklı arka plandan gelen öğrencilerle yapılan projelerin hem topluma değer kazandırdığını hem de öğrencilerin vizyonlarını genişlettiğini göstermiştir. 170 bilgisayar bilimlerine giriş ödevinin incelenmesinin sonucunda ödevlerin %41’inin öğrencinin ilgisini çekmeyen, herhangi birisi tarafından kullanılma şansı olmayan “niteliksiz” ödevler olduğu görülmüştür.

2.1 Benzer Platformların Karşılaştırılması (Comparison of Similiar Platforms)

2.2.1 Armut

Armut [6], bir grup insanın “hizmet” sunduğu ve diğer insanların da daha önceden belirlenmiş bir ücretle bu hizmetleri kullanabilmesini sağlar. Daha önceden hazırlanmış sorular ile bir hizmeti paketleştirir ve bir fiyat belirler. Böylece bir fotoğrafçıyı bir saat kullanan birisi ne bekleyeceğini ve ne kadar ödeyeceği daha önceden bilir. Armut, sağlayıcıların sahip oldukları yetenekleri onlara fayda sağlayabilecek bir şekilde paketlemesini ve kullanmasını sağlar. Sağlayıcıların sunduğu paketlerden faydalanmak için kullanıcılar bir grup soru yanıtlar ve bu soruların yanıtları üzerinde ödemeleri beklenen fiyat aralığı kullanıcıya bildirilir. Her sağlayıcı çeşitli zamanlarda müsait olduğu için istenen iş için fiyat, en düşük fiyatın 10 katına kadar çıkabilmektedir.

2.2.2 Fiverr

Fiverr’da sağlayıcılar, sahip oldukları yeteneklerini değil, bu yetenekleriyle yapabilecekleri servisleri ve ürünleri düşünüp bunları satarlar. Müşteriler para ödedikten sonra satılan ürüne yönelik verdiği talimatlar doğrultusunda ihtiyacı olan ürünü komisyon etmiş olur ve küçük düzeltmeler talep edebilir [7]. Bu komisyon tekniği şirketlerin, yalnızca bir kez ihtiyaç duyacağı -web sitesi tasarımı, logo tasarımı gibi- hizmetleri dışı bağlı olan ihtiyaçlarını kolay ve hızlı bir şekilde karşılayabilmelerini sağlar. Fiyatlandırma, sağlayıcının ilanında kendi belirttiği çeşitli ürünler için kendisi tarafından belirlenir.

Ancak uluslararası bir platform olması nedeniyle Fiverr’da sağlayıcılara karşı ayrımcılık yapıldığı gözlemlenmiştir [8]. Bu araştırmada siyahilerin %32 daha az inceleme aldığı, bu nedenle de araştırma algoritmalarında daha da gerilerde olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber siyahilerin incelemelerinde genel olarak daha çok negatif sıfatların kullanıldığı gözlemlenmiştir.

2.2.3 Çalışma

Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistemde, bu sorunu ortadan kaldırmak için öğrenciler rastgele seçilmekte ve profil resimleriyle herhangi bir ayrımcılık engellenmektedir.

Bu çalışmanın benzer platformlarla karşılaştırılması Tablo 2’de görülmektedir. Bu çalışmada geliştirilen sistem yetenek odaklıdır. Eşleştirme için müşteriden herhangi bir ücret talep edilmemektedir. Giderlerin reklamlar ve

bağışlar ile karşılanması planlanmaktadır. Bu çalışmadaki sistem üniversite öğrencilerini hedeflemektedir ve sayılan bu yönleriyle diğer çalışmalardan farklıdır.

Tablo 2. Bu çalışma ile benzer platformların karşılaştırılması (Comparison of similiar platforms with our work)

	Armut	Fiverr	Çalışma
Müşteriye sunulan imkân	Servis odaklı	Ürün odaklı	Yetenek odaklı
İmkanların kategorisi	Yalnızca önceden belirlenmiş meslekler	Her ürün sunulabilir	Yalnızca önceden belirlenmiş yetenekler
Müşterinin ödediği miktar	Sağlayıcının servisine özel paketler için belirlediği ücret	Kullanıcının oluşturduğu ürünlere belirlediği ücret	Sağlayıcı ve müşterinin konuşarak anlaştığı ücret (para, projede sahiplik vb.)
Gelir elde etme metodu	Aracı olarak ücretten pay	Aracı olarak ücretten pay	Reklamlar, bağışlar
Sağlayıcıların listelenmesi	İlanı kabul eden sağlayıcıların puan ve fiyat olarak listelenmesi	Arama sonucuna göre sağlayıcıların fiyat ve puanları ile listelenmesi	Aranan yetenekteki sağlayıcıların rastgele bir şekilde seçilmesi
Hedef Kitle	Servis şirketleri, yarı zamanlı servis sağlayıcılar	Ürün sağlayabilen herkes	Üniversite öğrencileri

3. SİSTEM MİMARİSİ (SYSTEM ARCHITECTURE)

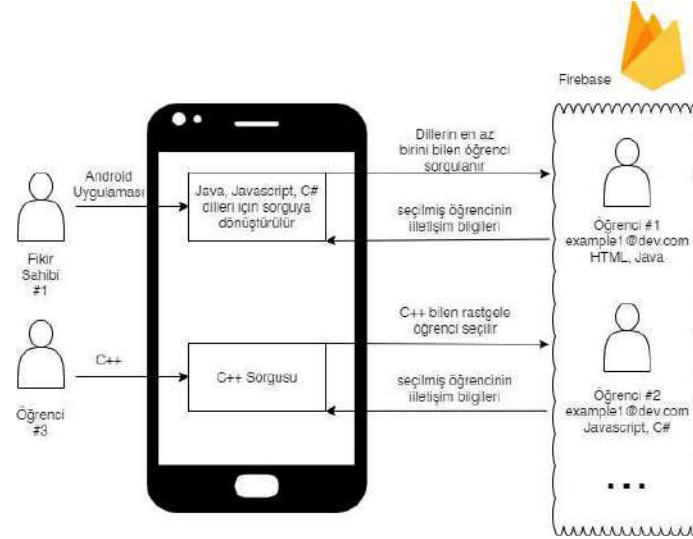
Bu bölümde, geliştirilen sistemin mimarisi anlatılmaktadır. Sistemde ön uç (front-end) kısmı için en fazla kullanılan işletim sistemi olan Android [9] platformunda uygulama geliştirilmesi tercih edilmiştir. Ön uç uygulamasının tasarımı için Android Studio ve Kotlin [10] programlama dilleri kullanılmıştır.

Uygulamanın iletişimde bulunduğu arka uç (backend) olarak hem arka ucun geliştirilmesi için harcanacak zamandan tasarruf etmek için hem de bu arka uç yazılımının çalışacağı hosting servisi ücreti ödememek için Firebase tercih edilmiştir. Firebase, Google'ın 2014 yılında satın aldığı bir platformdur ve geliştiricilerin kolaylıkla arka uç hizmetlerini geliştirebilmelerine imkân verirken ayrıca A/B testleri, bulut veri tabanı, hata raporlama gibi çok yönlü servisler sunmaktadır [11].

Her bir kullanıcı uygulamayı kullanmak için Google hesaplarıyla giriş yapar. Bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin bildikleri diller, kendileri tarafından işaretlendikten sonra Firebase'e kaydedilir. Kopya kayıtların engellenmesi için her kayıt alma işleminde daha önceden veri tabanında böyle bir kullanıcının olup olmadığı sorgulanır. Eğer var ise silinerek yeni kayıt eklenir.

Her programlama dili, üzerinde geliştirilmiş olan çerçeveler (framework) ve kütüphaneler yardımıyla çeşitli kategorilerde ürünler geliştirmek için kullanılabilir. Örneğin Java programlama dili kullanılarak libGDX ile oyunlar, Spring ile web uygulamaları ve Android ile akıllı telefon uygulamaları geliştirilebilir.

Fikirlerini hayata geçirmek isteyen başka bir bölümden gelen öğrenciden hangi programlama dillerini kullanacağı gizlenir. Uygulamaya yalnızca ihtiyaç duyduğu "yeteneği" bildirir, uygulama ilgili yeteneğe uygun olan programlama dillerini bulur. Daha sonra uygulama, fikir sahibi öğrenci ile bu ürünü geliştirme yeteneğine sahip bir programlama dilini bilen öğrenciyi rastgele bir şekilde eşleştirir. Bu durum Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Programlama ayrıntılarının gizlenmesi (Hiding the details of programming)

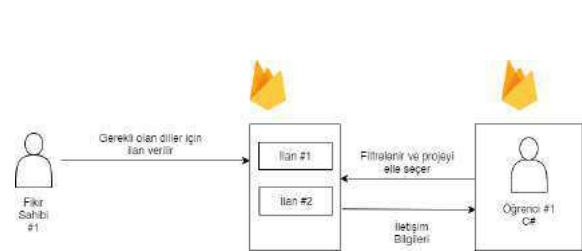
Ancak bir üniversite öğrencisi bir projeyi tamamlamak için yeterli olmayabilir. Bu nedenle geliştirici rolündeki öğrenci, yeteneklerin yanı sıra aynı programlama dilinde çalışacak başka bir öğrenci aratabilir.

Eşleşmelerin yapılması için iki adet sistem mimarisi düşünülmüştür. Şekil 2(a)'da görülen yaklaşımda, kullanıcılar uygun olup olmadıklarını belirtirler. Bu mimaride yalnızca geliştiricilerin verileri veri tabanında saklanır. Eğer kullanıcılar uygunsuz ve istenilen programlama dili ile tecrübeleri varsa eşleşme gerçekleşir. Bu mimaride geliştiriciler, algoritma onları seçene kadar beklerler, ancak proje sahipleri geniş yazılımcı kataloğu arasından geliştirici seçebilir. Şekil 2(b)'de görülen yaklaşımda ise öğrenciler, sahip oldukları yeteneklere göre tek bir tuş yardımıyla geliştirebilecekleri projeye ulaşırlar. Bu yaklaşımda mühendislerin bilgilerinden ayrı olarak projeler ve programlama dilleri ilanları da saklanmak zorundadır. Projelerin sayısı geliştirici sayısından çok daha fazla olduğu için ve veri boyutunu düşürmek için ilk yaklaşım tercih edilmiştir.

Hedeflenen projelerin kapsamı üniversite lisans programı ödevi standartlarına göre büyük, ancak tamamlanmış finansal ürünlere kıyasla küçük, yatırımcıların ve bursiyerlerin ilgisini çekebilecek boyuttadır. Bu nedenle öğrencilerden üzerinde çalışacağı kütüphanelere yönelik tecrübe beklenmez, böylece o alanda tecrübesi olan pahalı yazılımcılar yerine tecrübe için yazılım geliştirmek isteyen öğrenciler kullanılır. Bu nedenden ötürü uygulama bu işlemlerden ücret almamakla beraber bağış veya reklam verme gibi yollarla para kazanabilir.



Şekil 2a. Geliştirici tabanlı mimari (Developer based architecture)



Şekil 2b. İlan tabanlı mimari (Advertising based architecture)

4. DURUM ÇALIŞMASI (CASE STUDY)

Bu bölümde, geliştirilen sistem kullanılarak fikir sahibi öğrenci ile geliştirici öğrencinin eşleştirilmesi bir durum çalışmasıyla anlatılmaktadır. Senaryoya göre önceden 10 bilgisayar mühendisliği öğrencisinin uygulamayı kurduğu varsayılmaktadır. Her geliştirici öğrenci Google hesabı ile giriş yapar ve Şekil 3'te görüldüğü gibi hangi programlama dilleriyle tecrübesi olduğunu seçer. Senaryomuz için Ayşe C# ve HTML, Mehmet Java, Ahmet kullanıcısının ise C ile tecrübesi olduğu varsayılmaktadır.

Bu kayıt tamamlandıktan sonra örneğin İletişim Fakültesi'nden oyun geliştirmek isteyen bir öğrenci, uygulamayı kurar ve giriş yapar. Şekil 4'teki ekrandan oyun geliştirmek istediğini belirtir, bu isteğe göre uygulama libGDX için Java, Unity içinse C# programlama dillerini bilen kullanıcıları aramaya başlar. Uygulama Java veya C# dillerini bilen Ayşe veya Mehmet arasında rastgele bir tercih yapar ve Şekil 5'teki gibi bilgilerini verir. Java seçildiğini varsayarsak ekibi genişletmek için aynı arayüzü kullanarak başka bir Java geliştiricisine ulaşabilir.



Şekil 3. Geliştiricinin bildiği programlama dillerini seçmesi (Selection of programming languages known by a developer)



Şekil 4. Arama ekranı (Search screen)



Şekil 5. Bilgi ekranı (Information Screen)

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bilgisayar mühendisliği bölümünde üniversitenin öğrencilere kazandırdığı yetenekler ile iş hayatında ihtiyaç duyulan yetenekler arasında farklılıklar vardır. Bu farklılıkları giderebilmenin en etkili yollarından bir tanesi bir eğitmen olmadan, öğrencilerin içsel motivasyonlarıyla kendilerine ileride yarar sağlayacak projeler ile

uğraşmasıdır. Bilgisayar mühendisliği bölümü, öğrencileri fikirleri ürüne dönüştürmek için gerekli bilgi ve becerilerle donatmıştır. Özellikle sosyal bilimler ile ilgili bölümlerde okuyan öğrencilerin ise bilgi teknolojileri alanında sahip olduğu fikirleri hayata geçirecek eğitimleri yoktur.

Bu çalışmada anlatılan sistem, kâr amacı güden veya gütmeyen yazılımlar geliştirmek isteyen öğrenciler ile geliştirici öğrenciler arasında köprü görevi görmektedir. Böylece bilgisayar mühendisliği öğrencileri iş hayatlarında işlerine yarayacak yetenekleri edinirken, üzerinde çalıştıkları proje finansal başarıya erişirse o projenin ekibinde çalışan bir yazılımcı olarak iş hayatlarına devam edebilir ve özgeçmişlerine bu başarıyı ekleyebilir. Diğer bölümdeki öğrenciler ise ücretsiz veya düşük ücretler ile fikirlerini hayata geçirebilirler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Brechner, E. Things They Would Not Teach Me of in College: What Microsoft Developers Learn Later In Proceedings of OOPSLA '03. ACM (2003)
- Begel, Andrew & Simon, Beth. Struggles of new college graduates in their first software development job. ACM Sigcse Bulletin (2008).
- TÜBİTAK, <https://www.tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/icerik-1512-girisimcilik-destek-programi-bigg>, (Son Erişim: Haziran 2021)
- Ernest Ferguson. Changing qualifications for entry-level application developers. J. Comput. Sci. Coll. 20, 4 (April 2005), 106–111 (2005).
- Layman, Lucas & Williams, Laurie & Slaten, Kelli. Note to self: make assignments meaningful. 459-463. (2007).
- Armut, <https://armut.com/g/ozel-ders-5/teklif/kisisel-antrenor-personal-trainer/115/1> (Son Erişim: Haziran 2021)
- ToughNickel, <https://toughnickel.com/self-employment/truth-about-Fiverr> (Son Erişim: Haziran 2021)
- Anikó Hannák, Claudia Wagner, David Garcia, Alan Mislove, Markus Strohmaier, and Christo Wilson. 2017. Bias in Online Freelance Marketplaces: Evidence from TaskRabbit and Fiverr. In Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW '17). ACM, New York, NY, USA, 1914–1933.
- Android, <https://www.android.com/what-is-android/> (Son Erişim: Haziran 2021)
- Kotlin, <https://kotlinlang.org/docs/comparison-to-java.html#what-kotlin-has-that-java-does-not> (Son Erişim: Haziran 2021)
- Vrijraj Singh, <https://medium.com/codingurukul/introduction-to-firebase-f9f6ccc8a785> (Son Erişim: Haziran 2021)



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Perakende Sektöründe Gıda Atıklarının Yönetimi

Zeynep ORAK, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye

zeyneporak@gmail.com

*Sorumlu yazar; E-Mail: zeyneporak@gmail.com Tel : +90 545 957 1818

ÖZET

Gelişen Dünya düzeni ve artan nüfus ile birlikte ihtiyaç duyulan gıda ve meydana gelen gıda atığı miktarı artmaktadır. Sosyolojik veri niteliği olan gıda atığı diğer atık türlerinden farklı olarak, daha hassas ve yönetilmesi zor bir atık türüdür. İnsani boyut, ekonomik boyut ve çevresel boyutu olan gıda atıklarının yönetim süreçlerinden kaynaklanan sonuçları bulunmaktadır. Gıda atığının en büyük çevresel etkisi sera gazı emisyonlarının %8'ini oluşturmasıdır.

Sektörel bazlı araştırmalar yapıldığında gıda atığının büyük bir kısmının perakende sektöründen kaynaklandığı tespiti yapılmış olup, yurtiçi ve yurtdışında perakende de meydana gelen gıda atıklarının yönetilmesi büyük bir problemdir.

Perakende Sektöründe Gıda Atıklarının yönetimi kapsamında yazılmış olan tez, gıda atıklarının perakende sektöründe hangi aşamalarda oluştuğunu, tüketici sorumluluklarını ve meydana gelen gıda atıklarının hangi şekilde yönetilebileceğine dair örnek modellerden oluşmaktadır.

Gıda atıklarının Sıfır Atık ve Yeşil Mutabakat içerisinde nasıl değerlendirildiği, Türkiye ve Dünya'da perakende kaynaklı gıda atıkları verileri ve karşılaştırmaları tez içerisinde yer almaktadır.

Bahsi geçen gıda atığı yönetim modellerinin anlaşılır kılınması amacıyla, veri analizi bölümünde gerçek süpermarket gıda atığı verileri ile tümevarım çalışması yapılmış Türkiye için 2021 yılına ait gıda atığı miktarı tahmini yapılmıştır.

Sonuç bölümünde gıda atıklarının yönetim modellerinde izlenecek adımların yaratacağı etkilerden, atık miktarının doğru tespitinin öneminden ve kaynaktan ayrıştırmanın gıda atığı yönetimindeki etkisinden bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: "Gıda Atıkları", "Perakende Sektörü", "Gıda Kaybı", "Atık Yönetimi", "Sıfır Atık"



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Food Waste Management in Retail Sector

ABSTRACT

With the developing world order and increasing population, the amount of food needed and the amount of food waste are increasing. Unlike other types of waste, food waste, which is a sociological data type, is a more sensitive and difficult type of waste to manage. Food waste, which has a human dimension, an economic dimension and an environmental dimension, has consequences arising from the management processes. The biggest environmental impact of food waste is 8% of greenhouse gas emissions.

When sectoral-based researches are made, it has been determined that most of the food waste originates from the retail sector, and it is a big problem to manage the food wastes that occur in retail at home and abroad.

The thesis, which was written within the scope of Management of Food Wastes in the Retail Sector, consists of sample models on how food wastes occur in the retail sector, consumer responsibilities and how food wastes can be managed.

How food wastes are evaluated in Zero Waste and Green Consensus, retail sourced food waste data and comparisons in Turkey and the World are included in the thesis.

In order to make the aforementioned food waste management models understandable, an induction study was made with the real supermarket food waste data in the data analysis section, and an estimation of the amount of food waste for 2021 for Turkey was made.

In the conclusion part, the effects of the steps to be followed in the management models of food waste, the importance of the correct determination of the amount of waste and the effect of separation at the source on food waste management are mentioned.

Key Words: ‘Food waste’, ‘Retail Sector’, ‘Waste Management’, ‘Food Loss’, ‘Zero Waste’

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gıda atıkları, meydana geldikleri alanlara göre farklılık gösterebilir bunlar; evsel kaynaklı gıda atıkları, hazır yemek servisleri kaynaklı gıda atıkları ve perakende sektöründe meydana gelen gıda atıkları şeklinde sıralanabilir. Tez kapsamında incelenecek olan gıda atıklarının büyük bir kısmını oluşturan perakende basamağında ortaya çıkan gıda atıklarının yönetilmesidir.

Tez kapsamında, yenilebilir durumda olan insan tüketimine uygun gıdalar ya da son kullanma tarihi geçmiş, değerini kaybetmiş gıdaların yönetilmesiyle ilgili yönetim modelleri örneklendirilerek verilecektir. Gıda atığının içerisinde olup aynı zamanda tehlikeli atık olan atık yağların yönetilmesi ve önemi gibi bilgilere yer verilecek, çözümler gerçek veriler ile desteklenecektir.

Konu ile ilgili literatürde yer alan açığı kapatmak amacıyla oluşturulan bu tezde verilen, yönetim modelleri Türkiye ve Dünya’da öncü perakende paydaşları tarafından kullanılan gerçek modellerdir.

Gıda atığının, doğru şekilde anlaşılması ve yönetiminde kullanılacak şekillerin belirlenmesi için üst kategorisi olan katı atık yönetiminin de bilinmesi gerekmekte olup, tez kapsamında katı atık yönetimine, ilgili olduğu mevzuatlara, Dünya çapında uygulamalara da yer verilecektir.

2.GIDA ATIĞI TANIMI VE KAPSAMI (DEFINITION AND SCOPE OF FOOD WASTE)

Gıda atığı, insan için üretilmiş olan gıdaların, tüketilmesinde hiçbir sorun olmasa da, şekli, rengi ya da fazlalığı sebebiyle tüketilmemiş gıda ürünlerinin tamamına denir. Gıda kaybı ise, gıda atığı ile karıştırılmamalıdır.

Literatüre geçen ilk tanımlardan biri olarak gösterilebilecek Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) tanımına göre “Gıda kaybı”; insan tüketimine yönelik üretilen sağlıklı, yenilebilir malzemenin besin tedarik zincirinin herhangi bir noktasında kaybolması, bozulması veya böcekler tarafından yenmesiyle ortaya çıkmaktadır.

2.1 PERAKENDE SEKTÖRÜNDE GIDA ATIKLARI (FOOD WASTE IN RETAIL SECTOR)

Perakende sektörü, tedarikçi ve müşteri arasında gerçekleşen hizmete denir. Değişen ve gelişen düzende semt pazarları, mahalle bakkal ve manavlar, yerlerini perakende sektörünün lideri olan süpermarketlere bırakmış durumdadır. Türk hane halkının süpermarket harcamalarına bakıldığında ilk sırada temel gıda maddeleri yer almaktadır.

Türkiye için, perakendede gıda sektörü temelde tüketici davranışlarındaki değişimlerden etkilenmektedir. Örnek olarak Covid-19 virüsü ile birlikte tüketici sağlıklı yaşama ve bağışıklık sistemini geliştirmeye ihtiyaç duymuş bu değişimler, tüketicinin gıda alışverişine de aynı oranda yansımış ve sebze meyve vb. doğal besinlerin satışları hızlanmıştır. Satışı hızlanan ürünlerin stok takipleri ve tedarik miktarları da artacağından, ürünün depoda bekletilmesi ya da raf ömrü hususlarında hassas davranılmalı, satılabilir niteliğini kaybetmemesi sağlanmalıdır. Tüketici davranışlarının ani bir şekilde değişmesi de, stok sayısı fazla olan gıdanın atık olmasına sebep olabilir.

Süpermarketler özelinde gıda atıkları ele alındığında, atığın ortaya çıkmasında birden fazla sebep olup; bunlar aşağıda belirtildiği gibidir,

- Son Kullanma Tarihi (SKT) dolan ürünler,
- Yıpranan ambalaja sahip ürünler,
- Çatlak, kırık ürünler,
- Çürümüş fazla olgunlaşmış ürünler sektörde gıda atığı olarak nitelendirilecek ürünlerin başında gelmektedir.

2.2.PERAKENDE SEKTÖRÜNDE KULLANILAN GIDA ATIK YÖNETİM MODELLERİ (FOOD WASTE MANAGEMENT MODELS IN RETAIL SECTOR)

2.2.1. GIDA SATIŞINI HIZLANDIRMA (SALES ACCELERATION)

Gıda satışını hızlandırma, stok akışını güncel tutmak için perakende sektörünün ilk olarak tercih ettiği stratejidir. Uygulanan stratejilerle gıdanın yenilebilir durumda iken (son kullanma tarihi dolmadan, bozulmadan, çürümeden) farklı yöntemler ile atık oluşumunun kaynağında önlenmesidir.

2.2.2. REYON İNDİRİMİ (SHELF DISCOUNT)

Gıda atığını önleme konusunda etkili ve perakende sektörü tarafından tercih edilen yöntemlerden bir diğeri ise reyon indirimleridir. Son kullanma tarihine az kalmış ya da olgunlaşmış ürünlerde müşteri tarafından satın alım konusunda çekince uyandıran meyve ve sebze ürünlerinde uygulanan reyon indirimleri de, gıdanın israf olmadan tüketiciyle buluşmasını sağlamaktadır.

2.2.3. GIDA BAĞIŞI (FOOD DONATION)

Perakende tarafında reyon indirimi ile satılamayan ürünler için uygulanabilecek bir diğer yöntem ise, gıda bağışıdır. Gıda bağışı, yenilebilir durumunu kaybetmemiş, son kullanma tarihini tamamlamamış ve tüketime uygun ürünlerin ihtiyaç sahibi insanlara ücretsiz olarak verilmesidir. Marketlerin ücretsiz olarak bağışladıkları ürünler için ekstra hacimli dolapları ve alanları olup, ihtiyaç sahipleri gıdanın teminatını buradan gerçekleştirebilir ya da dernek ve vakıf aracılığı ile gıda bağışı gerçekleşerek israf önlenmiş olur.

2.2.4. HAYVAN BESLENMESİ (ANIMAL FEEDING)

İnsanların sağlığı açısından tüketime uygun olmayan gıdalar, çiftliklerde ya da barınaklarda hayvan yemi olarak kullanılır.

Hayvan yemi oluşturma konusunda belirli sınır değerler olup (protein ve yağ oranları), veteriner ve laboratuvar testleri sonrasında bu gıdalar hayvan yemi olarak değerlendirilir.

Son kullanma tarihi geçen, soğuk zinciri kırılan, tüketime hayvan sağlığına uygun olmayan hiçbir besin, hayvan yemi oluşumuna dahil edilemez.

Tarım arazilerinin üçte biri hayvansal yem yetiştirmek için kullanılmakta olup, yemlerin üretilmesi, lojistiği ve işleme aşamaları büyük bir kaynak tüketimi ve çevresel olarak yüklü bir emisyon kaynağıdır. Gıda atıklarının hayvan yemi olarak kullanılması büyük ölçüde emisyon miktarını azaltacak ve atığı değerli kılacaktır.

2.2.5. GIDADAN BİYODİZEL ELDESİ (BODIESEL FROM FOOD WASTE)

Gıda atıkları, aynı zamanda tehlikeli atık olan atık yağları da kapsamaktadır. Biyodizel eldesi, bitkisel ve hayvansal atık yağların, kimyasal süreçlerden geçip, baz ve alkol ile karıştırılıp, yenilenebilir bir yakıt olan biyodizele dönüşmesi işlemidir.

2.2.6. GIDADAN BİYOGAZ ELDESİ (BIOGAS FROM FOOD WASTE)

Biyogaz ya da metanizasyon; gıda atıklarının insanlar tarafından tüketilemeyecek, aynı zamanda hayvan yemi yapımına da uygun olmayan durumdaki organik katı atıkların (yemek atıkları, sebze meyve atıkları, son kullanma tarihi dolmuş vb.) biyometanizasyon tesislerinde, anaerobik ortamda fermentasyon ile gaz elde edilmesi işlemidir.

2.2.7. KOMPOSTLAşTIRMA (COMPOSTING)

Kompostlaştırma, organik atığın, son ürün olan zengin içerikli humusa dönüşmesi işlemidir. Kompost, biyolojik bir proses olup, tamamlanma süresi parametrelere (sıcaklık, pH, C/N oranı, partikül boyutu, nem vb.) ve atığın içeriğine (bitkisel, hayvansal vb.) göre farklılık göstermektedir. Kompost girdisinde büyük ölçüde organik atıkların kalitesi belirleyici olup, çeşitlilik, kompost kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Kompost sonucu çıkan ürünün nerede kullanılacağı, hangi amaca hizmet edeceği bilgisi kompostun içeriğinde değişikliğe neden olabilir.

Gıda / organik atıkların değerlendirilmesinde önemli bir yer taşıyan kompost teknolojilerinin, tüketici öncesi gıda atıklarında kullanılması, tüketici sonrası gıda atıklarında kullanılmasından daha verimli ve avantajlıdır, bunun temel sebebi ayırma sorununun tüketici öncesi gıda atıklarında olmamasıdır. Tüketici sonrası gıda atıklarında, organik atıkla birlikte farklı materyaller de toplanır, bu sorun perakende basamağında da, atığın doğru ayrışmamasından dolayı kaynaklanabilir. Verimli bir kompost ve kaliteli bir humus, ancak atıkların doğru ayrıştırılması, sistemin içerisine inorganik ve kompostlanan maddelerin atılmaması ve atığa uygun kompost tipi seçilmesi önemlidir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışmanın amacı, temel ihtiyaçların tamamının temin edilebildiği ve gün geçtikçe büyüyen perakende sektörünün gıda atığı konusundaki yerinin tespit edilip, yönetimi için önerilerin sunulmasıdır.

Yapılan veri analizi çalışmasında ulaşılmış olunan değerler, süpermarketlerde meydana gelen gıda atığının, ağırlıklı olarak sebze ve meyveden kaynaklandığını kanıtlamaktadır. Bunun sebebi, tedarik aşamasında yaşanan sorunlar, tedarik araçlarının sebze ve meyveye uygun olmaması ya da süpermarket içerisinde depolama ve muhafazanın doğru yapılamaması olabilir. Tazeliğini yitiren, çok olgunlaşmış ya da çürük denilebilecek gıda, müşteri tarafından satın alınmadığından, Gıda Atık Yönetim Modelleri başlığında belirtilen uygulamalara tabii tutularak değerlendirilmelidir.

Çalışmada, atık olarak büyük bir paya sahip bir diğer kategori ise, kırmızı ve beyaz et ürünleridir. Et ürünlerinin saklama koşullarında yaşanan hassasiyet ve insan sağlığına doğrudan olan etkisi sebebi ile, lojistik süresince yaşanacak herhangi bir soğuk zincir ya da soğutucu dolap sorunu, gıdayı tüketilemeyecek duruma getirmektedir, insanlar tarafından tüketime uygun olmayan et ürünlerinin de gıda atık yönetim modellerinde ve gıda atık geri kazanım hiyerarşisinde yer alan sıraya dikkat ederek değerlendirilmesi gerekmektedir.

Gıda atığının belirtilen yöntemler ile değerlendirilmesi ve sürdürülebilir kılınmasını etkileyen iki faktör bulunmaktadır:

- 1- Her atık türünde olduğu gibi, gıda atıklarının da işlenebilmesi için en önemli faktör, miktarının tespit edilebilmesidir. Ölçülebilir atık optimum biçimde değerlendirilebilir.
- 2- Oluşacak gıda atıklarında ayırma, uygulanacak yöntemi belirlemek açısından önemlidir. Hayvan yemi eldesi için asitli içecek ürünleri uygun olamayacağı gibi, gıda bağıışı için de son kullanma tarihi geçen ürünler uygun olmamaktadır. Bu sebeple, gıdanın perakende ayağında değerlendirilmeden doğru şekilde ayrıştırılması, uygulanacak yöntemlerden alınacak verimi arttıracak, atık miktarını minimize edecektir.

Belirtilen iki faktör sonucu elde edilen gıda atıklarının yönetiminde 3.Literatür İncelemesi başlığında verilen modeller farklı durumlarda olan gıda atıklarına uygulanabilecek, Dünya çapında kullanılan yönetim modelleridir.

Tez çalışması kapsamında, süpermarket/perakende sektöründe kaynaklanan gıda atığı miktarının potansiyelinin ifade edilmesi ve sayısal bir değer sunulması amaçlanmıştır.

Gelecek çalışmalar, gıda atığının farklı sektörlerde meydana gelen potansiyelinin incelenmesi ve oluşan atığın yönetilmesinde sektörlere bağlı olarak sunulan çözümlerin farklılaştırılması olabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Atık Yönetimi Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017

FAO, 1981, Food loss prevention in perishable crops, FAO Agricultural Service Bulletin, no. 43.

Marra, F. (2013). Fighting Food Loss and Food Waste in Japan. M. A. in Japanese Studies Asian Studies 2011 –2013, Leiden University

Owen, N., Widdowson, S., Shields, L. (2013). Waste Mapping Guidance for Hotels in Cyprus: Saving Money and Improving the Environment. The Travel Foundation; Cyprus Sustainable Tourism Initiative. Gustavsson ve diğ., 2013, Food Wastage Footprint—Technical Report; FAO: Rome, Italy.

Food recovery hierarchy. (2020, December 31). <https://www.epa.gov/sustainable-management/food/food-recovery-hierarchy>

Environment, U. (bt). UNEP food waste Index REPORT 2021. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2019, Çevre istatistikleri. Belediye istatistikleri.

Waste. Corporate.(bt). <https://corporate.walmart.com/globalresponsibility/sustainability/planet/waste>.

Environment, U. (bt). UNEP food waste Index REPORT 2019.

UK Food Waste Data 2020/21. Tesco PLC.(bt). <https://www.tescopl.com/sustainability/performance/data-tables/food-waste-data/uk-data/>.

Hayvan Gübresinden Ve Atıklardan Kompost Üretimi. (b.t.). Http://Www.Cevresehirkutuphanesi.Com/Assets/Files/Slider_Pdf/Hk8jv030dwqe.Pdf.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

DEPREMİN SUALTI FİZİKSEL YÜZEYİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ: SIĞACIK LİMANI ÖRNEĞİ

Hüseyin CAN ^{1*}, Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ ²

¹Hüseyin CAN, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

huseyincan1340@gmail.com

²Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

ksgormus@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: huseyincan1340@gmail.com

ÖZET

Su kütlesi ile kaplanmış bölgelerin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için su altı fiziksel yüzeyinin detaylarını ve zamanla meydana gelen değişimlerini bilmek önemlidir. Bu fiziksel yüzeyin topoğrafik yapısını ve değişimlerini ortaya çıkarmak için hidrografik ölçümler yapılmaktadır. Ülkemizdeki kıyı şeridi ve koyların yoğunluğu göz önüne alındığında kıyı alanlarını ve koyları daha verimli kullanmak amacıyla kıyı erozyonların engellenmesi, liman tabanlarının yükseltilmesinin önlenmesi ve liman planlamalarının yapılması konusunda kıyı mühendisliğinin önemli bir yeri vardır. Bu çalışmaların en temel aşaması hidrografik çalışmalardır. Ses dalgalarının yayılma temeline dayanan Akustik İskandil yönteminde, bir su üstü araçından su altı fiziksel yüzeyine ses dalgası gönderilir ve bu dalgaların tekrar araca dönüş süresi belirlenir. Ses dalgasının su ortamında yayılma hızı bilindiğinde derinlik değerine ulaşılır.

Bu çalışmada İzmir ili, Seferihisar İlçesi, Sığacık Liman bölgesi çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. 30 Ekim 2020 günü saat 14.51'de, merkez üssü Seferihisar, İzmir Körfezi açıklarında büyüklüğü Mw 6.9 (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) olan bir deprem meydana gelmiştir. Bölgeye ait 30 Ekim 2020 tarihinden önceki ve sonraki zamanlarda toplanan veriler ile oluşturulan iki farklı batimetrik harita karşılaştırılarak Sığacık Koyu'nun su altı topoğrafyasına depremin etkisi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batimetri, Hidrografi, Akustik İskandil



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF EARTHQUAKE ON THE
UNDERWATER PHYSICAL SURFACE: AN EXAMPLE OF THE
SIGACIK PORT**

ABSTRACT

It is important to know the details of the underwater physical surface and its changes over time so that areas covered by U Mass can be used efficiently. Hydrographic measurements are made to reveal the topographic structure and changes of this physical surface. Given the density of the coastline and bays in our country, Coastal Engineering has an important place in preventing coastal erosion, preventing rising port bases and planning ports in order to use coastal areas and bays more efficiently. The most basic stage of these studies are hydrographic studies. In the acoustic echo sounder method, which is based on the propagation of sound waves, a sound wave is sent from an above-water vehicle to the underwater physical surface, and the time of Return of these waves to the vehicle is determined. The depth value is reached when the speed of propagation of the sound wave in the water environment is known.

In this study, Izmir province, Seferihisar district and Sığacık Port region were identified as working areas. An earthquake with a magnitude of MW 6.9 (Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute) occurred on October 30, 2020 at 14.51 am, off the Gulf of Izmir, Seferihisar. By comparing two different bathymetric maps created by acoustic method before and after October 30, 2020 of the region, the impact of the earthquake on the underwater topography of Sığacık Bay was observed.

Key Words: Bathymetry, Hydrography, Acoustic Sounder

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Depremlerin en temel kaynağını diri faylar oluşturmaktadır. Ülkemizde de dünya üzerindeki jeolojik konumundan dolayı çok sayıda diri fay bulunmakta ve bu durum yaşanan deprem yoğunluğunun fazla olmasına neden olmaktadır. Oluşan bu tektonik hareketler fiziksel yüzeylerin şekillerinde değişmelere sebep olmaktadır. [1] Su kütlesi ile kaplı alanlardan olabildiğince fazla verim alınabilmesi için bu yüzeylerdeki değişimleri izlemek önemlidir. Bu yüzeylerin topoğrafik yapılarını ortaya çıkarmak için hidrografik ölçümler yapılmalıdır. [2]

Hidrografik çalışmaların ilk örneklerinde, uzunluğu bilinen iplerin su üzeri araçlarından denize daldırılarak klasik yöntemle ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde her nokta için aynı işlemin tekrarlanması zorunda olması hem zorlayıcı hem de zaman alıcı olduğundan, yöntem yerini zamanla akustik iskandil yöntemine bırakmıştır.

Ses dalgalarının su ortamında yayılma ve yansıma özelliklerinden faydalanılarak derinliklerin ölçülmesi esasına dayanan yöntem akustik iskandil olarak adlandırılır. [3] Bu yöntem, su altı fiziksel yüzeyine gönderilen ses dalgalarının yüzeyden yansıması sonucu oluşan dalgaın gidişi ve geri dönüşü arasındaki zaman farkına dayanarak derinlik verisinin hesaplanması ve bu verinin yatay konum ile ilişkilendirilerek kaydedilmesini sağlar. [4]

30 Ekim 2020 günü İzmir Körfezi açıklarında olan depremden sonra yapılan incelemeler sonrasında depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yeri olan Seferihisar İlçesi'nde depremden kaynaklanan yapısal hasar neredeyse oluşmamış, deniz seviyesinin yaklaşık 1.9 m yükselmesinden dolayı can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. İzmir'deki etkisi sonucu ise 12 bina yıkılmış ve çok sayıda binada hasar meydana gelmiştir.

Depremde oluşan deniz tabanındaki çökme sebebiyle oluşan dalga 15 dakika içinde kıyıya ulaşmış, Akarca ve Sığacık arasındaki bölgede iç kısımlara doğru 800 m kadar ilerlemiş ve normal deniz seviyesinden yaklaşık 2 m kadar yükselmiştir. [5]

Depremin, Sığacık Limanı su altı topoğrafyasına olan etkisi, deprem öncesi ve sonrasına ait veriler ile üretilen haritaların karşılaştırılması ile ortaya konulacaktır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada, deprem sonrasında akustik iskandil tekniği kullanılarak insansız su üstü aracı kullanılarak elde edilen noktasal derinlik verileri ile alanın batimetrik haritası üretilmiştir. Deprem öncesi haritası için ise SHOD tarafından toplanan deprem öncesi derinlik verilerinden yararlanılarak batimetrik harita üretilerek karşılaştırılmıştır. Uygulamanın amacı deprem öncesi ve sonrası su altı topoğrafyasını oluşturup depremin etkisini ortaya koymaktır.

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

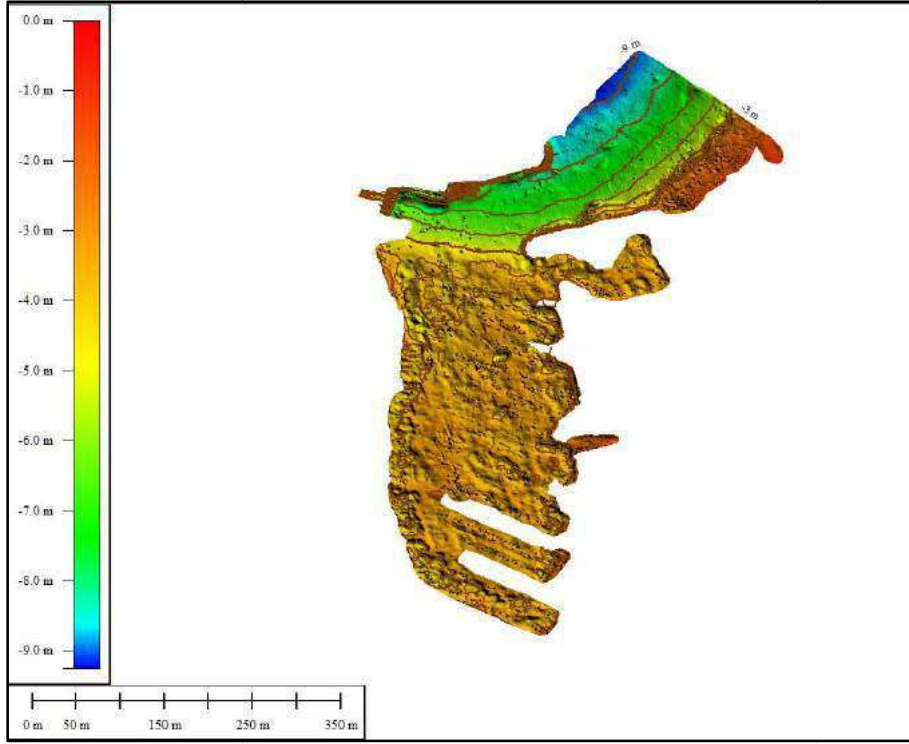
Deprem sonrası yapılan uygulama esnasında uzaktan kumandalı insansız su üstü araç kullanılmıştır. Bu araç; hem kumanda hem de otonom çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistem açık denizlerde de kullanmaya uygun şekilde ayarlanmış olup, tekne karinası dalgalardan kaynaklanan bat-çık hareketlerinden olabildiğince az etkilenmesini sağlayacak şekilde modellenmiştir.

İzmir, Seferihisar, Sığacık Limanı çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Limana ait batimetrik harita üretimi amacıyla yapılan çalışmalarda, su altı topoğrafyasına ilişkin noktasal veriler insansız su üstü aracı ile toplanmıştır. Şekil 1’de çalışma yapılan bölge görülebilir.

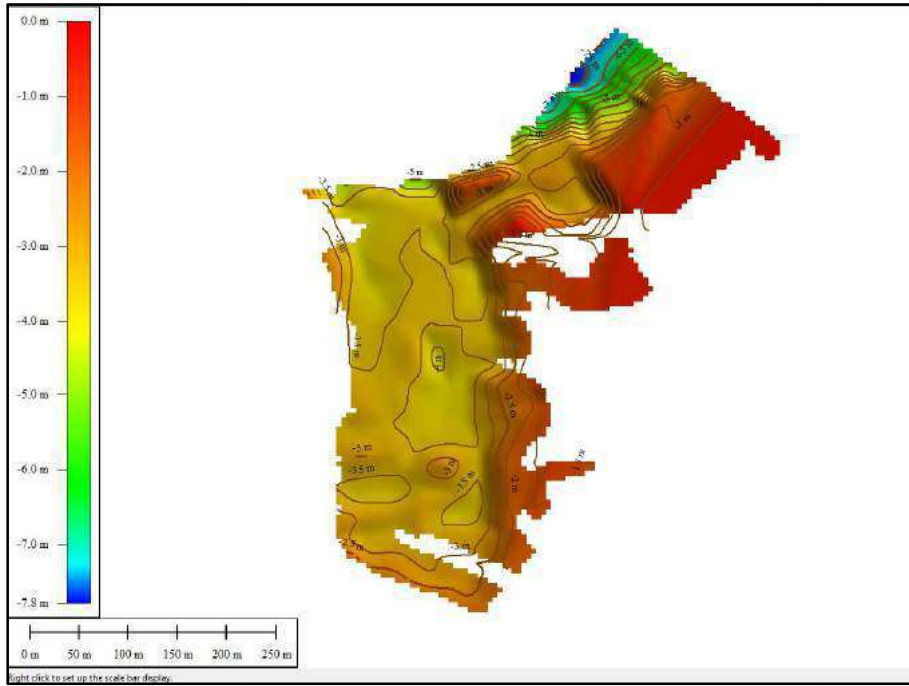


Şekil 1. Çalışma bölgesini gösteren uydu görüntüsü

Limana ilişkin yalpan çalışmalarda toplanan verilerin değerlendirme işlemi ‘‘HyPack’’ adlı yazılımda yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen noktasal veriler aracılığıyla ‘‘Global Mapper’’ programında eş yükselti eğrili sayısal derinlik modeli elde edilmiştir.



Şekil 2. Deprem öncesine ait eş yükselti eğrili sayısal derinlik modeli (Global Mapper)



Şekil 3. Deprem sonrasına ait eş yükselti eğrili sayısal derinlik modeli (Global Mapper)

3. SONUÇLAR (CONCLUSINS)

Bu çalışmada, limanların su altı fiziksel yüzeylerinde deprem etkisine ve bu değişimlerin gözlemlenmesi konusunda hidrografik çalışmaların önemine değinilmiştir. Elde edilen derinlik modelleri karşılaştırıldığında su altı topoğrafyasında bazı bölgelerde 1.5 – 2.0 m'lik yükselme meydana geldiği anlaşılmaktadır. Dip topoğrafyasındaki bu değişimlerin liman kullanımına olumsuz etkilerini gözlemleyerek müdahale etmek amacıyla belirli periyotlarda batimetrik çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] MTA (2005), İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
- [2] Coşkun S., (2009), İzmir Körfezi'nin Çok Işınlı Üç Boyutlu Batimetri Haritası ve Sığ Sedimanter Yapısının İncelenmesi, Tez (Yüksek Lisans) Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [3] Örgören H., (2011), Amasra Limanı'nın Hidrografik Haritasının Hazırlanması ve İp İskandil İle GPS Sistemlerinin İrdelenmesi, Tez (Yüksek Lisans) Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [4] IHO, (2008), IHO Standards for Hydrographic Surveys, *5th edition Special Publication*
- [5] Gazi Üniversitesi “Seferihisar Açıkları İzmir Depremi Ön Değerlendirme Raporu.” Gazi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, 2020.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

HASARLI BİR PERVANENİN CAD MODELİNİN, OPTİK TARAMA VE TERSİNE MÜHENDİSLİK METOTLARI İLE OLUŞTURULMASI

Ardahan YENİGÜN ^{1,*}, Hikmet Anıl GENÇ ², Ahmet DAYANÇ ³, Feridun KARAKOÇ ⁴

¹Ardahan YENİGÜN, Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

ardahan.yenigun@ogr.dpu.edu.tr

² Hikmet Anıl GENÇ, Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

hikmet.genc@ogr.dpu.edu.tr

^{3,4}, Ahmet DAYANÇ, Feridun KARAKOÇ Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

ahmet.dayanc@ogr.dpu.edu.tr, feridun.karakoc@dpu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: hikmet.genc@ogr.dpu.edu.tr; Tel.: +90 (531) 852 62 55

ÖZET

Bu çalışma, hasarlı bir parçadan, tarama verilerini ve 3D modelleme yazılımının yeteneklerini kullanarak bir CAD model oluşturmayı ve ayrıca benzer sorunların çözümünde izlenebilecek adımlar için yol gösterici bir çalışma olmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda teknik resmi ve CAD dosyası bulunmayan hasarlı bir pervane seçilmiştir. Hasarlı pervanenin yüzeylerinin 3 boyutlu sayısallaştırılması için optik tarama yöntemi tercih edilmiştir. Şeffaf olan hasarlı pervanenin taranabilmesi için, tarama cihazında ve hasarlı pervanede ön hazırlıklar yapılmıştır. 3D tarama işlemi, optik üçgenleme yöntemine göre beyaz ışık ile döner bir tabla üzerinde yapılmış olup tarama verileri STL mesh data olarak alınmıştır. Bu veriler, SpaceClaim R2 2021 yazılımına aktarıldıktan sonra kusurları giderebilecek özelliklere sahip modüller kullanılarak düzeltilmiştir. Ardından, katı model oluşturmaya uygun yüzeyler türetilmiş, bu yüzeyler çoğaltılmış ve yüzeylere kalınlık verilerek CAD model oluşturulmuştur. Bu çalışma, tersine mühendislik yöntemleri ile 3D model oluşturma ihtiyacını karşıladığı kadar, hasarlı veya eksik modellerin tamamlanabileceğini ve ihtiyaç halinde tekrar tedarik edilebilirlik ve sürdürülebilirlik sağladığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersine Mühendislik, optik tarama, stl, mesh data, cad model



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**CREATING CAD MODEL OF A DAMAGED PROPELLER USING BY
OPTICAL SCANNING AND REVERSE ENGINEERING METHODS**

ABSTRACT

This study aims to create a CAD model from a damaged part using scanned data and the capabilities of 3D modeling software, and also aims to be a guide for the steps to be followed in solving similar problems. In this context, a damaged propeller without technical drawing and CAD file was selected. The optical scanning method was preferred for 3-dimensional digitization of the damaged propeller's surfaces. In order to scan the damaged propeller which is also transparent, preparations were completed on the scanning device and the damaged propeller. The 3D scanning process was performed on a rotating table with white light in accordance with the optical triangulation method, and the scanned data was taken as STL mesh data. After this data was imported into SpaceClaim R2 2021 software, it was edited via modules which have capabilities to fix its flaws. Afterwards, suitable surfaces for solid model creation was produced and these surfaces were duplicated and the CAD model was created by giving thickness to the surfaces. This study has shown that reverse engineering methods can fulfill the need to create 3D models, moreover damaged or incomplete models can be completed and supplied and sustainability in case of need.

Key Words: Reverse engineering, optical scanning, stl, mesh data, cad model

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tersine mühendislik işlemi, varolan bir objenin ölçümünü ve buna istinaden sanal ortamda üç boyutlu modelinin oluşturulmasını izleyen bir süreçtir[1]. Bilgisayar destekli tasarımın kullanımı alanı yaygınlaştıkça, dolaylı olarak bu metota olan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır. Farklı ihtiyaçlar ve yaklaşımlar sonucunda, günümüzde tarama sistemlerinin çeşitliliği de artmıştır[2]. Bu çeşitliliği optik, lazer ya da CMM gibi seçeneklerle örneklendirebiliriz[3]. Tarayıcı seçimi, taranacak parçanın özelliklerine ve ihtiyaçlara göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla taranmış objeden elde edilen verilerin nitelikleri de değişkenlik gösterecektir. Bu veriler, nokta bulutu veya Stereolithography olarak, yani hacim bilgisi de içeren stl formatında bir mesh data şeklinde okunduktan sonra, bazı yazılımlar aracılığıyla manipüle edilebilir ve düzenlenebilirler[4]. Nitekim bu düzenlemeye ihtiyaç da vardır çünkü tarama sistemlerinin okuyacağı veriler, ideale kıyasla uzaklaşmış ve sapmış olabilirler. Bu durum katı model oluşturma sürecinde hatalara, yanlış ölçülere ve kusurlu bir modellemeye sebep olabilir. Bu durumdan kaçınmak için kullanılan yazılımlarda kontrol modülleri vardır ve hatalar, bu modüller aracılığıyla denetlenebilir.

Tersine mühendisliğe ihtiyaç duyulmasının bazı gerekçeleri vardır. Tedarik edilemeyen bir ürünün tekrar üretilmesi için yeterli teknik resim veya CAD modeli olmadığı durumlarda, birebir modeli çıkartılıp yeniden üretilmesini sağladığı gibi, bazı karmaşık geometrilerin sıfırdan tasarlanmasının zor olduğu durumlarda, zamandan tasarruf ettiren kolaylıklar da getirebilir[5]. Ayrıca geometrik uyumluluğun kritik öneme sahip olduğu medikal implant gibi medikal alanda da bu hususta büyük öneme sahiptir. Ayrıca tersine mühendislik metotları sadece birebir modele erişmeyi sağlamaz, aynı zamanda eksik veya hasarlı parçaların sorunlu kısımlarını tamamlayıcı özellikler de sunar.

Bu çalışma kapsamında tek kanadı kırılmış 3 kanatlı bir pervane modelinin düzenlenmiş ve onarılmış haliyle bir CAD modeline ulaşılması hedeflenmiştir. Bu sonuca ulaşırken izlenen yol, farklı sektörlerdeki benzer problemlere yol gösterici ve yardımcı bir rehber olabilir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışma kapsamında 3 Boyutlu CAD modeli mevcut olmayan ve tek kanadı kırılmış olan Şekil 1’ de görülen bir pervanenin, tersine mühendislik yöntemiyle yeniden modellenmesi ve CAD modelinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu modelin seçilmesinde öncelik verilen bir diğer husus ise tersine mühendislik yöntemindeki bazı aşamaların, orjinal modeldeki eksikleri kapatabilecek metotlara sahip olması ve bu parçanın, bunu göstermek için uygunluğudur.



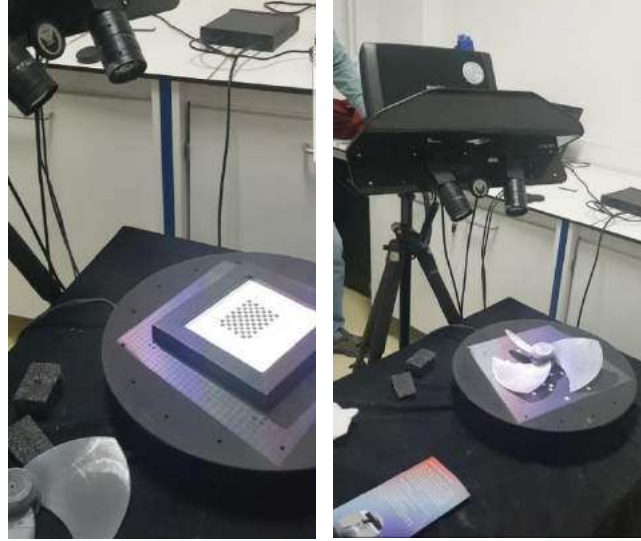
Şekil 1. Pervane (Propeller)

Optik tarama yapılmadan önce taranacak parçanın yüzeylerinin ve ortamın, seçilen tarama yönteminin kısıtlarını azaltacak şekilde hazırlanması gerekir. Çevredeki ışık seviyesi, görüş açısı, opaklık gibi parametreler, verileri istenen hassasiyette elde etmek için önemlidir ve parça yüzeyine uygulama gerekebilir. Bu çalışmada parça yüzeyi, beyaz renkte yansıma önleyici bir spreyle kaplanmıştır[6].



Şekil 2. Optik tarayıcılar için beyaz renkli spreyle (White colored spray for optical scanners)

Bu çalışmada, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İleri Teknolojiler Merkezi' nin kendi bünyesinde bulunan Şekil 3' de görülen HDI Advance optik tarama cihazı kullanılmıştır. Bu tarama cihazı, 2,8 megapiksellik çift kamera ile optik beyaz ışık taraması yapabilmektedir. 360° döner tablaya ve FlexScan 3D yazılımına sahiptir. 0,88 sn' de tarama başına 2,6 milyon nokta veya 5,2 milyon polygon elde edebilir.



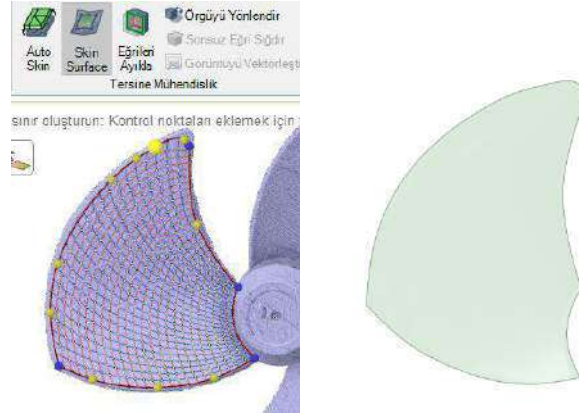
Şekil 3. Tarayıcı kalibrasyonu ve tarama aşaması (Scanner calibration and scanning step)

Tarama sonucunda elde edilen ve bir vektör uzayında X, Y, Z koordinat bilgilerini içeren nokta bulutu verilerin veya mesh datanın işlenmesi gerekmektedir[7,8,9]. Elde edilen veriler nokta bulutu olarak düzenlenmek istenirse “.xyz, .txt, .asc, .igs” gibi formatlarda kayıt edilir. Mesh yapıda düzenlenmek istenirse “.3ds, .obj, .stl, .wrl, .ply” gibi formatlarda kayıt edilir. Bu çalışmada toplanan ve .stl formatında kayıt edilen mesh data, SpaceClaim R2 2021' 3d CAD modelleme yazılımı katı modele dönüştürülmüştür. Mesh datanın ayrıntılı bir şekilde incelenmesine istinaden, istenmeyen veriler silinmiş, yüzey pürüzsüzleştirilmiş ve mesh yapı üzerinde eksik taramadan kaynaklı delik ve çatlak kısımlar onarılmış olup, koordinat sistemine uygun şekilde yerleştirilmiştir.



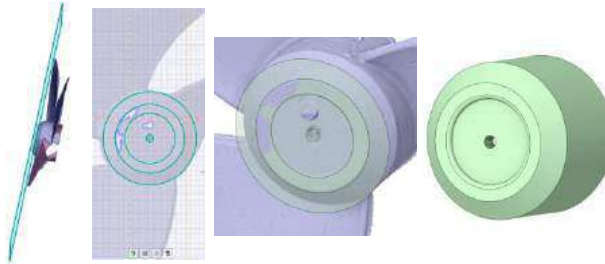
Şekil 4. Stl mesh veri (Stl mesh data)

Düzenlenmiş veri kullanılarak sağlam bir kanat üzerinde, “Tersine Mühendislik” modülü içindeki “Skin Surface” komutu aracılığıyla kanat sınırları belirlenmiş ve tarama verisinden bağımsız olarak, boyut ve eğrilerle uyumlu 3 boyutlu bir yüzey oluşturulmuştur.



Şekil 5. Skin Surface komutu (Skin Surface command)

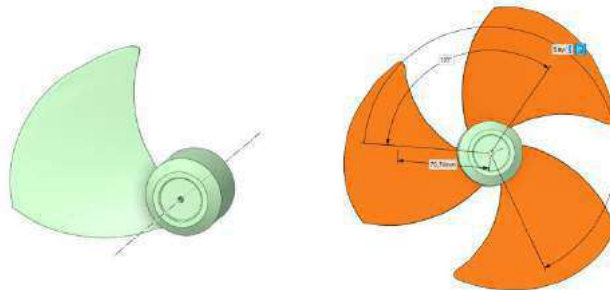
3 boyutlu kanat yüzeyi oluşturulduktan sonra, 3 boyutlu katı model oluşturmak için bu yüzeye kalınlık verilmiştir. Benzer işlemler pervane gövdesi için de yapılmıştır. Ardından SpaceClaim içindeki “Fill” komutu yardımıyla, birbirinden ayrı olan pervanesi gövdesi ve kanat birleştirilmiştir[10].



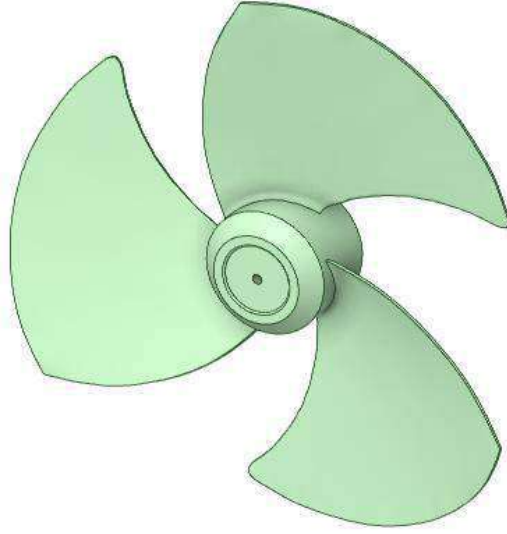
Şekil 6. Pervane gövdesinin katı modeli (Solid model of propeller body)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3 kanatlı pervane oluşturmak için bir adet kanat, gövde çevresinde 120° lik eşit açılarla, toplam 3 adet olmak üzere çoğaltılmış ve nihai CAD model elde edilebilmiştir.



Şekil 7. Dairesel desen (Circular pattern)



Şekil 8. Pervane CAD modeli (Propeller CAD model)

Tersine mühendislik işleminde modelin düzgün taranması son derece önemlidir. Tarama yöntemi, modele ve beklentilere göre seçilmelidir. Optik tarama cihazlarının kabiliyetleriyle girinti ve çıkıntısı az olan, yüzey detayı daha az ve küçük delik çapları içermeyen parçaların taranması daha uygundur çünkü tarama için kullanılan bu yöntem, optik bir yöntem olmasından dolayı çevredeki ışık seviyesi, görüş açısı, şeffaflık, parlaklık ve yarı saydamlık gibi özellikleri, birer kısıt olarak ortaya çıkarmaktadır [11]. Uygun şartlar oluştuğunda, taramadan kaynaklanabilecek sapma miktarları minimumda tutulabilir.

Tersine mühendisliğin modelleme sürecindeki olumlu yanlarından biri, bazı parçaların sıfırdan tasarlanmasına kıyasla zamandan tasarruf ettirmesi ve ölçülmesi zor eğrilerin yakalanarak uyumlu tasarımların çizilebilmesidir. Ayrıca tersine mühendisliği yapılan bir parçanın cad datası ile simülasyon ve analiz imkanları doğar. Prototip ve kalıp üretmek için gerekli datayı sağlar. Arge için çalışmaya sıfırdan değil, belirli bir seviyeden devam edilebilecek datayı sağlar.

Bu çalışma sonucunda, uygun parçalar için uygun ekipman ve yazılımları kullanarak, birebir modelleme yapılabileceği gibi modeldeki eksik kısımların da mevcut tarama verileri ve yazılımların kabiliyetleri ile tamamlanabileceği görülmüştür. Tersine mühendisliğin bu uygulamaları, çok çeşitli sektörlerde faydalar getirebilir. Örneğin, medikal implanta ihtiyaç duyan hastalar için kişiye özel tasarlanmış birebir modeller oluşturulabileceği gibi, bir kemik yapıda eksik kısımları tamamlayıcı ve hastaya tam uyumlu tasarımlar da oluşturulabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü ve İleri Teknolojiler Merkezi' nin sunduğu imkanlar için teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] https://tr.wikipedia.org/wiki/Tersine_m%C3%BChendislik#:~:text=Tersine%20m%C3%BChendislik%2C%20bir%20ayg%C4%B1t%C4%B1n%2C%20objenin,prensiplerinin%20detayl%C4%B1%20%C5%9Fekilde%20analizini%20i%C3%A7erir
- [2] <https://www.dizayndata.com/3d-tarama/>
- [3] Balta, C. (2016) Tersine Mühendislik Uygulamalarında Nokta Bulutu Verilerinden Örme Yüzey ve Parametrik Yüzey Denklemlerinin Elde Edilmesi
- [4] <https://bicisim.com/blog/stl-dosyasi-nedir-ve-nasil-kullanilir>
- [5] Demir, H. (2018) CAD Datası Olmayan Parçaların Tersine Mühendislik Metodu ile CAD Datalarının Oluşturulması
- [6] Işık, U. (2019) Üç Boyutlu Koordinat Ölçme Cihazı (CMM) ile Optik Taram Cihazının Performansının Karşılaştırılması
- [7] Tarçın, S. (2013) Fast Feature Extraction From 3D Point Cloud
- [8] <https://www.bimteknoloji.com/teknoloji/3b-nokta-bulut-point-cloud/>
- [9] https://tr.wikipedia.org/wiki/Nokta_bulut
- [10] <https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceClaim>
- [11] Ören, S., Yasa, E., Uğur, E., Poyraz, Ö., Akbulut, G., Pilatin, S., 2014. "Havacılık Sektöründe Optik Ölçüm Yöntemlerinin Yeri ve Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma," Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 654, s. 35-60.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**QR KOD VE ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİSİNİN
BERABER KULLANILDIĞI BİR İNOVASYON ÇALIŞMASI: BALIK
MARKETLERDE KULLANIMI**

¹Batuhan ZABUN batuhandabun@gmail.com

²Bürge UZEL bburgeuzel@gmail.com

³Emir YANIK auemey@outlook.com

⁴Gülsüm GÜRSUL gulsumgursul@gmail.com

⁵Yeşim OK yesim.ok@atauni.edu.tr

^{1,2,3,4} Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Türkiye

Sorumlu yazar; E-Mail: batuhandabun@gmail.com; Tel.: +90-554-382-4440

ÖZET

Bu çalışmada önerilen proje, hayatımızın artık vazgeçilmez bir parçası olan internet ve beraberinde getirdiği teknolojik değişikliklerden biri olan e-ticaret sistemleri ile ilgili inovatif mobil bir uygulamadır. E-ticaret sistemlerinin önemli bileşenlerinden biri olan QR kod sistemleri hızlı ve güvenli bilgi akışı ve ulaşım kolaylığı sağlamaktadır. QR kod sistemi, sanal nesnelere gerçeklik ile birleştiren bir ara yüz olarak tanımlanabilir. Kameralı bir cep telefonu veya benzeri mobil bir cihaz ile barkod okumaya yardımcı bir uygulama kullanılarak bütün QR kodlar okutulabilir. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki çevre ve içindekilerin, bilgisayar vasıtası ile ses, görüntü ve konum vb. verilerle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı ya da dolaylı fiziksel görünümüdür. Kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve artırılmasıdır. Bu çalışmada, artırılmış gerçeklik ve QR kod uygulamasını birleştirerek balık marketlerde müşterilerin ilgisini çekmek ve balıklar hakkında müşterilere bilgi vermek için inovatif bir uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnovasyon, QR kod, Artırılmış Gerçeklik, BT, balık market

AN INNOVATION STUDY USING QR CODE AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY: USE IN FISH MARKETS

ABSTRACT

The project proposed in this study is an innovative mobile application related to the internet, which is now an indispensable part of our lives, and e-commerce systems, one of the technological changes it brings. QR code systems, one of the important components of e-commerce systems, provide fast and secure information flow and ease of access. The QR code system can be defined as an interface that combines virtual objects with reality. All QR codes can be read by using an application that helps to read barcodes with a camera phone or similar mobile device. Augmented reality, real-world environment and its contents, sound, image and location, etc. via computer. It is a live or indirect physical appearance created by enriching with data. In short, it is the changing and augmentation of reality by the computer. In this study, an innovative application has been developed to attract customers' attention and inform customers about fish in fish markets by combining augmented reality and QR code application.

Keywords: Innovation, QR Code, Augmented Reality, IT, fish market

1.GİRİŞ

İnovasyon, yeni fikirleri (ürün, metot veya hizmet gibi) değer yaratan çıktılara dönüştürme sürecidir. İnovasyon, son yıllarda birçok alanda araştırma yapan bilim insanlarının en fazla ilgisini çeken kavramlardan biri olmuştur. Bir ülkede inovasyon, sürdürülebilir büyüme ile birlikte toplumdaki refah seviyesinin ve iş imkânının artmasını ifade eder. [1]

Küreselleşme, müşteri odaklı anlayışın öneminin artması, müşteri veri tabanı oluşturma ihtiyacının artması, internet ve büyük verinin hayatımızın her bölümüne girmesi ve gelecek yıllarda öneminin daha da artacak olması, genç nüfusun hızlı artışı ve bu sebeple tüketim alışkanlıklarının farklılaşması, eğitim ve kültür düzeyindeki farklılaşma, internet erişiminin kolay hale gelmesi, vb. unsurlar, pazarlama anlayışının değişmesine neden olmuştur. Müşteri odaklı pazarlama, kuruluşların ayakta kalmasını sağlamaktadır.

Hızla gelişmekte olan e-ticaret teknolojisi, insanlar arasında da yayılarak popüler hale gelmiştir. Tüm dijital ortamların sahip oldukları hızlı ulaşım ve kolay etkileşime geçilmesini sağlayan geleneksel pazarlamanın yanı sıra birden çok avantajı olan mobil pazarlama araçları kullanılmaya başlanmıştır.

Dijitalleşmenin artması ile birlikte mobil cihazların kullanım oranları artmış ve gelişen teknoloji ile birlikte insanların hızla değişen ihtiyaçları da ortaya çıkmıştır. [2]

Teknoloji çağı sebebi ile insanlar artık tüm ihtiyaçlarını dijital ortamlarda gerçekleştirmektedir. Bu da bizim e- ticaret sistemleri üzerine yoğunlaşmamızı sağlamaktadır. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyanın

bilgisayar vasıtası ile sanal dünyaya uyarlanmasıdır. QR kod, artırılmış gerçeklik uygulamalarından biridir. E- ticaret sistemlerinde de kolay ve hızlı bir şekilde işlem yapabilmek amacıyla da nesnelere QR kodlar tanımlanmaktadır.

İsmi, İngilizcede “Çabuk Tepki” anlamına gelen “Quick Response” kelimelerinin baş harflerinden alan QR kodlar her yüzeye uygulanabilen, çevrimiçi ve çevrimdışı ortamları birbirine bağlamayı sağlayan mobil araçlardır. QR kod uygulamaları; barkodlar, barkod okuyucu denilen optik bir sensör aracılığı ile okunur ve ürüne ait fiyat, miktar, üretim tarihi gibi bilgilerin bilgisayar ortamında kolay ulaşılmasını sağlar. [3]

Bu çalışmanın amacı, artırılmış gerçeklik uygulaması olan bir QR kod uygulamasının balık marketlerde müşterilerin ilgisini çekmek, satış stratejisine farklı bir boyut kazandırmak ve balıklar hakkında müşterilere bilgi vermek için kullanıldığı inovatif bir yaklaşım geliştirmektir.

2. YÖNTEM VE SİSTEMİN İŞLEYİŞİ

Bu uygulamanın mobil cihazlarda çalışması hedeflenmiştir. Uygulamayı Ios ve Android işletim sistemine sahip bütün cihazlar kullanabilmektedir. Bu uygulamayı sadece Android işletim sistemine sahip olan cihazlar için tasarladığımız için sadece Android işletim sistemine sahip cihazlarda çalışabilmektedir. Uygulamanın yapımında 4 farklı program kullanılmıştır. Bu programlar;Unity3D,Vuforia,Adobe Photoshop CS6 ve Microsoft Office Professional 2019 programlarıdır. Uygulamamızda ilk olarak Unity3D [4] programı kullanılmıştır. Unity3D oyun motoru sayesinde artırılmış gerçeklik uygulamamızın sistemi oluşturulmuştur. Bu programa Artırılmış Gerçeklik özelliğini Vuforia [5] adlı web tabanlı siteden aktarılmıştır. Vuforia, uygulama ile ilgili gerekli artırılmış gerçeklik resimlerini Unity programına tanıtmamızda ve aktarılmasında yardımcı olmuştur. Vuforia'nın vermiş olduğu id satırını uygulamamızın içinde uygun alanlara yapııştırarak, artırılmış gerçeklik kartları ile uygulamamız arasında bağlantı sağlanmıştır. Adobe Photoshop CS6 programı ile uygulama içerisindeki resimlerin biçimlendirilmesi yapılmıştır. Uygulamadaki balıkların besin değerlerini ve bilgilerini grafik haline getirmek için de Microsoft Office Professional 2019 kullanılmıştır. Uygulamanın en son aşaması olarak Unity motorunda projemizin Android ayarları yapılmıştır. Android ayarları tamamlandıktan sonra uygulama Android için kurulmuştur. Apk dosyası oluşturulduktan sonra bu dosyayı Android işletim sistemine sahip telefonumuza aktarılmıştır. Uygulamanın cihazımızda kurulumu yapılmıştır. Kurulum tamamlandıktan sonra uygulama açılıp QR kodlar okutularak uygulama kullanıma açılmaktadır.

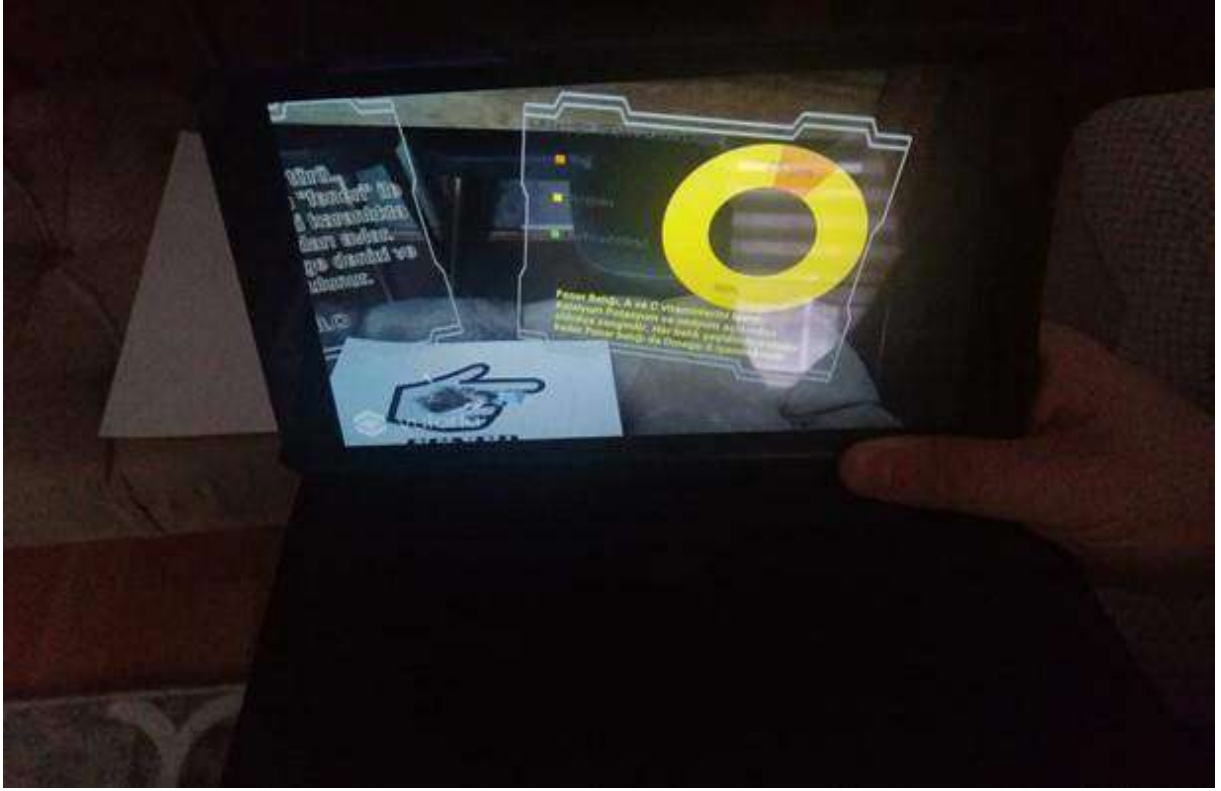
Öncelikle programın bir balık tezgâhında kullanılması düşünülmüştür. Dükkândaki her farklı balık tezgâhında bir QR kod okuyucu bulunacaktır. Müşteri balık dükkânına girdiğinde kendisine verilecek olan tabletlerden birini alacaktır. Müşteri kendisine verilen bu tabletle birlikte balık reyonlarını gezecek, hangi balık hakkında bilgi almak istiyorsa tableti o balığın QR kodunu okutacaktır. Okuttuktan sonra balığın fiyat ve besin değeri bilgileri tablette 3 boyutlu olarak gözükecektir. Daha sonra müşteri satın almak istediği balığı belirleyip ödeme yapmak için kasaya yönelecektir.

3. UYGULAMA

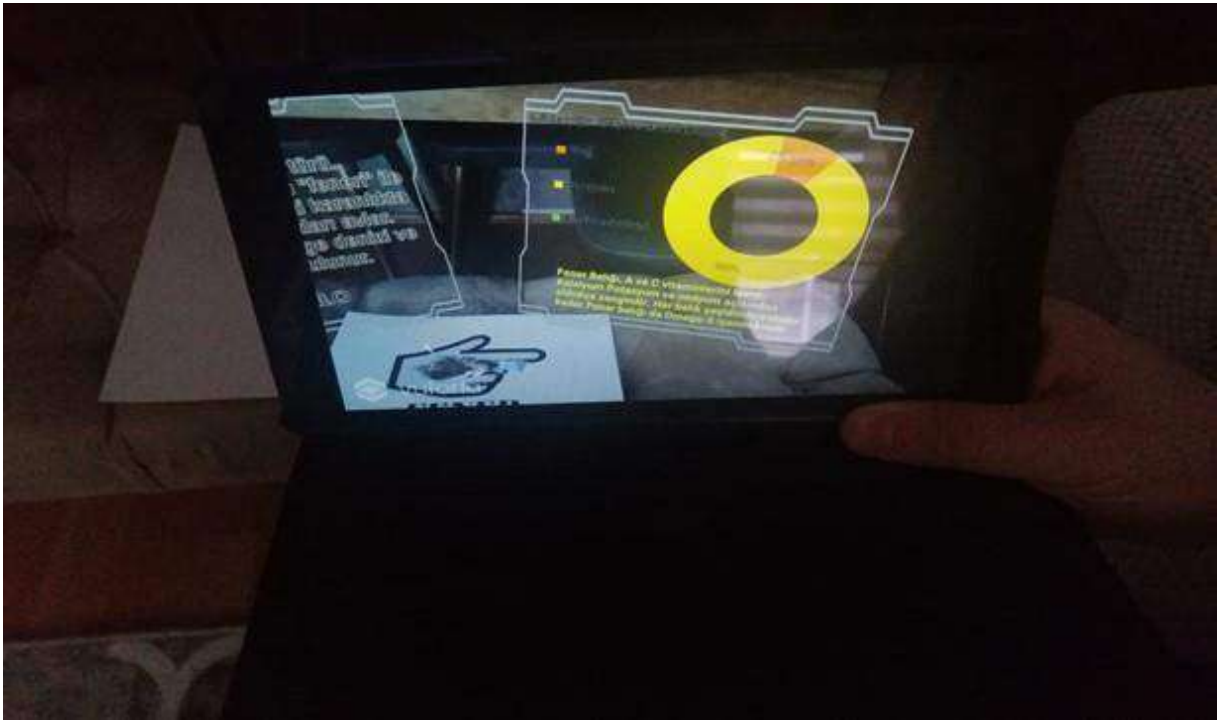
Müşteri programı çalıştırdığında karşısına sağ ve sol olarak 2 metin kutusu ve QR kod ile okuttuğu balığın resmi çıkacaktır. Sol metin kutusunda balık hakkında ufak bir bilgi ve fiyat bilgisi çıkacaktır. Sağ metin kutusunda ise balığın protein, yağ, karbonhidrat oranı, hangi vitaminleri içerdiğini ve balık hakkında tüketim hakkında yazılmış küçük çaplı bir bilgi metni olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: Uygulama İçi Görüntü



Şekil 2: Uygulama İçi Görüntü



Şekil 3: Uygulama İçi Görüntü

4. SONUÇ

Artırılmış gerçeklik, günlük hayatımızın her evresinde kullanabileceğimiz ve hayatımızı kolaylaştıracak dikkat çekici bir teknolojidir. Günümüzde, artırılmış gerçeklik teknolojisi arkeolojiden mimariye, eğitimden ürün tasarımına, sağlıktan savunma sanayiye kadar her alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Artırılmış gerçeklik, ticarete de örneğin müşteriler katalogdan ürünlerini seçerken bir yardımcı olarak kullanılabilir. Ürünlerin taranmış görüntülerinin kullanımıyla müşterilere ek içerik ve görüş gibi özelleştirme seçenekleri de sunulabilir.

İşletmelerin sahip oldukları teknolojik alt yapı geliştikçe, artırılmış gerçeklik uygulamaları da endüstride depolama, pazarlama, üretim planlama ve kontrolü gibi pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bizim uygulamamız da pazarlama alanında inovatif bir gelişme olarak tasarlanmıştır.

Bu amaçla, bu çalışmada, bir balık tezgâhında, müşterilerin satın almayı düşündüğü balıkla ilgili edineceği bilgiyi, personele gerek kalmaksızın, cep telefonunu kullanarak oluşturulan sanal panellerden öğrenmesini sağlamak ve böylelikle, hem personel ihtiyacını azaltmak hem de müşteriye teknolojik bir pencere açma ayrıcalığı sunarak müşterinin dikkatini çekmek ve satış gücünü arttırmak amaçlanmıştır.

-

KAYNAKÇA

- [1] «Vikipedi,» Ağustos 2020. [Çevrimiçi]. Available: <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0novasyon>.
- [2] B. Ersöz ve M. Özmen, «Dijitalleşme ve Bilişim Teknolojilerinin Çalışanlar Üzerindeki Etkileri,» cilt 11, no. 42, 2020.
- [3] «QR kodu nedir nasıl kullanılır?,» 21 Ağustos 2020. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/qr-kodu-nedir-nasil-kullanilir-41592708>.
- [4] «Unity3D,» Unity Technologies, [Çevrimiçi]. Available: <https://unity.com/>.
- [5] «Vuforia,» [Çevrimiçi]. Available: <https://developer.vuforia.com/>.
- [6] Z. Bozyer, «ENDÜSTRİDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARI VE İNSAN-BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİ PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ,» 2019.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ
DESTEKLİ HİDROLOJİK MODELLEME

Ayça EYLEN*, Ali Arda ŞORMAN

Ayça Eylen, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
aycaeylen@eskisehir.edu.tr

Ali Arda Şorman, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
asorman@eskisehir.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: aycaeylen@eskisehir.edu.tr ; Tel.: +90 545 250 57 07

ÖZET

Su kaynakları yönetiminde, ilgilenilen havzanın farklı yağış-akış ilişkileri altındaki davranışını anlamak karmaşık bir süreçtir. Havzanın farklı girdi ve koşullar altındaki davranışının belirlenmesinde hidrolojik modellere ihtiyaç duyulur. Yapılan bu çalışmada, Ankara ili sınırları içerisinde yer alan Güvenç araştırma havzasında Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak havza karakteristikleri belirlenmiş, Sentinel ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak havzaya ait arazi kullanımları çıkarılmıştır. Bu veriler ışığında, HEC-HMS hidrolojik modeli uygulanarak havzada gözlemlenen yağış-akış ölçümleriyle olay tabanlı modelleme çalışması yapılmıştır. Model sonuçları çeşitli performans ölçütleriyle değerlendirilmiştir ve havzaya özgü model parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolojik modelleme, uzaktan algılama, CBS, HEC-HMS, Güvenç havzası

**REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS-
SUPPORTED HYDROLOGICAL MODELING**

ABSTRACT

In water resources management, understanding the rainfall-runoff relationship of a basin under different conditions is a complex process. Hydrological models are useful tools applied to simulate such variable inputs and environments in a watershed. Güvenç research basin located within the boundaries of Ankara city is selected for this study where its basin characteristics are derived using Geographic Information Systems and Land use/Land cover by utilizing Sentinel and Landsat satellite images. HEC-HMS hydrological model is employed with observed rainfall-runoff data for event based modeling. Model performance results are evaluated by different goodness-of-fit tests in order to derive basin representative model parameters.

Key Words: Hydrological modeling, remote sensing, GIS, HEC-HMS, Güvenç basin

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hidrolik yapıların projelendirme sürecinde hidrografa ait parametrelerin belirlenmesi hidrolojik tasarımın önemli aşamalarındandır. Farklı koşullar altındaki havza davranışlarını belirlemek ve havzaya ait güvenilir parametreleri elde etmek için hidrolojik modellere ihtiyaç duyulur. Hidrolojik modeller hidrolojik döngünün basitleştirilmiş halini temsil eden araçlardır. Bu çalışmada kullanılan uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri analizleri de hidrolojik modelleme uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır.

HEC-HMS havzanın tüm hidrolojik süreçlerini simüle etmek için US Army Corps of Engineers tarafından geliştirilen ve dünyanın birçok yerinde başarı ile uygulanan bir programdır. Bu çalışmalara örnek kayıp metodları olarak eğri numarası, (Chang, 2009), (Okiry ve diğ., 2012) (Bora & Onuşluel Gül, 2019) ve (Taş & Şorman, 2020) ve başlangıç ve sabit kayıp (Sardoi ve diğ., 2012) ve (Yılmaz ve diğ., 2012) kullanılmıştır.

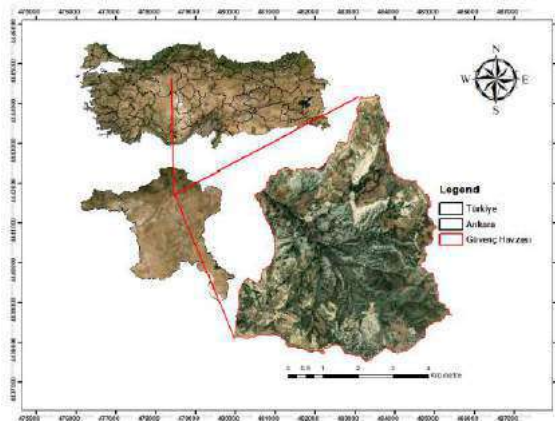
Çalışma alanı olarak Köy Hizmetleri araştırma havzası olan Ankara Güvenç havzası seçilmiş olup, Sentinel ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak havzaya ait arazi özellikleri çıkartılmış, meteorolojik model için ağırlıklı yağış ölçer (gage weight) modeli kullanılmış, kayıp metodu başlangıç ve sabit kayıp (initial and constant) seçilmiş ve akışı simüle etmek için Clark birim hidrograf yöntemi uygulanmıştır. Farklı yıllara ait olaylarda kalibrasyon ve validasyon çalışmaları sonucu ortaya çıkan parametrelerin gözlenen olaylardaki hidrograflar ile benzer olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmanın amacı havzanın karakteristik ve yağış-akış verilerinden yararlanarak yapılan kalibrasyon-validasyon çalışması sonucunda güvenilir model parametreleri elde etmektir.

2. METOT (Method)

Bu çalışmada Ankara Güvenç Havzası'nın coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanılarak 1992-1998 yıllarında gözlemlenen bazı olaylar ve HEC-HMS modeli yardımıyla olay bazlı hidrolojik modelleme yapılmıştır.

2.1 Çalışma Alanı (Study Area)

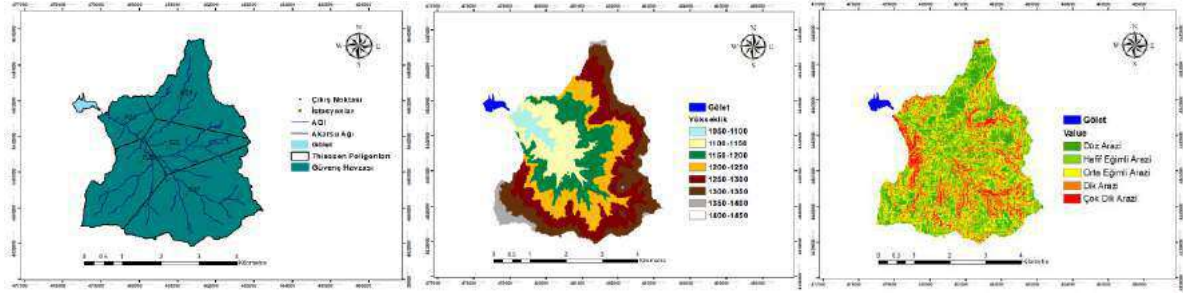
Güvenç Havzası, Ankara-Yenimahalle ilçesi Güvenç Köyü'nde, Ankara-İstanbul karayolunun 35. km'sinde Kayaönü Çayı üzerinde yer alan Güvenç Göleti'nin su toplama havzası ve köy hizmetleri araştırma havzalarının birisidir. Araştırma havzasında doğan sular Kayaönü Çayı'nda toplanarak Ova Deresi'ne dökülmektedir. Ova Çayı, Sakarya Nehri ile Ankara Çayı'nın bir alt koludur. Havzada beş yağış istasyonu ve havza çıkışında bir akış istasyonu bulunmaktadır.



Şekil 1. Güvenç Havzası'nın Konumu

2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri Analizleri (Geographical Information Systems Analysis)

Hidrolojik modelleme çalışmalarında havzaya ait karakteristik özelliklerin çıkarılması ve havzaya ait yağış-akış ilişkilerinin belirlenmesi önemli adımlardan biridir. Güvenç havzası 15.93 km² drenaj alanına sahip, 20.88 km uzunluğundadır. Havzanın çıkışında (1056.48 m) bir adet akım gözlem istasyonu ve havza sınırları içerisinde beş adet yağış istasyonu bulunmaktadır. Havzaya ait meteorolojik özelliklerin belirlenmesinde hidrolojik modelleme kısmında ağırlıklı yağışölçer (gage weight) metodu seçilmiş ve yağış istasyonlarının dağıtılmasında thiessen poligon yönteminden yararlanılmıştır.



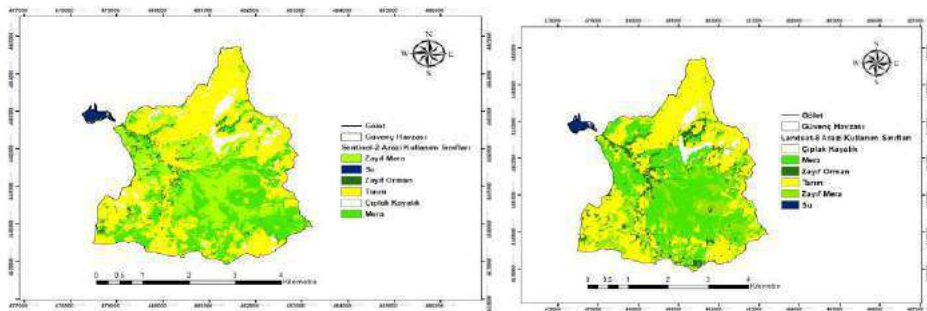
Şekil 2. Güvenç Havzası İstasyonları ve Akarsu Ağı, Yükseklik ve Eğim Haritası

Tablo 1. Yağış İstasyonları, Yükseklik ve Eğimin Alansal Dağılımı

Yağış İstasyonları	Thiessen Alansal Dağılım (%)	Eşyüksekti Aralıkları (m)	Alan (%)	Eğim	Alansal Dağılım (%)
R24	9.04	1050-1100	4.73	Düz	20.2
R25	14.75	1100-1200	34.81	Hafif Eğimli	29.4
R26	20.03	1200-1300	40.09	Orta Eğimli	26.1
R27	35.34	1300-1400	20.23	Dik	15.8
R28	20.84	1400-1450	0.13	Çok Dik	8.5

2.3 Uzaktan Algılama Analizleri (Remote Sensing Analysis)

Havzaya ait arazi örtüsü ve arazi kullanımı suyun sızma kapasitesini etkileyen faktörlerdendir. Arazi örtüsü terimi, dünya yüzeyinde mevcut olan özelliğin türü ile ilgilidir. Arazi kullanımı terimi ise belirli bir arazi parçasıyla ilişkili insan faaliyeti veya ekonomik işlev ile ilgilidir. (Lillesand ve diğ., 2008). Bitki örtüsü ve yüzey ile ilgili metotlarda parametre yetersizliğinden ötürü arazi kullanımlarına bakılmıştır. 22/04/2018 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü ile 18/04/2018 Landsat-8 uydu görüntüsünü kullanılarak Güvenç havzasına ait arazi kullanım sınıflandırılması, görüntü işleme programı olan Erdas Imagine ile maksimum benzerlik (maximum likelihood) yöntemi kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır.



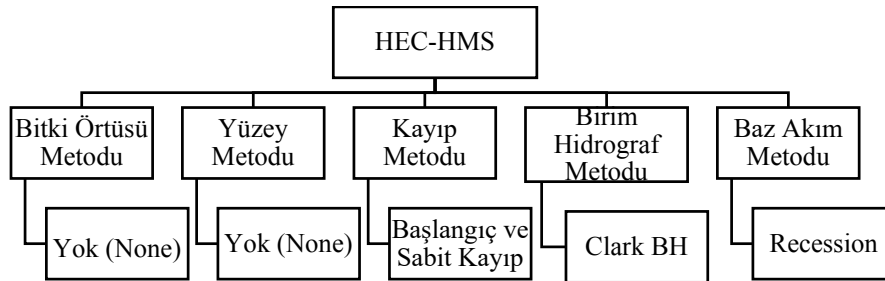
Şekil 3. Güvenç Havzası Arazi Kullanım Sınıfları

Tablo 2. Arazi Kullanım Sınıfları Alansal Dağılımı

Sentinel-2 Arazi Sınıfları	Alan (%)	Landsat-8 Arazi Sınıfları	Alan (%)
Zayıf Orman	2.9	Zayıf Orman	6.1
Zayıf Mera	17.7	Zayıf Mera	14.5
Mera	27.7	Mera	32.9
Tarım	46.6	Tarım	43.5
Çıplak Kayalık	5.1	Çıplak Kayalık	2.7

2.4 Hidrolojik Modelleme (Hydrological Modeling)

HEC-HMS yazılımı hidrolojik döngüde yer alan akış sürecinin her bir bileşenini temsil etmek için ayrı bir model kullanır. Başlangıç ve sabit kayıp metodu (initial and constant) havzadaki kayıp oranını hesaplamak için seçilmiştir. Bu metotta havza kuru ise, ilk kayıp, akış olmaksızın havzaya düşebilecek maksimum yağış derinliğini temsil edecek şekilde artacaktır; bu, havza arazisine, arazi kullanımına, toprak türlerine ve toprak işlemesine bağlı olacaktır. Sabit kayıp oranı, toprakların nihai sızma kapasitesi olarak görülebilir. Model parametreleri ölçülen parametreler değildir, sabit hız ve başlangıç koşulu en iyi kalibrasyon ile belirlenir. Gözlenen hidrograflar kullanılarak elde edilen Clark birim hidrografi, yağış-akış dönüşümü için kullanılmıştır. Clark birim hidrografi, sentetik bir birim hidrograf yöntemidir. Bir yağış olayından kaynaklanan akım hidrografını geliştirmek için zaman-akım eğrisi kullanır. (U.S. Army Corps of Engineers, 2021) Havzanın meteorolojik özelliklerini belirlemek için havzada bulunan beş adet yağışölçerin thiessen poligon metoduna göre alansal dağılımı yapılmıştır. Arazi kullanımları sonuçları bitki örtüsü ve yüzey ile ilgili hem parametre eksikliği, hem de kullanım yoğunluğunun az olmasından kaynaklı bu yöntemlerin uygulanması tercih edilmemiştir.

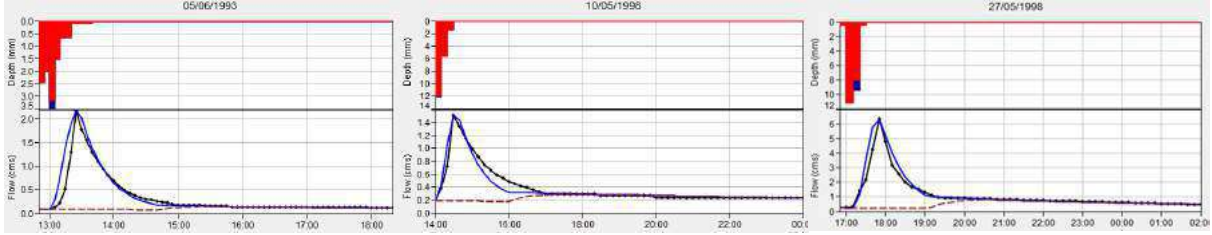


Şekil 4. Modelde Kullanılan Yöntemler

Olay bazlı modelleme için Güvenç havzasında gözlenmiş olaylar kullanılarak kalibrasyon ve validasyon çalışması yapılmıştır. Kalibrasyon aşamasında elde edilen parametreler, validasyon çalışmasında kullanılmıştır. Bazı parametrelerde yağış olaylarının farklı olmasından kaynaklı parametrelerin minimal aralıklarda olması hedeflenmiştir. Kalibrasyon için 25/06/1996, 10/05/1998 ve 27/05/1998 tarihli olaylar, validasyon için 28/06/1992, 01/07/1992 ve 05/06/1993 tarihli olaylar seçilmiştir.

Tablo 3. Kalibrasyon Parametreleri ve Performans Ölçütleri

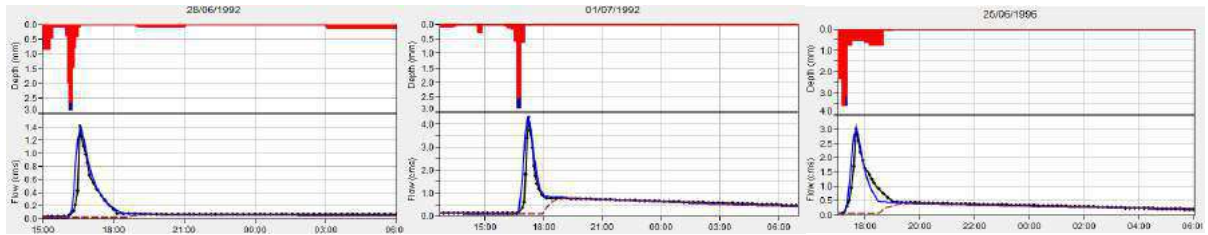
Olay	Başlangıç Kaybı(mm)	Sabit Kayıp (mm/saat)	Toplanma Süresi (saat)	Depolama Katsayısı (saat)	Nash-Sutcliffe Başarısı	Yüzde Hata (%)
05/06/1993	6.75	30	0.44	0.40	0.871	8.59
10/05/1998	11.70	33	0.40	0.60	0.930	-1.89
27/05/1998	18.37	30	0.60	0.60	0.924	4.94



Şekil 4. Kalibrasyon Sonuçları

Tablo 4. Validasyon Parametreleri ve Performans Ölçütleri

Olay	Başlangıç Kaybı(mm)	Sabit Kayıp (mm/saat)	Toplanma Süresi (saat)	Depolama Katsayısı (saat)	Nash-Sutcliffe Başarısı	Yüzde Hata (%)
28/06/1992	7.1	30	0.45	0.58	0.837	3.64
01/07/1992	3.5	30	0.55	0.40	0.803	5.58
25/06/1996	10.4	30	0.43	0.40	0.865	-5.19




Şekil 5. Validasyon Sonuçları

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Güvenç havzasında olay tabanlı modellemede kullanılan Clark birim hidrografi ve başlangıç-sabit kayıp metotları ile yapılan kalibrasyon çalışmalarında Şekil 4’de verilen hiyetograflarda kırmızı ile gösterilen kısım yeraltı suyunu, mavi ile gösterilen kısım ise yüzey akımı gösterir. Hidrograflarda ise mavi ile gösterilen simulasyon akımı, siyah ile gösterilen ise gözlenmiş akımı temsil eder. Kalibrasyon çalışmasında bulunan parametreler deneme-yanılma yöntemi ile olup gözlenmiş akıma en iyi derecede yaklaşacak ve havzayı en iyi şekilde yansıtacak şekilde oluşturulmuştur. Bulunan parametrelerin güvenilirliğinin test edilmesi için farklı bir yağış verisi ile validasyon çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel yöntemler olan Nash-Sutcliffe ve Yüzde Hata performans ölçütleriyle değerlendirilmiş ve modelin performansı oldukça yüksek bulunmuştur. Güvenç havzasında yapılan olay bazlı modellemede, güvenilir model parametreleri bulunmuş olup daha sonra farklı tekerrür süreli yağışlar girdi yapılarak tasarım debileri elde edilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Bora, E., & Onuşluel Gül, G. (2019). Modeling of Floods in Güvenç Basin, Ankara Using HEC-HMS. *Turkish Journal of Water Science and Management* 3 (1), 44-47.
- Chang, C.-w. (2009). *Application of SCS CN method in HEC-HMS in Shihmen watershed simulation of rainfall-runoff hydrologic model*. USA: MSc Thesis, Florida State University.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Okirya, M., Rugumayo, A., & Ovcharovichova, J. (2012). Application of HEC HMS/RAS and GIS Tools in Flood Modeling: A Case Study for River Sironko-Uganda. *Global Journal of Engineering, Design and Technology*, 19-31.
- Sardoi, E. R., Rostami, N., Sigaroudi, S. K., & Taheri, S. (2012). Calibration of loss estimation methods in HEC-HMS for simulation of surface runoff. *Advances in Environmental Biology*, 6(1), 343-348.
- Taş, E., & Şorman, A. A. (2020). Satellite-supported Hydrological Modeling in a Mountainous Basin. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Cilt 25*, 813-830.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2021). *HEC-HMS 4.8 User's Manuel*. Davis, CA.
- Yılmaz, A. G., Imteaz, A. M., & Ogwuda, O. (2012). Accuracy of HEC-HMS and LBRM Models in Simulating Snow Runoffs in Upper Euphrates Basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(2), 342-374.

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

Tarımsal Ürün İzlemede Uydu Görüntüsü Seçim Kriterlerinin İrdelenmesi

Burcu BOZTAŞ¹, Edanur FIRAT^{2,*}, M. Tolga ESETLİLİ³

¹Burcu BOZTAŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

b.boztas35@gmail.com

²Edanur FIRAT, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

edanurfirat97@gmail.com

³M. Tolga ESETLİLİ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

tolga.esetlili@ege.edu.tr

Özet

Uzaktan algılama teknolojilerinin hızla gelişmesi sonucunda, birçok uydu görüntüsü ve buna bağlı olarak çok çeşitli veri kaynağı bulunmaktadır. Dünyayı gözlemleyen 700'den fazla uydu şu anda yörüngede operasyonel ve elektromanyetik spektrumun görünür, kızılötesi ve mikrodalga bölgelerinin farklı bölümlerini ölçen sensörler taşımaktadır. Bu anlamda, dünya çevresinde aynı amaç için birçok uydu bulunmasına karşın bu uyduların yersel, spektral, radyometrik ve zamansal gibi çözünürlük özellikleri birbirlerinden çok farklıdır. Bu durum aslında seçilecek görüntü kaynağı özelliklerinin çok iyi araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle çalışmalardaki hedef objenin özelliklerine uyumlu olan uydu verileri ile çalışılması gereklidir. Uzaktan algılamanın en önemli kullanım alanlarından biri de tarımdır. Bu bağlamda, bitki örtüsü izleme çalışmalarında kullanılması planlanan uydu görüntülerinin seçiminde hangi kriterlerin ele alınması gerektiği bu bildiride irdelenmiştir. Böylece bu alanda çalışmak isteyen araştırmacılara hangi uydu verisinin hangi tarımsal amaç için kullanılabileceğine yönelik bir rehber çalışması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler; “bitki örtüsü”, “uzaktan algılama”, “çözünürlük”

Abstract

As a result of the rapid development of remote sensing technologies, accordingly, there are many satellite images and a wide variety of data sources. Currently more than 700 Earth-observing operational satellites are in orbit and carry sensors that measure different parts of the visible, infrared and microwave regions of the electromagnetic spectrum. Although there are many satellites for the same purpose around

the world, the resolution properties of these satellites such as spatial, spectral, radiometric and temporal are very different from each other. In fact, this situation necessitates a very good investigation of the image source features to be selected. For this reason, it is necessary to work with satellite data that are compatible with the characteristics of the target object in the researches. One of the most important uses of remote sensing is agriculture. In this study, it was examined which criteria should be considered in the selection of satellite images that are planned to be used in vegetation monitoring studies. Thus, a guide study was carried out for researchers who want to work in this field, about which satellite data can be used for which agricultural purpose.

Keywords; “vegetation”, “remote sensing”, “resolution”

Giriş (INTRODUCTION)

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi beraberinde birçok yeniliği getirmiştir. Her alanda olduğu gibi bu gelişmeler tarım sektöründe de gün geçtikçe etkisini göstermektedir. Son yıllarda hızlı bir şekilde gelişen yapılaşma, kentleşme, sanayileşme ve nüfus artışı tarım arazilerinin amaç dışı kullanımına neden olmaktadır. Bu yüzden, tarımsal kalkınma amaçlı optimum kararların alınması, toprağın korunması ve tarım arazilerinin doğru kullanılmasında uzaktan algılama uygulamaları gittikçe önem kazanmaktadır. Uydu teknolojileri ve bu bağlamda uzaktan algılama tekniği tarımda hedeflediğimiz doğrultuda zamandan tasarruf ederek, az iş gücü ve yüksek doğrulukla gerçekleştirmede bizlere imkân sağlamaktadır. Bu amaçla, rekolte tahmini, farklı özellikteki bitki tiplerinin sınıflandırılması, toprak tipinin ve nemliliğinin belirlenmesi, ürünlerdeki hastalıkların teşhisi, tarımsal arazi kullanım sınıflandırması, farklı tarım alanlarının belirlenmesi gibi konularda uzaktan algılama ve uydu teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Özellikle, ekimden hasada kadar geçen süreçte uydu teknolojilerinin sağladığı veriler üretim sürecinin iyileşmesine buna bağlı olarak da verimin artmasına yardımcı olmaktadır.[1]

1. Uzaktan algılamada kullanılan uydu görüntüleri (Satellite images utilized in remote sensing)

Dünya çevresinde farklı teknik özelliklerde uydu sistemleri bulunmaktadır.[2] Kullanım amaçları doğrultusunda uygun özellikteki uyduların belirlenmesi sonuçların yüksek doğruluk oranına sahip olması açısından oldukça önemlidir. Bitki örtüsüne dayalı çalışmalarda kullanılacak uydu görüntüsü seçilirken birçok özelliği göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Her bitki kendine ait yansıtma özelliğine sahiptir. Bazı bitki türleri uydu görüntülerinde belirlenemezken bazıları ise kolaylıkla belirlenebilmektedir. Yüzey örtme oranı, yeşil aksamlarının gelişmişliği, nem içeriği, bitki yaprağının şekli, boyutu, bitkinin sağlıklı olup olmadığı, yaprak alan indeksi elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesindeki enerjiyi yansıtma şiddetleri ile doğrudan ilişkilidir. Aynı bitki türleri farklı dikim aralıkları nedeniyle uydu görüntülerinde farklı yorumlanabilmektedir.[3] Bu nedenle araştırmamızda önceki çalışmalar incelenerek bitki türleri genel sınıflara ayrılmış ve bu sınıflar için kullanılması uygun olan teknik özelliklere yer verilmiştir.

1.1. Çözünürlük (Resolution)

Uzaktan algılama tekniği ve bu bağlamda uydu görüntülerinde radyometrik, yersel, spektral ve zamansal olmak üzere dört tip çözünürlük ön plana çıkmaktadır. Araştırmacıların bu çözünürlüklerde yapmış olduğu tercihler aslında gerçekleştirecekleri çalışmaların da doğruluğunu etkileyecek en önemli parametredir.

1.1.1 Yersel çözünürlük (Spatial resolution)

Bir pikselin yeryüzünde veya görüntülenen nesne üzerinde kapladığı alan olarak tanımlanmaktadır. Nesnelerin belirlenmesi ile yersel çözünürlük arasında güçlü bir ilişki vardır. Detay gerektiren çalışmalarda yüksek yersel çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri tercih edilmelidir.[4] Yersel çözünürlüğü <5 m olan uydular yüksek, 5-100 m orta, 100-1000 m ise düşük çözünürlük kabul edilmektedir. [3]

1.1.2 Spektral çözünürlük (Spectral resolution)

Taşıyıcı platformlarda bulunan kameraların, yansıyan ya da geri saçılan enerjiyi farklı dalga boyları şeklinde kaydedebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bant sayısının fazlalığı ve genişliği yüksek spektral çözünürlüğe sahip olduğunu göstermektedir.

1.1.3 Radyometrik çözünürlük (Radiometric resolution)

Algılama sistemlerinin ayırt edebildiği gri renk tonu sayısı olarak bilinmektedir. Radyometrik çözünürlüğün yüksek olması küçük farklılıkları saptayabilmemize olanak sağlar. Ancak heterojen alanlarda karışıklığa yol açabileceği için kullanıma uygun özellikteki radyometrik çözünürlüğü belirlemek oldukça önemlidir.[3]

1.1.4 Zamansal çözünürlük (Temporal resolution)

Bir uydunun yeryüzündeki aynı alanı görüntüleyebilme sıklığıdır. Bitki örtüsü değişikliği, hastalık ve zararlıların yarattığı etkiler, orman yangınları gibi doğal afetlerin takibinde zamansal çözünürlüğün önemi fazladır. Ancak, yangınlar, hastalık ve zararlılar daha hızlı belirti gösterirken diğer faktörler daha yavaş belirti gösterebilmektedir.[3]

1.2. Tarla bitkileri için kullanılabilir uydu veri setlerinin özellikleri (Characteristics of satellite datasets that can be utilized for field crops)

Günümüzde tarla bitkileri çeşitlerinin izlenmesi için uydu görüntülerinden işlerle faydalanılmaktadır. Tarla bitkilerinin izlenmesi ve yüksek doğrulukta sonuç elde edilebilmesi için bazı noktalara dikkat edilmelidir. Toprağın örtme oranı, bitki çeşidi, ekim yapılan bölge, hedef bitki ile karışabilecek bitkiler, ekim şekli gibi parametrelerin bilinmesi gerekmektedir.[4]

Tarla bitkilerinde kullanılabilir uydu görüntülerinin genel özellikleri mısır, pamuk, buğday, ayçiçeği kapsamında ele alınmıştır. Çalışmalarda 15 metreden 120 metreye kadar orta yersel çözünürlüğe, 8 ile 16 bit arası radyometrik çözünürlüğe, 0.44-12.25 µm arasında spektral çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak yapılacak çalışmada birbirine yakın olan ürünleri ayırmak amaçlanıyorsa spektral çözünürlüğüne dikkat edilmelidir. Burada yüksek spektral çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri daha iyi bir tercih olacaktır. Ayrıca yüksek yersel çözünürlüklere sahip uydular veri tahmininde iyi bir seçenektir. Zamansal

çözünürlük ise amaç doğrultusunda seçilmelidir. Örneğin, ekimden hasada kadar bir bitkinin gelişimini izlemek için bitki fenolojisini de dikkate alarak uydu görüntüsü belirlenmelidir. Bu özelliklerle uyumlu olabilecek Sentinel-2, RapidEye, MODIS, IKONOS, Landsat, Quickbird, SPOT uyduları aktif olarak kullanılmaktadır. Tür veya topluluk düzeyinde bölgesel ölçekte yapılacak çalışmalarda IKONOS ve QuickBird uydu görüntülerinin kullanımı tavsiye edilmektedir. Daha geniş çaplı çalışmalarda, özellikle arazi örtü tiplerinin haritalanması çalışmalarında MODIS uydusu ön plana çıkmaktadır.[5]

Örneğin, Liu vd. yaptığı çalışmada pirinçlerde ağır metal kaynaklı stresin belirlenebilmesi için Sentinel-2 uydusunun 10m, 20m, 20m yersel, 0.665 µm, 0.740 µm, 0.705 µm spektral çözünürlüğe sahip B4, B6, B5 bantlarını kullanmışlardır.[6]

1.3. Bahçe bitkileri için kullanılacak uydu veri setlerinin özellikleri (Characteristics of satellite datasets that can be utilized for garden plants)

Bahçe bitkileri içerisinde yer alan türlerin geniş kapsamlı ve farklı dikim özelliklerinde olması nedeniyle burada uydu görüntülerinin kullanımı iki alt başlıkta ele alınmıştır.

Genel özellikleriyle ele aldığımızda 0.46m'den 100m' ye kadar yüksek ve orta yersel, 11-12 bit radyometrik, 0.43-1.39 µm arasında spektral çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri daha iyi sonuçlar vermektedir.

1.3.1 Sebze tarım alanları (Vegetable agriculture area)

Domates, biber, patlıcan gibi tarlada yetişen sebzeler ele alınmıştır. Dikkat edilmesi gereken hususlar tarla bitkileri için kullanılacak uydu veri setinin özellikleri başlığında yer almaktadır.

Tarlada yetişen sebzelerde 6.5-60m arasında orta yersel, 0.44-2.19 µm arasında spektral, 8 ile 12 bit arasında radyometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri daha iyi sonuç vermektedir. Bu özelliklerle uyumlu olabilecek Sentinel-2, Landsat 5-7, RapidEye uyduları aktif olarak kullanılmaktadır. Değişkenlik analizlerinde özellikle zamansal çözünürlüğe dikkat etmek ve belirlenecek uydu görüntüsünü bu doğrultuda seçmek önemlidir. Zamansal çözünürlük açısından fenolojik evre takibi, hastalık ve zararlık takibi gibi çalışmalarda RapidEye uydusu ön plana çıkmaktadır.

1.3.2 Dikili tarım alanları (Planted agriculture area)

Dikili tarım arazilerinin izlenmesinde araştırmacının dikim sıklığı, ağaç türü, yaprak döküp dökmemesi, yaprak alan indeksi ve toprak örtme oranı gibi bazı önemli noktaları dikkate alması gerekmektedir. Zeytin gibi herdem yeşil bitkilerin yaprak döken bitkilerle karışmasını önlemek amaçlı kış aylarında çekim yapılmış uydu görüntülerini kullanmak daha doğru olacaktır.[4] Burada özellikle uydu görüntülerinin yersel çözünürlük özelliği öne çıkmaktadır. Örneğin araştırmacı ağaçları görüntü üzerinde ayırt edecek bir çalışma yapmak istiyorsa yersel çözünürlüğün 1m'den daha yüksek olması gerekmektedir.[4]

Yapılan çalışmalar incelenirken zeytin, narenciye, bağ dikili alanlar ele alınmıştır. 0.46m'den 1.84m'ye kadar yüksek yersel, 11 bit radyometrik, 0.45-1.04 µm arasında spektral çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin daha iyi sonuçlar verdiği gözükmektedir. Bu özelliklerle uyumlu olabilecek WorldView-2, Quickbird, IKONOS, SPOT, Landsat TM uyduları aktif olarak kullanılmaktadır. Landsat TM bölgesel ölçekte topluluk düzeyinde bitki örtüsünü

haritalama yeteneğine sahipken QuickBird ve SPOT-Veg uydu görüntüleri tür düzeyinde de haritalama yapabilmektedir.[5] Yapılan çalışmalardan bahsedecek olursak;

Esetlili vd. (2017) yaptığı çalışmada stereo hava fotoğrafları ve 0.46-1.84m yersel, 0.45-1.04 µm spektral ve 11 bit radyometrik çözünürlüğe sahip WorldView-2 uydu görüntülerini kullanmış İzmir'in Menderes ilçesinde bağ dikili alanları gösteren bağ haritası ile parseller düzeyinde "Bağ Bilgi Sistemi" örneklemesini gerçekleştirmişlerdir.[7]

Kurucu vd. (2008), 0.61-0.73m yersel, 0.45-0.90 µm spektral, 11 bit radyometrik çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntülerini kullanarak İzmir'in Torbalı ilçesinde zeytin dikili alanları belirlemiştir. [8]

Peña vd. (2017), 30m yersel, 0.45-1.67 µm aralığında spektral, 12 bit radyometrik çözünürlüğe sahip Landsat-8 uydusunun B2-B3-B4-B5-B6-B7 bantları kullanarak meyve ağaçları ürün sınıflandırması gerçekleştirmişlerdir. [9]

1.4 Orman arazileri için kullanılacak uydu veri setlerinin özellikleri (Characteristics of satellite datasets to be utilized for forest lands)

Ormanlar tüm canlılara fayda sağlayan kaynaklardır. Yalnızca temiz oksijen sağlamakla kalmaz aynı zamanda toprakların zenginleşmesine, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve iklimin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Artan orman yangınları, ormanların bilinçsiz kullanımı, bilinçsiz ağaç kesimleri gibi birçok neden orman tahribatına yol açmıştır. Bu tahribatı önleyebilmek için ormanların izlenmesi ve yönetim planları yapılması gerekmektedir. Uzaktan algılama çalışmalarıyla orman yangınları kontrolü veri takibi gibi çeşitli amaçlar doğrultusunda orman arazileri izlenilmektedir. Ayrıca ormandaki ağaç türlerinin, yaşlarının belirlenmesi gibi konularda da uydu görüntüleri sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanım amacına göre belirlenecek uydu da değişmektedir. Örneğin, ağaç envanterini çıkartmak için detayları görebilmemiz açısından yersel çözünürlüğü yüksek bir uydu görüntüsü kullanmamız gerekmektedir. Değişim incelemelerinde ise yersel çözünürlükten ziyade zamansal çözünürlük ön plana çıkmaktadır. Belirleyeceğimiz dönemlere uygun sıklıkta geçen uyduların seçilmesi önemlidir. Envanter belirlemede veya değişim takibinde yersel çözünürlüğü 30m olan uydular yeterli gelmektedir. Ancak daha kapsamlı bir envanter çalışmasında daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu özelliklerle uyumlu olabilecek Landsat, IKONOS, SPOT gibi uydular aktif olarak kullanılmaktadır. Özellikle SPOT uydu görüntüleri bölgesel ölçekte ve genelde topluluk düzeyinde bitki örtüsü veya tür düzeyinde ulusal/bölgesel bitki örtüsü haritalamada iyi bir seçenektir. IKONOS uydu görüntüleri bunlara ek olarak sınıflandırma sonuçlarını doğrulamak için kullanılabilir. Küresel, kıtasal çapta bitki örtüsü belirleme çalışması yapacak araştırmacılar MODIS uydu görüntülerinden de faydalanabilmektedir.[5]

Örneğin, Çakır vd. yaptığı çalışmada konumsal orman envanteri için farklı uzaktan algılama verilerini karşılaştırmıştır. Burada Landsat-5, IKONOS ve hava fotoğraflarını karşılaştırmış, yüksek çözünürlüklü uyduların maliyetli ancak daha doğru sonuç verdiği sonucuna varmışlardır. [10]

Sonuç (Conclusion)

Sonuç olarak, son yıllarda tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının artması uzaktan algılama uygulamalarının ve dolayısıyla uydu teknolojilerinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Uzaktan algılama uygulamaları ve uydu

teknolojilerinin tarım arazilerinin belirlenmesi, ürün tipini ayırt etme, fenolojik evre takibi, hastalık ve zararlıların belirlenmesi, rekolte tahmini, toprak yönetimi gibi tarımsal amaçlı birçok kullanım alanı vardır. Özellikle bitki örtüsüne dair çalışmalarda en kritik aşamalardan biri de kullanılacak uydu görüntüsünün doğru seçilebilmesidir. Doğru özellikteki uydu seçimi çalışmaların yer gözlemleri ile beraber zamandan tasarruf ederek yüksek doğruluk oranında gerçekleştirilmesine imkân sağlayacaktır. Buradan yola çıkarak, araştırmacılara rehber olmak amacıyla uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan uyduların dört ana özelliğine yer verilmiş ve önemleri vurgulanmıştır.

Kaynaklar (References)

- [1] Esetlili, M. T. [1], “Tarımda Uydu Teknolojilerinin Kullanımı”. *Apelasyon Dergisi*, 2019: 62, erişim adresi: <https://apelasyon.com/yazi/62/tarimda-uydu-teknolojilerinin-kullanimi>.
- [2] Erdoğan M. ve Akdeniz H. [2], “Uzaktan Algılama Amaçlı Uydu Sistemlerindeki Son Gelişmeler (Recent Developments at the Remote Sensing Satellite Systems)”. *Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi*, 2004: 132, s. 11-25.
- [3] Yavaşlı, D. D. ve Ölgen M. K. [3], *Coğrafya’da Uzaktan Algılama*. İstanbul: Kriter Yayınevi, 2019.
- [4] Kurucu Y., Esetlili M.T. , Balık Şanlı F. , Şanlı D. U., *Tarımda Uzaktan Algılama Tekniği*, Demfo Dijital Baskı&Ofset, İzmir, 2017
- [5] Xie, Y., Sha, Z. ve Yu, M., “Remote sensing imagery in vegetation mapping: A review”. *Journal of Plant Ecology*, 2008: 1(1), s. 9-23.
- [6] Liu, M., Wang T., Skidmore, A. K. Ve Liu, X., “Heavy metal-induced stress in rice crops detected using multi-temporal Sentinel-2 satellite images”. *Science of The Total Environment*, 2018: 637-638, s. 18-29.
- [7] Esetlili, M.T., F. Özen, Y. Kurucu, M.Bolca, A. Altındışli, E. Göneci, N. Kandemir, (2017). Stereo Hava Fotoğrafları ve CBS Kullanılarak Bağ Bilgi Sistemi Oluşturulması, Efemçukuru Örneği", E.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi, 13–ZRF–032, Bornova/İzmir.
- [8] Kurucu, Y., Ü. Altınbaş, M.Bolca, T. Esetlili, N. Özden, F. Özen, (2008). Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Zeytin Dikili Alanların Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje No: 2004 ZRF-027, Bornova/İzmir.
- [9] Pena, M. A., Liao, R. ve Brenning, A., “Using spectrotemporal indices to improve the fruit-tree crop classification accuracy”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2017: 128, s. 158-169.
- [10] Çakır, G., Köse, S. ve Başkent, E. Z., “Konumsal Orman Envanteri için Farklı Uzaktan Algılama Verilerinin Artvin Merkez Planlama Biriminde Karşılaştırılması”. *Ormanlık Dergisi*, 2007: 3(2), s. 75-83.

SOKAK AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE GÜÇ TÜKETİMİNİN AKILLI SİSTEMLER İLE OPTİMİZE EDİLMESİ

Uğur ALKAN ^{1,*}, Ferdi KARA², Ali NARİN ³, Nihat PAMUK ⁴, Hakan KAYA ⁵

¹Uğur ALKAN, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak
Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye, Yüksek Lisans Öğrencisi
uguralkn@hotmail.com

²Ferdi KARA, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak Bülent
Ecevit Üniversitesi, Türkiye, Araştırma Görevlisi.
f.kara@beun.edu.tr

³Ali NARİN, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak Bülent
Ecevit Üniversitesi, Türkiye, Dr. Öğr. Üyesi
alinarin@beun.edu.tr

⁴Nihat PAMUK, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak Bülent
Ecevit Üniversitesi, Türkiye, Doç. Dr.
nihatpamuk@beun.edu.tr

⁵Hakan KAYA, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak Bülent
Ecevit Üniversitesi, Türkiye, Doç. Dr.
hakankaya85@gmail.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: uguralkn@hotmail.com; Tel.: +90 536 736 6760

ÖZET

Sokak armatürlerine gece karanlığında yolda, bahçede, sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yollarında vb gibi yerlerde ihtiyaç duyarız. Bu bölgelerde, yayaların veya araçların güvenliğini doğru bir şekilde sağlamak için çevreyi uygun bir aydınlık düzeyinde aydınlatmak gerekir. Aynı zamanda sokak armatürlerinin hemen hemen her yerde kullanıldığı düşünülürse, elektrik enerjisinin gereksiz kullanılması, boşa elektrik sarfiyatına sebebiyet verecektir. Dünyada doğal enerji kaynakların giderek azalması, yaşanabilir yeşil doğanın bertaraf edilmesi gibi konular gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sokak armatürlerini akıllandırarak gerektiği zamanda uygun aydınlık düzeyinde aktif kullanılmasını sağlamaktır. Bu sistemin tasarımında, sokak armatürlerinin kullanımı esnasında herhangi bir yaya veya aracın ihtiyaç duyduğu minimum aydınlatma seviyesinden daha düşük olmamak kaydıyla ultra enerji tasarrufunun sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, LED aydınlatma, Akıllı Sokak Armatürleri

OPTIMIZING POWER CONSUMPTION IN STREET LIGHTING SYSTEMS WITH SMART SYSTEMS

ABSTRACT

We need street lighting at night on the road, in the garden, on crowded pedestrian roads with high socio-economic and cultural importance. In these areas, it is necessary to illuminate the environment at an appropriate level of illumination to ensure the safety of pedestrians and vehicles correctly. At the same time, considering that street lights are used almost everywhere, unnecessary and excessive use of electrical energy will cause unnecessary electricity consumption. In the world, issues such as the gradual decrease of natural energy resources and the elimination of livable green nature are gaining importance day by day.

The aim of this study is to make street lighting smart and to use them actively at the appropriate luminous level when necessary. In the design of this system, it is aimed to provide ultra energy savings, provided that it is not lower than the minimum lighting level required by any pedestrian or vehicle during the use of street lighting.

Key Words: Efficiency, LED lighting, Smart Street Lighting

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sokak aydınlatması için ışık kaynağı olarak hala yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar kullanılmaktadır. Bu lambaların ışık verimi 140 lm/w'dir [1]. Bu nedenle, açık renk yayılımı ve düşük renksel geriverim (CRI) nedeniyle yoğun trafiğe sahip yerler ve uzun süreli kullanım için uygun değildir. Sokak lambalarında kullanılan değerli ışık kaynağı metal halide lambalardır. Bu lambaların ışık verimi 90 lm/w'dir. Sodyum buharlı lambalara göre renksel geriverimleri (parlaklık) iyi düzeydedir [1, 2]. Ancak metal halide lambaların çalışma sıcaklığına ve maksimum ışık geçirgenliğine ulaşması için zamana (yaklaşık 5-6 dakika) ihtiyaç vardır [3].

Son zamanlarda Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode- LED) armatürlerin gelişmesiyle birlikte sokak aydınlatmasında LED'ler ilk tercih haline gelmiştir. LED teknolojisinde gün geçtikçe uzmanlar tarafından yeni yöntemler geliştirmektedir ve giderek daha fazla ışık yayar hale gelmektedir. Beyaz ve parlak yüksek güçlü LED'lerin kullanılması sokak aydınlatmasında kullanılmasına neden olmuştur. Yeni oluşturulan Power LED, yüksek güvenilirlik, güçlü ışık kontrol yeteneği ve uzun ömür (50.000 ila 100.000 saat) özelliklerine sahiptir [4, 5].

Cadde ve sokakların aydınlatmasında köprü ve kavşakların dekorasyonu ve güzelleştirilmesi geleneksel aydınlatmadan ayrılan LED'ler ile sağlanmaktadır. Çünkü klasik sokak lambalarında kullanılan ışık kaynağı, yüksek bakım, kısa ömür, yüksek enerji tüketmektedir. Diğer taraftan LED'ler, klasik lambalara göre çok fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır. LED aydınlatma teknik ve ekonomik gereksinimleri artırmıştır. Santrallerin bu kadar

büyük miktarda elektrik üretebilmesi için daha fazla fosil yakıt kullanması, çevreye zararlı gazların salınmasına sebebiyet vermektedir [6].

[7] nolu çalışmada, akıllı kontrol sistemi ile düşük güç tüketimi sağlamak amacıyla LED sokak lambasının kullanarak tasarruf sağlanmasını hedeflemiştir. Bu sistemde hareket sensörü kullanılmıştır. Hareket sensörü LED ışığın düzeyini değiştirmek için kullanılmıştır. Bu sistem ile armatürler hareket algılamadığında kısılarak tasarruf moduna geçip hareket algılandığında ise tam enerji vererek çalışmıştır. Bu şekilde enerji tasarrufu sağlanmıştır

[8] nolu çalışmada, armatürlerin bulunduğu alanlardaki trafik yoğunluğu zamana bağlı olarak verileri toplanmıştır. Toplanan verilere göre hazırlanmış oldukları algoritma ile günün yoğun saatleri analiz edilmiştir. Tahmini yoğunluğa bağlı olarak armatür güç tüketimleri dimleme yöntemi kullanılarak tasarruf sağlanmıştır.

[9] nolu çalışmada, gün ışığı sensörü, hareket sensörü ve armatürler arasında haberleşme sağlanarak bir ağ oluşturulmuştur. Yaya sokağa girdiğinde sensör tarafından algılanır ve bu bilgi yayanın ötesinde bulunan tüm armatürlere iletilir. Sırayla yanarak ve sönerek tasarruf sağlanmıştır.

Bu çalışmada, sokak LED armatürleri kullanılması ile yapılan tasarrufun, armatürler akıllandırılarak, birbirleri ile iletişim halinde olması sağlanarak ve sistemin senaryolara vereceği uygun tepkiler öğretilerek daha fazla enerji tasarrufun artırılması hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Örnekleme gerçekleştirilmesi için gerçekte de var olan 4 adet sokak armatürüne sahip yaya ve araç trafiğine açık olan bir çalışma alanı belirlenmiştir. Bu alanın simülasyon gösterimi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma yapılacak alanine simülasyon gösterimi (Simulation display of the work area)

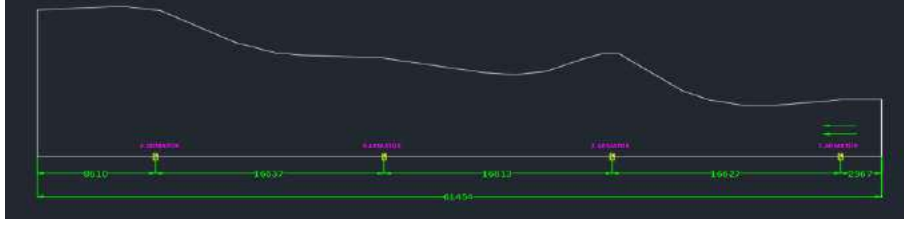
Bu alandaki 4 adet sokak armatürleri karakteristikleri bilinen ve yapacağımız çalışmaya uygun şartları sağlayabilecek LED armatürler ile değiştirilmiştir.

2.1 Uygun Güce Sahip Armatür Seçimi

Yapılan çalışma için öncelikle belirlenen ortam değerleri AutoCAD programı üzerine işlenmiş gerçekte var olan ölçülerine göre armatürlerin, yolun ve yaya yolunun konumları belirlenmiştir (Şekil 2).

Örnekleme yapılabilmesi için 4 adet direk bulunan 61 metre boyundaki bölge seçilmiştir. Şekil 2’de belirtildiği gibi direkler arası mesafe 17m dir. Direk boyları 5 m, direklerin kol açıklıkları 1,5 metredir. Değiştirilen LED armatürler 20W - 70W gücünde enerji tüketmektedir. Bu kullanılan armatürlerin direklerin etrafında oluşturduğu

aydınlık düzeyleri direk boyu, direk aralığı, direk kol uzunluğu, armatürün açısı gibi faktörlere dikkat edilerek simülasyonu yapılmıştır.



Şekil 2. Sokak armatürlerinin AutoCAD ile gösterimi (Display of street luminaires with AutoCAD)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Dış Aydınlatma Yönetmeliğinde belirttiği Tablo 1. Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları ve önerilen aydınlık düzeyi değerlerine göre belirtilen bölgedeki armatürlerin aydınlatması istenen en uzak noktasındaki değer; “Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları” olarak tanımlanan 20 lux değerini karşılaması için gerekli olan güç 70W olması gerektiği anlaşılmaktadır [10].

Tablo 1’de yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları ve önerilen aydınlık düzeyi değerleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları ve önerilen aydınlık düzeyi değerleri (Lighting classes and recommended illuminance values for different road types in pedestrian areas) [7]

Yolun tanımı	Aydınlatma sınıfı	Ortalama aydınlık düzeyi (Lux)
Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları	P1	20
Trafiği yüksek yaya veya bisiklet yolları	P2	10
Trafiği orta yaya veya bisiklet yolları	P3	7.5
Trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P4	5
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P5	3
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği çok az yaya veya bisiklet yolları	P6	1.5

2.1 Armatürlerin Birbirleriyle Senkron Çalışması

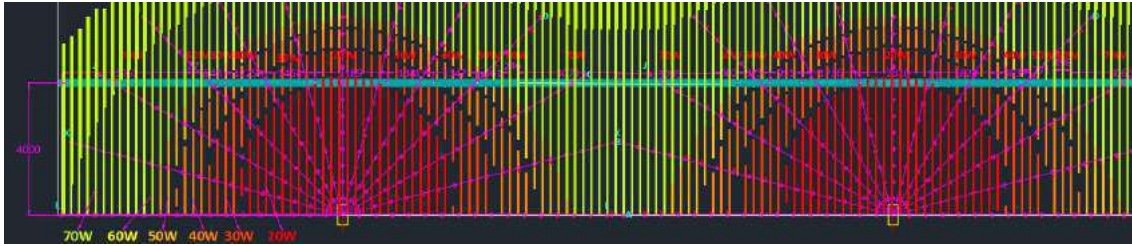
LED armatürlerin gücünün yapısal olarak dimmer edilebilme özellikleri vardır. Led sürücüler verilen akımı veya gerilimi bazen herikisini birden değiştirerek aydınlatma aydınlık düzeyini değiştirebilir. Örnek alanda 6 metre ötedeki mesafeyi 20 lüks aydınlık düzeyi ile aydınlatma sağlanabilmesi için minimum 70W gücünde Led armatür kullanılması gereklidir. Fakat 70W gücündeki led armatürler, yaya veya araçlar direğe 6 metreden daha az mesafeden geçiş yaptıklarında ise istenilen 20 lüks değer oldukça üzerinde bir aydınlatma seviyesiyle

aydınlacaklardır. Bu durum yaya veya araç güvenliğini tehlikeye düşüren bir durumdur. Aynı zamanda enerjinin boşa kullanılmasına sebep olacaktır.

Enerjinin verimli kullanılması sağlamak için direklere istenilen mesafelerden geçen yayaların aydınlatma şiddetlerinin 20 lüks seviyesinde tutumak amacıyla ilgili led armatür veya armatürlerin güç değerleri düşürülüp artırılmıştır. Örnek alanda bulunan 4 adet LED armatür belli bir mesafede önlerinden yürüyen yaya' ya göre bir simülasyon hazırlanmıştır. Çıkan veriler incelenmiştir.

2.1.1 Direklerin 4m uzak mesafesinden yürüyen yayaya göre armatürlerin tepkileri

Şekil 3'te gösterildiği gibi, direklerden 4 m mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 20 lüks seviyesinde kalması sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Herhangi bir yaya veya araç olmadığı durumlarda armatürler 20W gücünde bekleme aydınlık seviyesinde yanmaya devam edeceklerdir. Bir yaya ortalama 4-5 KM/s hız ile yürümektedir. Simülasyon programından alınan değer eğrileri ve armatürleri belirli mesafelerde lüks değerlerini gösteren çizelge Şekil 5. deki gibidir.



Şekil 3. 20w'dan 70w' a kadar 4m de değer grafikleri (Value graphs at 4m from 20w to 70w)

Tablo 2'de 4m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol gösterilmiştir.

Tablo 2. 4m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol(m)

4m'DEKİ DEĞERLER									
	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
20w	2189		2310		2705		1979		mm
30w	1468	1381	1736	1820	1466	1478	1709	1712	mm
40w	1225	1347	991	983	1233	997	1239		mm
50w	743	961	973	771	893	726	971		mm
60w	271	246	502	498	523	490	490		mm
70w	3951	3073	3095	3066	2797	3075	3075		mm

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Simülasyon programından alınan değerler ve yapılan analiz sonuçlarına göre;

Tablo 5 hesaplanan değerler bir yayanın yaklaşık 55 saniye boyunca 61mt uzunluğundaki örnek bölgeden geçmesiyle elde edilmiş değerleridir. 4m'de gerçekleşen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması yapılmıştır. Normalde tüm armatürlerde sabit güç kullanılıyorsa 70W güç harcanacaktır. Yaklaşık

55s de yol boyunca ilerleyen bir yayanın önü 20 lüks seviyesinde aydınlatma şiddetinde sağlanabilmesi için herbir armatür ortalama 24W-28W arasındaki bir seviyede aydınlatma sağlayacaktır.

Tablo 5. 4m’de gerçekleştirilen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
20w	1,972072		2,081 081		2,436 937		1,782 883		S
30w	1,322 523	1,244 144	1,563 964	1,639 64	1,320 721	1,331 532	1,539 64	1,542 342	S
40w	1,103 604	1,213 514	0,892 793	0,885 586	1,110 811	0,898 198	1,116 216		S
50w	0,669 369	0,865 766	0,876 577	0,694 595	0,804 505	0,654 054	0,874 775		S
60w	0,244 144	0,221 622	0,452 252	0,448 649	0,471 171	0,441 441	0,441 441		S
70w	3,559 459	2,768 468	2,788 288	2,762 162	2,519 82	2,770 27	2,770 27		S
TOPLAM SÜRE(s)	15,18468468		15,08558559		14,75945946		10,06756757		55,09 73
20W YANACAĞI SÜRE(s)	39,91261261		40,01171171		40,33783784		45,02972973		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1555,036036		1530,243243		1513,414414		1337,504505		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	28,22		27,77		27,47		24,28		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	59,68%		60,32%		60,76%		65,32%		

Bu tarz yenilikçi sistemler kullanılarak yaklaşık %63 oranlarında ekstra tasarruf sağlanmıştır. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı anlık trafik takibi yapılarak yayaların çevresini ideal aydınlatma şiddetinde tutulmuştur. Bu sayede elde edilen tasarruf maksimum seviyede elde edilmiştir.

4.SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Kademeli uzaklıklardan alınan değerlere göre sistemin harcağı enerji üzerine akıllı sokak armatürlerinin etkilerinin incelendiği bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda; 4m’de alınan değerlere göre sistemin harcadığı enerji normal sisteme göre %60-61 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

Akıllı sokak armatürlerinin kullanımı ile enerji kullanımının düştüğü sonucuna varılmıştır. Akıllı sokak armatürlerinin olumlu etkilerini destekleyen daha fazla araştırmanın yapılması, buna yönelik kurumsal politika ve stratejilerinin geliştirilmesi ve akıllı sokak armatürlerinin aktif kullanımının sağlanması önerilmektedir.

BİLGİLENDİRME:

Bu çalışma Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından 2020-75737790-03 proje numarası ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kölper, C., Bergbauer, W., Straßburg, M., & Linder, N. Die Licht (r)evolution. Weiße LEDs für die allgemeine Beleuchtung. *Physik in Unserer Zeit*, 2011, 42(2): 92-98.
- [2] Avrenli, K., Benekohal, R., Medina, J. Led Roadway Lighting Volume 1: Background Information. Illinois Center for Transportation 2012.
- [3] İmal, N., Uyaroğlu, Y. Deşarj Lambalarında Balast Seçiminin Önemi ve Cıva Buharlı Lambalardaki Etkileri. Erişim adresi : <https://docplayer.biz.tr/15685422-Desarj-lambalarinda-balast-secmdndn-onemd-ve-civa-buharli-lambalardakd-etkdlrd.html> Erişim tarihi: 25.06.2021
- [4] Vahaplar, K., Gürdal, AÖ., Kesgin, G. Aydınlatmada LED ve LED Üretim Teknolojileri. Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/ekler/10a35f91b1ac414_ek.pdf Erişim tarihi: 25.06.2021
- [5] Anonymous. Energy-efficient solutions for LED lighting. 2009. 4-9.
- [6] DIALux and product catalogues. Dialux. Erişim adresi: www.dialux.com/en-GB/download Erişim tarihi: 25.06.2021
- [7] Bhangdiya, V. Low Power Consumption of LED Street Light Based on Smart Control System. *IEEE*, 2017.
- [8] Demirtaş, M., Çelik, K. Sokak Aydınlatması İçin Akıllı Led Aydınlatma Sistemi Tasarımı Ve Verimlilik Analizi. IX. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 2017.
- [9] Fuji, Y., Yoshiura, N., Takita, A., Ohta, N. Smart Street Light System With Energy Saving Function Based On The Sensor Network. e-Energy '13: Proceedings of the fourth international conference on Future energy systems, 2013, 271-272.
- [10] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan: Elektrik Dış Aydınlatma Yönetmeliği. Erişim adresi: https://tug.tubitak.gov.tr/sites/images/tug/enerji_ve_tabii_kaynaklar_bakanligi_dis_aydinlatma_yonetmeliği.html Erişim tarihi: 25.06.2021



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

SUSTAINABLE BUILDINGS AND EXAMPLE APPLICATIONS

Şevval MERT ^{1,*}, Elif Ceren ESEN ², Ebru AKKAYA ³

Department of Environmental Engineering, Yıldız Technical University, Turkey

¹:l4116047@std.yildiz.edu.tr, ²:l4115013@std.yildiz.edu.tr, ³: ekoca@yildiz.edu.tr

*Corresponding author; E-Mail: l4116047@std.yildiz.edu.tr Tel.: +90-554-670-3586

ABSTRACT

The changing world economy caused rises in factors such as production-consumption activities, energy requirements, and urbanization; which leads to the destruction of natural resources and ecosystems. Promoting natural and renewable resources along with sustainable production and consumption will help to protect today's resources in the future. Therefore, it is important to adopt environmentally sustainable methods in construction, a sector that produces a large amount of waste and causes high levels of energy, material, and resource consumption. Green buildings can be given as an example of structures designed by adopting these methods. Certification systems developed for the assessment of environmentally sustainable green buildings have a guiding feature in the design of these buildings. In this paper, the aim is to first mention the concepts of sustainability and sustainable development, then to explain the green building certification systems by mentioning the smart and green buildings that contribute to the provision of environmental sustainability and to examine the examples of these buildings in Turkey and the world.

Key Words: Sustainability, green buildings, smart buildings, green certification systems

1. INTRODUCTION

The demand for energy and resources increase as the World population grows, and this causes natural resource consumption to rise in order to match this need along with the needs of industrialization and urbanization. The consumption-production cycle required to upkeep the human civilization causes environmental hazards with degrees that are impossible to ignore. Construction industry is the leading cause for these hazards with the high levels of resource requirements and waste production that it entails. This brings out the importance of environmentally sustainable green buildings that are built with preservation of natural resources in mind. The emission rates of these green buildings are regulated by standard certification systems to ensure low levels of emission and valid categorization of sustainable buildings.

The concept of sustainability is a holistic approach with ecological, economic and social dimensions [1]. The most basic definition of sustainable development, as expressed in the Brundtland Report, is a development system that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. [2]. In today's world, where energy resources are rapidly depleted and environmental problems are increasing, it has become important to ensure a sustainable development. Since the buildings we have built cause high amount of raw materials and resource consumption and waste production both during the construction and usage phase, the environmentally sustainable design of these buildings will be a part of the solution to the environmental problems that will occur [3].

Green buildings are buildings with an ecological and environmentally friendly design, which are designed together from social and environmental aspects by examining the life cycle from the land selection stage, depending on the characteristics of the region and climatic conditions, saving energy, using renewable energy sources and sustainable and non-waste producing materials [4]. The main purpose of green buildings is to ensure the integration of people with nature, to protect the health of building users, to increase the efficiency of employees, to use water, energy and resources efficiently, and to minimize the damage to the environment. For this reason, certification systems have been established in order to provide a measurable reference in examining the effects of green buildings on the environment objectively and concretely and revealing their sensitivity in protecting natural resources [4]. The certificate systems that we frequently encounter around the world are BREEAM, LEED, SBTOOL, CASBEE, GREENSTAR and DGNB systems. The common goal of these systems is to gain environmental, economic and social gains in the design, construction and use of buildings. [5].

In previous studies, the effects of smart cities in terms of sustainable development were investigated, and the compliance of smart buildings with environmental sustainability criteria was evaluated. In the studies, it was concluded that with the appropriate design, the buildings can make important contributions to environmental sustainability.

In this paper, the concept of sustainability will be explained, green buildings and their certification process will be elaborated, and successful examples of these green buildings in Turkey will be shown.

2. SUSTAINABLE BUILDINGS AND EXAMPLE APPLICATIONS

2.1. Sustainability

Sustainability is a form of balance that aims to provide human needs and services while also preserving the nature indefinitely. In June 1972, the concept of sustainability was first used and drawn attention to in a conference in the city of Stockholm, and the 5th of June has been declared the World Environment Day [6]. In 1980, a policy to preserve nature and achieve sustainability to ultimately create growth was prepared by the International Union for Conservation of Nature (IUCN). The Brundtland Report published in 1987 first states the most preferred definition of sustainability as: “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

Sustainable growth regards the environment and economy in the same frame. Utilization of renewable resources along with sustainable production and consumption will preserve the resources of today for tomorrow to support economy and social life. Until recently, “growth” and “development” terms were only used in economy, but today, it has become a prominent idea that development cannot be achieved by only economic growth, but also with other factors including sustainability. Sustainable growth will improve the standard of living of individuals by not only raw economic growth, but also with social and gender equality, better healthcare, education, natural environment, wasteless production and mindful consumption. All things considered, it has become evident that sustainable growth does not separate nature, economy, and society. All concepts are related to each other and the growth and sustainability of one cannot be achieved without the growth and sustainability of the others [1].

2.2. Environmental Sustainability

Environmental sustainability encourages people to consume natural resources carefully, protect energy resources and prefer renewable resources, recycle, choose methods that will not harm the ecosystem in environmentally-based configurations, and to develop technologies in this direction.

2.2.1. Life cycle analysis

Life cycle analysis is one of the building rocks of environmental sustainability. Life cycle analysis is described in Güner, U. (2020) as “a method of evaluating the environmental impacts of products and processes throughout their life cycle, including the acquisition of raw materials, their manufacture, use, final disposal and all intermediate shipping stages [1]. In this whole process, inputs such as energy, water, raw materials and outputs such as waste water, solid waste, emissions are examined in detail and the environmental effects of the products are calculated. Thanks to this holistic analysis method, which follows the product throughout its entire life cycle, the transfer of environmental problems that may occur from one life stage to another is prevented [1].

2.2.2. Sustainable building and construction

The construction sector is one of the main sectors that cause environmental problems. The buildings that we live in consume a lot of resources and generate waste both during the construction and usage phases. The production of materials to be used in the construction of buildings is one of the important factors on climate change. The use of concrete in construction is twice as common as the use of materials such as aluminum, wood, steel, plastic, and concrete production is at least as effective as burning fossil fuels in the accumulation of greenhouse gas emissions. Factory wastes and dangerous gases released during the production of building materials cause not only atmospheric pollution, but also pollution in rivers and seas, threatening water and marine life. While the raw materials to be used in production are supplied from rural areas, soil and ecosystem destruction occurs in the region

[3]. Random storage of construction waste causes environmental problems such as deterioration of soil structure, deterioration of stream beds and destruction of green areas. Based on all these, it is of great importance to prefer recycled environmentally friendly materials as raw materials, reuse the reusable ones from the wastes that are released, ensure the reuse of the recyclables by recycling, and to store the non-recyclable wastes in an environmentally friendly manner.

2.3. Sustainable Buildings

2.3.1. Green buildings

Green buildings are designs which employ a holistic evaluation to its whole life cycle in order to present a structure that follows social and environmental responsibilities to reduce energy waste and use renewable energy according to its climate and surroundings and uses materials that cause the minimal waste [4].

The greatest pushing factor in the rise of sustainability are the environmental problems created by construction of buildings starting from obtaining the resources until the end of the building's life cycle [7]:

- Minimizing excavation waste and utilization of designs that recycle the created waste
- Achieving sound and heat isolation while saving energy using effective isolation methods
- Usage of designs that save energy using optimum sunlight by allowing it inside the building
- Development of effective solutions for heating and venting system
- Preference of construction materials with low levels of volatile organic compounds
- Utilization of solar energy using photovoltaic panels
- Selection of plants and trees with low irrigation demand for landscape design
- Usage of recycled materials
- Saving energy in ventilation and lighting by utilizing motion sensors,
- Keeping construction costs to a minimum with simple and new solutions in the design process
- Planning a building that is natural and compatible with the environment constitutes some of these solution suggestions.

Green buildings certification systems

Green building certification systems are created to extend the life of buildings, ensure energy efficiency, protect ecological resources and benefit from resources, as well as measuring the effects of buildings on the environment and their sensitivity to the protection of natural resources. Certification systems include sub-assessments such as land use, water and energy efficiency, indoor environmental quality, materials, operation and maintenance, and design.

The most preferred certification systems worldwide are BREEAM, LEED, SBTOOL, CASBEE, GREENSTAR and DGNB systems. The common point of the mentioned six systems is to provide environmental, economic and social benefits in the design, construction and usage stages of the buildings. If we talk briefly about BREEAM and LEED Certification Systems, which have the most common usage areas of these certification systems;

BREEAM (Building Research Enstitutr Environmental Assessment Method) is still the most comprehensive green building assessment system since it was first created in 1990 as a result of the Building Research Organization (BRE) working with independent experts. The BREEAM certificate system, which has the support and assistance of the business world and the government, as well as the construction sector, has increased the rate of use in the UK in this way. [8].

LEED is a certification system developed by the American Green Building Council (USGBC) in 1988 to improve green buildings, expand their usage areas and encourage their use, and contribute to environmental sustainability. [8].

2.4. Example Applications

2.4.1. Turkish engine center

The facility and workshop layout of the Turkish Engine Center has been designed with a simple understanding to facilitate engine maintenance activities, reduce costs and minimize maintenance times. [8].

Large window areas on office facades, large windows in workshops and roof-mounted daylight systems are beneficial in this context. 361 daylight lighting pipes are used in the building, which aims to make maximum use of daylight by blocking harmful lights while only letting the beneficial light in. Thanks to the lighting sensors placed in every corner of the building, the lighting level in the interior is constantly measured during the day, the lighting fixtures can be dimmed according to the amount of light available, and thus, significant energy savings are achieved from the electricity consumed for lighting purposes. In order to contribute to energy saving, a good insulation is provided in the shell of the building and the windows have solar control feature. Light-colored membranes used on building roofs reduce cooling loads and heat island effects. In figure 1, light-colored membranes and building lighting system are given:



Figure 1: Light-colored membranes on the roof and building lighting [8].

2.4.2. Lion house Office building

Lion House Office Building, which was completed in England in 2009, is a successful example of sustainable green building. The building, which has zero emissions and is very successful in design, construction and use within the scope of sustainable office buildings, has the BREEAM Outstanding certificate.

The building envelope is an insulated shell with high thermal performance. Natural lighting has been utilized at the maximum level in the building. Mechanical ventilation is used only under harsh conditions, while natural ventilation is used in the remaining times. Most of the energy needs are met by wind and solar energy. The building has solar cells and wind turbines that can transfer excess electrical energy to the city grid, a boiler that burns wood scraps and pellets, which can meet 90% of the heating need. There is a rainwater collection tank in the building and the building's wastewater is recovered. 90% of all waste generated in the building is recycled and waste generation is reduced by 70% [9]. In figure 2, wind turbines and solar panels are given:



Figure 2: Wind turbines and solar panels [9].

2.4.3. *Great river energy (GRE)*

Great River Energy is a headquarters building for the headquarters of Minnesota's second largest power generation and distribution company. In the preparation of the project, architects, mechanical engineers and electrical engineers worked together to set goals and strategies and make key design decisions for a high-performance building that can adapt to harsh climatic conditions. In the building, instead of fossil-based energy sources, renewable energy sources such as wind are used. In the building, highly efficient mechanical, electrical and plumbing systems that will increase the freshness and comfort of the indoor air are installed and innovative technologies are used. The building has a high-performance building envelope and the lake water is used as a heat sink in mechanical cooling. The building's electricity is provided by solar cells and wind turbines and The energy need of the building is met with 100% renewable energy sources. The amount of potable water consumption has been reduced by 89% thanks to the collection of rain water, the preference of water-saving installations, the use of automatically controlled water batteries and armatures, and the selection of plants suitable for the local climate and low water requirement in landscape design [9]. In figure 3; Great River Energy Building is given:



Figure 3: Great River Energy Building [9]

3. CONCLUSIONS

Due to the increasing environmental problems, environmentalist approaches have emerged from the past to the present and the prestige of environmentalist approaches has begun to increase worldwide with the attention of the public. In the context of the paper, the concepts of sustainability and sustainable development and environmental sustainability are explained.

Increasing urbanization with the changing world economy also increases the need for living spaces in cities. Since the buildings we build cause high amount of raw material and resource consumption and waste production both during the construction phase and during the usage phase, the environmentally sustainable design of these buildings will be a part of the solution to the environmental problems that will occur.

In the paper, the definition and development process of green and smart buildings, which arouse great interest in the world day by day, are mentioned, green building certification systems are explained and successful examples in Turkey and in the world are given.

Green buildings are structures built to provide a healthier and more comfortable living space for users, to increase employee productivity if used as a working area, to use water and energy at the optimum level throughout the building, and to minimize possible environmental damage.

Smart buildings, which are built to provide an ecological benefit and can respond to changes in life and indoor and outdoor conditions as a whole, must contain hardware, software and communicative equipment.

The role of universities and private or public companies in promoting the construction of sustainable structures is very important. The training of experts in the field of sustainable buildings will increase the interest in the sector by increasing the awareness of the users.

REFERENCES

- [1] U. Güner, Çevresel Sürdürülebilirlik, Edirne: Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, 2020.
- [2] SKD Türkiye, «100 Maddede Sürdürülebilirlik Rehberi,» 1 Aralık 2016. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/100-Maddede-Surdurulebilirlik-Rehberi.pdf>. [Erişildi: 20 Nisan 2021].
- [3] U. Civan, Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [4] E. S. B. B. S. Erdede B., «Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi,» %1 içinde *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, İstanbul, 2014.
- [5] D. Erten, «Kazanca Dönüşen Maliyet,» *Bölgesel Çevre Merkezi Dergisi*, no. 4, pp. 18-19, 2008.
- [6] Ş. T. A. Çavuş, «Sürdürülebilir Turizm ve Yerel Ölçekli Bir Sürdürülebilir Turizm Gelişme Model Önerisi,» *Turizm Araştırmaları Dergisi*, no. Prof. Dr. Hasan Olalı Özel Sayısı, pp. 149-159, 2000.
- [7] A. Bora, Yeşil Binaların Proje Yönetimi Üzerine Bir İnceleme Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, 2012.
- [8] S. Akca, LEED Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, 2011.
- [9] G. Utkuğ, «Sürdürülebilir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri,» %1 içinde *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 2011.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

SUSTAINABILITY AND ITS APPLICATIONS
IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Yunus Emre BOZKURT ^{1*}, Ebru AKKAYA ²

Department of Environmental Engineering, Yıldız Technical University, Turkey

¹: 14113048@std.yildiz.edu.tr, ²: ekoca@yildiz.edu.tr

*corresponding author; E-Mail: 14113048@std.yildiz.edu.tr; Tel.: +90-530-589-0138

ABSTRACT

These days that natural sources decreasing rapidly, industries have a big role. Source consuming rapidly, global climate changing, greenhouse gas effect and air, water, soil pollutions have pushed humanity to seek solutions. As a result of this, rules that must be followed by governments, agreements and standards between countries have begun to be established. Sustainable production and sustainability concepts have come to the fore in order to reduce the problems and leave a livable future and the World to future generations. Different industries have adopted the concept of sustainability and have done many studies for sustainable production. The aim of this thesis is to reveal the concept of sustainability, studies and practices in the automotive industry.

In this report, general information about the definition of the concept of sustainability, its history and its applications in different industries are given. The concept of sustainability in the automotive industry is mentioned. The regulations, signed agreements and standards prepared for the automotive industry are mentioned. Within the scope of sustainability, the sustainability reports showing the status of the companies were examined and the sustainability reports and status of the selected automotive brands were taken into consideration. Finally, the sustainability practices of automotive companies in Turkey and in the world are mentioned.

Keywords: Global climate change, sustainability, automotive

1. INTRODUCTION

The automotive industry has not experienced radical changes because it is a large and complex industry. Brands have worked to increase the engine and fuel efficiency of their vehicles and to reduce their exhaust emissions. However, due to reasons such as the use of fossil fuels, the increase in the number of vehicles used in proportion to the increase in the world population, the increase in environmental problems such as excessive resource use and global climate change, automotive companies have also had to make radical changes. It is aimed to adopt the concept of sustainability by the whole world and to adopt sustainable practices in the fields of production, sales, logistics and after-sales use of different industries. [1]

In general, sustainability can be defined as preventing the depletion of resources by consuming existing resources in a balanced way and using renewable energy resources and leaving a clean, rich and livable world to future generations. The concept of sustainability consists of three basic elements; social, environmental and economic elements [2]. These three basic elements are interrelated and cannot be considered independently of each other.

Looking at the history of sustainability, the development process extends from the first civilizations to the present. As a unique feature of human history, the regional success of a society first increases and then a crisis period occurs. The resulting crisis is either resolved and becomes sustainable with the experience gained by that society, or it collapses. Towards the end of the 20th century, environmental problems reached global dimensions [3]. At the UN Conference on the Human Environment held in Stockholm in 1972, countries came together for the first time on the subject of the environment. The concept of sustainability was first mentioned in the Brundtland Report prepared by the World Commission on Environment and Development in 1987. [4]

In this paper, after mentioning the development process of sustainability, the regulations regarding sustainability in the automotive industry are mentioned. After that, practices related to sustainability in the automotive industry are included.

2. ENVIRONMENTAL REGULATIONS FOR SUSTAINABILITY

Kyoto protocol

The Kyoto Protocol, signed within the United Nations Framework Convention on Climate Change, is an international agreement aimed at combating global warming and climate change. Countries that signed this agreement have committed to reduce the emissions of CO₂ and other gases that cause the greenhouse effect, and if it is not possible to reduce it, to increase their emission rights through carbon trading. Thus, countries will reduce the amount of carbon they emit to the atmosphere at least 5% below their 1990 level. [5]

Paris climate agreement

The Paris Agreement is an agreement on the financing, mitigation and adaptation of climate change under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Eritrea, Iran, Iraq, Libya, Yemen and Turkey are not parties to the agreement. The long-term temperature goal of the Paris Agreement is to limit global average temperature rise to the pre-industrial level of 2°C (3.6°F) and strive for even 1.5°C. Because it is generally believed that limiting the temperature increase to 1.5°C instead of 2°C will significantly reduce the risks and effects of climate change. [6]

European emissions standards

European emission standards are limiting measures that define acceptable limits for the exhaust emissions of vehicles. With the European Union directives, these standards become more stringent over time and are intended to be implemented gradually. Accordingly, CO₂ emissions of new passenger cars will be reduced by 15% in 2025, 37.5% in 2030, and CO₂ emissions of light commercial vehicles by 15% in 2025 and 31% in 2030. [7]

Carbon Footprint

Carbon footprint is a study that uses various methods to calculate the CO₂ equivalent of greenhouse gases released into the atmosphere due to human activities. CO₂ emissions originate directly or indirectly from the fossil fuels we consume. When a company uses electricity to manufacture products in a factory or consumes natural gas to heat homes, it produces carbon dioxide emissions. Carbon footprint is also a measurement study of such emissions. A carbon footprint is usually calculated by measuring carbon in years and tonnes. [8]

3. SUSTAINABILITY APPLICATIONS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

3.1 Development of Sustainability Reports

Inadequate assessment of the financial information of institutions leads to the creation of a sustainability report that discusses the activities of the institutions and the environmental, social and management consequences of their activities. Sustainability reports are produced by researching economic, environmental and social dimensions [9]. GRI reporting is also one of the three-dimensional reports. GRI Global Reporting Initiative is an independent and international organization that provides guidance to companies, countries and other institutions and organizations on important sustainability issues such as climate change, environmental responsibility and human rights. [10]

3.2 Examining Sustainability Reports of Automotive Companies

In Dogus automotive services, all of the hazardous wastes collected from the authorized dealers and services of the company are sent to the contracted waste management companies for recycling or disposal. It cooperates with ÇEVKO, PETDER, AKÜDER and municipalities regarding waste management. As stated in the European Emission Standards, the average CO₂ emission values per vehicle should be 130 g/km for 2019. Most of Doğuş

automotive brands have average emissions below the limit value. However, Bentley, Lamborghini and Porsche brands generate emissions above the limit value. [11]

Daimler AG, which includes brands such as Mercedes Benz and Setra, aims to reduce the fuel consumption of vehicles and reduce average CO₂ emissions within the scope of its sustainability studies. [12]

In its 2019 sustainability report, Volvo Cars has listed the issues that need to be addressed for sustainability as follows, in order of priority: Reducing carbon footprint, electrification ecosystem, ethical and responsible business, responsible supply chain, circular economy and sustainable working life. [13]

4. EXAMPLES FROM TURKEY AND THE WORLD

Volvo manufactures more than 50 parts of vehicles from recycled materials, such as engines, transmissions, turbochargers and interior trims. More than 40,000 parts were re-manufactured in 2020, preventing the formation of approximately 3,000 tons of CO₂. 95% of the production waste generated in 2020 has been recycled [14].

In the Ford Otosan Eskişehir factory, compost is produced from the food wastes generated in the cafeteria and tea stoves with the compost machine produced from waste metals, and it is aimed to use this compost material as plant food in the green areas of the factory. Some of the waste motor oils generated in Dogus automotive services are sent to regeneration facilities for base oil recovery and some of them sent to cement and lime factories as fuel [15].

Electric vehicles do not create emissions due to their use. However, more emissions occur in the production process of electric vehicles compared to production of vehicles with internal combustion engines. The lifecycle analysis of vehicle with electric and internal combustion engines are shown in the Figure 1.

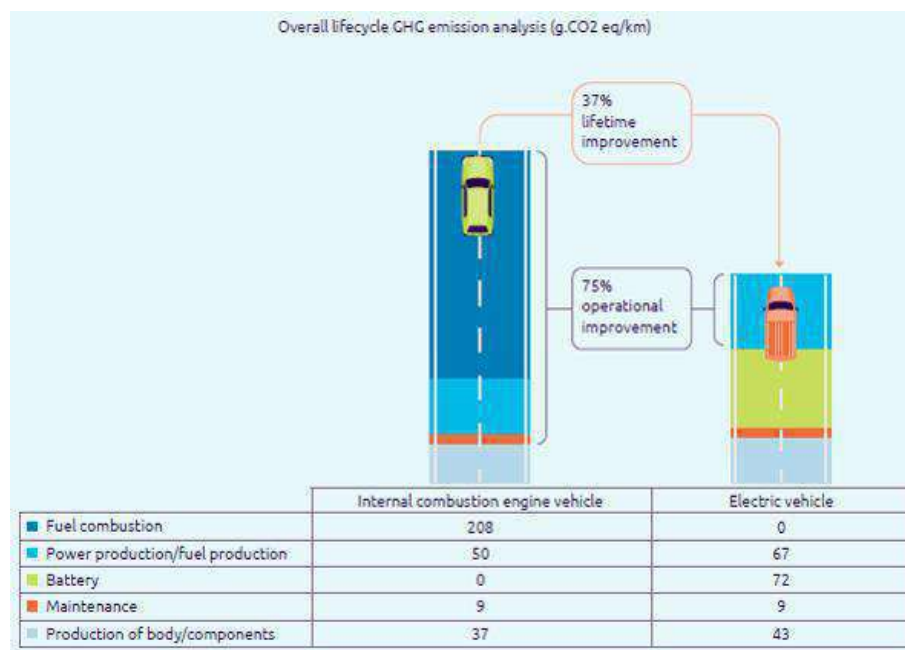


Figure 1: Lifecycle analysis of vehicles with electric and internal combustion engines [16]

While Turkey is a country in the automotive industry where there are production factories of brands such as Mercedes Benz trucks and buses, Doğu Otomotiv, Ford Otosan, Tofaş Fiat, Renault and Hyundai and that supplies raw materials to various brands, it has become a completely domestic automobile brand with the TOGG (Figure 2) brand established in 2018 [17]. Therefore, Turkey has stepped into the automotive industry with a sustainable approach.



Figure 2: TOGG electric vehicle [17]

5. CONCLUSIONS

The use of internal combustion engines, which started with the invention of the automobile, and the CO₂ emissions resulting from the use of fossil fuels, the number of automobiles increasing as the world population increased, and the developing automotive industry reached very high figures. As a result of this, solutions have been sought for the greenhouse gas effect, global climate change and rapidly depleted natural resources, and various regulations implemented by many countries have been made. The absence of emissions generated during the use of electric vehicles is an advantageous situation for reducing the carbon footprint. However, the environmental impact that occurs during the production of electric vehicles is greater than that of internal combustion engines. The most important reason for this is the production of battery cells of electric vehicles. In order to reduce this environmental impact and carbon footprint, the production using renewable energy sources and the use of mostly recycled batteries will also greatly reduce the emissions generated during the production phase.

REFERENCES

- [1]: Orsato R.J., Wells P., 2006, Journal of Cleaner Production, Introduction The Automobile Industry & Sustainability
- [2]: <https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik>

- [3]: <https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik#:~:text=Birle%C5%9Fmi%C5%9F%20Milletler%20Biny%C4%B1%20Beyan%C4%B1%20ekonomik,ekonomi%2C%20%C3%A7evre%20ve%20sosyal%20s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik>.
- [4]: <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa>
- [5]: https://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%C3%BC
- [6]: https://tr.wikipedia.org/wiki/Paris_Anla%C5%9Fmas%C4%B1
- [7]: https://tr.vvikipedla.com/wiki/european_emission_standards
- [8]: <https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-nasil-hesaplanir>
- [9]: Duran B., 2018, Sürdürülebilirlik Kavramının Önemi, Karşılaşılan Sorunlar Ve Şirketlerin Sürdürülebilirlik Raporlarının İncelenmesi
- [10]: <http://www.griraporlama.com/>
- [11]: Doğu Otomotiv, 2019, Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporu
- [12]: Daimler AG, 2019, Sustainability Report
- [13]: Volvo Car Group, 2019, Annual Report
- [14]: <https://www.volvocars.com/tr/v/sustainability/the-ultimate-safety-test>
- [15]: Ford Otosan, 2019, Sürdürülebilirlik Raporu
- [16]: Capgemini Research Institute, 2018, The Automotive Industry in the Era of Sustainability
- [17]: <http://www.togg.com.tr/content/gemlik-tesis>



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

COVID-19 KISITLAMALARINDA HAVA KALİTESİNİN DEĞİŞİMİ

Burçin GÜNERİ ^{1,*}, Sefa KOCABAŞ ²

¹Burçin GÜNERİ, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
burcinnguneri@gmail.com

²Sefa KOCABAŞ, Çevre Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye
sefa@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: burcinnguneri@gmail.com; Tel.: 05437423071

ÖZET

Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde çok sayıda pnömoni vakası tespit edildi. Hareketlilik kısıtlamaları, COVID-19 pandemisinin yayılmasını önleme eylemleri arasında yer almaktadır. Özellikle büyük şehirlerde hava kalitesini iyileştirme nedenleri olarak gösterilmektedir. Bu çalışma, Dünya'da COVID-19 kısıtlamalarının çevre ve hava kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin araştırmaların sonuçlarını karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kent hava kalitesinde iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, kısıtlama, hava kalitesi

CHANGES IN AIR QUALITY DURING COVID-19 LOCKDOWN

ABSTRACT

In December 2019, a large number of pneumonia cases were detected in Wuhan, China. Mobility restrictions are among the actions to prevent the spread of the COVID-19 pandemic. They are cited as reasons to improve air quality, especially in big cities. This study compares the results of research on the impact of COVID-19 restrictions on the environment and air quality in the world. As a result, improvements in urban air quality were observed.

Key Words: Covid-19, restriction, air quality,

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Koronavirüsler (CoV), soğuk algınlığı gibi toplumda yaygın görülen, kendi kendini sınırlayan hafif enfeksiyon tablolarından, Orta Doğu Solunum Sendromu (Middle East Respiratory Syndrome, MERS) ve Ağır Akut Solunum Sendromu (Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS) gibi daha ciddi enfeksiyon tablolarına neden olabilen büyük bir virüs ailesidir. İnsanlar arasında dolaşan bu alt türler çoğunlukla soğuk algınlığına sebep olan virüslerdir. Bununla birlikte hayvanlarda saptanan birçok koronavirüs alt türü mevcuttur ve bu virüslerin hayvanlardan insanlara geçerek insanlarda ağır hastalık tablolarına neden olabildiği bilinmektedir [1]. Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde çok sayıda pnömöni vakası tespit edilmiştir. Bundan etkilenen hastalardan örnekler alınmıştır. Örneklerin analizi sonucunda yeni bir koronavirüs enfeksiyonundan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Daha sonrasında koronavirüs hastalığı şiddetli akut solunum sendromu (SARS) koronavirüs (COV)2 Covid-19 olarak adlandırılmıştır. Yaklaşık 5 ay içinde 210'dan fazla ülkeyi etkilemiş ve küresel bir salgın haline gelmiştir. Bu salgın halk sağlığı üzerinde yıkıcı sonuçlara yol açmıştır [2]. Covid-19, enfekte bir kişi hapşırıldığında, öksürdüğünde veya virüsle birlikte havaya küçük damlacıklar verdiğinde yayılım göstermektedir. Bu tür damlacıklar, kirli bir nesneye dokunduktan sonra veya doğrudan ağız, burun ve gözler yoluyla vücuda kolayca girebildiği söylenmektedir [3].

1.1 Covid-19 Kısıtlamaların Çevre Üzerindeki Etkisi (Impact of Covid-19 Restrictions on Environment)

Koronavirüs hastalığı salgını (Covid-19) yalnızca sağlığı ve ekonomiyi etkilemekle kalmadı, aynı zamanda çevre üzerinde etkiler bıraktı. Covid-19 vakalarının gelişimi ile alınan kontrol önlemleri, ülke ekonomisi üzerindeki etkileri ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri de dâhil olmak üzere hava kirliliği seviyeleri ve incelenen diğer çevresel göstergeler de bu kapsamda belirtilmektedir. Diğer çevresel göstergeler için, Covid-19 kısıtlamaları ile çevresel gürültü, plajlar, yüzey ve yeraltı suyu kirliliğindeki azalma arasında güçlü bir bağlantı gözlemlenmektedir [4]. Covid-19, 2020 yılı boyunca insanların yaşamlarını ve faaliyetlerini son yıllarda görülmemiş bir şekilde etkileyen bir salgın olarak adlandırılmaktadır. Birçok hükümet, bu hastalığın bulaşmasını durdurma çabası olarak tam kısıtlamalar (kapanmalar) getirilmektedir. Kısıtlamaların, hava kirletici seviyelerinde önemli ölçüde düşmesi ve çevre sağlığında iyileşme ile sonuçlandığı görülmektedir[5]. Kısıtlamalarla beraber gelen, sosyal temasın azaltılması, restoranların, mağazaların ve çok sayıda şirketin ve idari merkezin kapatılması dahil olmak üzere belirli hava kirletici seviyelerinin geçici olarak düştüğü gözlemlenmektedir [4].

1.1.1 Kısıtlamalarda Ulaşım Sektörü (Transportation during lockdown)

Ulaşım sektörü, dünya çapında CO₂ emisyonlarına en çok katkıda bulunan sektörlerden biridir. Ulaşım sektörü insanların sokağa çıkma yaşağı uygulamalarından veya ülkelerarası-şehirlerarası seyahat kısıtlamalarından dolayı en çok etkilenen sektörlerden biri olmuştur [6]. Covid-19 kısıtlamalarının, sosyal mesafe kurallarının, ev karantinalarının ve ulaşım hizmetlerinin tamamen veya kısmen askıya alınmasının etkileri göz önüne alındığında, pandemilerin ulaşım ve insan hareketliliği üzerinde de etkisi olmaktadır. Bundan dolayı da toplu taşıma araçlarında önemli bir düşüş yaşanmaktadır. [3]

1.1.1.1 Kara yolu taşımacılığına etkileri (Effects on road transport)

Kentsel araçlardan kaynaklanan emisyonlar, büyük oranda hava kirletici emisyonu oluşturmaktadır. Kısıtlama önlemleri sırasında hava kirliliği seviyelerinde önemli ölçüde değişiklik meydana geldiği söylenmektedir. Getirilen kısıtlamalardan sonra, kentsel hava kirliliğinin önemli ölçüde azaldığı, ancak kirleticiler arasında önemli farklılıklar görüldüğü öne sürülmektedir. Kirleticilerin esas olarak trafik emisyonlarıyla ilişkili olduğu belirtilmektedir. Kısıtlama önlemleri esas olarak salgın eğrisini düzleştirmeye yöneliktir. Fakat aynı zamanda nüfusun sınırlandırılması, toplu taşımanın azaltılması ve ekonomik faaliyetlerin çoğu, karayolu trafiğinde ve dolayısıyla kentsel hava kirliliği seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olmaktadır. Kentsel bölgelerdeki karayolu trafiğinden, özellikle de dizelden ve daha az ölçüde benzin, taşıtlar, endüstri, elektrik üretimi vb. etkenlerden yayılmaktadır. Kentsel hava kirliliğinin arka planında PM₁₀'un ana kaynağı olarak karayolu trafiği gösterilmektedir. Nüfusun hareketliliğini azaltmaya ve çok sayıda endüstrinin kapatılmasına yönelik daha kısıtlayıcı eylemler nedeniyle hava kalitesinin (PM₁₀, PM_{2,5}, CO, SO₂, O₃ ve NO₂) minimum seviyelere düşmesi beklenmektedir [7].

1.1.1.2 Kısıtlamalarda Hava Yolu Taşımacılığı, Atıksu, Katı Atık ve Gürültü (Air transport, Waste Water, Solid Waste and Noise During Lockdown)

- Havacılık endüstrisi ulaşım araçlarının iyileştirilmesine katkıda bulursa da, salgın nedeniyle taşınan yolcu sayısı ve sosyal mesafeyi korumak için uçuşlar sınırlandırılmıştır. Hava taşımacılığı endüstrisi, sektöre ve gelecekteki gelişimine ilişkin olumlu ve gelişen bir duyarlılık halinden, ciddi bir kriz ile karşı karşıya gelmektedir. Kısıtlamalar sırasında evden çalışmanın daha fazla kullanılması, yöneticilerin gelecekte iş seyahatlerini önemli ölçüde sınırlamasına yol açmaktadır. Bu da sektörün en karlı dönemi olan uzun mesafeli iş uçuşlarını olumsuz yönde etkilemektedir [6]. Hem iş hem de tatil amaçlı seyahatler önemli ölçüde azalma göstermektedir. Pandemi seyahat etme sıklığını etkilemektedir [8]. Pandemi sırasında ve sonrasında hava taşımacılığına ilişkin kısıtlama politikalarını ve bunların çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için çalışmalar yapılmaktadır. Böylece, havacılık sektörünün ürettiği olumsuz çevresel etkiyi azaltma ihtiyacı vurgulanmakta ve havacılık endüstrisinin çevre üzerindeki etkisini azaltmanın yollarını oluşturulması gerekmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda bazı havalimanlarındaki kilitlenme durumundan dolayı çevresel etkilerin azaldığı yönünde olmaktadır [6].
- Atık su, Covid-19 salgından ciddi şekilde etkilenen başka bir çevresel unsur haline gelmektedir. Pek çok antropojenik faaliyeti durduran Covid-19 kısıtlama ve karantina önlemleri nedeniyle kalite artışı gösteren atmosferik hava ve su kaynaklarının aksine, atık su kalitesinde bozulmaların gözlemlendiği söylenmektedir. Atıksu akımlarının ortaya çıktığı birçok endüstriyel faaliyetin azaltılması veya kapatılması nedeniyle doğal su kaynaklarının kalitesinin iyileştirilmesi beklenmektedir. Dolayısıyla daha az kirletici deşarj edilecektir. Ancak koronavirüs, enfekte bölgelerde atık su ve katı atıklarda yaygın olarak bulunmuştur ve hatta Covid-19 salgınının erken tespiti ve gözetimi için bir araç olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Böylece atık suyun, uygun şekilde arıtılmaması halinde koronavirüs yayılımını ve enfeksiyonunu iletmek ve dolayısıyla arttırmak için bir araç olarak kullanılması endişesini artırmaktadır. Atık su akışlarının Covid-19 tarafından biyolojik

kirlenmesine ek olarak, atık su, aşırı el yıkama, dezenfektan kullanımı ve dezenfektanlar nedeniyle ek organik yük ile yüklenmektedir. [9]

- Covid-19 salgınından bu yana, tek kullanımlık tıbbi malzeme ve yüz maskeleri, eldivenler, önlükler, tulum ve diğer birçok kullanım için kişisel koruyucu ekipman (KKD) tüketiminde büyük bir artış gözlemlenmektedir. Bu da üretim tesisleri ve genel tedarik zinciri üzerinde baskı oluşturmaktadır. Tıbbi atıklar için etkili yöntemler yakma, kimyasal dezenfeksiyon ve fiziksel dezenfeksiyon olarak önerilmekte olup mümkün olduğunda yakmaya öncelik verilmektedir. Şaşırtıcı bir şekilde, bu kadar yüksek tıbbi atık oranının bertaraf edilmesi ve yakılması, Covid-19 kısıtlaması ve karantina nedeniyle kazanılan çevresel faydaları azaltabilecek bazı ek gaz emisyonlarına neden olabilmektedir [10].
- Çevresel gürültü, sağlık sorunlarına neden olan ve ekosistemlerin doğal koşullarını değiştiren, nüfus ve çevre için başlıca rahatsızlık kaynaklarından biridir. Çoğu hükümetin karantina önlemleri alması, insanların evde kalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte özel ve toplu taşıma kullanımı önemli ölçüde azalma ve ticari faaliyetler neredeyse tamamen durması dünyadaki çoğu şehirde gürültü seviyesinin önemli ölçüde düşmesine neden olmaktadır [11].

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI (LITERATURE STUDIES)

Albayati ve ark. yaptıkları araştırma sonucunda Covid-19 salgınının özellikle büyük ülkelerde hava kalitesini oldukça etkilediğini belirtmişlerdir. NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀, CO seviyeleri vb. sanayi ülkelerinin üretim hatlarını durdurduğu ve çalışanlarının evden çalışmaya başladığı kısıtlamaların ardından son derece azaldığını incelemeleri doğrultusunda belirtmişlerdir. İncelenen çalışmalardan, hava kirliliği ile Covid-19 ölüm oranları arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucuna varılabileceğini vurgulamışlardır [12].

Leal ve Hernandez yaptıkları çalışmada Victoria'da çevresel faktörler ile doğrulanmış Covid-19 salgını vakaları arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamışlardır. Kısıtlamadan 4 hafta öncesine ve kısıtlamadan sonraki 12 haftaya ait verileri içeren bir hava kalitesi analizini (PM_{2,5}, PM₁₀ ve CO) sunmuşlardır. Bu veriler, hava kirleticilerinin konsantrasyon seviyelerinde önemli bir düşüş gözlemlenmesini sağlayarak, hem kısıtlama öncesinde hem de sırasında her bir kirleticinin ortalama seviyelerini hesaplamak için kullanılmıştır. Doğrulanmış Covid-19 vakaları ile CO, PM_{2,5}, PM₁₀ arasında güçlü bir pozitif bir ilişki olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca Leal ve Hernandez, sıcaklık faktörünün COVID-19'un yayılmasıyla negatif yönde ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Sonuç olarak kısıtlama süresi boyunca PM_{2,5}, PM₁₀ ve CO konsantrasyon seviyelerinde % 44'ün üzerinde bir düşüş olduğunu belirtmişlerdir [6].

Filonchik ve arkadaşları Covid-19 kilitlenmesinin Polonya ve Doğu Avrupa'da hava kalitesine etkisini araştırma konusu üzerine çalışmışlardır. 2018–2019 ile karşılaştırma yapmışlar ve bu kirleticiler üzerindeki yüzdelikleri hesaplamışlardır. Nisan ve Mayıs aylarında aerosol konsantrasyonlarında yaklaşık –%23 ve –%18 azalma meydana gelirken Troposferik NO₂'nin yaklaşık %10 ila %19 oranında azaldığını bulmuşlardır. Bu araştırmanın sonucu olarak Filonchik ve arkadaşları, Covid-19'un yayılmasını önlemek için getirilen kısıtlamaların Polonya'nın hava kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği yönünde vurgu yapmışlardır [13].

Jiixin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Wuhan'da 23 Ocak - 8 Nisan 2020 tarihleri arasında süren COVID 19 kısıtlamaları sırasında hava kalitesi özelliklerini analiz etmişlerdir. Bu analiz için Ocak - Mayıs 2020 arasındaki kirlilik izleme ve meteorolojik verilerini kullanmışlardır. Jiixin ve arkadaşları 2019'daki aynı dönemle bu durumu karşılaştırdığında 2020'deki hava kalitesinin önemli ölçüde daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. 2020'de hava kalitesinin, önceki üç yıla göre %17,6 - %20,1 arttığını belirtmişlerdir. Covid 19 sırasında NO₂, PM_{2,5} ve PM₁₀ konsantrasyonu belirgin şekilde azaldığını göstermişlerdir. Bu durumu ev karantinası, trafik kısıtlamaları ve zorunlu olmayan işletme kapatmaları gibi katı kısıtlama önlemlerinin de uygulamaya alınmasıyla birlikte, Wuhan'daki 2020 Covid 19 kısıtlaması sonucu olarak; Jiixin ve arkadaşları hava kalitesinin önemli ölçüde iyileştiği yönünde çalışmalarında dikkat çekmişlerdir [14].

Jephcote ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Birleşik Krallık genelinde 30/03/2020 ile 03/05/2020 (14-18. Haftalar) arasında en katı seyahat kısıtlamalarının yaşandığı dönem olmuştur. Bu dönemdeki hava kalitesindeki değişiklikleri ölçmüşlerdir. Bu dönem boyunca ulusal izleme siteleri açısından günlük NO₂, O₃ ve PM_{2,5} kirletici ölçümleri, 2017-19 boyunca aynı dönemdeki ölçümlerle karşılaştırılmışlardır. Kısıtlama çalışması süresince, genel trafikte %69'luk (hafif araçlarda %74 ve ağır araçlarda %35 azalma) bir azalma olduğu sonucuna varmışlardır. 129 izleme istasyonundan aldıkları ölçümler sonucunda, NO₂'de %38,3 ve PM_{2,5}'te %16,5'lik ortalama düşüşler belirlemişlerdir. NO₂ ve PM_{2,5}'teki gelişmeler en büyük kentsel trafik sitelerinde ve nüfusun büyük bir bölümünün yaşadığı arka plan konumlarında daha mütevazı olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık, yerel NO emisyonlarındaki azalmaya bağlı olarak yol kenarındaki sahalardaki en büyük artışlarla O₃ konsantrasyonlarının ortalama %7,6 arttığını hesaplamışlardır [15].

Covid-19 kapsamında kısıtlamaların yer aldığı dönemlerde yapılmış olan çalışmaların bir kısmı yukarıda verilmiştir. Sayısal olarak elde edilen verileri toplamak gerekirse Dünya'da bu kapsamda yapılan çalışmalardaki emisyonlar ve miktarları (artış ve azalma gibi) Tablo 2.1 de yer almaktadır.

Tablo 2.1 Dünya'daki Covid 19 Kapsamında Yapılan Çalışmalar Sonucu Hava Kalitesindeki Değişimler

ÇALIŞMA ADI	ŞEHİR	KİRLETİCİLER	EMİSYONLARDAKİ AZALMA
Public transit usage and air quality index during the Covid-19 lockdown [3]	Ankara	CO	↓49%
		SO ₂	↓1%
		PM _{2,5}	↓11%
		PM ₁₀	↓28%
Effect of Covid -19 travel restrictions on Phoenix air quality after accounting for boundary layer variations [16]	İstanbul	CO	↓92%
		SO ₂	↓77%
		NO ₂	↓24%
		PM ₁₀	↓32%
Effect of Covid -19 travel restrictions on Phoenix air quality after accounting for boundary layer variations [16]	Tempe/ABD	NO ₂	—
		CO	—
		PM ₁₀	↓45%
	Phayao / Thailand	PM ₁₀	↑3.17%

Influence of air pollution and meteorological factors on the spread of Covid -19 in the Bangkok Metropolitan Region and air quality during the outbreak [17]		PM _{2.5}	↑18.43%
		O ₃	↑0.02%
		SO ₂	↑42.16%
		NO	↓45.44%
		NO ₂	↓39.02%
		CO	↑23%
		CO	↓29%
How mobility restrictions policy and atmospheric conditions impacted air quality in the State of São Paulo during the Covid-19 outbreak [18]	Brazil	NO _x	↓28%
		NO	↓40%
		SO ₂	↓19%
		PM _{2.5}	↓15%
		PM ₁₀	↓8%
		O ₃	↑20%
Air quality characteristics in Wuhan (China) during the 2020 COVID-19 pandemic [14]	Wuhan/China	PM _{2.5}	↓32.92%
		PM ₁₀	↓30.25%
		VOC	↓39.8%
		NO ₂	↓38.23%
Changes in air quality during Covid-19 'lockdown' in the United Kingdom [15]	United Kingdom	NO ₂	↓%38,3
		PM _{2.5}	↓%16,5
		O ₃	↑%7.6
Public transit usage and air quality index during the Covid-19 lockdown [3]	Barselona	PM ₁₀	↓20%
		NO ₂	↓54%
	Madrid	NO ₂	↓58%
		SO ₂	↓53%
		O ₃	↓15%
	Londra ve West Midlands	PM _{2.5}	↓14%
		PM ₁₀	↓15%
		NO ₂	↓46%
	Roma	NO ₂	↓52%
		PM _{2.5}	↓15%
	Stockholm	PM _{2.5}	↓46%
		PM ₁₀	↓45%
		NO ₂	↓40%
	Berlin	NO ₂	↓17%
	Münih	SO ₂	↓95%
		NO ₂	↓1%
		PM ₁₀	↓16%
	Washington	CO	↓30%
		SO ₂	↓3%
		O ₃	↓10%
Los Angeles	PM _{2.5}	↓8%	
	CO	↓43%	
	NO ₂	↓24%	
Toronto	CO	↓41%	

	O ₃	↓2%
	NO ₂	↓4%
Montreal	NO ₂	↓29%
	SO ₂	↓19%
	PM _{2.5}	↓11%
Mexico	NO ₂	↓24%
	SO ₂	↓41%
	PM _{2.5}	↓12%
Guadalajara	PM ₁₀	↓16%
	CO	↓42%
	NO ₂	↓26%
Santiago	PM _{2.5}	↓17%
	PM ₁₀	↓9%
	CO	↓33%
	NO ₂	↓48%

3.SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma, Dünya’da Covid-19 pandemi kısıtlamaları ve ülke genelinde alınan önlemler ile birlikte hava kalitesi üzerindeki olumlu etkisini gösteren çalışmaları bir araya getirmiştir. Özellikle kent içi ulaşımdaki düşüş ile birlikte hava kirletici emisyonlarında düşüş olduğu söylenebilir. Literatür kapsamında verilen çalışmalarda hava kirleticilerinin bazı ülkelerde önemli ölçüde azaldığı ve hava kalitesinde iyileşmelerin olduğu gözlenmiştir. Bazı ülkelerde ise yapılan çalışmalarda nadir olarak bir artış gözlemlense bile bu değerlerin atmosferik / meteorolojik koşullar vb. gibi etkenlerinde etkisi altında olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- T.C Sağlık Bakanlığı, H. (2020). “COVID-19 (Sars-cov-2 Enfeksiyonu) Genel Bilgiler, Epidemiyoloji Ve Tanı” T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. Haziran 3, 2021 Tarihinde Alındı.
- Travaglio, M., Yu, Y., Popovic, R., Selley, L., Leal, N., & Martins, L. (2021, January 1). “Links between air pollution and COVID-19 in England” *Environmental Pollution, Part A*(268), 1-10.
- Sahraei, M., Kuşkapan, E., & Çodur, M. (2021, February 15). “Public transit usage and air quality index during the COVID-19 lockdown”. *Journal of Environmental Management* (286).
- Mostafa, M., Gamal, G., & Wafiq, A. (2020, October 10). “The impact of COVID 19 on air pollution levels and other environmental indicators - A case study of Egypt.” *Journal of Environmental Management* (277).
- Gencer, N. “Kovid-19 Sürecinde Yaşlı Olmak: 65 Yaş ve Üstü Vatandaşlar İçin Uygulanan Sokağa Çıkma Yasağı Üzerine Değerlendirmeler ve Manevi Sosyal Hizmet”. *Türkiye Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi* 4(1), 2020, 35-42.

- Tellez, J., & Herrera, M. “Appraising the impact of air transport on the environment: Lessons from the COVID-19 pandemic.” 2021, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*(10).
- Tobías, C. Carnerero, C. Reche, et al., “Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic”, 2020, *Science of the Total Environment*.
- Andreana, G., Gualini, A., Martini, G., Porta, F., & Scotti, D. “The disruptive impact of COVID-19 on air transportation: An ITS econometric analysis.” *Research in Transportation Economics*. 2021,
- Elsaid, K., Olabi, V., Sayed, E., Wilberforce, T., & Abdelkareem, M. “Effects of COVID-19 on the environment: An overview on air, water, wastewater, and solid waste” 2021, *Journal of Environmental Management* (292).
- Fan, Y., Jiang, P., Hemzal, M., & Klemeš, J. “An update of COVID-19 influence on waste management” 2020, *Science of the Total Environment*(754).
- Zambrano-Monserrate, MA, Ruano, MA “Has air quality improved in Ecuador during the COVID-19 pandemic? A parametric analysis” 2020, *Air Quality, Atmosphere & Health* 13, 929-938.
- Albayati, N., Waisi, B., Al-Furaiji, M., Kadhom, M., & Alalwan, H. Effect of COVID-19 on air quality and pollution in different countries.2021, *Journal of Transport & Health* (21), 1-16.
- Filonchyk, M., Hurynovich, V., Yan, H., Gusev, A., & Shpilevskaya, N. (2020, Haziran). “Impact Assessment of COVID-19 on Variations of SO₂, NO₂, CO and AOD over East China”. 2020, *Aerosol and Air Quality Research* (20), 1530–1540.
- Jiaxin, C., Hui, H., Feifei, W., Mi, Z., Ting, Z., Shicheng, Y., Hao, H. “Air quality characteristics in Wuhan (China) during the 2020 COVID-19 pandemic.” 2021, *Şubat. Environmental Research* (195).
- Jephcote, C., Hansell, A., Adams, K., & Gulliver, J. “Changes in air quality during COVID-19 ‘lockdown’ in the United Kingdom” 2021, *Environmental Pollution* (272), 1-11.
- Miech, J., Herckes, P., & Fraser, M. “Effect of COVID-19 travel restrictions on Phoenix air quality after accounting for boundary layer variations.” 2021, April. *Atmospheric Environment: X*, 10.
- Sangkham, S., Thongtip, S., & Vongruang, P. “Influence of air pollution and meteorological factors on the spread of COVID-19 in the Bangkok Metropolitan Region and air quality during the outbreak” 2021, June *Environmental Research*, 197.
- Rudke, A., Martins, J., Almeida, D., Martins, L., Beal, A., Hallak, R., Albuquerque, T. “How mobility restrictions policy and atmospheric conditions impacted air quality in the State of São Paulo during the COVID-19 outbreak” 2021, July, *Environmental Research*, 198.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DETERMINATION OF SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT STRATEGIES IN
SMART CITIES USING FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING
APPROACH**

Bihter Gizem DEMIRCAN ¹

¹Bihter Gizem DEMIRCAN, Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University,
Turkey

f0219016@std.yildiz.edu.tr

ABSTRACT

New projects using information communication technologies are being implemented in cities where the populations are increasing day by day and new approaches in sustainable waste management are needed. The integration of Smart City technologies with the environmental engineering applications contributes to the understanding of sustainable environmental management in terms of efficient use of resources, reducing pollution loads and energy and time savings. However, both sustainable environmental management and smart city applications are complex structures in which many variables and stakeholders coexist. For this reason, Multi Criteria Decision Making (MCDM) approaches can be used as a method to help decision makers to make fast and effective decisions. Multiple Criteria Decision Making is based on prioritizing the scenario alternatives or various factors belonging to a problem by using different optimization models after they are evaluated subjectively by relevant stakeholders based on pre-determined set of criteria. In this study, the key factors that are crucial for creating sustainable environmental management strategies in smart cities are prioritized by using MCDM approaches with the aim of contributing the next studies or projects where information communication technologies and environmental engineering applications will be combined.

Keywords: fuzzy, MCDM, smart, waste, management

1. INTRODUCTION

This high urbanization trend makes cities key players in both the global climate crisis and the global water crisis. It has been reported that two-thirds of the world's energy is consumed in cities, and cities are responsible for 70% of global carbon emissions. [1] In addition to emissions from the use of large quantities of fossil fuels, cement-related emissions from the creation and use of urban infrastructure in cities are also serious. (9.2 GtCO₂e and 9.6 GtCO₂e respectively). [2] Per capita water consumption, which is increasing in parallel with rising income levels in cities, poses a drought threat. On the other hand, in cities where people's wealth levels are low, problems such as unhygienic water consumption and lack of access to improved water resources are occurring. According to a recent report, [3] 700 million urban dwellers lack improved sanitation facilities and 156 million urban dwellers lack improved water resources.

On the other hand, today, for the administrators who carry out people-oriented city policies and have an understanding that puts the welfare of their citizens first, issues such as convenient travel without long waits in traffic, effortless parking of vehicles, quick and hygienic disposal of garbage and sewage, less electricity and water bills, etc. have become more important.

The situation mentioned above reveals that cities are becoming more complex and dynamic by the day, and it is becoming increasingly difficult for administrations to make the most efficient use of existing natural and economic resources and to cause as little harm to the environment as possible, while meeting the basic needs of urban dwellers, such as water, housing, transport, education and healthcare. Creating innovative and technological approaches to providing city services are more crucial than ever. Since the 1990s, this urgency has brought a new concept known as "Smart City" into urban life. The term "Smart City" does not have a single, widely accepted definition. In its most general form, the smart city is a city in which information and communication technologies (ICTs) are used to deliver urban services faster, in a more environmentally friendly and economical way, and to better respond to people's needs. In practice, however, there is a multi-dimensional, multi-stakeholder and much more complex structure to be understood. Hence, in the literature, this structure has been defined in many different ways according to desired characteristics and technical competencies of a city. Figure 1 shows the main characteristics and tools that make a city smart.

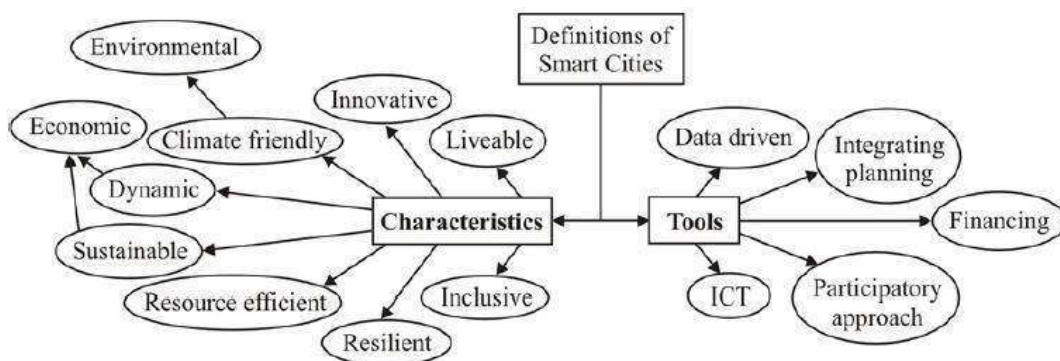


Figure 1. Characteristics and tools that define smart cities [4]

Internet-of-Things (IoT) technology, which is at the heart of Smart Cities applications, is typically based on receiving (sensors, actuators, RFID readers, etc.), sending (Wi-Fi, mobile Internet, Zigbee, Bluetooth, etc.), storing (cloud technology) and processing (statistical methods, machine learning, deep learning, etc.) data to be used in decision-making processes. [8] In the aforementioned technology, the specific layers in which the data travels are shown in the Figure 2.

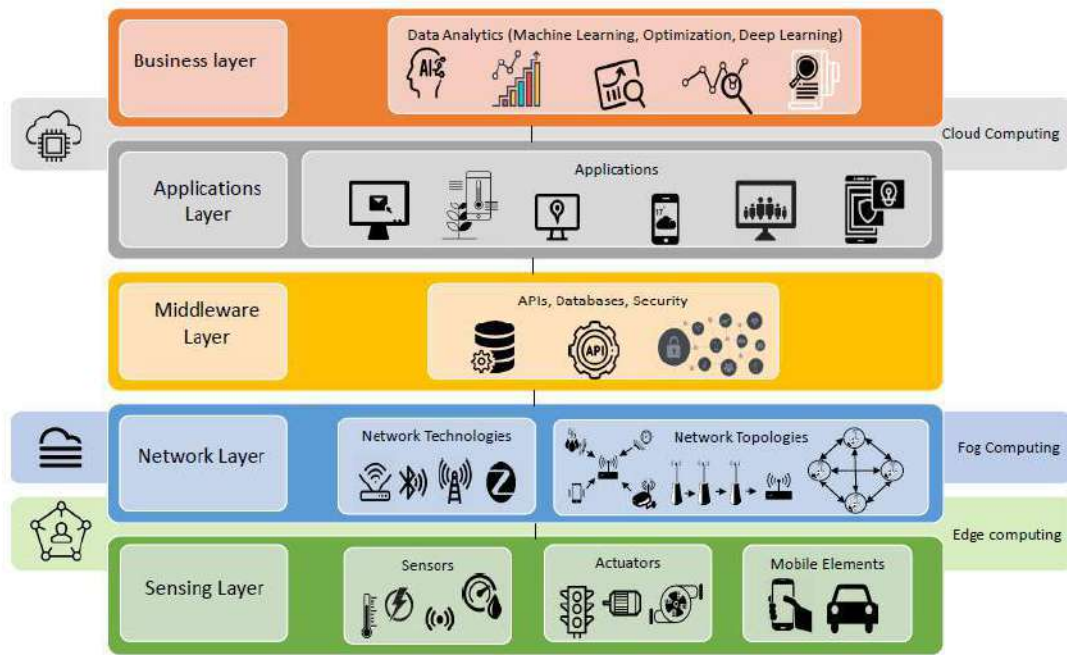


Figure 2. IoT Architecture [5]

Although the uses of Smart City applications are already incredibly vast, it could be said that it is a concept that is still evolving and needs more attention. Day by day, innovative solutions are emerging in various fields, especially in transportation, infrastructure, environment, energy, health, education and culture. For this purpose, public authorities, the private sector, universities, institutes and living laboratories continue their work and implement projects in collaboration.

Environmental sustainability is defined as a set of rules to be followed on the use of recyclable and non-recyclable resources and waste and pollution removal by Goodland, who introduced this concept into the literature. [6] With the words of Nilsson-Djerf et. Al. [7] "For a waste management system to be sustainable, it needs to be environmentally effective, economically affordable, and socially acceptable."

In the literature, one comes across many studies that propose different approaches to sustainable waste management. Some of them focus on waste prevention, some on waste-to-value strategies and some on remediation strategies. [8]. Although a lot of work has been done on the waste management topic, the concept of IoT-enabled waste management is quite new and the number of publications in this field is growing. With various studies, it has been acknowledged by researchers that the integration of Smart City technologies with the sustainable waste management approaches contributes to the understanding of environmental sustainability in terms of efficient use of resources, reducing pollution loads and energy and time savings. Depending on the technologies used and the application area, a classification has been made as shown in Table 1. Although the classification is made for solid waste, which is the most common use of these technologies, there are studies that use the same applications also for wastewater, leachate, and emission control, examples of which are given below.

Table 1. Various ICTs and their application in SWM [9]

ICT classification	ICT Sub-Class	Applications
Spatial Technologies	GIS	Site selection; planning; management; estimation; optimization
	GPS	Route and collection optimization; vehicle tracking; planning; scheduling
	RS	Site selection; environmental impact assessment; features monitoring
Identification Technologies	Barcode	Intelligent recycling; waste disposal; reduce landfill space; risk management
	RFID	Bin and driver tracking; optimization; sorting and recycling
Data Acquisition Technologies	Sensors	Sorting; optimization; moisture; energy and odor measurement; scheduling
	Imaging	Waste sorting; route and collection optimization; monitoring
Data Communication Technologies	GSM/GPRS	Long range communication
	ZigBee	Short range communication
	Wi-Fi	Short range communication
	Bluetooth	Short range communication
	VHFR	Long range communication

It is an unavoidable fact that by its nature, IoT-enabled sustainable waste management depends on many variables such as technical, economic, social, etc. These variables influence and change each other, and it makes the management processes even more complex. On the other hand, the number of stakeholders involved in these processes is quite high. It is difficult for public authorities, private sector managers, researchers and city dwellers i.e. service providers and users to coordinate in a seamless and connected structure. From this point of view, it is wise to use Multi Criteria Decision Making (MCDM) techniques to identify smart sustainable waste management strategies that are both responsive to residents' suggestions and needs, and technically and scientifically provided by experts.

In its most general definition, Multi Criteria Decision Making (MCDM) is the prioritization or ranking of scenario alternatives or different factors of a problem using different optimization models after their subjective evaluation by the relevant stakeholders based on a set of predetermined criteria.

Although there are so many studies that implement MCDM methods into sustainable waste management approaches, utilizing these methods to develop IoT-enabled waste management strategies is quite new. In a research [10] that has been carried out very recently the barriers to smart waste management for a circular economy in China have been determined by using DEMATEL (fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory), a scientific prioritization technique. The study first shortlisted twelve important barriers to smart waste management in China based on interviews with experienced practitioners. It then prioritized these barriers through DEMATEL based on the survey data from three representative stakeholders. The results showed three key causal barriers: the lack of regulatory pressures, the lack of environmental education and culture of environmental protection, and the lack of market pressures and demands. Another study [11] which conducted nearly at the same time with the previous one has proposed a preliminary approach to develop a structural framework for the barriers to the adoption of the Internet of Things (IoT) that exist in the waste management systems of smart cities in developing countries such as India. To achieve this objective, hybrid multi-criteria decision making (MCDM) methods have been used and the research identified 15 IoT adoption barriers (IoTBs) from the literature review. As a conclusion, the lack of regulations, instructions, and policy norms, as well as the lack of standardization and Internet connectivity, are the most critical IoT obstacles hindering the development of smart cities, especially in their waste management practices. In another study [12] that has been carried out in Eskisehir, Turkey alternative municipal smart waste collection systems which are based on different ICTs are evaluated and ranked using a type-2 fuzzy decision aid method. While applying the suggested type-2 fuzzy TOPSIS methodology, attributes like environmental friendliness, operational feasibility, aesthetics, innovativeness, sustainability, maintenance efficiency, and setup cost advantage are considered. Analysis results showed that the drone and the visible light communication-based collection systems are the most appropriate systems for the study area. In the past year, another research [13] conducted to determine the drivers of smart healthcare waste disposal planning for smart cities in India, seven criteria related to smart healthcare waste disposal system infused by circular economy aspects to recover value from disposables are identified and analyzed with DEMATEL method. Two criteria, (i) digitally connected healthcare centres, waste disposal firms and pollution control board, and (ii) providing a pollution control board's feedback app to public and other stakeholders, came forward as strong reasons for a smart healthcare waste disposal system.

As one could understand from afore mentioned examples, some researchers focused on the barriers to implement waste management systems based on IoT. Some preferred to compare the technologies developed, and others take into account only one type of waste. During the literature research, it has been understood that there is deficiency in combining both smart waste management technologies and sustainable waste management strategies. Additionally, there is a lack of a study that will compare the results of two cities with similar socio-economic levels. Another uniqueness of the study is that it will include civil city residents among the stakeholders. In this study, both new technologies and strategies for sustainable waste management in smart cities are going to be evaluated using fuzzy MCDM methods with the aim of contributing the next studies or projects where information communication technologies and environmental engineering applications will be combined.

REFERENCES

- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*, 2020
- United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2019*, 2019
- UN Water, *Water and Urbanization*, 2018
- Eremia M., Toma L., Sanduleac M., (2017). "The Smart City Concept in the 21st Century", *Procedia Engineering*, 181:12-19.
- Syed, A.S., Sierra-Sosa, D., Kumar A., Elmaghraby A., (2021). "IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges", *Smart Cities*, 4:429-475.
- Syed, A.S., Sierra-Sosa, D., Kumar A., Elmaghraby A., (2021). "IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges", *Smart Cities*, 4:429-47
- Mell P., Grance T., (2011). "The NIST Definition of Cloud Computing", *Special Publication (NIST SP)*, 800-145.
- Goodland R., (1995). "The Concept of Environmental Sustainability", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26:1-24.
- Behzad Esmailian B., Wang B., Lewis K., Duarte F., Ratti C., Behdad S., (2018). "The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper", *Waste Management*, 81:177-195.
- Hannan M.A., Abdulla Al Mamuna M.d., Hussain A., Basri H., Begum R.A., (2015). "A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges", *Waste Management*, 43:509-523.
- Coban A., Firtina Ertis İ., Ayvaz Cavdaroglu N., (2018). "Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey", *Journal of Cleaner Production*, 180:159-167
- Erkut E., Moran S.R., (1991). "Locating Obnoxious Facilities in the Public Sector: An Application of the Analytic Hierarchy Process to Municipal Landfill Siting Decisions", *Socio-Economic Planning Sciences*, 25(2):89-102.
- Charnpratheep K., Zhou Q., Garner B., (1997). "Preliminary Landfill Site Screening Using Fuzzy Geographical Information Systems", *Waste Management & Research*, 15(2):197-215.
- Onut S., Soner S., (2008). "Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment", *Waste Management*, 28(9):1552-9.
- Jun-Pin Su J.P., Hung M.L., Chao C.W., Ma H.w., (2010). "Applying multi-criteria decision-making to improve the waste reduction policy in Taiwan", *Waste Management & Research*, 28:20-28.

- Coban A., Firtina Ertis İ., Ayvaz Cavdaroglu N., (2018). “Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey”, *Journal of Cleaner Production*, 180:159-167.
- Manupatia V.K., Ramkumar M., Baba V., Agarwalc A., (2021). “Selection of the best healthcare waste disposal techniques during and post COVID-19 pandemic era”, *Journal of Cleaner Production*, 281:12575.
- Aycin E., Kaya S.K., (2021). “Towards the circular economy: Analysis of barriers to implementation of Turkey’s zero waste management using the fuzzy DEMATEL method”, *Waste Management&Research*, , 1-12.
- Zhan A.,Venkatesh V.G., Liu Y., Wan M., Qu T., Huisingh D., (2019). “Barriers to Smart Waste Management for a Circular Economy in China”, *Journal of Cleaner Production*, 240:11898.
- Sharma M., Joshi S., Kannan D., Govindan K.,Singh R., H.C. Purohi H.C., (2020). “Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities’ waste management: An Indian context”, *Journal of Cleaner Production*, 270:122047.
- Topaloglu M., Yarkin F., Kaya T., (2018). “Solid waste collection system selection for smart cities based on a type-2 fuzzy multi-criteria decision technique”, *Soft Computing*, 22:4879-4890.
- Ankur Chauhan A., Jakhar S.K., Chauhan C., “The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal, *Journal of Cleaner Production*, 279:123854.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**CANTOR FRAKTAL DİZİLİMLİ ALÇIPAN-HAVA AKUSTİK YÜZEY
TASARIMI**

İrem KAYA^{1,*}, Çiğdem Seçkin GÜREL²

¹İrem KAYA, Havelsan A.Ş., Çankaya, Ankara

ikaya@havelsan.com.tr

²Çiğdem Seçkin GÜREL, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

cigdem@hacettepe.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: ikaya@havelsan.com.tr, Tel.: +90 534 895 6235

ÖZET

Bu çalışmada, literatür için yeni olan Cantor fraktal dizilimli çok-katmanlı akustik yüzeyler tasarlanmış ve yalıtım performansları incelenmiştir. Katman malzemesi olarak alçıpan ve hava kullanılmıştır. Yüzeğe gelen ses dalgasının transfer kaybını elde etmek için Transfer Matris Metodundan (TMM) yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, tasarlanan panellerin kademe ve katman sayısı arttıkça gelen ses dalgasına daha iyi bir soğurma davranışı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tasarlanan yapılar sağladıkları özellikler itibarı ile güncel ses yalıtım uygulamalarında tercih edilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Transfer matris metodu (TMM), cantor fraktal yapısı, çok-katmanlı yapı, transfer kaybı



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

DESIGN OF CANTOR FRACTAL SEQUENCED DRYWALL-AIR ACOUSTIC PANEL

ABSTRACT

In this study, Cantor fractal array sequenced new multilayered acoustic surfaces are designed and their acoustic performances are investigated. Drywall and air are used as layer materials. Transfer Matrix Method (TMM) is used to obtain transfer loss due to incoming sound wave through the surface. The results show that as the stage number of Cantor fractals and layer numbers are increased, designed surfaces show better absorption performance to acoustic wave. This new panel structures will be preferred in current acoustic insulation applications due to obtained characteristics.

Key Words: Transfer matrix method (TMM), cantor fractal structure, multilayered panel, transmission loss

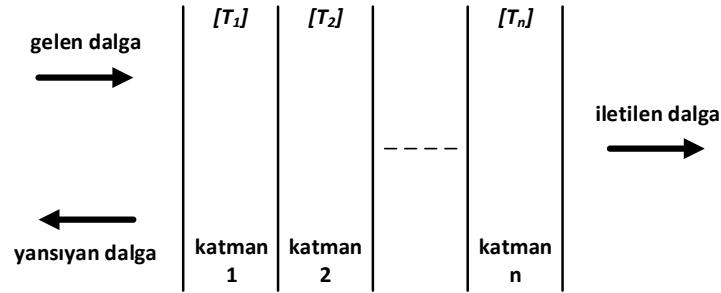
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda ses yalıtımı ile ilgili araştırmaların önemi artmaktadır. Savunma sanayiinde, otomotiv sektöründe, sualtı haberleşmesinde ve günlük birçok uygulamada ses yalıtımının önemi vurgulanarak farklı malzemelerle çok-katmanlı akustik yüzeylerin tasarımına yönelik çalışmaların literatürde yer almaya başladığı görülmektedir [1]. Çok-katmanlı yapılarda katmanların davranışını tahmin etmek, daha iyi yalıtım sağlamak ve farklı uygulamalar için uygun şekilde tasarlamak amacıyla dizilimi ve malzemeleri doğru belirlemek çok önemlidir. Tasarlanan çok-katmanlı yapıda dizilim sırası, katman sayısı ve kullanılan malzeme gibi birçok faktör yapının akustik performansını etkilemektedir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalarda farklı malzemelerle oluşturulan yapılar denenmiş, katman sayısı arttıkça yüzeyin sağladığı yalıtım özelliğinin arttığı gözlemlenmiştir [2], [3].

Cantor fraktal yapısı bir katmanın üçte birlik kısmı kaldırılarak ve kalan parçalar için aynı işlem tekrarlanarak elde edilen bir dizilimdir. Bu çalışmada katman malzemesi olarak katı alçıpan ve hava seçilerek Cantor fraktal yapısına ait farklı kademe dizilimlerine uygulanmış ve çok-katmanlı akustik yeni akustik yüzey yapıları tasarlanmıştır. Tasarlanan yapıların akustik performanslarının incelenmesinde analitik bir yöntem olan Transfer Matris Metodu (TMM) kullanılmıştır [4], [5]. TMM kullanılarak yapının frekansa bağlı transfer kaybı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürde henüz yer almamış Cantor fraktal dizilimi ve seçilen malzeme kombinasyonu ile tasarlanmış akustik yüzeylerin güncel tasarımlar için umut vaad edeceği gösterilmiştir.

2. TASARIM (DESIGN)

Bu çalışmada çok-katmanlı bir akustik yüzey yapısı Şekil 1'deki gibi oluşturulmuştur.

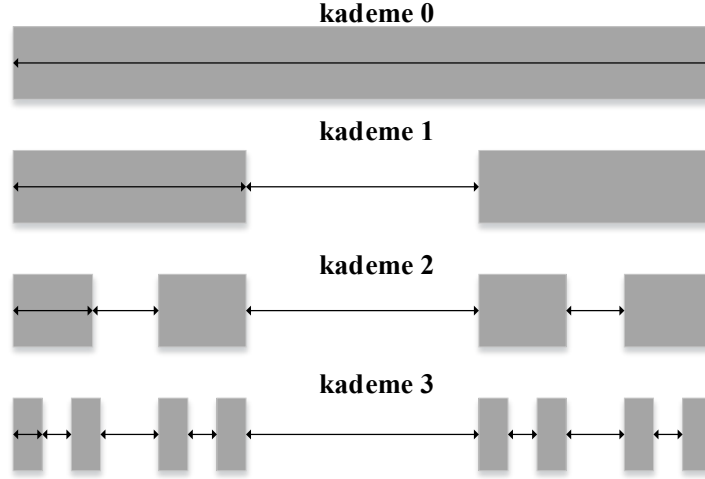


Şekil 1. Çok-katmanlı akustik panel yapısı (Multilayer acoustic panel structure)

Oluşturulan yapıda katmanların dizilimi Cantor fraktal yapılarına göre belirlenmiş, katman malzemeleri olarak katı alçıpan ve hava kullanılmıştır.

2.1 Cantor Fraktal Yapısı (Cantor Fractal Structure)

Cantor fraktal yapısı, temel bir ölçeklendirme işleminin daha küçük parçalara ayırmak için tekrarlanmasıyla elde edilen bir seridir. Her kademe üç parçaya bölünerek elde edilen birinci ve üçüncü parçanın tekrar üçe bölünmesi sonucu elde edilmektedir. Bu ölçeklendirme işleminin ilk üç adımını Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Cantor fraktal yapısı ve kademeleri (Cantor fraktal structure and stages)

2.1 Transfer Katsayısının Hesaplanması (Calculation of Transmission Loss)

İncelemede çok-katmanlı yapıların analizi için uygun bulunan Transfer Matris Metodu kullanılmıştır. Transfer Matris Metodu çok-katmanlı yapıları modellemek için kullanılan bir yöntemdir.

N katmanlı bir yapının toplam transfer matrisi her bir katmanın transfer matrisinin çarpımı ile

$$[T] = [T_1] \cdot [T_2] \cdot [T_3] \dots [T_N] = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

şeklinde elde edilmektedir.

Toplam transfer matrisinin köşe elemanları kullanılarak yansımaya (R) ve iletime (T) katsayıları elde edilebilir

$$R = \frac{z_0 T_{11} + T_{12} - z_0 z_0 T_{21} - z_0 T_{22}}{z_0 T_{11} + T_{12} + z_0 z_0 T_{21} + z_0 T_{22}} \quad (2)$$

$$T = \frac{2}{T_{11} + \frac{T_{12}}{z_0} + z_0 T_{21} + T_{22}} \quad (3)$$

Burada $z_0 = \rho_0 c_0$ havanın karakteristik empedansdır. Emilim katsayısı ise emilim ve yansıma katsayısından

$$\alpha = 1 - R^2 - T^2 \quad (4)$$

şeklinde elde edilir. N katmanlı yapının transfer kaybı

$$TL = -20\log(|T|) \quad (5)$$

ile hesaplanmaktadır.

2.1.1. *Malzemelerin Karakterizasyonu (Characterization of Materials)*

Tasarlanan çok-katmanlı yapıda kullanılan katı alçıpan katman ile hava boşluğunun akustik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Katı alçıpan ve hava boşluğu malzeme özellikleri (Solid drywall and air gap material properties)

Malzeme Özellikleri	A: Katı Alçıpan	B: Hava
Yoğunluk (kg/m^3)	1200	343
Ses hızı (m/s)	-	1.21
Young Modülü (GPa)	7	-
Poisson Oranı	0.25	-

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

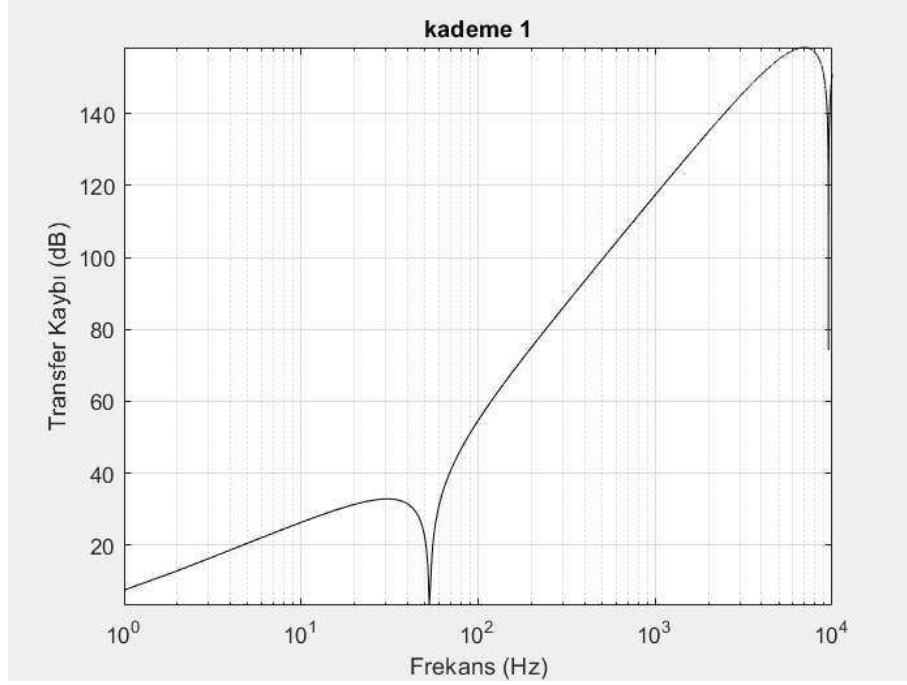
Bu bölümde Cantor fraktal yapısına sahip akustik yüzeylerin transfer kaybının frekansla değişimi incelenmiştir. Kademe 1, kademe 2 ve kademe 3 dizilimli yapılara ait sonuçlar Şekil 3-5’te gösterilmiştir. Katı alçıpan ve hava boşluğu katmanları ile tasarlanan yapıların toplam kalınlıkları her durumda 54 mm olarak alınmıştır.

Şekil 3-5’ten anlaşılacağı üzere katman ve kademe sayısı arttıkça yapıda farklı frekans bantlarında emilimin arttığı, kademe sayısı arttıkça yapının transfer kaybının arttığı ve yapının daha iyi ses yalıtımı sağladığı anlaşılmaktadır. Düşük frekansta farklı frekans bantlarında piklerin olduğu ve bu pik noktalarında emilimin arttığı yansımanın azaldığı gözlenmiştir. Sonuçlara göre yüksek frekansta katman ve kademe sayısı arttıkça transfer kaybının arttığı görülmüştür.

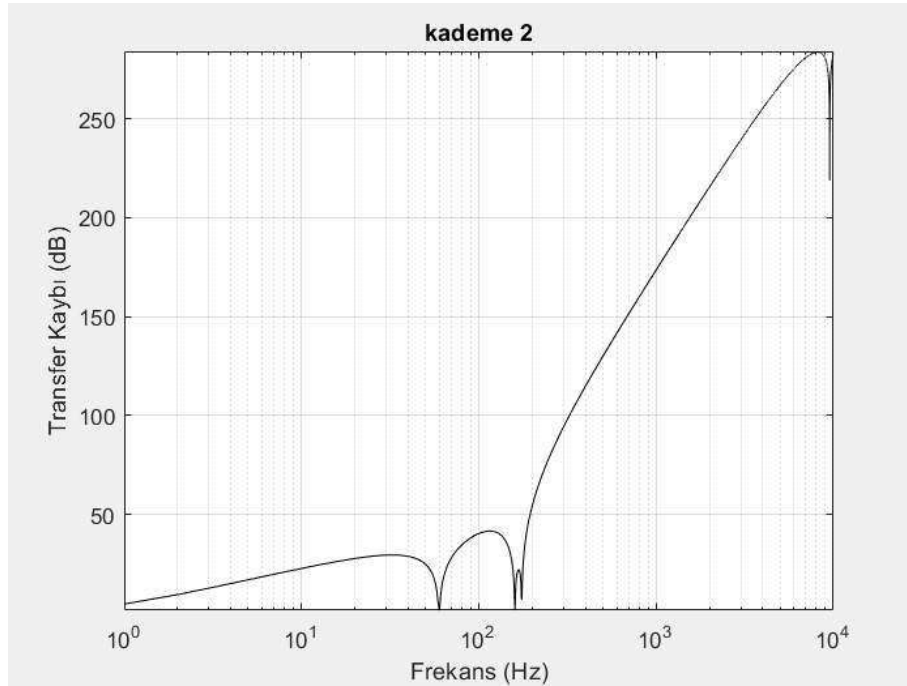
YORUMLAR (CONCLUSIONS)

Cantor fraktal yapısına ait farklı kademe dizilimlerine göre akustik panel tasarımı yapılan bu çalışmada literatürde bir ilk olarak katı alçıpan ve hava kullanılarak yeni sonuçlar elde edilmiştir. Cantor dizilimi ve seçilen malzeme

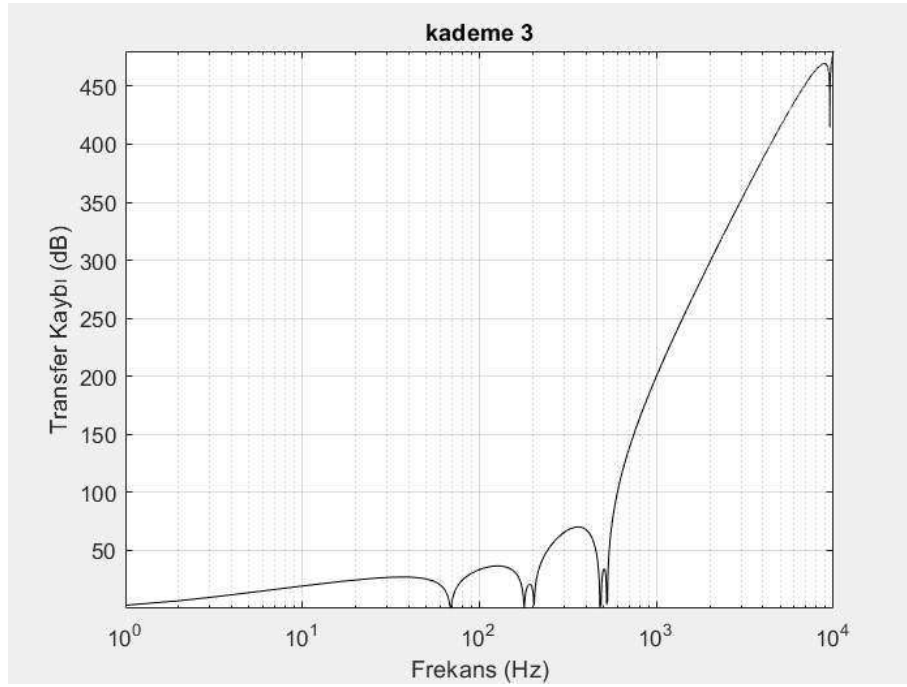
kombinasyonlarının bir arada kullanılması ile güncel akustik uygulamalarda tercih edilebilecek benzerlerine göre daha iyi ses yalıtımı sağlayan yapıların tasarlanabileceği gösterilmiştir.



Şekil 1. Kademe 1 , “ABA” dizimli yapının transfer kaybı (Stage 1, transmission loss of “ABA” structure)



Şekil 2. Kademe 2 , “ABABABA” dizimli yapının transfer kaybı (Stage 2, transmission loss of “ABABABA” structure)



Şekil 3. Kademe 3 , “ABABABABABABABA” dizilimli yapının transfer kaybı (Stage 2, transmission loss of “ABABABABABABABA” structure)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Lee, F.-C., ve Chen, W.H. “Acoustic Transmission Analysis of Multi-layer Absorbers” *Journal of Sound and Vibration*, no. 4 (2001): 621–634.
- [2] Lauriks, W., Mees, P. ve Allard, J. F. “The acoustic transmission through layered systems.” *Journal of Sound and Vibration*, no.1 (1992): 125-132.
- [3] Utsuno, H., Tanaka, T., Fujikawa, T. ve Seybert, A.F. “Transfer function method for measuring characteristic impedance and propagation constant of porous materials.” *Journal of The Acoustical Society of America*, no.2 (1989): 637-643.
- [4] Luo, S. ve Huang, Q., “Acoustic Absorption of Multi-Layer Structure Composed of Porous Layers Based on Biot's Model and Transfer Matrix Method” *Acta Acustica United with Acustica*, no.5 (2013): 751–758.
- [5] Abid, M., Abbas, M.S., Chazot J.D., Hammemi L., Hamdi, M.A. ve Haddar, M. “Acoustic response of a multilayer panel with viscoelastic material”, *International Journal of Acoustics and Vibrations*, no.2 (2012): 82-89.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

THUE-MORSE VE LUCKY SERİLERİ İLE KARMA METAL-DİELEKTRİK OPTİK FİLTRE TASARIMI

Büşra GÖRAL, Umut ALAN, Çiğdem Seçkin GÜREL*

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye

busragoral97@gmail.com umudi0666@gmail.com cigdem@hacettepe.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: cigdem@hacettepe.edu.tr; Tel.: +90 312 297 7007

ÖZET

Bu çalışmada, ince metal bir katman ile Lucky sayıları ve Thue-Morse serilerine bağlı olarak tasarlanmış iki farklı çok katmanlı bloktan oluşan yeni bir karma metal-dielektrik optik filtre tasarlanmıştır. Lucky sayıları optik filtre tasarımlarına ilk defa uygulanmıştır. Yapının soğurma, yansıma ve iletim davranışları, Thue-Morse bloğunun tekrar sayısına bağlı olarak incelenmiştir. Tasarlanan filtre görünür bölgenin 650-750 nm dalga boyu aralığında çoklu soğurma bantları sağlamaktadır. Tasarlanan filtre sağladığı yeni çalışma özellikleriyle birçok kaplama, lazer ve renk filtresi uygulamalarında tercih edilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Optik filtre, çok katmanlı yapı, Lucky sayıları, Thue-Morse serileri, yansıma katsayısı

**METAL-DIELECTRIC HYBRID OPTICAL FILTER DESIGN USING
THUE-MORSE AND LUCKY SERIES**

ABSTRACT

In this study, by using a thin metal layer and two different multilayered blocks designed according to Lucky numbers and Thue-Morse series, a new hybrid metal-dielectric optical filter structure is designed. Lucky numbers are firstly applied in such a filter design. Power absorption, reflection and transmission characteristics of the structure depending on repetition number of Thue-Morse block are investigated. Designed structure is provides multiple absorption bands in 650–750 nm range in visible region. The designed filter structure introduces some new characteristics and will be preferred in coating, laser and color filter applications.

Key Words: Optical filter, multilayer structure, Lucky Numbers, Thue-Morse Series, reflection coefficient

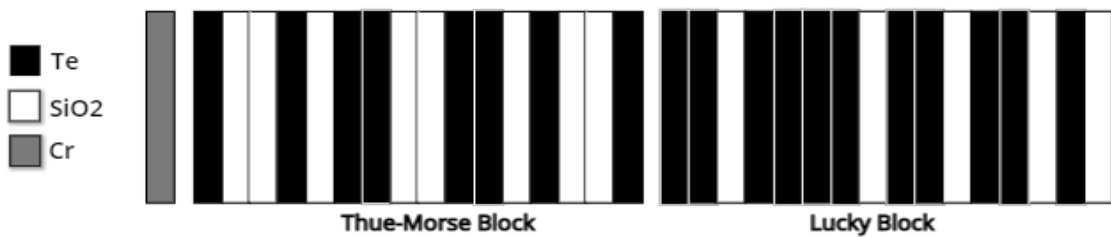
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Optik filtreler belli dalga boylarında elektromanyetik dalgaları yansıtan, soğuran veya ileten davranışlar gösteren çok katmanlı optik yapılardır [1-12]. Çok katmanlı yapının dizilimi ve kullanılan malzemeler filtrenin temel davranışlarını belirler. Literatürde katman dizilimleri için genellikle Thue-Morse, Fibonacci, Cantor gibi özel seriler kullanılmıştır [4,10-12]. Filtre malzemesi olarak istenen çalışma davranışını sağlamak üzere ince metal, dielektrik, meta malzeme, plazma, süper iletken gibi malzemeler kullanılmaktadır [3-12]. Farklı malzemeler kullanılarak spektrumun farklı bantlarında çalışan yapılar elde edilmektedir. Yalnızca dielektrik malzeme kullanılarak oluşturulan bir optik filtre genellikle görünür veya alt kızılötesi bölgede ilginç çalışma özellikleri gösterirken, plazma kullanılarak oluşturulan filtreler üst kızılötesi ve terahertz bandında yararlı çalışma özellikleri sunmaktadır [9,11]. Çok katmanlı filtre yapıların ince metal katman kullanılması ile filtreye ayrıca soğurma davranışı kazandırılabilir. Literatürde birçok farklı metal-dielektrik filtre tasarımları yer almış, bunlarda daha ziyade Fibonacci serilerine göre katman dizilimine yer verilmiştir [3,5-7].

Bu çalışmada ise Lucky sayılarının ilk defa Thue-Morse serileri ile birlikte kullanılmasıyla literatür için yeni bir metal-dielektrik çok katmanlı optik filtre tasarlanmıştır. Tasarlanan filtre yapısı giriş kısmında bir ince krom levha içermekte ardından Thue-Morse ve Lucky sayılarına göre dizilmiş iki farklı bloktan oluşmaktadır. Lucky sayılarını yüksek ve düşük kırılma indisli katmanlar şeklinde ifade etmek için sayılar BCD sistemi ile kodlanmıştır. Metallerin kırılma indisleri dalga boyuna göre değişim gösterdiğinden, krom levhanın kırılma indisinin hesaplanmasında Drude Model kullanılmıştır. Filtre davranışı elektromanyetik dalganın dik geldiği durum için, Thue-Morse bloğunun tekrar sayısı artırılarak Transfer Matris Metodu (TMM) ile incelenmiştir. Tasarlanan filtre yapısının 600-800 nm aralığında çoklu bantlar şeklinde yansıma ya da soğurma özelliği gösterdiği, Thue-Morse bloğunun tekrar sayısının artırılmasıyla bu bantların genişliklerinin ayarlanabileceği ve bant sayılarının değiştirilebileceği gösterilmiştir. Tasarlanan filtre yapısı sağladığı özellikler ve oldukça ince yapısı itibarıyla güncel kaplama, lazer, LCD ekran ve renk filtresi uygulamalarında kullanılabilir.

2. FİLTRENİN TASARIMI (FILTER DESIGN)

Bu çalışmada oluşturulan metal-dielektrik çok katmanlı yapının katman dizilimi için Thue-Morse serisi ve Lucky sayıları birlikte kullanılarak karma bir yapı elde edilmiştir. Filtredeki ince krom levha, yapının ilk katmanını oluştururken, yüksek ve düşük kırılma indisli iki farklı dielektrik maddenin Thue-Morse ve BCD kodlanmış Lucky sayılarına göre dizilmesiyle oluşan iki farklı blok ile filtre yapısı Şekil 1’de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



Şekil 1. Filtre katman dizilimi. (Layer configuration of filter)

Optik filtreyi oluşturan dielektrik maddeler yüksek kırılma indisli Tellür ($T_e, n_T = 4.234$) ve düşük kırılma indisli Silikon dioksit ($SiO_2, n_D = 1.45$) olarak seçilmiş, filtre bir cam alt katman ($n_S = 1.52$) üzerine oturtulmuştur. Filtrenin merkez dalga boyu $\lambda_0 = 700$ nm olarak seçilmiş, metal katman kalınlığı 5 nm olarak, diğer katmanların kalınlıkları ise çeyrek merkez dalga boyuna göre $d_{Y,D} = \lambda_0 / (4n_{Y,D})$ şeklinde alınmıştır.

Filtreyi oluşturmakta kullanılan serilerden ilki olan Thue-Morse serisi, bir adımdaki elemanın ikilik sisteme göre tersinin elemanın sonuna eklenmesiyle bir sonraki elemanının oluşturulduğu dizidir

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0 \\
 T_1 &= 01 \\
 T_2 &= 0110 \\
 T_3 &= 01101001 \\
 T_4 &= 0110100110010110
 \end{aligned} \tag{1}$$

Filtreyi oluşturmakta kullanılan Lucky sayıları pozitif tam sayıların konumlarına göre tekrar tekrar filtrelenmeleri sonucunda oluşan bir sayı grubudur. Filtreleme işlemi 1 sayısından sonra gelen sayının katlarındaki konumda olan sayıların elenmesiyle yapılır, eğer 1'den sonra gelen sayı daha önce filtreleme işlemi için kullanıldıysa ondan bir sonraki sayı ele alınarak filtreleme işlemine devam edilir ve her filtreleme işlemi en güncel filtrelenmiş diziye aşağıdaki gibi uygulanır

Başlangıç dizisi:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

İlk filtreleme:

1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25

İkinci filtreleme:

1 3 7 9 13 15 19 21 25

Üçüncü filtreleme:

1 3 7 9 13 15 21 25

(2)

Oluşturulan çok katmanlı optik filtre yapısında ilk bölümde Thue-Morse serisinin 4. hücresi ($T_4 = 0110100110010110$) ve ikinci bölümde Lucky sayıları içinde her durumda seride yer alan 21 ve 25 sayılarının BCD kodlanmış halleri ($21=0010\ 0001, 25=0010\ 0101$) kullanılmıştır. Bir ve sıfırların düşük ve yüksek kırılma indisli iki farklı madde ile modellenmesiyle oluşan genel yapı $Hava/Cr/(YDDYDYDDYDYDDY)^T / (YYDYDYDYDYDYDYD)/Cam$ şeklindedir. Buradaki T, Thue-Morse bloğunun tekrar sayısını ifade etmektedir.

Kırılma indisi frekansa göre değişen metallerin kırılma indisleri Drude Modeliyle

$$n_M = \sqrt{1 - \frac{w_p^2}{w^2 - j\gamma w}} \tag{3}$$

şeklinde hesaplanmaktadır [2]. Burada w_p plazma frekansını, γ sönümlenme frekansını, w ise filtrenin çalışma frekansını ifade etmektedir. w_p ve γ sabitleri krom için sırasıyla $1.59078 * 10^{16}$ ve $2.57644 * 10^{15}$ 'dir [3].

Tasarlanan filtrenin yansıma, geçirme ve soğurma özelliklerini incelemek için TMM kullanılmış, her bir katman

$$M_l = D_l P_l D_l^{-1} \quad (4)$$

şeklinde bir M_l matrisiyle modellenmiştir [6]. Burada D_l her bir l katmanı için dinamik matrisi göstermekte olup

$$D_l = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ n_l & -n_l \end{bmatrix} \quad (5)$$

ile verilir. P_l ise yayılım matrisi olup

$$P_l = \begin{bmatrix} e^{j\phi_l} & 0 \\ 0 & e^{-j\phi_l} \end{bmatrix} \quad (6)$$

şeklinde. Faz terimi $\phi_l = k_l d_l = \frac{2\pi d_l}{\lambda} n_l$ ile ifade edilir. Burada n_l maddelerin kırılma indislerini, d_l kalınlıklarını göstermektedir. Her bir katman matrisinin birbirleriyle çarpımı ile çok katmanlı yapının genel transfer matrisi aşağıdaki gibi elde edilir

$$M = D_{Hava}^{-1} M_{Cr} (M_Y M_D M_D M_Y M_D M_Y M_Y M_D M_D M_Y M_Y M_D M_Y M_D M_D M_Y)^N * (M_Y M_Y M_D M_Y M_Y M_Y M_D M_Y M_Y M_D M_Y M_Y M_D M_Y M_D) D_{Cam} \quad (7)$$

Yapının bu genel M matrisi

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \quad (8)$$

ile ifade edildiğinde matrisin elemanları kullanılarak yapının yansıyan ve iletilen güç oranları

$$\frac{P_r}{P_i} = |r|^2 = \left| \frac{M_{21}}{M_{11}} \right|^2 \quad (9)$$

$$\frac{P_t}{P_i} = |t|^2 = \frac{n_{Cam}}{n_{Hava}} \left| \frac{1}{M_{11}} \right|^2 \quad (10)$$

ile bulunabilir. Yapıda soğurulan güç oranı ise

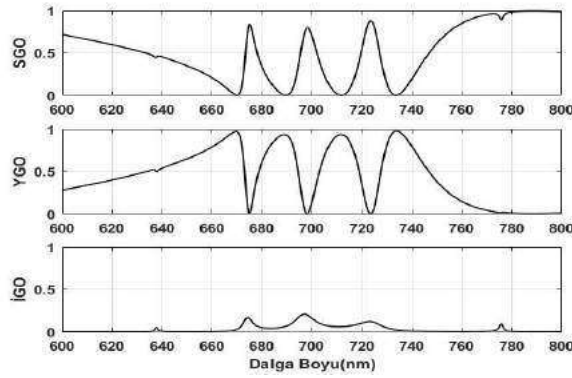
$$\frac{P_a}{P_i} = 1 - \frac{P_r + P_t}{P_i} \quad (11)$$

şeklinde hesaplanabilir.

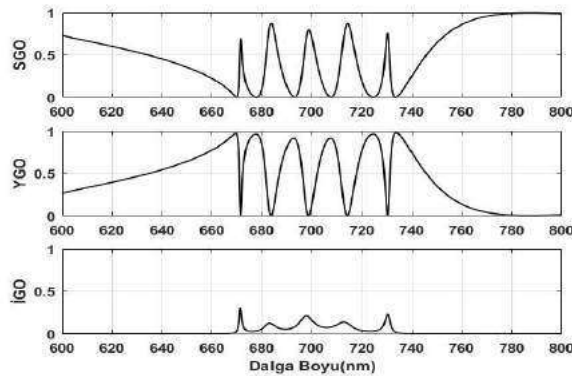
3. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu bölümde, oluşturulan karma metal-dielektrik optik filtre yapısında Lucky sayıları ve Thue-Morse serilerinin kullanımıyla tasarlanmış iki farklı bloğun yapıdan oluşan toplam yansıma, iletim ve soğurmaya etkileri tartışılmıştır.

Filtreyi oluşturan iki farklı seriden Lucky sayılarına göre tasarlanan blok katmanları sabit tutularak Thue-Morse serisi ile tasarlanan bloğun tekrar sayısı $T = 1,2,3,4$ alınarak elde edilen sonuçlar Şekil 2- Şekil 5'te gösterilmiştir. Thue-Morse serisi ile tasarlanan bloğun tekrar sayısının $T=1$ olduğu durumda yapıdan iletimin oldukça düşük olduğu bununla birlikte merkez dalga boyu etrafında çoklu yansıma ve soğurma bantlarının oluştuğu gözlenmekte, 760-800 nm arasında yapı oldukça iyi bir soğurma davranışı göstermektedir.

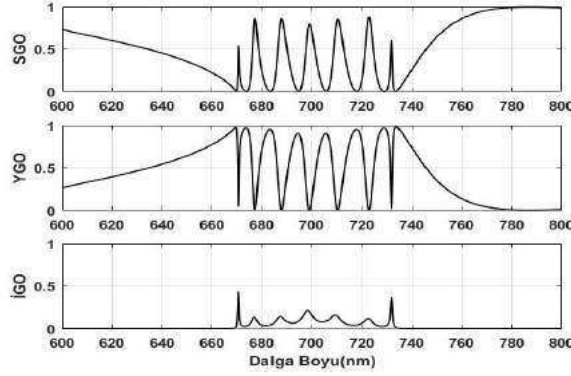


Şekil 2. Thue-Morse – Lucky dizimli yapıda $T=1$ durumu için soğurulan (SGO), yansıyan (YGO) ve iletilen (İGO) güç oranlarının dalga boyu ile değişimi. (Absorbed, reflected, transmitted power ratios versus wavelength in Thue-Morse – Lucky sequenced structure for $T=1$)

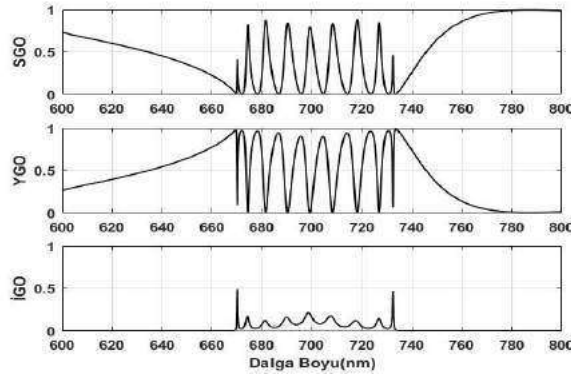


Şekil 3. Thue-Morse – Lucky dizimli yapıda $T=2$ durumu için soğurulan, yansıyan ve iletilen güç oranlarının dalga boyu ile değişimi. (Absorbed, reflected, transmitted power ratios versus wavelength in Thue-Morse – Lucky sequenced structure for $T=2$)

Şekil 3 - Şekil 5'te görüldüğü gibi Thue-Morse serisinin tekrar sayısı artırıldıkça yapıda oluşan çoklu yansıma ve soğurma bantlarının sayısı da artmakta, 760-800 nm dalga boyları arasındaki soğurma davranışının da daha kararlı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Thue-Morse – Lucky dizilimli yapıda T=3 durumu için soğurulan, yansıyan ve iletilen güç oranlarının dalga boyu ile değişimi. (Absorbed, reflected, transmitted power ratios versus wavelength in Thue-Morse – Lucky sequenced structure for T=3)



Şekil 5. Thue-Morse – Lucky dizilimli yapıda T=4 durumu için soğurulan, yansıyan ve iletilen güç oranlarının dalga boyu ile değişimi. (Absorbed, reflected, transmitted power ratios versus wavelength in Thue-Morse – Lucky sequenced structure for T=4)

Elde edilen çoklu yansıma ve soğurma bantları, LCD ekranlar, renk filtreleri, lazer ve kaplama uygulamalarında kullanılabilecek yeni bir filtre yapısına işaret etmektedir.


4. YORUMLAR (CONCLUSIONS)

İlk defa Lucky – Thue-Morse serileri kombinasyonu kullanılarak yeni bir metal-dielektrik optik filtre tasarlanmıştır. Güncel malzemelerle tasarlanan bu filtre yapısı Thue-Morse serisinin tekrar sayısının artırılmasıyla orantılı olarak çoklu yansıma ve soğurma bantlarının 650-750 nm aralığında elde edilebileceğini göstermiştir. Katman kalınlıkları çeyrek dalga boyuna kuralına göre seçildiğinden yapının merkez dalga boyu değiştirilerek, elde edilen bu özelliklerin farklı dalga boyu aralıklarına da kaydırılması mümkündür. 780-800 nm aralığında ise

yapı oldukça iyi bir soğurucu olarak davranmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda filtrenin farklı malzemelerle tasarlanması ile yeni sonuçlar elde edilmesi ve tasarlanan yapının özel bazı amaçlarla birçok güncel optik uygulamalarda yer alması beklenmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- King, T. C., P. C. Tsai, Y. L. Lin, C. C. Liu ve C. J. Wu. "Resonant transmission in a dielectric photonic crystal with a thin metallic coating." *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 15, no. 9-10 (2013): 932-936.
- Barchiesi, D. ve T. Grosjes. "Fitting the optical constants of gold, silver, chromium, titanium and aluminum in the visible bandwidth." *Journal of Nanophotonics* 8 (2014).
- You, J.B., W. J. Lee, D. Won ve K. Yu. "Multiband perfect absorbers using metal-dielectric films with optically dense medium for angle and polarization insensitive operation." *Optics Express* 22, no. 7 (2014): 8339-8348.
- Singh, B. K. ve P. C. Pandey. "A study of optical reflectance and localization modes of 1-D Fibonacci photonic quasicrystals using different graded dielectric materials." *Journal of Modern Optics* 61, no. 11 (2014): 887-897.
- Gürel, Ç. S. ve Ö. Kılıç. "Band-blocking optical filter including ultrathin metallic film." *Journal of Electromagnetic Waves and Applications* (2016).
- Li, Z. ve H. Zhao. "Optical multistability in metal/dielectric nonlinear metamaterial multilayers." *Optik* 127 (2016): 8248-8252.
- Sun, L., X. Yang ve J. Gao. "Analysis of nonlocal effective permittivity and permeability in symmetric metal-dielectric multilayer metamaterials." *Journal of Optics* 18 (2016).
- Ma, J., J. Wang, Z. D. Hu, Z. Zhang, L. Pan ve A. D. Falco. "High-efficiency and ultra broadband flexible absorbers based on transversely symmetrical multilayer structures." *AIP Advances* 9 (2019).
- Ghasemi, F., S. R. Entezar ve S. Razi. "Terahertz tunable photonic crystal optical filter containing graphene and nonlinear electro-optic polymer." *Laser Physics* 29 (2019).
- Abbasiyan, A., M. Noori ve H. Baghban. "Investigation of quasi-periodic structures to increase the efficiency of thin film silicon solar cells: A comparative study." *Solar Energy Materials and Solar Cells* (2019).
- Trabelsi, Y., N. B. Ali, A. Elhawil, R. Krishnamurthy, M. Kanzari, I. S. Amiri ve P. Yupapin. "Design of structural gigahertz multichanneled filter by using generalized Fibonacci superconducting photonic quasicrystals." *Results in Physics* 13 (2019).
- Singh, P., K. B. Thapa, S. K. Singh ve A. K. Gupta. "Study of Design Tunable Optical Sensor and Monochromatic Filter of the One-Dimensional Periodic Structure of TiO₂/MgF₂ with Defect Layer of Liquid Crystal (LC) Sandwiched with Two Silver Layers." *Plasmonics* 15 (2020): 1846-1854.

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium <i>9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye</i>
	http://www.efis.beun.edu.tr

**Hadfield Çeliği Esaslı Örtülü Elektrot Üretimi ve
Yüzey Alaşımına İşlemine Çeşitli Katkıların Etkisi**

Enes MUTLU ^{1,*}, Şaduman ŞEN ²

¹Enes MUTLU, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
enes.mutlu6@ogr.sakarya.edu.tr

²Şaduman ŞEN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
sdmsen@sakarya.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: enes.mutlu6@ogr.sakarya.edu.tr; Tel.: +90-505-239-9341

ÖZET

Sert yüzey kaplama işlemi, alaşım esaslı dolgu malzemeleri kullanılarak farklı tür kaynak yöntemleri veya püskürtme yöntemleriyle yapılan bir işlemdir. Sert yüzey kaplamalar dünya genelinde yaygın olarak özellikle darbeli çalışan kırma, delme, kazıma, kazma ve aşındırıcı amacıyla kullanılan hadfield çeliklerinin çok önemli kullanım alanları vardır. Bu çalışmada örtülü elektrot kaynağı ile yapılacak hadfield çelik bileşiminde sert kaplama yüzeylerinin elde edilmesinde kullanılacak olan elektrotların literatür taraması, ön hazırlık işlemleri ve elektrot üretim ileriki çalışmalarda gerçekleştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Hadfield Çeliği, Sert Kaplama, Örtülü Elektrot

The Effect of Various Additives on Hadfield Steel Based MMA Production and Surface Mixing Process

ABSTRACT

Hard surface coating is a process that is done by different types of welding methods or spraying methods using alloy-based filler materials. Hard surface coatings have very important areas of use for hadfield steels, which are widely used throughout the world, especially for impact crushing, drilling, scraping, digging and abrasive purposes. In this study, literature review, preliminary preparation processes and electrode production planning of the electrodes used in the production of hard coating surfaces in the hadfield steel composition made by covered electrode welding are done.

Anahtar Kelimeler: Hadfield Steel, Hardfacing, Covered Electrode

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüze kadar teknolojinin gelişimi ile insanoğlu üstün özelliklere sahip malzemeler üretme gereksinimi duymaktadır. Gelişen teknoloji ile malzemelerden beklentiler gittikçe artmaktadır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalarda ekonomik ön plana çıkmaya başlamıştır. Malzemelerin bünyesinde barındırdıkları özellikleri yerine yüzey özelliklerinde geliştirme yapmak ekonomik anlamda daha avantajlı olmaktadır [1]. Günümüzde gelişen teknoloji ile insanoğlunun ihtiyaçları artmaya devam etmektedir. Yüzey mühendisliği kavramı insanoğlunun ihtiyaçlarına karşılık verme, korozyon direnci artırma ve aşınma direncini artırmak amacıyla günümüzde endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Malzemeye yüzey işlemleri uygulanarak sertlik, korozyon direnci, aşınma direnci, yorulma, termal özelliklerinde geliştirmeler yapılmaktadır [2].

Yüzey işlemleri iki farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar yüzey dönüşüm işlemleri ve yüzey kaplama işlemleri şeklindedir. Yüzey dönüşüm işlemi ile malzemenin iç yapısı değiştirilirken, yüzey kaplamada yüzeye element veya bileşik biriktirme yapılmaktadır. Ergitme esaslı yüzey kaplama işlemlerinde genellikle kaynak prensipleri esas alınarak ana metalde bulunmayan özellikleri bir dolgu metali ile biriktirme işlemi yapılarak istenilen özellikler elde edilmektedir [3]. Yüzey kaplama işlemi birçok farklı kaynak yöntemi ile yapılmaktadır. Örtülü elektrot ark kaynağı, tungsten inert gaz (TIG) kaynağı, toz altı ark kaynağı, lazer biriktirme, plazma kaynağı vb. kaynak türleri ile sert yüzey kaplama işlemleri uygulanmaktadır. Bu kaynak teknikleri arasında örtülü elektrot ark kaynağı en uygun olan yöntemlerden biridir. Örtülü elektrot kaynağı yüksek dolgu metali biriktirme, yüksek verimlilik, mobilite ve düşük maliyetli yapısı ile sert kaplamalar için tercih edilen kaynak türüdür. Örtülü elektrot ark kaynağı işleminde, hazırlanmış toz bileşimi, altlık malzemenin yüzeyine eş zamanlı olarak ergitilir [4].

Çok eski çağlardan beri insanoğlu sert yüzey kaplama yöntemi ile birçok malzeme üretmiş ve bu malzemeleri ihtiyaçları için kullanmıştır. M.Ö (milattan önce) 700'lü ve 900'lü yıllarda farklı tür kesici aletler ve baltalar karbürlenerek sertlikleri belirli seviyelere çıkarılmıştır. Yapılan karbürleme işlemi ile bugün kullanılan CVD prosesinin temelleri atılmıştır. Milattan sonraki (M.S) yıllarda ise farklı tür nano tabakalı kompozit malzemeler üretilmiştir. Romalıların Viking kılıçları bunlara en iyi örnektir. Bu kılıçların yapısı çok sıkı paket yapıda ayrı tabakalardan ve yönlendirilmiş yüksek karbonlu veya düşük karbonlu çelik yapılarından oluşmaktadır [5]. Sert yüzey kaplama, alaşım esaslı dolgu malzemeleri kullanılarak farklı tür kaynak yöntemleri veya püskürtme yöntemleriyle yapılan bir işlemdir. Sert kaplama ile aşınma ve korozyon direncini artırılmaktadır. Ayrıca hasar görmüş parçalara yeni boyutlar kazandırmak için sert kaplama işlemi yapılmaktadır [6]. Sert yüzey kaplamalardan yüksek aşınma direnci istenmektedir. Borürler, karbürler ve farklı tür alaşımlar yüksek aşınma direnci sağlayabilen yapılardır. Sert yüzey kaplama işleminde aşınma, korozyon ve sertlik özelliklerini mikroyapıdaki fazlar sağlamaktadır. Sert karbür fazları da bu özellikleri sağlayan yapılardan bir tanesidir. Sert karbür fazları mikroyapı da örtülü elektrot ark kaynağı yardımı ile oluşturulmaktadır [4].

2. ELEKTROT ÜRETİMİ VE ÖN İŞLEMLER (PRE-PROCESSES OF ELECTRODE PRODUCTION)

Sert yüzey kaplamalar dünya genelinde yaygın olarak aşınma ve korozyon faktörlerinin etkili olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Sert yüzey kaplama işlemi parçalarının servis ömürlerini belirli ölçüde uzatmak amacıyla yapılmakta olup yaygın olarak kaynak yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada kaynak yöntemi kullanılarak yapılacak sert yüzey alaşım kaplamalar için kullanılmak üzere üretilmesi planlanan örtülü elektrot bileşiminde kullanılacak tozların hazırlama işlemleri tamamlanmış olup sonraki çalışmalar için temel oluşturmak üzere literatür araştırması gerçekleştirilmiştir.

2.1. Literatür Araştırması (Literature Research)

Bu çalışmanın ilk aşamasını oluşturan Literatür araştırması kısmında geçmiş yıllarda yapılan örtülü elektrot kaynağı ile yapılan sert yüzey kaplama işlemleri ile ilgili örnek çalışmalara yer verilmiştir.

Jun Liu ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, çelik plakalar üzerine yapılmış Cu-Ni-Mn esaslı sert yüzey kaplamaların WC partiküllerin etkilerini incelemişlerdir. Yapılan sert yüzey kaplamada tungsten karbür yapılarının düzensiz açısız görünümü ve boyutunun 106–150 µm olduğu tespit edilmiştir. Sert kaplama yapılan numunelerin optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri ve EDS analizleri ile mikroyapı incelemeleri gerçekleştirilmiş ve sertlik testleri yapılmıştır. Çalışmada optik mikroskop görüntülerinde WC partiküllerinin yapıda homojen dağılım gösterdikleri ve WC yapılarının matris de düzensiz açısız görünümünü koruduğunu ve bu yapıların hacimsel oranın yaklaşık %63 olduğu tespit edilmiştir. SEM-EDS analizlerinde altlık malzeme ve sert kaplama arasında sürekli ve homojen bağlanma olduğu ve WC partiküllerin ve matris bağlayıcılarının iyi uyumluluğu ve ıslatma özelliklerinin mükemmel olmasından dolayı homojen bağlanma olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları mikro sertlik testleriyle sert dolgu kaplamaların sertlik değerlerinin, yüksek kromlu dökme demir yapılarına göre 1,5 kat fazla sert olduğunu belirtmektedirler [7].

Ke Yang ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda, titanyum ve niyobyum elementleri içeren sert dolgu alایشımları geliştirmişlerdir. Çalışmada iki farklı sert kaplama numunesi (E1 ve E2) geliştirilmiş olup elektrot bileşimleri farklı olan E1 numunesinde sadece Nb elementi, E2 numunesi ise Nb ve Ti elementi bulunmaktadır. Yapılan mikroyapı araştırmalarında E1 numunesinde Nb elementinin çözeltide kaldığını ve ani soğuma ile lara martenzit yapısının, E2 numunesinde ise martensit yapılarının daha az belirgin olduğu tespit edilmiştir. Ortalama karbür boyutlarının yaklaşık 0,5-2,0 µm arasında farklılık gösterdiği görülmüş olup E1 ve E2 numunelerine yapılan sertlik test sonuçlarında yaklaşık olarak her iki numuneden birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. Fakat darbe tokluğunda E2 numunesinin değerlerinin yüksek olduğu ve bunun sebebinin karbür yapılarının yapıda fazla olmasından dolayı sert dolgu alایشımının darbe tokluğu arttırdığı belirtilmiştir [8].

V. Jankauskas ve arkadaşlarının çalışmalarında manuel ark kaynağı ile yapılan Hadfield çeliği bileşiminde sert dolgu alایشımları geliştirilmiştir. Çalışmada karbür yapılarının özellikle WC yapısının dolgu alایشımının özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Yazarlar Hadfield çeliği bileşimindeki dolgu alایشımının yüksek aşınma özellikleri ve

sertlik değerleri gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada WC partiküllerin eklenmesi ile yapının darbeli aşınmaya karşı direnç gösterilmesi amaçlanmıştır. Yapılan SEM-EDS analizlerinde de yer alan W ve C piklerinin varlığı ile WC partiküllerinin aşınma dayanımının artmasına katkıda bulunduğu belirtilerek aşınma yüklerine maruz kalınan alanlarda rahatlıkla bu alaşımın kullanılabilieceği söylenmektedir [9].

M. Nagentrau ve arkadaşlarının çalışmalarında, karbon çelikleri üzerine farklı kaynak parametreleri ile yapılan sert kaplama alaşımlarına WC partiküllerinin etkisi incelenmiştir. Çalışmada metal ark kaynağı yöntemi kullanılmıştır. Bunun sebebi metal ark kaynak yönteminin diğer kaynak yöntemlerine göre karmaşık olmaması ve ekonomik olmasından dolaydır. Sert kaplama alaşımlarının mikroyapı incelemesi SEM ile yapılmıştır. Yapılan SEM-EDS analizlerinde numunelerin karbür matris ve altlık malzeme bölgelerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Karbür yapılarının daha çok kaplama altında yoğunluk gösterdiği görülmüş ve karbür içeren bölgeler parlak görüntü vermiştir. Yapılan mikro sertlik testlerinde yüzey bölgelerinin sertlik değerleri oldukça düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun sebebinin, karbür yapılarının daha çok matris ve kaplama altında dağılım göstermelerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Karbür yapılarının dağılım gösterdiği alanlarda sertlik değerlerinin 1800 HV değerine ulaştığı tespit edilmiştir [10].

Engin Kocaman doktora tez çalışmasında, Fe-CrB, Fe-Ti-B ve Fe-Cr-Ti-B esaslı on sekiz adet elektrot üretimini bir kalıp yardımıyla üretmiştir. Üretilen rtl elektrotlardan elektrik ark kaynağı vasıtasıyla sert yüzey alaşımlama işlemi uygulamıştır. Altlık malzemesi olarak sade karbonlu AISI 1010 eliğini çalışmasında kullanmıştır. Hazırlanan deneysel numunelerin mikroyapısal testlerini, makro ve mikro sertlik testlerini ve aşınma testlerini gerçekleştirmiştir. Mikroyapısal görüntüler ile sert kaplamanın homojen bir yapı gösterdiğini tespit etmiştir. Yapılan mikro sertlik testi sonucunda dikiş tepe noktasına kadar alınan sertlik değerlerinde ara yüzeyden itibaren artış gösterdiğini tespit etmiştir. Kaplama yüzeyinde yapılan makro sertlik testinde küçük standart sapmalar ile sertliğin artışını gözlemlemiştir[11].

Rude ve Pimpalgaonkar yaptıkları çalışmada, Duroid 650 ve Zedallooy 350 olarak iki farklı sert kaplama işleminde kullanılacak olan ticari elektrot kullanmışlardır. Yaptıkların çalışmada farklı kaynak parametrelerinin mikro sertlik üzerine etkisini incelemişlerdir. İnceleme sonuçlarını Taguchi metodu ile optimize etmişlerdir. Çalışmada akım değeri olarak 140 ve 170 amper, paso sayısı olarak bir ve iki kat kullanmışlardır. Çalışma sonucunda artan paso sayısı ile mikro sertlik değerlerinde artış, artan akım değerlerinde ise mikro sertlik değerlerin düşüş olduğun tespit etmişlerdir[12].

Wang ve arkadaşlarının çalışmalarında, 0-5 (%ağ.) arasında molibden içeren Fe-Ti-V-Mo bileşimine sahip demir esaslı sert dolgu elektrotlarının üretimini yapmışlardır. Altlık malzeme olarak sade karbonlu AISI 1020 elik üzerine elektrik ark kaynağı ile sert kaplama yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada farklı oranlardaki molibden içeren kaplamaların mikroyapı incelemesini yapmışlardır. Çalışma sonucunda eş eksenli ve çubuksu tipte karbürlerin, iğnems martensit matris üzerinde sentezlendiği tespit edilmiştir. Çalışmada artan Mo miktarı ile Mo₂C yapıları oluştuğunda sertlik değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir[13].

2.2. Elektrot Üretim Ön İşlemleri (Preparations of Electrode Production)

Bu bölümde elektrot üretimi öncesinde yapılan ön çalışmaların detayları verilmiştir. Bu aşamada öncelikle tozların hazırlanması, altlık malzemelerin hazırlanması ve elektrot üretiminin planlaması yapılmıştır. Planlanan elektrot üretimi ile sert yüzey alaşımlama işlemlerine ön hazırlık yapılmaktadır. Sert yüzey alaşımlama (kaplama) numunelerinin üretimi ve malzeme karakterizasyonu sonraki çalışmalarda gerçekleştirilecektir.

2.2.1. Tozların hazırlanması (Preparation of powders)

Elektrot üretiminde kullanılacak toz bileşiminin üretimi için, kayaç halinde bulunan ferro-niyobyum, ferro-mangan, ferro-tungsten malzemeleri Retch marka halkalı değirmen cihazı ile kırma işlemine tabii tutulmuştur. Kayaç halinde bulunan malzemeler -75 µm toz boyutuna öğütülmüştür. Saf Fe tozu ise herhangi bir öğütme işlemine gerek duyulmadan 75 µm'luk eleklerden geçirilerek istenilen boyutlara getirilmiştir. Üretilecek olan elektrotların malzeme içeriğindeki tozların tamamı -75 µm boyutuna sahip olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu amaçla farklı bileşimlerde Hadfield çeliği bileşimini oluşturmak amacıyla farklı bileşimlere sahip 3 ayrı toz bileşimi hazırlanmıştır. Bu bileşimler Fe-Mn, Fe-Nb, Fe-W, grafit, flaks ve K-Silikat malzemelerini içermektedir. Bu malzemelerden flaks gözenek oluşumunu engellemek, K-silikat toz bileşenleri için bağlayıcı ve ark stabilizasyonu sağlamak ve Grafit ise karbon kaynağı olarak kullanılmaktadır.

2.2.2. Elektrot üretimi planlaması (Planning of electrode production)

Örtülü elektrotların yapısı çekirdeklenme görevi gören tel ve örtü bileşiminde oluşmaktadır. Tel ayrıca kaynak işlemi sırasında akım aktarıcı olarak görev yapmaktadır. Çalışmada kullanılan tel, DIN 17145 kaliteye sahip filmaşın şeklinde üretimi yapılmış bir teldir. Şekil 1'de hazır olarak temin edilmiş teller görülmektedir.



Şekil 1. DIN 17145 standartına sahip çelik tel

Örtülü elektrotların örtü bileşimi; alaşımlama tozları, deoksidantlar, cüruf oluşturu ve bağlayıcı bileşenlerinden oluşmaktadır. Örtülü elektrotların üretim aşamaları sırasıyla; tozların karıştırılması, K-silikat ile yağ karıştırma, ekstrüzyon ve kurutma şeklinde olması öngörülmektedir. İlk aşamada tozların birbirine homojen karıştırma işlemi yapılması planlanmaktadır. İkinci aşamada toz karışımına K-silikat bileşeni eklenerek tozlar çamur formuna getirilecektir. Üçüncü aşamada çamur formunun, paslanmaz çelikten imal edilmiş kalıp yardımı ile telin üzerine kaplama işlemi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Şekil 2’de ekstrüzyon işleminde kullanılacak kalıp görülmektedir.



Şekil 2. Ekstrüzyon işleminde kullanılan kalıp

2.2.3. Altlık malzemelerin hazırlanması (Preparation of litter material)

Çalışmada üzerinde sert yüzey alaşımının oluşturulması amacıyla altlık malzemesi olarak SAE 4340 çeliği kullanılacaktır. SAE 4340 çeliği ıslah çeliklerinden bir tanesidir. SAE 4340 çeliği dayanıklı ve mukavemetli orta karbonlu ve düşük alaşımlı bir çelik türüdür. Ayrıca SAE 4340 çeliği, bir tür nikel molibden krom çeliğidir [14]. İçerdiği karbon bakımından yüzey alaşımlama işlemlerine uygun bir çelik türüdür. Tablo 2’de çalışmada altlık malzeme olarak kullanılacak SAE 4340 çeliğinin kimyasal bileşimi verilmektedir.

Tablo 1. SAE 4340 ıslah çeliğinin kimyasal bileşimi

	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
SAE 4340	0,38-0,43	0,60-0,80	0.035	0.040	0,15-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30

SAE 4340 çeliği lama halinde piyasada bulunmamaktadır bu sebeple yuvarlak profil şeklinde temin edilmiştir. Yuvarlak profilden 8mm kalınlıkta otomatik testere yardımıyla kesilen parçadan dikdörtgen kesitinde numuneler çıkarılmıştır. Numunelerin 8x30x70 mm boyutlarında lazer kesim ile hazırlanmıştır. Lazer kesim optik aracı ile yüksek güç üreten bir lazerin çıkışının yönlendirilmesi ile yapılmaktadır. Şekil 3’ de lazer kesimi yapılan SAE 4340 çelik numunelerin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Lazer kesimi yapılan dikdörtgen kesitli SAE 4340 çelik numuneleri.

Şekilde görülen numuneler taşlama işleminin ardından 60-1000 gridlik zımpara aralığına sahip zımparalar yardımıyla zımparalarak yüzeyleri düzgün ve pürüzsüz hale getirilmiş ve üzerinde sert yüzey alaşım kaplama oluşturulmak üzere hazırlanmıştır.

3. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada örtülü elektrot kaynağı yapılacak sert yüzey alaşım kaplamalar için Hadfield çeliği bileşiminde hazırlanacak örtülü elektrot üretiminde kullanılacak toz hazırlama işlemleri tamamlanmış olup sonraki çalışmalar için temel oluşturmak üzere literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonraki aşamalarında ise örtülü elektrotların üretimi ve yine ön hazırlama işlemlerinin bu çalışmada tamamlandığı altlık malzemeler üzerine sert yüzey alaşım işlemleri gerçekleştirilecek ve üretilen kaplamaların karakterizasyonları yapılacaktır. Bu sebeple çalışma Hadfield çeliği bileşiminde örtülü elektrotların üretim sürecinin planlanması ve literatür alt yapısının sağlanması gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Öztürk, A. (2003). Manyetik sıçratma tekniği ile üretilmiş Mo₂N ve nanokompozit Mo-N-Cu kaplamaların kazımalı aşınma davranışlarının karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [2] Deniz, G. (2004). Termo-reaktif difüzyon (TRD) tekniği ile AISI 1010 ve AISI M2 çeliklerinin titanyum nitrid (TiN) kaplanması.
- [3] Kılınç, B. (2018). Fe-MB esaslı sert yüzey alaşımların çelik yüzeyinde TIG kaynak yöntemiyle oluşturulması ve özelliklerinin incelenmesi.
- [4] Kocaman, E., KILINÇ, B., Şaduman, Ş. E. N., & Uğur, Ş. E. N. Krom içeriğinin Fe (18-x) CrxB₂ (X= 3, 4, 5) sert dolgu elektrotunda mikroyapı, aşınma ve korozyon davranışı üzerindeki etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 36(1), 1.
- [5] Bülbül, F. (2014). Sert ve Yumuşak Kaplamalar. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 32-41
- [6] İRİZALP, S. G., SAKLAKOĞLU, N., İLDAŞ, G., & DEMİROK, S. (2018). 1.2714 Çeliği Üzerine Sert Dolgu Kaynağı ile Kaplanmış Fe-Cr-V Esaslı Alaşımın Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(1), 35-46.
- [7] Liu, J., Yang, S., Xia, W., Jiang, X., & Gui, C. (2016). Microstructure and wear resistance performance of Cu-Ni-Mn alloy based hardfacing coatings reinforced by WC particles. Journal of Alloys and Compounds, 654, 63-70.
- [8] Yang, K., Yang, K., Bao, Y. F., & Jiang, Y. F. (2017). Formation mechanism of titanium and niobium carbides in hardfacing alloy. Rare Metals, 36(8), 640-644.
- [9] Jankauskas, V., Antonov, M., Katinas, E., & Gedzevicius, I. (2016). Effect of alloying additives on impact-abrasive wear of manual arc welded hadfield steel hardfacings. Journal of Friction and Wear, 37(2), 170-178.
- [10] Nagentrau, M., Tobi, A. M., Sambu, M., & Jamian, S. (2019). The influence of welding condition on the microstructure of WC hardfacing coating on carbon steel substrate. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 82, 43-57.
- [11] Engin KOCAMAN. Fe-Cr-Ti-B esaslı in-situ kompozit sert yüzey alaşımlama elektrotlarının geliştirilmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2020
- [12] A.K.Rude., Pimpalgaonkar., Optimization Of Process Parameter In Hardfacing By Shield Metal Arc Welding (SMAW). Int Res J Eng Technol, 05(01), 232– 6, 2018.
- [13] Wang, X.H., Han, F., Liu, X.M., Qu, S.Y., Zou, Z.D., Effect of molybdenum on the microstructure and wear resistance of Fe-based hardfacing coatings. Mater Sci Eng A, 489(1), 193–200, 2008.
- [14] GÜVEN, Ş. Y., & ÇELİK, D. (2019). SAE 4340 Çeliğinde Isıl İşlem Parametrelerinin Yorulma ve Mikro Yapı Üzerine Etkisi (makale). *Teknik Bilimler Dergisi*, 8(2), 55-61.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**ZONGULDAK – DEVREK – ADATEPE YÖRESİ SÜLFÜR TİPİ
METALİK CEVHERLEŞMELERİN JEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

Ercüment AYSERT ^{1, *}, İbrahim BUZKAN ²

Ercüment Aysert, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

ercumentaysert@gmail.com

İbrahim BUZKAN, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

buzkan_ibrahim@yahoo.com

*Sorumlu yazar; E-Mail: ercumentaysert@gmail.com; Tel.: +532-270-4364

ÖZET

Bu çalışmada, Zonguldak ili Devrek ilçesinin 13-14km güneybatısında, 1/25.000 ölçekli F27c3 ve F27c4 harita paftalarının kesişim aralığında, Eğerci, Sarnaz, Adatepe ve Akçabey köyleri arasında yer alan bölgedeki “sülfür tipi metalik cevherlerin jeokimyasal incelenmesi” amaçlanmaktadır.

Çalışma alanındaki kayaçların litolojisini; Prekambriyen yaşlı metamorfikler, metavolkanikler, meta-ofiyolitik birimler, derin deniz sedimanları ve bu birimleri kesen Prekambriyen yaşlı granitoid ve volkanitler içeren Yedigöller Formasyonu oluşturmaktadır. Çalışma alanında temel birimleri kesen granit, granodiyorit gibi derinlik kayaçları ile bunlarla iç içe bulunan hemen hemen aynı yaş aralığında yerleşmiş olduğu düşünülen diyorit porfir, diyabaz ve sub-volkaniklerden meydana gelen kayaç toplulukları mevcuttur.

Çalışma alanındaki mevcut kayaçlardan 55 adet, dere sedimanlarından 197 adet ve topraklardan 524 adet olmak üzere toplamda 776 adet, ilgili standartlara göre, amacına yönelik numuneler alınmış ve laboratuvarında jeokimyasal, mikroskobik vs. analizler için hazırlanmıştır. Daha sonra, numunelerin jeokimyasal ve cevher mikroskobu, vs. çalışmaları ile ilgili amaç doğrultusunda analizleri yapılmıştır. Numunelerin analizleri sonucunda; 2019-ADA-DJ9, DJ30, DJ48, DJ51, 2019-ADA-102KJ, 106KJ, 110KJ, 124KJ, 132KJ, 206KJ ve 501KJ örneklerinde Cu anomalileri elde edilmiştir. Sahanın güneydoğusundan alınan bazı numunelerde ise ortalama değerlerin üzerinde Pb-Zn anomalilerin varlığı belirlenmiştir. Bölgede bulunan granitoid ve volkanitler ile ilişkili alanlarda pirit, malahit, limonit alterasyonları bulunmaktadır. Burada malahitlerin yer alması ortamda Cu elementinin bulunduğunu işaret etmektedir. Bölgesel ölçekte arsenik anomalilerinin bulunması, alanın Au içeriği yönüyle de irdelenmesini gerektirmektedir. Toprak numunelerinin jeokimyasal sonuçları 27-406 ppm arasında değişen Cu varlığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Adatepe köyü, Devrek, Zonguldak, Jeokimya, Cevherleşme

GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF SULFUR TYPE METALLIC MINERALIZATIONS IN ZONGULDAK-DEVREK-ADATEPE REGION

ABSTRACT

In this study, “geochemical study of sulfur-type metallic ores” is aimed at the region located between the villages of Eğerci, Sarnaz, Adatepe and Akcabey, in the intersection range of 1/25.000 scale F27c3 and F27c4 map sheets, 13-14 km southwest of Devrek district of Zonguldak province.

The lithology of the rocks in the study area consists of Precambrian aged metamorphic, metavolcanics, meta-ophiolitic units, deep sea sediments and the Yedigöller formation, which includes Precambrian aged granitoids and volcanites that cut these units. In the study area, there are rock communities consisting of diorite porphyry, diabase and sub-volcanics, which are thought to have settled in almost the same age range as granite, granodiorite, which cut the main units, and are intertwined with them.

In total, 776 samples were taken according to the relevant standards, including 55 pieces of existing rocks in the study area, 197 pieces of stream sediments and 524 pieces of soils, and geochemical, microscopic, etc. samples were taken in the laboratory. It is prepared for analysis. Then, geochemical and ore microscopy of samples, etc. analyses were made for the purpose of their studies. Cu anomalies were obtained in 2019-ADA-DJ9, DJ30, DJ48, DJ51, Fr 2019-ADA-102KJ, 106KJ, 110KJ, 124KJ, 132KJ, 206KJ and 501KJ samples as a result of the analysis of the samples. In some samples taken from the southeast of the site, the presence of Pb-Zn anomalies above the average values was determined. There are pyrite, malachite, limonite alterations in areas associated with granitoid and volcanites found in the region. The presence of malachite's here indicates that the element Cu is present in the environment. Finding arsenic anomalies on a regional scale also requires that the area be examined in terms of Au content. The geochemical results of soil samples show the presence of Cu, which ranges from 27-406 ppm.

Key Words: Adatepe village, Devrek, Zonguldak, Geochemistry, Mineralization

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çalışma alanı coğrafik olarak Zonguldak ili Devrek ilçesinin 13-14km güneybatısında, 1/25.000 ölçekli F27c3 ve F27c4 paftalarının kesişim aralığında, Eğerci, Sarnaz, Adatepe ve Akçabey köyleri arasında yer almaktadır. Batı Karadeniz bölgesine ait karakteristik yerleşim özelliklerine sahiptir.

Çalışma alanındaki temel birimleri Prekambriyen yaşlı metamorfikler, metavolkanikler, meta-ofiyolitik birimler, derin deniz sedimanları ve bu birimleri kesen Prekambriyen yaşlı granitoyid ve volkanitler içeren, Yedigöller Formasyonu olarak adlandırılan birimler oluşturmaktadır. Yedigöller Formasyonu üzerinde açısız uyumsuzluk ile yer alan, filiş ve karbonat birimlerinden oluşan Ordovisiyen, Devoniyen ve Karbonifer yaşlı Kocatöngel, Kurtköy,

Aydos, Ereğli, Yılanlı ve Alacağzı Formasyonları birbirleri ile geçişlidir. Permo-Triyas yaşlı karasal birimlerden oluşan Çakraz Formasyonu, üzerine geldiği bütün birimler ile aşıl uyumsuzdur. Bu formasyonun üzerinde karbonatları ihtiva eden Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnaltı Formasyonu, uyumsuz olarak yer alır. İnaltı Formasyonunun üzerine geçişli olarak Alt Kretase yaşlı Kilimli Formasyonu gelir. Üst Kretase yaşlı Yemişliçay Formasyonu ve bu formasyonun Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Kapanboğazı üyesi, Maastirhtiyen-Paleosen yaşlı Alaplı Formasyonu, Alt-Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu ile ilişkili birimler, birbirleri ile geçişli olarak izlenir. Pliyosen yaşlı karasal Örencik formasyonu ve güncel çökel birimler, diğer yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Çalışma alanında temel birimleri keser halde Granit, Granodiyorit, gibi derinlik kayaçları ile bunlarla iç içe bulunan hemen hemen aynı yaş aralığında yerleşmiş olduğu düşünülen diyorit porfir, diyabaz ve sub-volkaniklerden meydana gelen kayaç toplulukları mevcuttur. Bu topluluk çalışma alanının özellikle GD kesiminde gözlenmektedir. Literatürde Belen graniti olarak değerlendirilen bu granitoyid kütleinin bölgedeki olası cevherleşmelerle yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle granodiyorit - diyoritler saçınımlı pirit içermektedir. Bu durum sülfür doygunluğuna sahip bir magmatik aktiviteyi işaret etmektedir. Çalışma alanında, tektonizmanın etkisiyle birçok fay sistemi gelişmiştir. Fay düzlemleri genellikle KD-GB doğrultulu olup, bu fayları kesen çok sayıda ikincil kırık sistemleri de mevcuttur (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

2. ÇALIŞMALAR (STUDIES)

Saha çalışmasında, Zonguldak il idari sınırlarına bağlı (F27c3, F27c4), paftalarına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik ve jeolojik haritalarından yararlanarak, çalışması öngörülen alanının ve çevresini kapsayan bölgelerine yönelik daha önceki çalışmaların haritaları revize edilerek güncelleme yapılmıştır. Arazide yerinde yapılan gözlemlerle çalışma alanı jeolojik haritası revize edilerek madencilik bakımından önemli görülen yerler harita üzerinde işaretlenmiştir. İnceleme alanında gözlemlenen birimlerin muhtemel tektonik, tabaka yapıları yerinde ölçümleri yapılarak birimlerin mostra rengi, taze yüzey rengi belirlenerek, inceleme alanındaki kayaç, dere kumu ve topraklardan yeterli sayıda numune alınmıştır. Çalışma alanındaki mevcut kayaçlardan 55 adet kayaç jeokimyası, mineralojik-petrografik analiz ve 5 adet cevher mikroskobisi, dere sedimanlarından 197 adet dere jeokimyası ve topraklardan 524 adet toprak jeokimyası için olmak üzere toplamda 776 adet, ilgili standartlara göre, amacına yönelik numuneler alınmıştır. Toprak numunelerinde profil boyu 1.000m, numune alım aralığı ise 50m olarak tasarlanmıştır. Bu numuneler laboratuvarında jeokimyasal, mikroskobik vs. analizler için yine ilgili standartlara göre hazırlanmıştır. Daha sonra, numunelerin jeokimyasal ve cevher mikroskobu, vs. çalışmaları ile ilgili amaç doğrultusunda analizleri yapılmıştır. Çalışma alanında alınmış olan numuneler ile sahanın litostratigrafisi birimleri detaylı olarak incelenmiş ve çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeolojisi haritası ile birlikte daraltılmış 29 km²lik alanda 1/10.000 ölçekli detay maden jeolojisi haritaları hazırlanmıştır. Sahadan alınan dere malzemesi, kayaç jeokimyası, mineraloji ve petrografisi, parlatma bloklarının detay mikroskobik analizi ve jeokimyasal analizler yapılarak, sonuçları değerlendirilmiştir. Analizleri XRF yöntemi ile gerçekleştirilen numunelerin içindeki bileşenlerin birebir majör, minör ve iz bileşenleri ile mikroskobik bileşenlerini, korelasyon ilişkilerini ortaya çıkarmak amacıyla analizleri yapılmıştır. Son olarak ise saha, laboratuvar ve büro çalışmalarında elde edilen tüm bulgular ve veriler birlikte değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Çalışma sahasından alınan dere sedimanı ve kayaç numunelerinden bazılarının koordinat listesi.

SIRA	ÖRNEK NO:	ALINIŞ AMACI	Y (DOĞU)	X (KUZEY)	SIRA	ÖRNEK NO:	ALINIŞ AMACI	Y (DOĞU)	X (KUZEY)
1	DJ01	jeokimya	406327	4545730	151	DJ158	jeokimya	397298	4545022
2	DJ02	jeokimya	406278	4545741	152	DJ159	jeokimya	397374	4545109
3	DJ03	jeokimya	406612	4545333	153	DJ160	jeokimya	397472	4545144

Tablo 2. Çalışma sahasından alınan kaya numunelerinden bazılarının jeokimyasal analizleri.

SIRA	ÖRNEK	Y (DOĞU)	X (KUZEY)	Ag	As	Au	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	V	Zn
1	-1KJ	397942	4545291	<1	<3	<20	<5	<5	6	19	13	<5	<5	8	35
2	-2KJ	403877	4548306	<1	<3	<20	<5	11	200	<5	<5	<5	<5	48	147
3	-3KJ	404016	4548521	<1	<3	<20	<5	8	66	11	<5	<5	<5	6	8
4	-4KJ	404016	4548521	<1	<3	<20	<5	8	18	12	<5	<5	<5	6	6
5	-6KJ	403704	4547620	<1	<3	<20	15	88	32	11	<5	9	<5	38	54
6	-101KJ	406265	4545732	<1	<3	<20	<5	37	40	<5	<5	<5	<5	227	116

Tablo 3. Çalışma sahasından alınan dere sedimanı numunelerinden bazılarının jeokimyasal analizleri.

Sıra No	Örnek	Koord Y	Koord X	Au	Ag	As	Bi	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	V	Zn
1	-DJ01	406327	4545730	<1	<3	<20	<5	21	69	<5	9	12	<5	126	71
2	-DJ02	406278	4545741	<1	3	<20	<5	16	56	<5	13	12	<5	93	80
3	-DJ03	406612	4545333	<1	<3	<20	<5	13	45	<5	8	10	<5	73	73
4	-DJ04	406614	4545282	<1	<3	<20	<5	22	62	<5	13	10	<5	131	94
5	-DJ05	406296	4544542	<1	3	<20	<5	13	32	<5	7	11	<5	81	87
6	-DJ06	405864	4544198	<1	<3	<20	<5	17	62	<5	11	7	<5	90	86

Tablo 4. Çalışma sahasından alınan toprak numunelerinden bazılarının koordinat listesi.

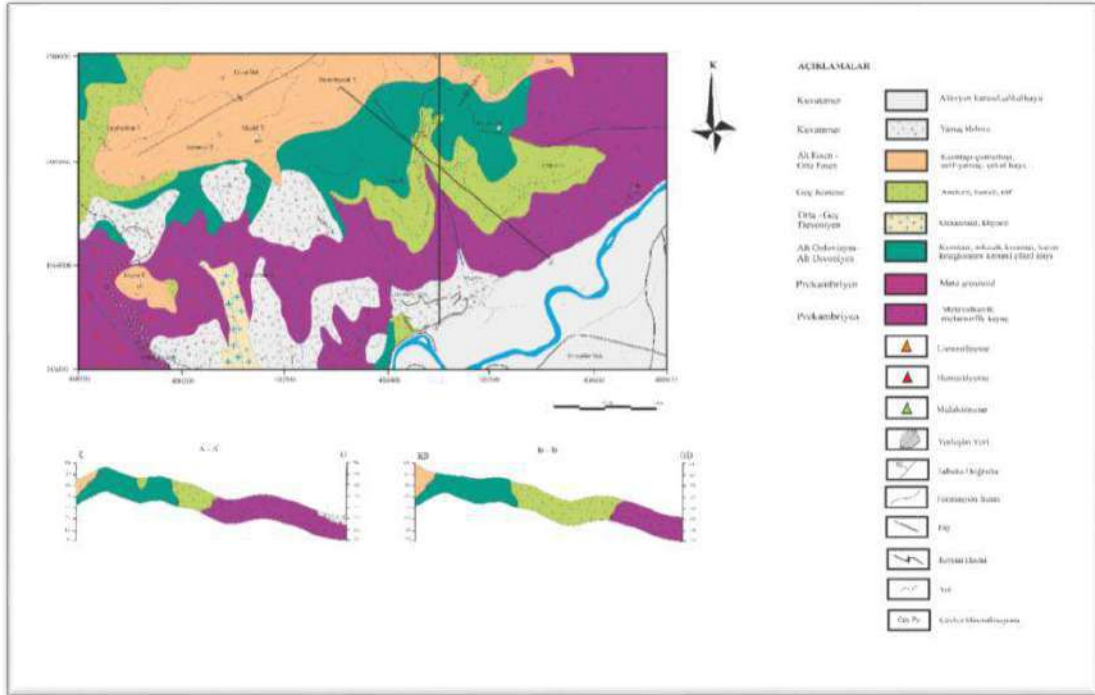
Örnek No	Doğu (Y)	Kuzey (X)	Örnek No	Doğu (Y)	Kuzey (X)	Örnek No	Doğu (Y)	Kuzey (X)
A1-2	404000	4545700	A3-8	404100	4545400	A5-16	404200	4545100
A1-3	404000	4545650	A3-9	404100	4545350	A5-17	404200	4545050
A1-4	404000	4545600	A3-10	404100	4545300	A5-18	404200	4545000
A1-5	404000	4545550	A3-13	404100	4545250	A5-19	404200	4544950

Tablo 5. Çalışma sahasından alınan toprak numunelerinden bazılarının jeokimyasal analizleri.

Sıra No	Örnek	Koord Y	Koord X	Au ppm	Ag ppm	As ppm	Bi ppm	Co ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	Sb ppm	V ppm	Zn ppm
1	A1-1	404000	4545750	<20	<1	3	<5	13	21	<5	26	7	<5	62	64
2	A1-2	404000	4545700	<20	<1	4	<5	13	23	<5	28	8	<5	63	72
3	A1-3	404000	4545650	<20	<1	9	<5	10	20	<5	29	12	<5	46	71
4	A1-4	404000	4545600	<20	<1	14	<5	12	24	<5	28	11	<5	51	66
5	A1-5	404000	4545550	<20	<1	10	<5	11	22	<5	27	12	<5	52	62
6	A1-6	404000	4545500	<20	<1	<3	<5	5	4	<5	7	7	<5	17	25

3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ (GEOLOGY OF THE STUDY AREA)

Çalışma alanı Batı Pontitlerde yer almaktadır. Temel birimlerini, Prekambriyen yaşlı metamorfikler, metavolkanikler, meta-ofiyolitik birimler, derin deniz sedimanları ve bu birimleri kesen Prekambriyen yaşlı granitoyid ve volkanitler içeren, Yedigöller Formasyonu olarak adlandırılan birimler oluşturmaktadır. Yedigöller Formasyonu üzerinde açılal uyumsuzluk ile yer alan, filiş ve karbonat birimlerinden oluşan Ordovisiyen, Devoniyen ve Karbonifer yaşlı Kocatöngel, Kurtköy, Aydos, Ereğli, Yılanlı, Alacaagzı Formasyonları birbirleri ile geçişlidir. Permo-Triyas yaşlı karasal birimlerden oluşan Çakraz Formasyonu, üzerine geldiği bütün birimler ile açılal uyumsuzdur. Bu formasyonun üzerinde karbonatları ihtiva eden Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnaltı Formasyonu, uyumsuz olarak yer alır. İnaltı Formasyonunun üzerine geçişli olarak Alt Kretase yaşlı Kilimli Formasyonu gelir. Üst Kretase yaşlı Yemişliçay Formasyonu ve bu formasyonun Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Kapanboğazı üyesi, Mastrohtiyen-Paleosen yaşlı Alaplı Formasyonu, Alt-Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu ile ilişkili birimler, birbirleri ile geçişli olarak izlenir. Pliyosen yaşlı karasal Örencik Formasyonu ve güncel çökel birimler, diğer yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Çalışma alanında temel birimleri keser halde granit, granodiyorit gibi derinlik kayaçları ile bunlarla iç içe bulunan hemen hemen aynı yaş aralığında yerleşmiş olduğu düşünülen diyorit porfir, diyabaz ve sub-volkaniklerden meydana gelen kayaç toplulukları mevcuttur. Bu topluluk çalışma alanının özellikle GD kesiminde gözlenmektedir. Literatürde Belen graniti olarak değerlendirilen bu granitoyid kütleinin bölgedeki olası cevherleşmelerle yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle granodiyorit ve diyoritler saçınımlı pirit içermektedir. Bu durumda sülfür doygunluğuna sahip bir magmatik aktiviteyi işaret etmektedir. Ruhsat alanında, şiddetli tektonizmanın etkisiyle birçok fay sistemi gelişmiştir. Fay düzlemleri genellikle KD-GB doğrultulu olup, bu fayları kesen çok sayıda ikincil kırık sistemleri de mevcuttur (Şekil 1 ve Şekil 2) (1, 2, 5, 8).



Şekil 1. Çalışma sahasının maden jeolojisi haritası (MTA 1/25.000'den değiştirilerek).

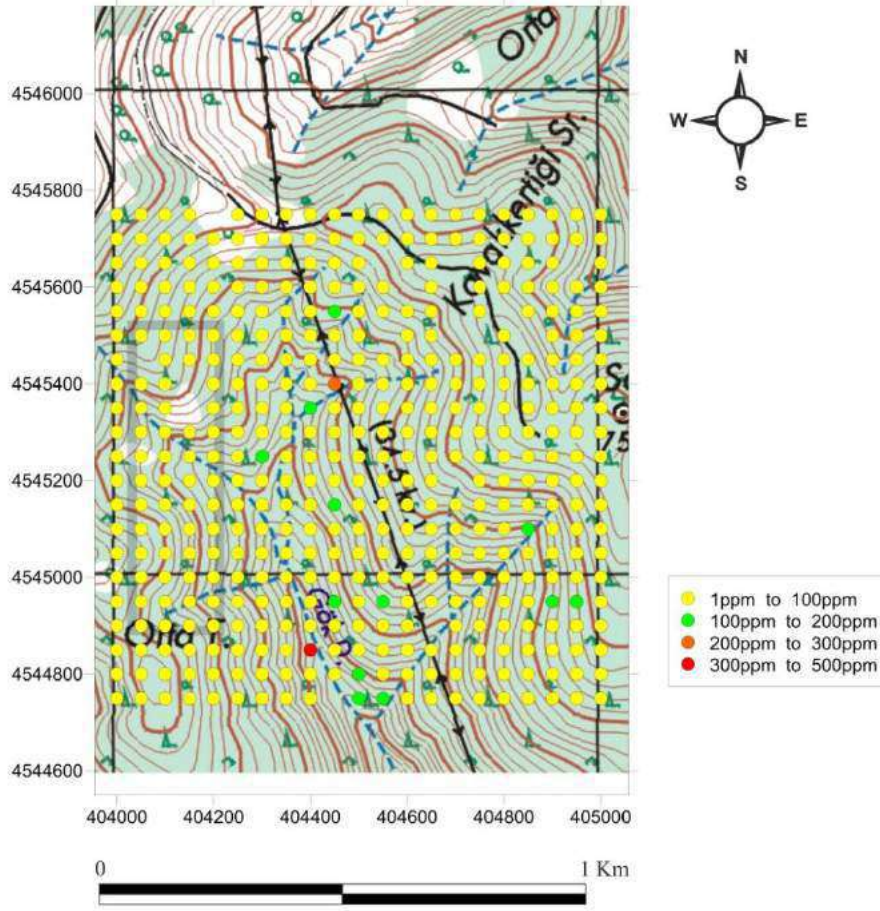


Şekil 2. Çalışma sahasının geliştirilmiş stratigrafik kesiti (8).

4. İNCELEME ALANININ CEVHERLEŞME OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ (ASSESSMENT OF THE AREA OF STUDY AS MINERALIZATION)

Çalışma alanından alınan örneklerin analizleri neticesinde 2019-ADA-DJ9, DJ30, DJ48, DJ51, 2019-ADA-102KJ, 106KJ, 110KJ, 124KJ, 132KJ, 206KJ ve 501KJ örneklerinde bakır (Cu) anomalileri elde edilmiştir. Sahanın GD' sundan derlenen bazı örneklerde de ortalama değerlerin üzerinde kurşun-çinko (Pb-Zn) anomalileri saptanmıştır. Bölgede bulunan Granitoyid ve volkanitler ile ilişkili alanlarda piritli, malahitli, limonitli alterasyon alanları bulunmaktadır. Pirit ve limonitli fazlar, sülfür doyumluğuna ulaşmış mineralizasyonlar için uygun bir gelişme sürecinin var olduğunu gösterir. Bununla birlikte malahitlerin yer alması ortamda Cu elementinin bulunduğunu işaret eder. Bölgesel ölçekte arsenik anomalilerinin bulunması, alanın Au içeriği yönüyle de irdelenmesini gerektirir. Elden edilen toprak jeokimyası sonuçlarında 27-406 Ppm arasında değişen Cu değerleri elde edilmiştir. Bakır değerlerinin belirli toprak profil hatlarında artış gösterdiği saptanmıştır.

Sahada yapılacak detay jeolojik ve gerekli olduğunda jeofizik etüt çalışmaları ile belirlenecek hedef alanlarda, sondajlar yapılarak cevherleşmenin kaynak/rezervi ortaya konulacaktır. Elde edilecek veriler yakın çevrede var olan yataklarla birlikte değerlendirilerek, bölgenin havza-kuşak bazında maden potansiyeli hakkında daha fazla bilgi elde edilmiş olacaktır.



Şekil 3. Çalışma sahasında toprak jeokimya analizlerinde Cu değerlerinin dağılımı.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışma alanından alınan numunelerin analizinde önemli derecede Cu anomalileri elde edilmiştir. Sahanın GD' sundan derlenen bazı örneklerde de ortalama değerlerin üzerinde kurşun-çinko (Pb-Zn) anomalileri saptanmıştır. Bölgede bulunan granitoid ve volkanitler ile ilişkili alanlardaki piritli ve limonitli alterasyon alanları sülfür doygunluğuna ulaşmış, mineralizasyonlar için uygun bir gelişme sürecinin var olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte malahitlerin yer alması ortamda Cu cevherleşmesini göstermektedir. Bölgede belirli seviyede As anomalilerinin bulunması, alanın Au varlığı yönüyle de irdelenmesini gerektirmektedir. Toprak numunelerinin jeokimyasal sonuçları, 27-406 ppm arasında değişen Cu değerlerini göstermektedir. Bakır değerlerinin belirli toprak profil hatlarında artış gösterdiği saptanmıştır.

Sahada yapılacak detay jeolojik ve gerekli olduğunda jeofizik etüt çalışmaları ile belirlenecek hedef alanlarda, sondajlar yapılarak cevherleşmenin kaynak/rezervi ortaya konulacaktır. Elde edilecek veriler yakın çevrede var olan yataklarla birlikte değerlendirilerek, bölgenin havza-kuşak bazında maden potansiyeli hakkında daha fazla bilgi elde edilmiş olacaktır.

Çalışma sahasında; Zn-Au-Cu mineralizasyonunun kaynak/rezerv potansiyelini tam olarak ortaya koymak amacıyla, mineralizasyonun jenezine yönelik kimyasal, mineralojik ve petrografik araştırmalar gerçekleştirilmiş, söz konusu sahada potansiyel sunan bir cevherleşme alanı tespiti yapılmıştır. Bu daraltılmış alanda detay jeolojik

etütler yapılmış, maden jeoloji haritası hazırlanmıştır. Cevherleşmenin boyutlarının tespitine yönelik sondaj ve örnek alımı çalışmaları yapılacaktır. Yapılacak sondajlardan alınacak cevher numunelerinden ön ve tam teknolojik testler yapılarak, teknolojik olarak madenin kazanım koşulları ortaya konacak ve sahanın Kaynak/Rezerv potansiyeli belirlenmeye çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Aktimur, T. Emre, Ö. Uysal, Ş. ve Diğ., “Zonguldak İlinin Tektoniği”, MTA Raporu.1994.
- Deveciler, E., “1/25.000 Ölçekli Sayısal Jeolojik Haritaları, Zonguldak F27-d4 Paftası”, Türkiye Jeoloji Veri tabanı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara. 1981.
- Deveciler, E., “Alaplı-Bartın-Cide (Batı Karadeniz) Jeoloji Raporu”, Maden Tetkik ve Arama yayınları, Derleme, 7938, 58. 1986.
- MTA Genel Müdürlüğü; Jeoloji Etütleri Dairesi, “Zonguldak F27 Paftasına Ait 1/100.000 Jeoloji Haritaları Ve Genel Jeoloji Raporu”, Ankara, 2002.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., “Tethyan Evolation of Turkey. A Plate Tectonic Approach: Tectonophysics” 75 181-241. 1981.
- Tüysüz O., Yiğitbaş E., “Orta Pontidlerde Üst Jura-Alt Kretase Stratigrafisi ve Tektonik Anlamı”, 8.Türkiye Petrol Kongresi, Bildiriler, (Jeoloji), Türkiye Petrol Jeologları Derneği/TMMOB Petrol Mühendisleri Odası, 340-350. 1990.
- Yergök A. F., ve Diğerleri, “Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (I)”. MTA Rap. No. 8273 (yayınlanmamış). Ankara. 1987.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

17-4 PH Çeliğinin Laser Biriktirme Yöntemi ile Üretiminde Lazer Gücünün Etkisinin İncelenmesi

Pelin SEZER ¹, Danışman: Prof. Dr. Semra KURAMA ², Taner KARAGÖZ ³

Prof. Dr. Hakan GAŞAN⁴

¹Pelin SEZER, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
pelinsezer@eskisehir.edu.tr

²Prof. Dr. Semra KURAMA, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
skurama@eskisehir.edu.tr

³Taner KARAGÖZ, Coşkunöz Holding, Türkiye
TKARAGOZ@coskunoz.com.tr

⁴Prof. Dr. Hakan GAŞAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye

* Sorumlu yazar; E-Mail: pelinsezer@eskisehir.edu.tr; Tel.: +90 (538) 791 02 74

ÖZET

Lazer metal biriktirme (LMD), üretimde bağlantı işlemlerini (kaynak, vidalama vb.) azaltarak performansı artırmak ve süreci hızlandırmak için son yıllarda havacılık ve otomotiv endüstrisinde kullanılan yeni eklemeli imalat yöntemlerinden biridir. Bu çalışmada, LMD metoduyla üretilen 17-4 PH paslanmaz çeliğinin lazer gücü ve toz akış hızı parametrelerinin mikro yapısı ve mikrosertliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Biriktirme ve altlık olarak sırasıyla 17-4 PH ve AISI 1050 malzemeleri kullanılmıştır. Üretim parametrelerinden biri olarak lazer gücü (LP) 1200-1800W aralığında değiştirilirken, gaz akış hızı bütün numuneler için 7 L/dk olarak sabit tutulmuştur. Değişen lazer gücü ile mikro yapıda farklılıklar ve buna bağlı olarak mikro sertlikte değişimler gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, LMD ile üretim tekniğinde biriktirme ve altlıkta LP'nin etkisinin önemli olduğu ve bu etkinin mekanik ve mikroyapısal özellikleri önemli oranda etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Lazer metal biriktirme, 17-4 PH paslanmaz çelik, lazer gücü, mikro yapı, mikrosertlik



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Investigation of the Effect of Laser Power on the Production of 17-4 PH Steel by Laser Metal Deposition (LMD)

ABSTRACT

Laser metal deposition (LMD) is one of the new additive manufacturing methods used in the aerospace and automotive industries in recent years to increase performance and speed up the process by reducing connection processes (welding, screwing, etc.) in production. In this study, the effects of laser power and powder flow rate parameters on the microstructure and microhardness of 17-4 PH stainless steel produced by LMD method were investigated. 17-4 PH and AISI 1050 materials were used as deposition and substrate, respectively. As one of the production parameters, the laser power (LP) was changed in the range of 1200-1800W, while the gas flow rate was kept constant as 7 L/min for all samples. With the changing laser power, differences in microstructure and accordingly changes in microhardness were observed. The results showed that the effect of deposition and LP on the substrate is important in the LMD production technique, and this effect significantly affects the mechanical and microstructural properties.

Keywords: Laser metal deposition (LMD), 17-4 PH stainless steel, laser power, microstructure, microhardness

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Lazer Metal Biriktirme (LMD) işlemi, gelişmekte olan Eklemeli İmalat (AM) teknolojisinin alt dallarından biridir ve lazer ışını ile metalik bir alt tabaka üzerinde eriyik havuzu oluşturarak, toz besleme ile gerçekleşen eklemeli bir üretim tekniğidir. Toz üfleme ile lazer kullanımının bir arada gerçekleştirildiği bu süreç robotik bir sistem ile kontrol edilmektedir. Bu yöntemde üretim sürecinde metal toz lazer etkisi ile ergir ve altlık üzerinde fizyona bağlı bir tortu oluşturur. Bu da katmanlar halinde geometrik bir yapı oluşumuna yol açar [1-2].

Precipitation hardening (PH) paslanmaz çelik türleri, literatürde belirttiği üzere östenitik ve ferritik paslanmaz çeliklere göre önemli ölçüde yüksek dayanımlara sahiptir. PH çelikler, mukavemet, süneklik ve korozyon direnci açısından diğer martenzitik paslanmaz çeliklere göre daha iyi performans gösterir. PH çelikleri, sünekliklerini koruyarak ürünün son şekline soğuk kalıplanabildikleri, böylece mukavemet ve sertliği artırmak için ısı işleme tabi tutularak şekillendirilebilme avantajına sahip olmaları nedeni ile önemli oranda tercih edilen malzemelerdir. Bu grup malzemelerden, 17-4 PH alaşımı PH paslanmaz çelik ailesi arasında en yaygın kullanılan malzemelerdir. 17-4 PH paslanmaz çelik, yüksek mukavemet ve korozyon direnci gerektiren uygulamalarda kullanılan çökeltme sertleştirmeli Cr-Ni-Cu paslanmaz çeliktir. Bu özellikleri nedeni ile precipitation hardening (PH) martenzitik paslanmaz çelikler, havacılık, denizcilik ve enerji üretim endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [3-4].

Literatürde yapılan araştırmalar, 17 4 PH çeliğinin LMD metodu ile ilgili yapılan çalışmalarda, lazer gücünün artışının ortalama sertlik değerini olumlu ve olumsuz olarak sürece bağlı etkilediğini göstermektedir. Düşük lazer gücü seviyelerinde görülen yüksek sertlik değerleri, toz parçacıklarının yetersiz ergimesine ve eriyik havuzunun hızlandırılmış katılaşmasına atfedilebilir, bu da daha yüksek bir mikrosertlik değerine yol açmaktadır. Hızlı soğutma, LMD işleminin düşük enerji yoğunluğu kullanımı ile tutarlı olup, daha düşük lazer gücünde olduğu gibi, düşük enerji yoğunluğunda çok hızlı katılaşan sınırlı hacimde eriyik havuzu elde edilmektedir. Ayrıca mikroyapı üzerinde etkilerde 1800 W'da gözlemlenen delta ferritin, 2200 W ve 2600 W'lık yüksek lazer güçlerinde daha ince çalışmalarda belirtilmektedir [5].

Lazer gücünün artışı ile biriktirme katmanlarında dendritik yapıların kademeli olarak inceden kabaya değiştiği, bunun da birincil dendrit aralığının genişlediğini ve ikincil dendritin arttığını gösterdiği literatürde vurgulanmaktadır. Bu etkinin açıklaması, yüksek bir lazer gücü tarafından üretilen yeterli ısı enerjisinin, ergimiş havuzu derin hale getirmesi sonucu birim zamanda ergimiş havuza giren toz miktarının artması ve yoğun ısı enerjisinin katılaşma hızını bir dereceye kadar azaltarak, yüksek sıcaklıkta katılaşma sırasında dendritin kabalaşması için daha fazla zaman sağlamasıdır [6].

LMD yöntemiyle üretim esnasında oluşan etkilerden biri de dilution (seyrelme) bölgesi oluşumu olup, ısıdan etkilenen bu bölgelerle ilgili sınırlı bilgi literatürde yer almaktadır. Seyrelme bölgesi, biriktirme ve altlık arasındaki etkileşim seviyesini ve biriktirme işleminin kimyasını ortaya çıkardığı için lazer kaplamada büyük bir etkiye sahiptir. Bu bölge, biriktirme bölgesi ile altlık arasındaki bağlanma gücünü belirlediğinden, aşınma direnci gibi yapışma mukavemetinin de önemli olduğu uygulamalarda yüksek bir seyreltme alanı yüzdesi tercih edilir. Korozyon veya oksidasyon gibi özelliklerin istendiği uygulamalar için ise, küçük bir seyrelme alanı (oranı) tercih

edilir, çböylece altlık ve biriktirme malzemesi arasındaki difüzyon miktarı azalacak ve böylece altlık bileşimi orijinalliğini çok fazla kaybetmeyecektir. Seyrelmeyi kontrol ederek, aynı malzemelerden yapılmayan (altlık ve biriktirme bölgeleri farklı mazlemelerden oluşan sistemler için) birleştirme işlemleri, diğer üretim yöntemlerinden farklı bir şekilde üretime izin verir. Isıdan etkilenen bölge (HAZ), tane büyümesi, faz dönüşümü vb. mikroyapısal dönüşümleri sağlamak için altlıkta oluşan belirli bir bölgenin adıdır. Bu bölgede difüzyon iki taraflı olup, hem altlıktan biriktirme bölgesine hem de tersi olarak gerçekleştiğinden; dilution ve HAZ arasında kesin bir ayırım yapmak genellikle zordur. Bununla birlikte, üretim sırasında daha yüksek ısı girdisi nedeniyle daha büyük bir seyrelme bölgesi ve HAZ bağlanma alanının üretilmesi beklenmektedir [7].

Bu çalışmada lazer metal biriktirme yöntemiyle üretilen 17-4 PH paslanmaz çeliğinin lazer gücü etkisiyle oluşan mikro yapısal ve mikro sertlik bakımından değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda mikro yapısal karakterizasyon doğrultusunda altlık bölgesinde oluşan seyrelme bölgesi ve HAZ bölgesinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Numuneler, LMD yöntemi ile, biriktirme malzemesi olarak kullanılan ve Tablo 2.1’ de kimyasal bileşimi verilen toz 17-4 PH çeliğinin, altlık olarak kullanılan 1050 çeliği üzerine Tablo 2.2’deki üretim değerleri baz alınarak; lazer gücü (W), toz akış hızı (dev/dakika) parametreleri değişken; tarama hızı (mm/s) ve gaz (Argon) akış hızı (L/dk) sabit olarak Çoskunöz Holding Ar-Ge merkezi bünyesinde üretilmiştir. Hazırlanan numuneler sırası ile 1, 4 ve 7 olarak kodlanmış olup, numune hazırlama işlemleri (kesme, parlatma ve dağlama) takibinde, optik görüntüleme tekniği ile mikroyapıları, HAZ ve seyrelme bölgeleri incelenmiştir. LP değişimi ile hazırlanan numunelerdeki faz dönüşümü ve buna bağlı mikro sertlik değişim testleri gerçekleştirilerek mekanik dayanımları incelenmiştir.

Tablo 2.1 Deneysel süreçlerde kullanılan 17-4 PH paslanmaz çelik tozuna ait kimyasal kompozisyon
(Composition of the 17-4 PH stainless steel using in experimental method).

	Fe	Cr	Ni	Cu	Nb+Ta	C	Other
17-4PH	Balans	17	4,5	4,0	0,3	<0,07	<1,0

Tablo 2.2 Numune proses parametreleri
(Sample process parameters).

Numune No	Lazer Gücü (W)	Gaz Akış Hızı (L/dk)	Tarama Hızı (mm/s)	Toz Akış Hızı (dev/dk)
1	1200	7	6	3,5
4	1500	7	6	4,0
7	1800	7	6	4,5

2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

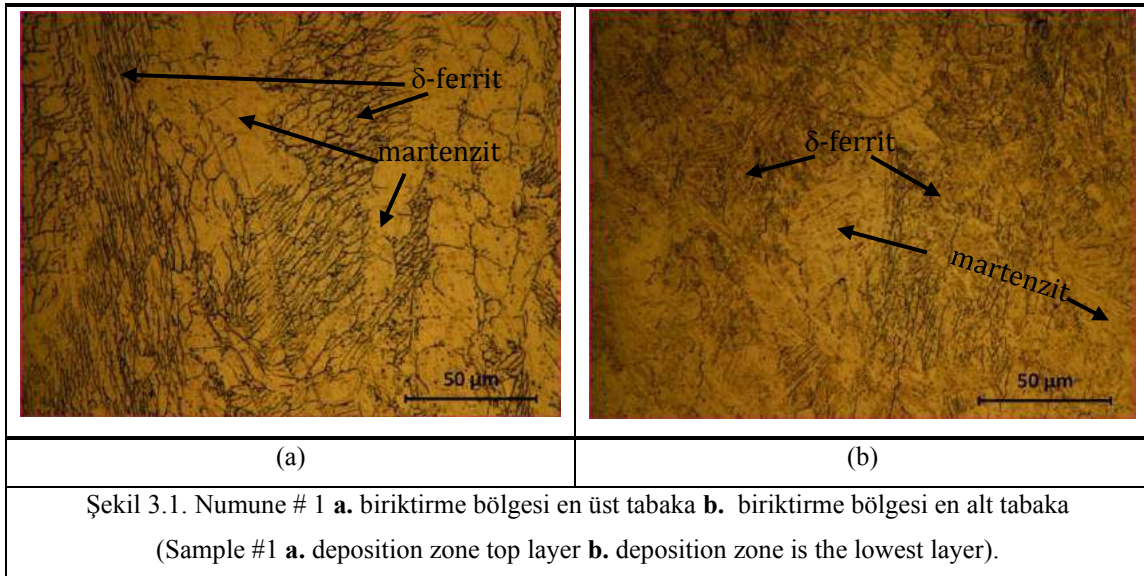
17-4 PH biriktirme numunesi ve 1050 paslanmaz çelikten yapılmış altlık için numune hazırlama adımları uygulanarak, sırası ile parlatma ve dağlama işlemleri; kaba zımparalama, ince zımparalama, parlatma ve dağlama şeklinde gerçekleştirilmiştir. Parlatma işlemi tamamlanmış olan numuler, uygun solüsyonlar kullanılarak (17-4 PH paslanmaz çeliği için Marble's dağlayıcı ve altlık için Nital dağlayıcısı farklı sürelerde) dağlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Dağlanmış numunelerin mikro yapı karakterizasyonu optic mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

Numunelerin mikro sertlik testleri Future Tech FM-700 Microhardness Tester cihazı kullanılarak, 100gf (gram force ≈ 0.98 N) yükün 10 sn süre ile uygulanması sonucu hesaplanmıştır. LMD yönteminde laser taraması ile oluşturulan biriktirme katmanlarının sayısı sabit tutulmamış olup, her numunede farklılık gösterdiğinden, biriktirme bölgesindeki 7 adet indentin ortalaması alınarak sertlik hesabı yapılmıştır.

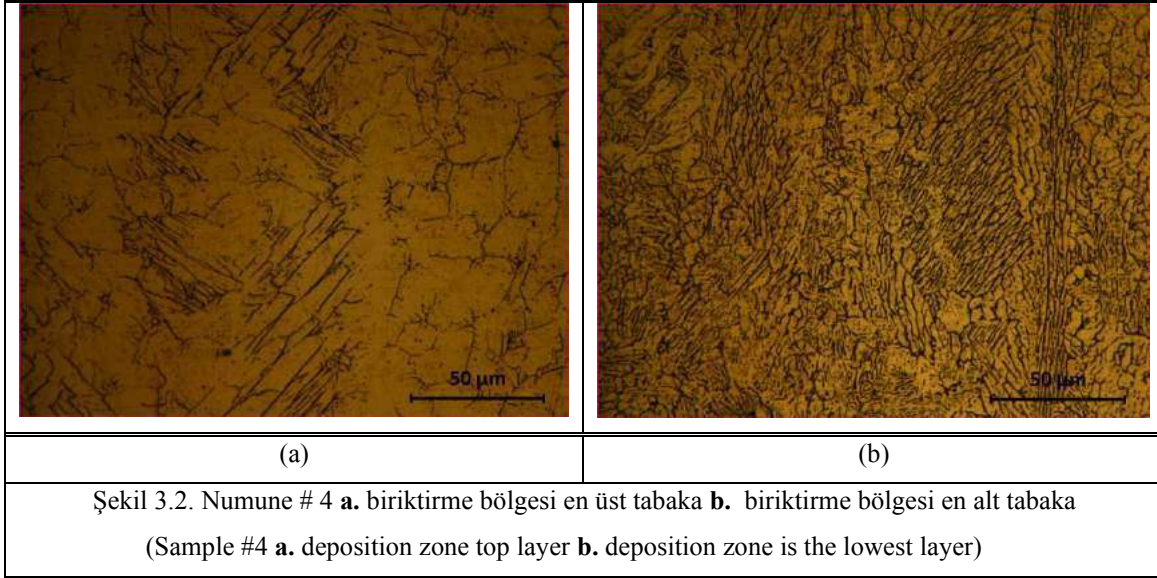
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Numunelerin optik mikroskopta mikroyapısal incelemeleri sonucu yapısal faz değişimleri olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.1-3.3). Numune #1'de δ -ferrit fazının en üst tabakada (şekil 3.1.a) ilk tabakalara göre daha az ve büyük taneler olarak oluştuğu, martenzit fazının ise alt tabakalarda daha az oranda olduğu gözlenmektedir. Bu da üst tabakaların soğuma hızının alt tabakalara göre yöne bağlı olarak yavaş olduğunu böylece hem tanelerin büyüme eğilimi gösterdiğini hem de δ -ferrit fazının oda sıcaklığına kadar korunamayıp martenzit fazına dönüştüğünü göstermektedir.

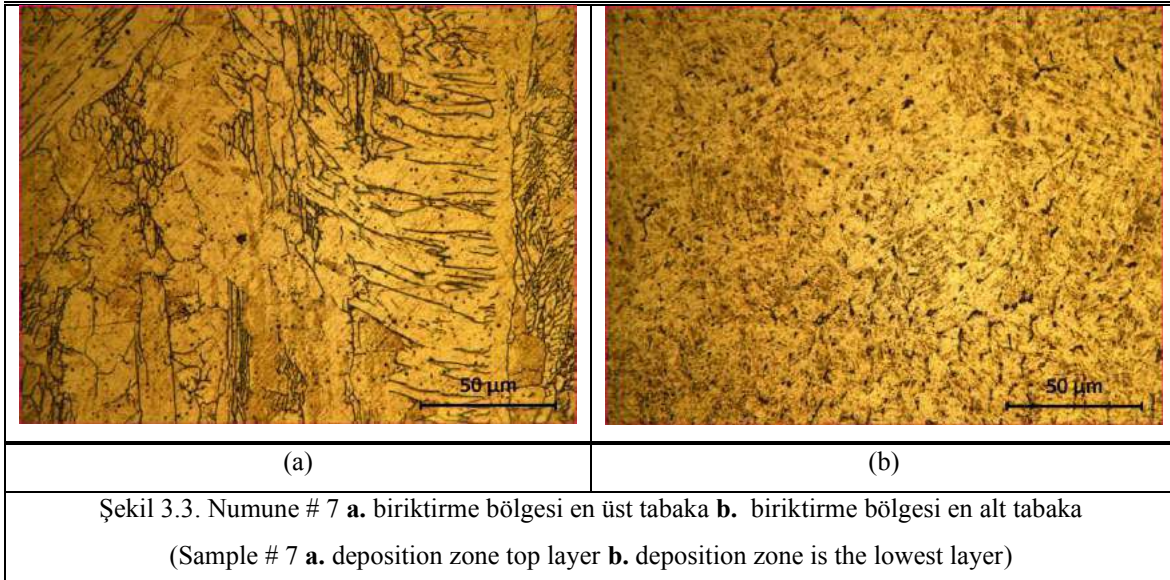


Numune #4'te LP'ın 1200W'dan 1500W'a çıkmasının mikroyapıda da etkili olduğunu göstermektedir (şekil 3.2.a ve b). Numune #1'deki ile benzer sonuç bu numunede de gözlenmekte olup, biriktirme bölgesinin en üst tabakasındaki tane morfolojisinin daha kaba olması dikkat çekicidir (şekil 3.2a). Artan lazer gücü, tozun ergime

davranışını olumlu yönde etkilerken tabakaların üst üste eklenmesine bağlı olarak soğuma hızını yavaşlatmıştır. Bu da tane büyümesini arttırıcı yönde etkili olmuştur. Öte yandan alt tabakanın ilk olması altlık ile sıcaklık farkının yüksek olmasından dolayı soğuma hızında artışa neden olarak, δ -ferrit fazının oda sıcaklığına kadar taşınarak gözlenmesi yönünde etkin olurken martenzitik yapı oluşum oranında azalmaya neden olmuştur.



LP'ın 1500W'dan 1800W'a artırılması numudedeki sıcaklık farkına bağlı en üst tabaka ile en alt tabakanın soğuma hızındaki davranışını Numune #7 için de diğer 1 ve 4 nolu numunlerdeki ile uyumlu olarak gösterdiği tespit edilmiştir (şekil 3.3a ve b). Üst tabakadaki sıcaklık düşüşü azalmaya bağlı olarak tane büyümesi ve martenzit faz oranında artışı tetiklerken (şekil 3.3a), alt tabakadaki hızlı soğumaya bağlı olarak oldukça ince ve yüksek oranda δ -ferrit oluşumu bu sonucu desteklemektedir (şekil 3.3b).



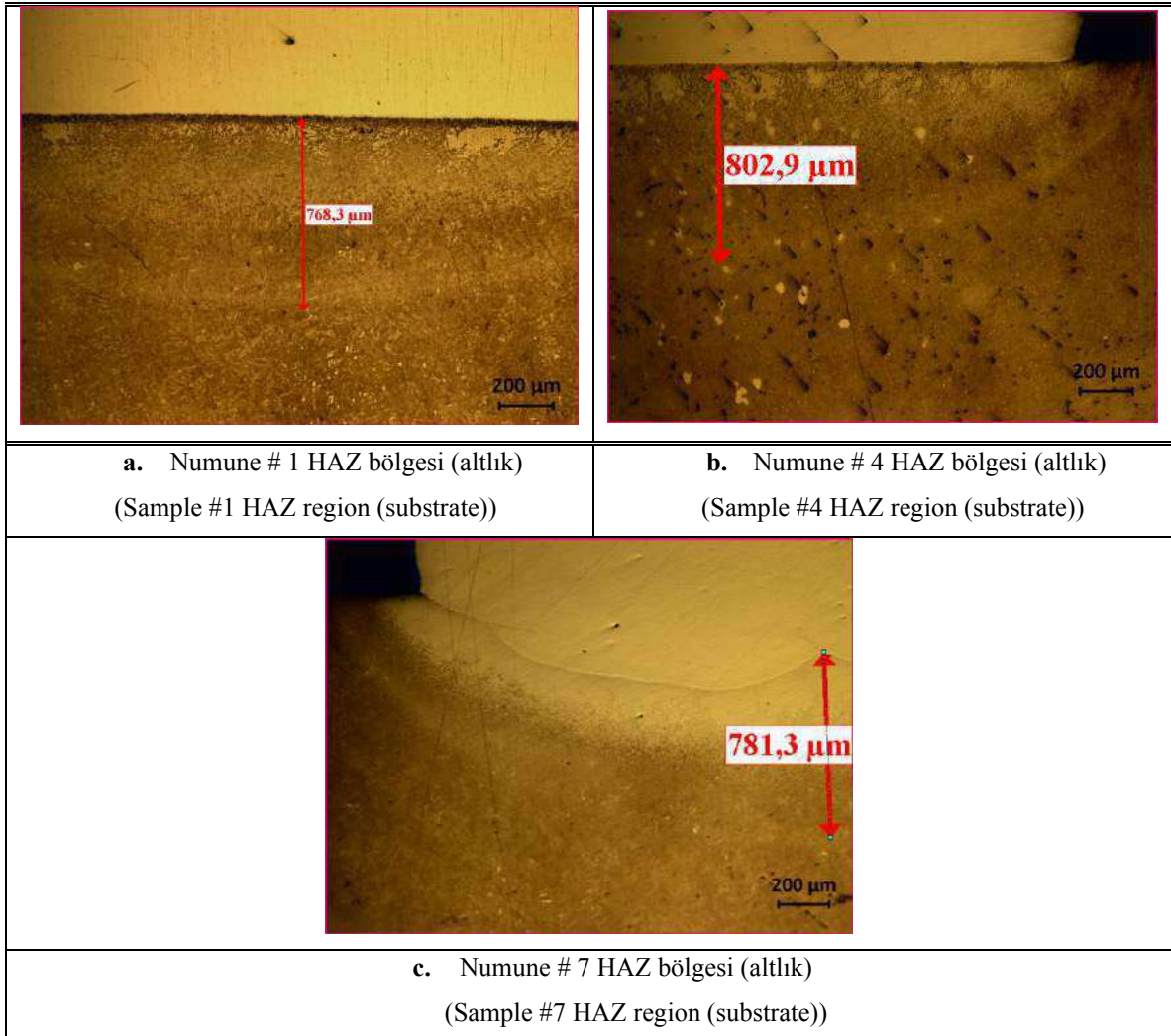
Numunelerin mikroyapısal değişimi lazer gücündeki artış ile (1200-1800W) etkilenirken, toz akış hızındaki artışın da etkisi olduğu literatürden bilinmektedir. Aynı numunelerde toz akış hızının 3,5'den 4,5 devir/dakikaya çıkması tozun hızlı verilmesi ile sıvılaştırılmış metal miktarında düşüşe neden olacaktır. Bu da genel olarak mikroyapının küçük tanelerden oluşması ile gözlenebilmektedir. Ancak, bu çalışmada lazer gücündeki artışın

etkisinin toz akış hızı artış etkisine göre daha baskın olduğu gözlenmektedir. Mikroyapıdaki tane boyut değişimi numunelerin mikrosertlik değerleri ile de uyum göstermektedir. Tablo 3.1’de verilen mikro sertlik değerlerinin artan lazer gücü ile azaldığı, mikroyapı analizlerindeki tane büyümesi ile bu sonucun gözlendiği açıkça tespit edilmiş olup, sonuçlar genel olarak lazer gücünün sertlik üzerindeki etkisini açıklayan literatür çalışmaları ile uyum göstermiştir [5].

Tablo 3.1 Numunelerin biriktirme bölgelerine ait ortalama sertlik değerleri
(Process parameters of the samples and average micro hardness values from deposition zone).

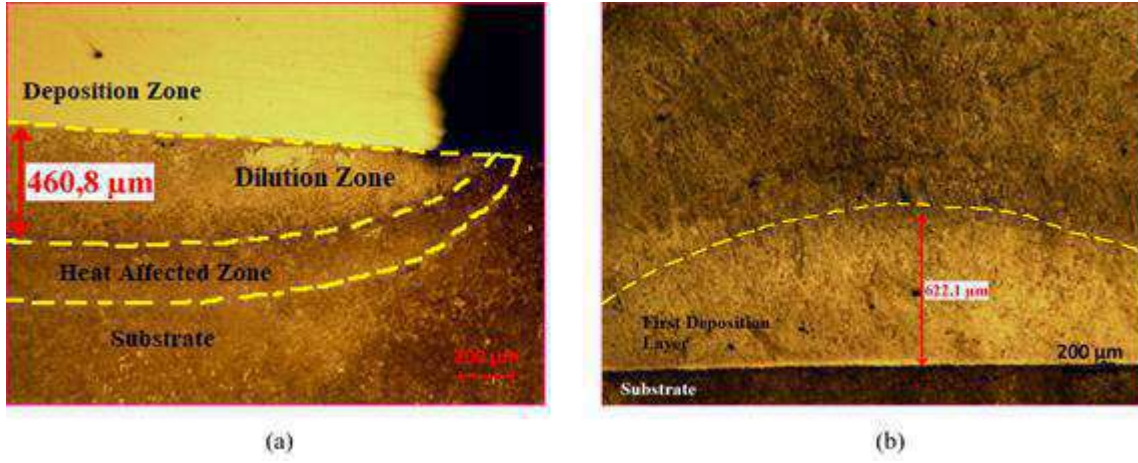
Numune No	Lazer Gücü (W)	Gaz Akış Hızı (L/dk)	Tarama Hızı (mm/s)	Toz Akış Hızı (dev/dk)	HV _{biriktirme}
1	1200	7	6	3,5	351,2
4	1500	7	6	4,0	327,7
7	1800	7	6	4,5	331,4

Üretim parametreleri aynı zamanda numune altlıklarında ısıdan etkilenen bölgelerde de değişikliklere neden olmaktadır. Bu bölge her numunede farklı uzunluk değerleri olarak gözlemlenmiştir. Tüm numunelerde altlıklarındaki ısı etkin bölge (HAZ) uzunluğunun farklı olduğu görülmektedir (Şekil 3.4). Artan lazer gücünün ısı etkisi ile genel olarak bu bölgelerde de artış gözlenmektedir.



Şekil 3.4. Numunelerdeki HAZ bölgeleri (The HAZ regions in samples).

Bu HAZ bölgelerinde mikro yapı farklılaşmaları çok net bir şekilde gözlenmektedir. Bu bölgelerde martenzit yapıya ulaşıldığı, altlık bölgesinde ilerleyerek biriktirme bölgesinden uzaklaştığında iğnemi perlit yapıları olduğu görülmüştür. Bu da altlıkta bu bölgelerde sertlik artışı ile sonuçlanmaktadır.



Şekil 3.5 Numune #1'in (a) Altlıktan seyrelme alanının gösterimi (b) Biriktirme bölgesinin ilk tabakası (Sample number 1 illustration of the (a) Dilution area from substrate (b) First layer of the deposition zone).

Numunelerdeki biriktirme bölgesinden ilk ısı etkin tabakaya kadar olan seyrelme hesaplamaları için numunelere ait mikro yapı görüntüleri üzerinden ilk biriktirme katmanı uzunluğu (Şekil 3.5 b) ve biriktirme bölgesinin hemen altında yer alan seyrelme bölgesinin uzunluğu (Şekil 3.5 a) dikkate alınarak, yüzde seyrelme hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Artan toz akış hızı ile seyrelme yüzdesinin azaldığı literatürden bilinmektedir, bunun yanında lazer gücünün tam tersi bir etkisi mevcuttur. Artan lazer gücü seyreltme yüzdesinde artışa neden olur. Seyrelme bölgeleri için incelemeler gerçekleştirildiğinde, 1 ve 7 numaralı numunelerin seyrelme yüzdeleri sırası ile 42,55 ve 38,42 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2). 1 ile 4 nolu numuneler arasındaki en önemli fark lazer gücü olarak görünmekte olup, beklenen etki 4 nolu numunedeki seyrelme oranının artmasıdır. Ancak, artan toz akış hızının bu etkiyi tersine çevirdiği ve seyrelme yüzdesinin azaldığı görülmektedir. 7 numaralı numunede bu farkın görülememiş olmasının nedeni, değişken bir parametre olan toz akış hızıdır. Daha önce de değinildiği gibi, toz akış hızındaki artış seyrelme yüzdesinde azaltıcı bir etkiye sahiptir.

Artan lazer gücünün kuvvetli bir ısı oluşturması ve altlık kısmında daha fazla bölgeyi etkiliyor olması, daha geniş bir eriyik havuzu oluşturmasında yardımcı olmuştur. Bu durumda seyrelme bölgesi yani altlık ve biriktirme bölgesi arasında meydana gelen karışma bölgesi, lazer gücü arttıkça artmaktadır. Artan lazer gücü, daha fazla eriyik havuzu oluşumu ve daha yoğun altlıkla karışım meydana gelmesi demektir.

Tablo 3.2 Numunelerin seyrelme yüzde hesaplamaları (The dilution percentage calculations of the samples).

Numune No	Seyrelme Alanı (B)	İlk Tabaka (A)	Seyrelme Yüzdesi (%)
1	460,8	622,1	42,55
4	416,6	667,6	38,42
7	447	578,94	43,57

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Değişmekte olan lazer gücü parametresinin numunelerdeki mikro yapısal ve mikro sertlik bakımından etkileri incelenmiştir. Bu etkilerin literatürdeki bilgilere uygun olduğu gözlenmiştir. Artan lazer gücünün numunenin alt ve üst tabakalarında soğuma hızı farkına bağlı olarak δ -ferrit ve martenzit oranlarını değiştirirken tane kabalaşmasında da etkin olduğu tespit edilmiştir. Soğuma hızının düşük olduğu en üst tabakalarda martenzit fazının baskın olduğu ve artan lazer gücü ile tane morfolojisinin de irileştiği gözlenmektedir. Literatürde tane morfolojisinde irileşme olarak etkin olarak bahsedilen toz akış hızı artışının ise numunelerde lazer gücünün etkisinin yanında etkin olmadığı tespit edilmiştir. Mikroyapısal olarak gözlenen bu değişiklik mikro sertlik testleriyle uyumlu olarak da değişim göstermiş ve artan lazer etkisi ile mikro sertlikte düşüş tanelerin kabalaşmasından kaynaklı olarak gözlenmiştir. Numunelerde biriktirme bölgesi ile altlıktaki ilk ısıl etki bölgesi arasındaki HAZ bölgelerinin incelenmesi sonucu, lazer gücündeki artış ile ergimiş metal havuz oluşumun artması ve toz akış hızındaki artış sonucu etkin bölgelerde de genişleme tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Mahamood, R. M., Akinlabi, E. T., Shukla, M., & Pityana, S. L. (2013). Laser metal deposition of Ti6Al4V: a study on the effect of laser power on microstructure and microhardness.
2. ÇELİK, K., & ÖZKAN, A. (2017). Eklemeli imalat yöntemleri ile üretim ve onarım uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 107-121.
3. C. T., Stears, P. D., Lawley, A., & Doherty, R. D. (2007). Precipitation-hardening PM stainless steels. *International Journal of Powder Metallurgy*, 43(4), Pages 52-53
4. Carneiro, L., Jalalahmadi, B., Ashtekar, A., & Jiang, Y. (2019). Cyclic deformation and fatigue behavior of additively manufactured 17-4 PH stainless steel. *International Journal of Fatigue*, 123, 22-30
5. Development of novel and cost-effective corrosion resistant coating for high temperature geothermal applications, Influence of laser cladding process parameters on the substrate melting, 29 March 2019
6. Zhang, K., Wang, S., Liu, W., & Shang, X. (2014). Characterization of stainless steel parts by laser metal deposition shaping. *Materials & Design*, 55, 104-119.
7. Adeyemi, Adebola & Akinlabi, Esther & Mahamood, R. (2019). Influence of Laser Power on the Microhardness and Wear Resistance Properties of Laser Metal Deposited 17-4 PH Stainless Steel.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

LİNYİT KÖMÜR SAHASI İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ VE KARBON DEPOLAMA POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Tolga PARLAK ^{1,*}, Ahmet ÖZARSLAN ²

¹Tolga Parlak, TKİ Garp Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü, Kütahya, Türkiye

tolgaprkl@gmail.com

²Ahmet ÖZARSLAN, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

ozarslan@beun.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: tolgaprkl@gmail.com; Tel.: +90-274-6141007

ÖZET

Türkiye dünyanın önemli linyit kömürü üreticileri arasında yer almaktadır. Dünyada kömür endüstrisinin geleceği gazlaştırma ve karbon tutma/depolama gibi temiz kömür teknolojilerinin gelişimine bağlanmaktadır. Yöntem için ihtiyaç duyulan oksijen ve hidrojen sudan elektroliz yöntemi ile elde edilebilmektedir. Elektroliz yönteminin karbonsuzlaşmaya katkı sağlaması için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada linyit kömürü işletme sahası için sürdürülebilir enerji (güneş, gazlaştırma) ve karbon depolama (jeolojik formasyon, ağaçlandırma) potansiyeli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Linyit, gazlaştırma, güneş enerjisi, karbon depolama, ağaçlandırma

INVESTIGATION OF SUSTAINABLE ENERGY AND CARBON STORAGE POTENTIAL FOR LIGNITE COAL FIELD

ABSTRACT

Turkey is among the important lignite coal producers in the world. The future of the coal industry in the world depends on the development of clean coal technologies such as gasification and carbon capture/storage. The oxygen and hydrogen needed for the method can be obtained from water by electrolysis method. In order to contribute to decarbonisation, the required electrical energy for the electrolysis method must be provided from renewable sources. In this study, sustainable energy (solar, gasification) and carbon storage (geological formation, forestation) potential for the lignite coal mining area were investigated.

Key Words: Lignite, gasification, solar energy, carbon storage, forestation

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İklim değişikliğiyle mücadele edebilmek için sera gazı (CO₂ vb.) emisyonlarının azaltılması ve yenilenebilir enerji (rüzgar, güneş vb.) kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Enerji kullanımı, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayabiliyorsa sürdürülebilir olarak kabul edilmektedir. Karbon tutma ve depolama (CCS - Carbon Capture Storage) CO₂ emisyonlarının atmosfere yayılmadan tutulması ve güvenli bir şekilde depolanmasını kapsamaktadır. Büyük ölçekli CO₂ depolama uygulamaları için uygun özelliklere sahip yeraltı jeolojik formasyonları tercih edilmektedir. Bu çalışmada linyit kömür sahası için sürdürülebilir enerji ve karbon depolama potansiyeli incelenmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ POTANSİYELİ (SUSTAINABLE ENERGY POTENTIAL)

Sürdürülebilir Kalkınma amaçları arasında erişilebilir ve temiz enerji, çevrenin korunması, iklim krizine karşı önlem alınması yer almaktadır. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve daha temiz fosil yakıt teknolojilerini kapsayan temiz enerji araştırmaları ve teknolojileri teşvik edilmektedir [1]. Bu çalışma kapsamında TKİ GLİ işletme sahası için yenilenebilir güneş enerjisi ve temiz kömür teknolojileri arasında yer alan gazlaştırma potansiyeli incelenmiştir.

2.1 Güneş Enerjisi Potansiyeli (Solar Energy Potential)

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli coğrafi konumu dolayısıyla yüksektir (Şekil 1). Küresel Güneş Atlası [2] verilerine göre ülkemizin ortalama teorik potansiyeli 4600 kWh/m² 'dir. Dünya da güneşten elektrik üretimi verileri karşılaştırıldığında ülkeler arasında 15. sırada yer almaktayız. Fakat Küresel Güneş Atlası verilerine göre ortalama teorik potansiyeli 2900 kWh/m² olan Almanya dünyada güneş enerjisinden elektrik üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Son yıllarda hızlı artış gösteren güneş enerji santral kurulu gücümüz 2021 yılı itibarıyla 7,17 GW'a ulaşmıştır [3]. Çalışma alanımız olan linyit maden işletmesi Kütahya ili Tavşanlı İlçesi sınırları içerisinde bulunup, TKİ Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) tarafından linyit kömür üretimi yapılmaktadır. Bölgenin güneş enerji potansiyeli Küresel Güneş Atlası verilerine göre optimum eğimde ortalama ışınım potansiyeli yaklaşık 1800 kWh / m² dir. Çalışma sahasına nispeten yakın bir bölgede Emet'te yer alan Kütahya güneş enerji santralinde 34 bin m² alan üzerinde 2.4 MW kurulu güce sahip santralde yıllık 3 milyon kWh elektrik üretimi ön görülmektedir. Bu santralde yenilenebilir temiz enerji üretimi ile yaklaşık yıllık 2400 ton CO₂ emisyonun önleneceği ön görülmektedir [4].



Şekil 1. Çalışma sahasının küresel güneş enerjisi atlasındaki konumu ve güneş enerji potansiyeli [2].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Milli Enerji ve Maden Politikası Stratejisi çerçevesinde Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Genel Müdürlüğüne bağlı İşletme Müdürlüklerinin enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması TKİ'nin hedefleri arasında yer almakta olup bu kapsamda projeler başlatılmıştır. Bu hedef doğrultusunda; Güneş Enerjisi Santralleri (GES) ve/veya Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) kurulması amacıyla fizibilite çalışmalarına başlanmıştır. Proje kapsamında, ELİ Müdürlüğü bünyesinde 1 MW gücündeki lisanssız GES kurulum işlemleri devam etmekte olup, ELİ, GLİ ve ÇLİ Müdürlükleri sahalarında kurulması planlanan GES/RES projeleri için ise fizibilite çalışmaları devam etmektedir [5]. TKİ Garp Linyitleri İşletmesinde (GLİ) incelenen çalışma sahası içinde üretimi sonra gelmiş olan açık işletme, Ömerler A ve B bölgelerinde yerüstünde uygun alanlar belirlenerek güneş enerjisinden önemli miktarda elektrik üretimi sağlama potansiyeli bulunmaktadır.

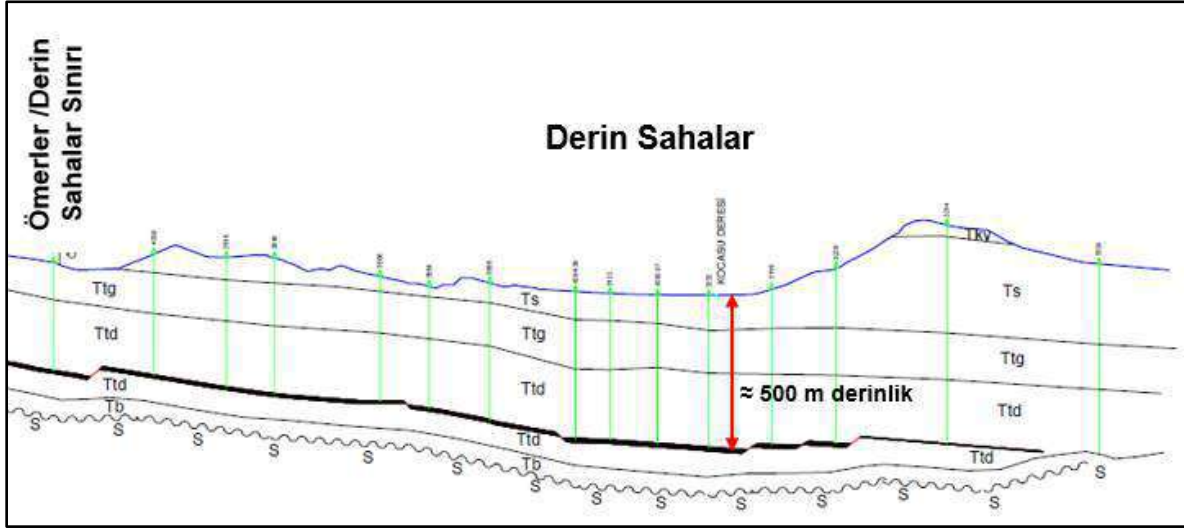
2.2 Kömür Gazlaştırma Potansiyeli (Coal Gasification Potential)

Ülkemiz kömür rezervleri 17,25 milyar ton olup, bunun 15,95 milyar tonu linyit ve asfaltit; kalan 1,3 milyar tonu ise taşkömürü niteliğindedir [6]. Ülkemizde linyit kömürü kaynakları geniş bir yayılım göstermesine karşın yerli taşkömürü ise yalnızca Zonguldak havzasından üretilmektedir. 2018 yılında gerçekleşen 69,9 milyon ton linyit kömür üretimi ile ülkemiz Avrupa'da Almanya'dan sonra ikinci büyük üretici konumundadır [7]. Ülkemizin sahip olduğu kömürler ağırlıklı olarak, kül, nem ve kükürt oranları yüksek, ısı değerleri düşük olan linyit kömürlerinden oluşmaktadır. Yerüstü ve yeraltı madencilik yöntemleri ile üretilen kömürlerin önemli bir bölümü, mevcut elektrik santrallerinde düşük verimlerle yakılmakta ve çevre kirliliği yaratmaktadır. Dünyada kömür endüstrisinin geleceği gazlaştırma ve karbon tutma/depolama gibi temiz kömür teknolojilerinin gelişimine bağlanmaktadır.

Karbon içeren malzemelerin, ana bileşenleri ağırlıklı olarak karbonmonoksit (CO), hidrojen (H₂), karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) olacak şekilde, sentez gazı dönüştürülmesi gazlaştırma prosesi olarak tanımlanmaktadır. Ülkemiz linyitleri genelde uçuculuğu yüksek genç kömürlerden oluşmakta olup, bu tür kömürler gazlaştırma

açısından uygunluk gösterebilmektedir. Kömür maden yataklarında gazlaştırma prosesi ortam koşullarına bağlı olarak yerüstünde veya yeraltında gerçekleştirilebilmektedir.

Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Müdürlüğü, Kütahya ili sınırları içerisinde Tavşanlı'ya 13 km, Kütahya'ya 63 km uzaklıktadır. GLİ Tunçbilek maden ruhsat sahasında açık ocak ve yeraltı ocak işletmeleri olarak üretim faaliyetlerini sürdürmekte olup gelecekte Derin sahadan kömür üretimi konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Şekil 2'de Derin Sahalara ait basitleştirilmiş jeolojik kesit görünümü verilmiştir.



Şekil 2. TKİ - GLİ Tunçbilek Ömerler ve Derin kömür sahaları.

2.1.1. Yerüstünde kömür gazlaştırma (Surface coal gasification)

Geleneksel kömür teknolojileri ve temiz kömür teknolojilerinin değerlendirilmesinde, kömürün üretiminden sonraki süreçler ve oluşan emisyonlar üzerinde durulmaktadır. Yerli linyitlerimizin gazlaştırılması yoluyla elde edilen sentez gazının değerlendirilmesi ile temiz ve verimli elektrik üretimine olanak sağlanabilecektir [6]. Kömür gazlaştırma, özellikle karbon tutma ve depolama (CCS) teknolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde, ülkemiz linyit sektörünün geleceği için önemlidir.

Yerüstünde pilot ölçekli TKİ Tunçbilek Kömür Gazlaştırma Tesisi için çalışmalar 2009 yılında başlatılmış ve 2012 yılında işletmeye alınmıştır. Yerüstü gazlaştırma tesisi küçük ölçekli 20kg/saat kapasiteli akışkan yataklı ve orta ölçekli 250kg/saat kömür besleme kapasiteli sürüklemeli tipteki ünitelerden oluşmaktadır. Tesiste sentez gazı elde edilmesi için gaz temizleme üniteleri de mevcuttur [8]. Ünlü vd. [9] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada TKİ GLİ Tunçbilek kömür havzasından alınan linyit kömür örnekleri üzerinde gazlaştırma deneyleri yapılmıştır. Deneyler gazlaştırma maddesi olarak saf oksijen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında sentez gazı bileşimleri (H_2 , CO ve CO_2 konsantrasyonları) ve reaktör sıcaklıkları kaydedilmiştir. İncelenen linyit kömür örneklerinin gazlaştırma için uygun olduğu belirlenmiştir. Tunçbilek kömür linyiti için % 60.1 CO ve % 20.5 H_2 ile alt ısı değeri 9.8 MJ/Nm^3 olan bir sentez gazı üretimi elde edilmiştir.

2.1.2. *Yeraltında kömür gazlaştırma (Underground coal gasification)*

Yeraltı kömür gazlaştırma prosesi özellikle düşük ısı değere sahip ve klasik madencilikle ekonomik veya teknolojik nedenlerden dolayı değerlendirilemeyen kömürler için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Yeraltı gazlaştırma prosesinin en önemli üstünlüğü, kömürün yeraltından çıkarılmasına gerek duyulmaması ve kömürün gazlaşmayan kısımlarının (kül vb.) ortamda kalmasıdır.

GLİ Tunçbilek maden ruhsat sahasında yeraltı üretimine uygun Ömerler A, Ömerler B ve Derin Sahalar maden sahaları arasındaki mevcut sınırlar linyit kömürü oluşumlarının başlıca tektonik yapısının yorumlanmasıyla ayrılmaktadır. Ömerler A ve B kömür sahalarında yeraltı mekanize sistemler ile tavan göçertmeli uzunayak üretim yöntemi kullanılarak linyit kömürü üretim gerçekleştirilmektedir. Gelecekte yerüstünden derinliği daha fazla olan Derin sahalardan da kömür üretiminin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Çalışma kapsamında Derin sahalarda yeraltı kömür gazlaştırma potansiyeli incelenmiştir.

Yerüstünden 200-500 metre arasındaki derinlik ve 2-15 metre arasındaki kömür damarı kalınlıkları yeraltında gazlaştırma için uygun ortam koşulları olarak değerlendirilmektedir [10]. Yeraltı kömür gazlaştırma işletmeciliği açısından suyun olası olumsuz etkilerinden korunabilmek için tektonizmaya uğramış alanlara topuk bırakılarak veya yeraltı suyu drenajı yapılarak emniyet sağlanabilmektedir. Derinler sahasındaki mevcut derinlik ve jeolojik yapı değerlendirildiğinde linyit kömür rezervinin yeraltında gazlaştırma yöntemi ile değerlendirilme potansiyeli bulunduğu söylenebilmektedir. Derinler sahasının yerüstünden derinliği 300-500 metre arasında değişkenlik göstermektedir. Derin sahalarda işletilmekte olan linyit kömürünün ortalama kalınlığı 8 metre olup ondülasyonlu ve faylı bir yapı içerisinde yer almaktadır. Derin sahada yer alan linyit kömürünün yeraltında gazlaştırılması ile ilgili daha ayrıntılı bir değerlendirme yapabilmek için saha ve kömür ile ilgili daha kapsamlı araştırmalar (gazlaştırma pano tasarımı, kömür bileşimi, jeoloji, jeoteknik, jeomekanik, hidrojeoloji vb.) gerekmektedir.

Yöntem için ihtiyaç duyulan oksijen (O₂) sudan elektroliz yöntemi ile elde edilebilmektedir. Elektroliz yönteminin karbonsuzlaşmaya katkı sağlaması için önemli husus proses için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasıdır. Bu kapsamda da yenilenebilir fotovoltaik güneş enerjisinden elektrik üretiminin yapılması ve sınırlı üretim durumlarında kullanılmak üzere tesisi için ihtiyaç duyulacak kapasitede pillere dayalı elektrik enerjisi depolama ünitesi kullanılması önerilmektedir.

3. **KARBON DEPOLAMA POTANSİYELİ (CARBON STORAGE POTENTIAL)**

İklim değişikliğine etkisi olan sera gazlarından CO₂ emisyonlarının atmosfer içerisindeki süregelen artışı neticesinde zaman içinde küresel sıcaklık değerlerinde artış olacağı öngörülmektedir. Atmosferdeki CO₂ salımını ve miktarını azaltmak için; enerji tasarrufu ve verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretiminde sıfır veya sınırlı CO₂ emisyonu için yöntemlerin geliştirilmesi, CO₂'nin yeraltında uygun jeolojik formasyonlarda uzun süreli olarak güvenli depolanması önemli seçenekler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada inceleme sahası için jeolojik formasyonlarda ve ağaçlandırma sahasında CO₂ depolama potansiyeli incelenmiştir.

3.1 Jeolojik Formasyonlarda CO₂ Depolama (CO₂ Storage in Geological Formations)

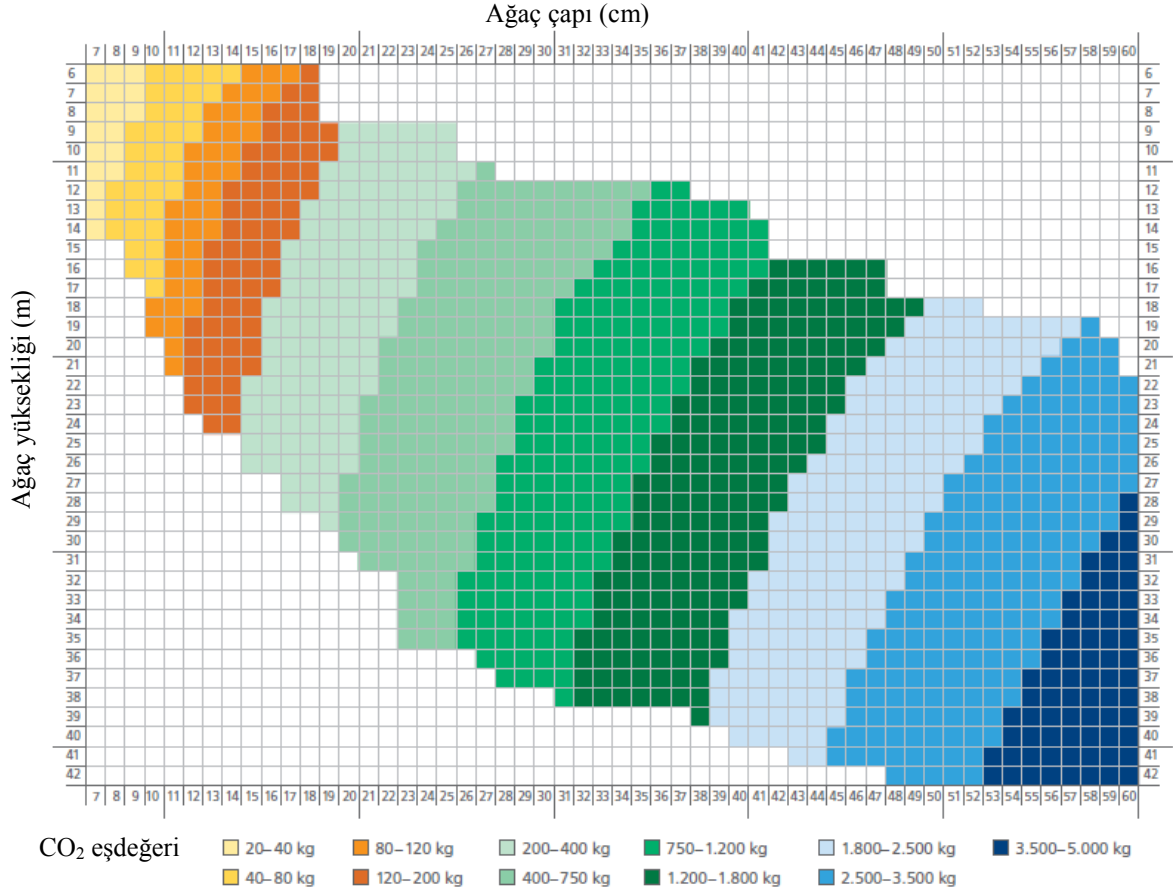
CO₂ gazının jeolojik formasyonlarda depolanabilmesi için çeşitli etkenlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Tektonik olarak fazlasıyla etkilenen havzalarda (faylar, deprem, volkanizma vb.) CO₂ gazının faylardan ya da kırıklardan atmosfere yayılması gibi riskleri bulunduğundan, depolama uygulamaları için tercih edilmemektedir. Geçirimsiz jeolojik birimler ile çevrili gözenekli jeolojik formasyonlar CO₂ gazının uzun süreli olarak güvenli bir şekilde yeraltında depolanabilmesi için avantajlı olarak değerlendirilmektedir [11].

Tunçbilek kömür havzası tektonizmadan etkilenmiş olup, kıvrımlı ve faylı bir yapıya sahiptir Söz konusu faylar yer yer küçük atımlar şeklinde olup, zaman zaman da fay zonları önemli kot farklarına sebep olabilmektedir. Kömür çevre kayaçları (marn, silttaşı, kiltası) az geçirimli ve geçirimsiz özelliklere sahip olmasına karşılık, kireçtaşı birimleri çatlak yapısı ve olası karstik boşluklar nedeniyle geçirgen özellik gösterebilmektedir. Yeraltı işletme sahasında, kalın kömür damarında mekanize panolardaki göçertmeli üretim tekniğine bağlı olarak oluşan deformasyonlar sonucu gelişen olası kırılmalar, fay hatları, kömür oluşumu üzerindeki jeolojik akifer seviyeleri ile hidrolik bağlantı oluşturabilmekte ve bu nedenle yeraltı açıklıklarına (galeri, üretim boşluğu vb.) su gelirinde yerel artışlar görülebilmektedir. Bu durum inceleme sahasında üretimi sona ermiş bölgedeki nispeten sığ derinlikteki gözenekli ve boşluklu jeolojik formasyondan yerüstüne CO₂ gazı yayılma riskini artırmaktadır. Kömür damarının hemen üzerinde yer alan nispeten geçirimsiz jeolojik formasyon (Ttd- marn, kiltası) daha alt jeolojik formasyonda (Tb, S) depolanabilecek CO₂ gazı geçirimsiz bir kapan işlevi sağlayabilmektedir. Jeolojik formasyonda depo uygunluğunun değerlendirilmesi için özel amaçlı sondajlar aracılığıyla elde edilebilecek ayrıntılı saha ve araştırma verilerine (jeomekanik, hidrojeoloji, vb.) ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu durumda incelenen jeolojik formasyonların uzun süreli güvenli CO₂ depolama için uygun olup olmadığı değerlendirilecektir.

3.2 Ağaçlandırma Sahasında CO₂ Depolama (CO₂ Storage at the Forestation Site)

TKİ tarafından, ülkemizin orman varlığının artırılması ve ormanların sürdürülebilir kullanımıyla ilgili beklentilerin karşılanması amacıyla üretimi tamamlanmış maden sahalarında ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir [12]. Bu çalışmalar çerçevesinde; madencilik faaliyetleri neticesinde bozulan alanlara ekolojik ve estetik değerlerin geri kazandırılmasının yanında ağaç bünyesinde karbon depolama ve tutma hedeflerine de katkı sağlanmaktadır. Bu kapsamda; TKİ tarafından ağırlıklı olarak 1991 yılından başlamak üzere 2020 yılı sonu itibarıyla 5.435 hektarlık alana değişik türde yaklaşık 9,7 milyon adet ağaç dikimi gerçekleştirilmiştir. TKİ GLİ İşletmesinde yer alan çalışma sahasında Kurum tarafından günümüze kadar yaklaşık 1200 hektar alana 2.5 milyon fidan dikimi yapılmıştır [13]. Dikilen fidan türleri ağırlıklı olarak karaçam ağaçlarından (%76) oluşmaktadır. Ağaç türünün fotosentez (C+O₂) sonucunda kabaca tutabileceği karbon potansiyelini tahmin edebilmek için pratik abaklardan faydalanılabilmektedir. Abaklardan değer tahmini yürütebilmek için ağaç türü, yüksekliği ve çapının da bilinmesi gerekmektedir. Örneğin 25 m yükseklik ve 45 cm çapa sahip bir çam ağacı yaklaşık 1800 kg eşdeğer CO₂ gazını karbona dönüştürebilme potansiyel bulunmaktadır (Şekil 3). 10 m yükseklik ve 20 cm çapa sahip bir çam ağacı ise yaklaşık 200 kg eşdeğer CO₂ gazını karbona dönüştürebilmektedir. Bu durum karbon tutma miktarının ağaç gelişimine ve yaşına bağlı olarak değişim

gösterdiğini yansıtmaktadır. Ağacın bünyesinde yer alan tahmin karbon miktarı ($C=CO_2/3.67$) bağıntısından hesaplanabilmektedir [14]. İncelenen linyit sahasında ağaç dikme ve geliştirme faaliyetleri ile karbon tutma ve depolama için önemli katkı sağlanabilmektedir.



Şekil 3. Çam ağacı için karbon miktarı ve eşdeğer CO₂ depolama tahmin abağı [14].

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada linyit kömürü işletme sahası için sürdürülebilir enerji ve karbon depolama potansiyeli incelenmiştir. Sürdürülebilir enerji açısından güneş enerjisi ve temiz kömür teknolojilerinden gazlaştırma (yerüstü ve yeraltı) potansiyeli değerlendirilmiştir. Kömür gazlaştırma yerüstü ve yeraltı uygulamaları olarak ayrı incelenmiştir. Karbon depolama potansiyelinin incelenmesi için jeolojik formasyonlarda ve ağaçlandırma sahasında CO₂ depolama olanakları değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerden incelenen linyit sahaları için fotovoltaik güneş enerjisi modüllerinden elektrik üretimi, Derin sahalar için yeraltı kömür gazlaştırma ve karbon tutma/depolama açısından ağaçlandırma çalışmalarının önemli potansiyeli sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıntılı değerlendirmeler için sahalar ile ilgili daha kapsamlı veri ve yerinde ölçümlere ihtiyaç duyulacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] BM Birleşmiş Milletler Türkiye “Sürdürülebilir Kalkınma Amacı 7 Erişilebilir ve Temiz Enerji.” <https://turkey.un.org/tr/sdgs/7> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [2] Küresel Güneş Atlası “Global Solar Atlas” (Erişim tarihi 15.06.2021) <https://globalsolaratlas.info/map?c=50.986099,23.027344,4&s=39.842286,29.707031&m=site>
- [3] Enerji Atlası. “Ülkelere Göre Güneş Enerjisi” <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [4] Kütahya güneş enerji santrali, <https://www.teknoraysolar.com.tr/kutahya-gunes-enerji-santrali/> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [5] TKİ Güneş Enerjisi Santrali (GES) ve Rüzgar Enerjisi Santrali (RES) Projelerimiz <https://www.tki.gov.tr/tr-TR/ges-res> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [6] TÜBA “Temiz Kömür Teknolojileri Raporu”, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No: 25. 2018.
- [7] Euracoal “Coal in Europe 2020: lignite production, hard coal production & imports.” <https://euracoal.eu/info/euracoal-eu-statistics/> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [8] Özer, A. “Kömürün Gazlaştırılmasıyla Hidrojen Üretilmesi.” Enerjide Arama Buluşmaları Hidrojen, TKİ Genel Müdürlüğü, 2020.
- [9] Ünlü, A. Kayahan, U. Argönül A. Ziypak M. and A. Akça. "Pilot scale entrained flow gasification of Turkish lignites." *Journal of the Energy Institute*, 2017: 159-165.
- [10] Vyas, D.U. and R.P. Singh. “Worldwide developments in UCG and Indian Perspective.” *GCPFV Procedia Earth and Planetary Science*. 2015: 29-37.
- [11] Şahin, N., Özarslan, A., Barış, K. “Derin kömür damarlarında CO₂ değerlendirme ve depolama olanakları.” *Türkiye 15. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 2006. s. 69-84.
- [12] TKİ Ağaçlandırma Çalışmaları <https://www.tki.gov.tr/tr-TR/agaclandirma-calismalari> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [13] GLİ Ağaçlandırma Çalışmaları <https://www.gli.gov.tr/tr-TR/agaclandirma-calismalari> (Erişim tarihi 15.06.2021)
- [14] LWF “Kohlenstoffspeicherung von Baumen.” Merkblatt 27.Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2011

Geleceğin Tarımsal Üretim Modeli: Kent Tarımı Yaklaşımı

Seda ERASLAN ^{1,*}, H.Aybike ERKOÇ ², Bihter Çolak ESETLİLİ³

¹Seda ERASLAN, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Seda.eraslann355@gmail.com

²H.Aybike ERKOÇ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

aybikeerkoc97@gmail.com

³Bihter ÇOLAK ESETLİLİ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Bihter.colak@ege.edu.tr

ÖZET

Kentsel tarım, şehirlerde farklı üretim şekilleri tarım ürünlerinin yetiştirilmesine dayalı alternatif bir üretim sistemidir. Kentsel atık geri dönüşümü, su ve enerji tasarrufu, hava kirliliği ve toprak erozyonunun azaltılması, iklim değişikliğine uyum ve dayanıklılık ile ekolojik ve sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunan kentsel üretim sistemleri, boş açık alanlarda ve dikey tarım sistemleri şeklinde yapılmaktadır. Genellikle büyük ölçekli tarımsal üretimi içeren bir kentsel tarım teknolojisi, dikey tarım veya yüksek katlı tarım teknolojisidir. Dikey tarımsal üretimde hidroponik teknolojisi ile ürünün optimum çevre şartlarında, besin element ihtiyacını hızla gidererek verimli ve kaliteli üretim sağlanır. Dikey çiftlikler, iklim değişikliklerine karşı çok daha az savunmasız oldukları için yıl boyunca üretim yapabilirler ve böylece tüketiciler için istikrarlı bir ürün akışı, yetiştiriciler için tutarlı bir gelir sağlanabilmektedir.

Anahtar kelimeler: “Kent tarımı”, “dikey tarım”, “hidroponik”, “teknoloji”

AGRICULTURAL PRODUCTION MODEL OF THE FUTURE: URBAN AGRICULTURE APPROACH

ABSTRACT

Urban agriculture is an alternative production system based on the cultivation of agricultural products in different forms of production in cities. Urban waste recycling is carried out in the form of urban production systems, empty open spaces and vertical farming systems that contribute to water and energy saving, reduction of air pollution and soil erosion, adaptation and resilience to climate change, and ecological and social sustainability. An urban agricultural technology that usually involves large-scale agricultural production is vertical farming or high-rise farming technology. With hydroponic technology in vertical agricultural production, efficient and high quality production is provided by rapidly meeting the nutritional element requirement of the product under optimum environmental conditions. Because vertical farms are much less vulnerable to climate change, they can produce year-round, ensuring a steady stream of produce for consumers and a consistent income for growers.

Key Words: “Urban agriculture”, “vertical farming”, “hydroponics”, “technology”

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanoğlunun doğal ve yenilenebilir kaynakları hızla tüketmekte olduğu ve dünya ekosisteme ciddi hasar verdiği günümüzde de hali hazırda artmakta olduğu görülmektedir. Birleşmiş Milletler raporuna göre dünya nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyara ulaşacağı düşünülmektedir. Son elli yılda nüfusun hızla artmasına bağlı olarak ekosistemimiz, temiz su, yiyecek, lif, yakıt ve kereste gibi temel yaşam ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla çok büyük değişimler göstermiştir. Artan nüfus kırsaldan kente olan göçün daha da artmasına neden olmakta, işsizlik ve geçim sıkıntısı, gıda güvenliği, hava kirliliği, ekolojik tahribat gibi ekolojik, ekonomik ve sosyal problemler katlanarak artmaktadır. Üretimin tüketiciyi karşılama oranı her geçen gün azalmaktadır ve bu da tüketicilere ekonomik olarak yansımaktadır. Bugün küresel bir problem haline gelen gıdanın temin edilmesi ve gıdanın güvenliği çerçevesinde yapılan çalışmalar, kentlerde sağlıklı ve düzenli beslenme sorununu da küresel problemler olarak değerlendirmektedir ve çözüm olarak yerel yönetimleri işaret etmektedir. Bu bağlamda gıda sorunlarının çözümü ve ekolojik, ekonomik ve sosyal kentsel problemlerin iyileştirilmesi için kent tarımı önemli bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Üretimden başlayıp işleme, dağıtım gibi aşamalardan geri dönüşüme kadar gelen, kent içinde veya çevresinde gerçekleşen yerel sistemler kentsel tarım içerisinde yer almaktadır.

Tüketicilerin sağlıklı ve kaliteli gıdaya erişimlerini kolaylaştıran ve gıda arzına yetebilen bir sistem olan kent tarımı, sürdürülebilirlik açısından da önemlidir. İnsanlık yaşamı için en temel ihtiyaç besindir. Yerleşik hayata geçene kadar insanlık sürekli besin kaynakları aramıştır ve günümüzde de bu arayış devam etmektedir ve insanlık var olduğu sürece devam edecektir. Kentsel tarıma olan ilgi daha çok ekonomik krizler, savaşlar gibi çeşitli süreçlerde artmıştır [1]. Kent tarımı, ticari, ticari olmayan ve hibrit çalışma bileşenlerinden oluşmaktadır. Ticari çalışmalar olarak, kent ve çevresindeki arıcılığı, çiftlikleri, topraksız ve hidroponik sistemleri

içermektedir. Ticari olmayan çalışmalar, özel bahçeler, müstakil ya da apartman konutlarının arka veya ön bahçeleri, balkon, çatı, duvar veya cam kenarları ve bodrum katlarında kişisel çalışma olarak yapılan gıda üretim faaliyetleridir ve genel olarak kişisel tüketim amaçlıdır. Hibrit çalışmalar ise genel olarak gıda üretiminden işlenmesi, dağıtım ve pazarlama gibi sosyoekonomik faaliyetlerin yanında çevresel amaçlara yönelik faaliyetleri de içermektedir [2].

Bu çalışmada, kentsel tarımın tanımı, çeşitleri, etkinliği araştırılmış ve kentsel tarım içinde yer alan tüm yenilikçi yaklaşımların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Kentsel tarımın tarihçesi ve gelişim süreci *(The history and development process of urban agriculture)*

Kent tarımının tarihi çok eski dönemlere dayanmaktadır. Başlangıçta tarımsal faaliyetler kentlilerin kendi ihtiyaçlarını karşılaması amacıyla yapılırken daha sonraları işleme ve pazarlama amacıyla yapılmaya başlanmıştır. Ancak sanayi devrimi sonrası kentlerin tarım dışı kullanımı ile birlikte gıdaya ulaşım güç hale gelmiştir [3]. 20. yüzyıldan itibaren tarımın kentlerde azalmaya başlaması, endüstrideki gelişmeler, taşımacılığın ucuz olması, tarım ticareti ve gıdanın korunması amacıyla gelişen teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte tarımsal üretim alanları ve pazar arasındaki mesafe hızla artmıştır. Oysa insanların yerleşim alanı seçiminde gıdaya erişebilme potansiyeli her zaman önemli bir etken olmuştur. Günümüzde ise mevcut kent yapılanmasından kaynaklı, kentsel alan içerisinde gıda üretim sistemleri yer bulamamakta, taze ve güvenilir gıdaya erişim önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır [4].

Ebenezer Howard'ın gıda üretimi hakkında yapmış olduğu çalışmalardan biri olan ve en çok dikkat çeken çalışması Bahçeşehir teorisi olmuş ve Howard yaptığı tüm kent planlarında esas olarak tarımsal faaliyetler için 5/6'ini ayırmıştır [5]. 20. yüzyılın başlarında, Patrick Geddes çalışmalarında Howard'ın çalışmalarından esinlenerek tarım ve kent arasındaki bağa benzer şekilde çalışmalar yürütmüştür.[6]. Farklı bir bakış açısına sahip olan Frank Lloyd Wright, düşük tarım yoğunluğuna sahip Broadacre City'de tarımı kent ile birleştirmiş, arazinin kontrol ve yönetimi için 1922 yılında bir model tasarlayan Le Corbusier, Contemporary City önerisinde kenti üç farklı gıda üretim sahasına bölmüştür [7]. İkinci Dünya Savaşı esnasında çeşitli ülkelerde kentlerin içinde üretim mekanları oluşturulmuştur. Ancak savaş sonrası, tarımsal üretim ve tarım ticareti kent genelinde azalmakta olduğu görülmüş ve git gide kişisel üretim olarak devam etmiştir. Tarımsal politikalar küresel pazarlara yönelik düzenlenmiş, tarım - kent politikaları rafa kaldırılmıştır. Ancak günümüzde karşılaştığımız pek çok problemin, şehirlerin gıda kaynaklarından ayrılması ile başladığı düşünülmektedir. Doğal kaynakların zarar görmesi, tarımsal üretimde besin kalitesinin düşük olması ve gıdanın taşınmasında yüksek enerji tüketimi endüstriyel gıda üretim sistemlerine yönelik eleştiri olarak gelmektedir.

Kentsel tarım günümüzde özel bahçeler ve toplum bahçeleri dışında, daha geniş çaplı ve tasarıma yönelik bir alan olarak ifade edilmektedir. Sistemin bütünsel bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması önemlidir. Kent tarımı tipleri; büyüklüğüne göre halk-toplum bahçeleri, konut bahçeleri, kent çiftlikleri ve ticari bahçeler; konuma göre kent içi veya kent çevresinde; üretim alanı göre konut bahçeleri, kamusal yapılara ait bahçeler, kapalı mekanlar, halk-toplum bahçeleri olarak sınıflanmaktadır. Ancak günümüzde Uluslararası düzeyde gelişen yenilikçi anlayış ve uygulamalar önem kazanarak dikkati çekmektedir. Bugün dikey tarım, açık hava çiftlikleri, iç mekân tasarımı,

çatı bahçeleri-seralarını da kapsayan pek çok yenilikçi kentsel tarım uygulamaları ile maksimum verim elde edilebilmektedir.

1.2. Yenilikçi Kentsel Tarım Yaklaşımları (Innovative urban farming approaches)

Kentleşme oranı yükseldikçe, nüfusu yoğun bölgelerin gıda ihtiyacı da giderek artmaktadır. FAO (2017), az gelişmiş ülkelerin kentlerde yaşayan nüfus oranının %50'sinin, kırsal alanlarda yaşayan nüfus oranının ise %43'ünün gıda güvencesinden mahrum olduğunu belirtmiştir. Artan gıda talebinin karşılanabilmesi amacıyla tarımsal araziler üzerinde oluşturulan baskılar, doğal kaynaklarımızı tehdit etmeye başlamış ve pek çok problemi beraberinde getirmiştir. Tarımsal üretimde ortaya çıkan sorunlar, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve gıda güvenirliliği için yeni tarım tekniklerinin ve tasarımlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kent merkezlerinde sağlıklı ve taze besinlere ulaşımı sağlayarak yerel düzeyde gıda güvenirliliğini sağlayan bir yaklaşım olarak meydana gelen kentsel tarım, bugün insanların kendi besinlerini üretmesini, işlemesi ve satmasını, gıda tedarik zincirini kısaltan, sürdürülebilirliğe katkı sağlayan ve şehirlerin krizler karşısında direncini artıran bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır [8]. Daha yaşanabilir bir gelecek için yeniliklere gereksinim duyulmaktadır. Kentsel tarımda yenilikçi uygulamaların, hasat güvenliği, düşük su kullanımı, düşük enerji kullanımı, düşük nakliye maliyeti, geniş ürün yelpazesi, düşük işçilik maliyeti, maksimum ürün verimi ve yetiştirme alanı artışı gibi avantajları bulunmaktadır. Birçok ülkenin şehir merkezinde maksimum verim ile üretim yapan sistemler hidroponik, aquaponik ve aeroponik sistemler olarak gruplandırılmaktadır.

1.2.1. Topraksız Tarım Sistemleri (Soiless farming system)

Kent içine tasarlanmış çevre kontrollü çiftlikler, çatı üstü seralarda ya da tamamen bina içerisindeki kapalı alanlarda, yapay olarak aydınlatılan bitkisel üretim alanlarından oluşmaktadır. Hidroponik ya da aeroponik sistemlerin temel esası, tamamen kapalı bitkisel üretim merkezlerinde, kapalı ve kontrollü şartlarda, olumsuz iklim koşullarından etkilenmeden, düşük enerjili led aydınlatma sistemleri kullanılarak bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır. Topraksız üretimde yabancı ot sorunu, hastalık vb. yaşanmadığı için tarım kimyasalları da kullanılmamaktadır. Ayrıca hidroponik ve aeroponik sistemler ile su ihtiyacı %95'e varan oranlarda azalabilmektedir. Hidroponik sistemlerde üretim besin çözültisi kullanılarak topraksız olarak gerçekleştirilmektedir [9].

Topraksız tarım sistemleri, su ve katı ortam kültürleri olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenir ve bir veya birkaç farklı materyal kullanılarak hazırlanan ortamlarda değişik yetiştirme yöntemlerine göre üretim yapılmaktadır.

Su (hidroponik) kültürü; durgun su kültürü, aeroponik kültür ve akan su kültürü olarak incelenirken, katı ortam kültürü organik ve inorganik şekilde çeşitli ortam ve materyal olarak incelenmektedir.

Hidroponik kültürde su kalitesi oldukça önemli bir kriterdir. Topraksız tarım için kullanılacak su kaynakları incelenir ve bazı testlere tabi tutulur bunun sonucunda kullanım için su kalite uygunluğu ve miktarı belirlenmektedir. Suyun kalite özellikleri bozuk olması durumunda drenaja başvurulmalıdır.

Topraksız kültür içerisinde kullanımı en eski ve maliyeti açısından ucuz olan durgun su kültürü, 1800'lü yıllardan beri temel bitki besin maddelerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır [10]. Bu kültürde bitki kök sistemi, çözelti ve çözelti havalandırılması iyi ayarlanmalıdır. Bitki yetiştirilen kapların üzerleri ışık geçirmeyecek şekilde olması da önemlidir, zaman zaman bitkiler kontrol edilerek eksilen çözeltilere eklemeler yapılmalıdır. Bunun yanında ortam sıcaklığı kontrol altında tutulmalıdır. Havalandırılmalı ve havalandırmasız olmak üzere iki şekli mevcut olan sistemde havalandırmasız kültür, bitki gelişimi için olumsuz etki yapacağından tarımsal üretim amaçlı kullanılamamaktadır.

Durgun su kültüründe kötü havalandırma veya havalanmamasından kaynaklı yosunlaşma sorunu, Akan su kültürünü ortaya çıkarmıştır. Bu sistemde besleyici film tekniği (NFT) ve derin akan su kültürü (Hyponica) kullanılmaktadır. Suyun bitki kökleri boyunca ince bir şerit halinde ilerlemesi esasına dayanan NFT, 1970'li yıllarda İngiltere'de Dr. Allan Cooper tarafından ortaya atılmıştır [11]. Kolaylığı ve maliyet açısından düşük bütçeler gerektiren bu sistem yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistemde dikkat edilmesi gereken nokta, akan besin çözeltisinin kökle temas etme derinliğinin bitki havalanmasını etkilemeyecek ölçüde ince olmasıdır ve üst kök kısmı havada kalmalıdır. Herhangi bir bulaşıklık/kirlilik olmaması için kullanılan malzemeler plastik değildir. Ortam sıcaklığı durgun su tekniğinde olduğu gibi bunda da önemlidir bitki çeşidine göre istenilen sıcaklık kontrol edilip ayarlanmalıdır. Her yetiştiricilik dönemi bitiminde suyun kontrol edilip yeniden ayarlanması, pH ve besin element içeriklerinin belirlenip filtre edilmesi ve sterilizasyon gibi işlemlerin yapılması önemlidir [12].

“Kyowa Derin Su Kültürü” olarak da adlandırılan hiponica ilk olarak Japon Hidroponist Shigeo Nozawa tarafından domates yetiştirilerek uygulanmıştır. Yöntemin esası besin çözeltisinin havalanmasını sağlayarak çözeltiyi oksijenle zenginleştirmektedir. Yatay ve dikey olarak uygulanabilen bu sistemde yatay uygulandığında meyve büyüklükleri farklı olmakta ve desteğe ihtiyaç duyulmaktadır buna karşılık dikey uygulamada meyve boyutları eşit olmaktadır. Ancak iki tip içinde maliyetin çok pahalı olması ve bu konuda uzmanların azlığı sebebiyle uygulanmasında güçlük yaşanmaktadır.

En büyük avantajı su ve gübre kullanımının ekonomik olması olan Besin Eriği Sisi (Aeroponik) sistem aynı zamanda diğer sistemlere oranla daha ekonomik, pratik ve kolay mekanizasyon gerektiren bir sistemdir. Düşük kaliteye sahip sular ve suya yoksul olan bölgelerde de bu sistem rahatlıkla kullanılabilir. Bitkilerin sağlıklı gelişim gösterebilmeleri için kök bölgesinde oksijen olmalıdır. Bu detay göz önünde bulundurularak su ve besin maddeleri, hava ile karıştırılarak damlacık olacak şekilde aralıklı veya aralıksız olarak bitki kök bölgesine püskürtülmektedir. Burada önemli olan sisin frekansı ve özelliğidir. Günümüzde ticari yetiştiricilik yapılan seralarda, daha önceden su ve besin maddesi miktarları hesaplanarak elektronik ortamda ayarlanabilmekte ve maliyet bu şekilde artmasına rağmen seralarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yanında katlı akan su kültürü de mevcuttur ancak dünyada ve ülkemizde ticari kullanımı yok denecek kadar azdır.

Topraksız tarım daha da gelişerek içerisinde bitki ve balıkları aynı ekosistemde birleştiren aquaponik sistem ortaya çıkmıştır [13]. Bitkiler ve balıkların simbiyotik olarak yaşadığı ortamda, bitki kökleri balık havuzu için doğal filtre görevi görmektedir ve balık atıkları ise bitkiler için biyolojik gübre kaynağı olmaktadır [14].

Topraksız yetiştirme tekniğinde, bitkiler klasik yetiştiriciliğe göre çok daha kontrollü bir şekilde beslenmekte, bitki gelişimi için gerekli olan elementlerin tümü istenen miktarlarda uygulanabilmektedir. Üretim alanının tamamında, kök bölgesi pH'sı kontrol edilebilmekte ve bu şekilde besin elementlerinin alınımı artmakta ve böylece etkin bitki besleme yönetimine bağlı olarak verim ve kalite artışı olmaktadır.

Dikey Tarım (Vertical farming)

Dikey seralar, birim alandan yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek amacıyla tek bir alanda çok katlı yapılar inşa edilerek başta topraksız tarım sistemleri olmak üzere birçok sistemle üretim yapılmayı hedeflemektedir. Seralar genellikle 7 kat olarak planlanmakla birlikte 30 – 40 katlı olarak da yapılabilmektedir. Topraksız tarıma uygun, cocopeat'te (Hindistan cevizi kabuğunun dış hasır lifinden elde edilen yan ürün) ve su kültüründe (Hydroponic-bitki köklerinin suyun içerisinde olduğu ve ihtiyaçlarını sudan aldığı sistem) bitki yetiştirmeye uygun sistemler olan dikey seralar, standart bir apartman gibi tasarlanabileceği gibi çok marjinal üretim sistemlerine de rastlanmaktadır. Ekolojik Mimarinin önde gelen isimlerinden Vincent Callebaut, dikey çiftlik modellerine farklı bir bakış açısı getirerek 132 katlı Yusufçuk Modelini tasarlamıştır. Tasarımcının asıl hedefi metropollerini doğal çevreyle uyumlu hale getirip sürdürülebilir kentlerin gelişimi için bu gibi kapalı veya yarı açık yapılarla ekolojik yaşam sahalarının oluşabileceğini düşünmektedir. Bu düşünce çerçevesinde çok sayıda dikey yeşil yaşam sahaları yapılmıştır. Bunun yanında mısır piramitleri idol alınarak tasarlanan Piramit Dikey Çiftlikler veya merdiven şeklindeki “Locavore Fantasia Project” gibi ilgi odağı tarımsal işletmeler görülmektedir. Özellikle son dönemlerde dikey tarım modelleri maliyet düşürülmeye çalışılmakta, terk edilmiş işletmeler (fabrika, depolar vb.) yüksek tavanları, atıl halde bulunmaları ve içlerinin bölme olarak az olmasından dolayı birkaç katlı dikey tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde konteyner tipi işletmeler de ilgi çekici dikey tarım tasarımları içerisinde yer almaktadır. Mobil farm, deniz taşımacılığında kullanılan ve eskimiş konteynerler içerisinde yapılan bitkisel üretim sistemidir ve bilgisayar kontrollü bir gemi konteynerinde her ay 300 kişiye yetecek kadar yeşillik üretilebilmektedir [15].

Dikey tarım sistemi ile;

1. İklim krizi etkisi minimize edilebilir, dört mevsim kaliteli ve verimli bitki yetiştirme olanağı bulunmaktadır.
2. Çok katlı tasarım sistemleri ile fazla alana ihtiyaç olmadan daha fazla ürün elde edilmektedir.
3. Yetiştirilmek istenen bitkilerin istekleri veri tabanlarına işlenerek, bitkiler otomatik veya mekanik olarak kolaylıkla kontrol edilebilir.
4. Optimum ışık kalitesi sağlayan bu sistemde LED ışıklar sayesinde bitkilerin büyüme dönemlerindeki ışık, ışık süresi ve yoğunluğu elektronik ortamlarda ayarlanabilmektedir.
5. Traktör, bahçe ekipmanları ve pestisit vb. ilaç kullanımı minimum düzeyde tutulabilir.
6. Sadece dikim, hasat ve ambalajlama aşamalarında işçiliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle işçilik maliyetleri düşüktür.
7. Geleneksel tarımsal üretim sistemlerine göre yaklaşık %70 daha az su kullanılır.

8. Sera ortam nemi ve sıcaklığı, bitkilerin ihtiyacı olan gübre çözeltileri ve diğer tüm parametreler otomatik olarak ayarlanabilmektedir.

Dikey tarımın, yüksek maliyetli bir yatırım olması, yüksek miktarda enerji tüketimi ve vasıflı işgücü ihtiyacı ise dezavantajları olarak görülmektedir. Ancak günümüzde yoğun Ar-Ge çalışmaları ve teknolojinin hızla gelişmesi nedeni ile bu problemlerin çözülebileceği düşünülmektedir [16].

2. SONUÇ (CONCLUSION)

Gelecekte, iklim değişikliği kaynaklı doğal afetlerin sıklığının ve şiddetinin artması ve dolayısıyla küresel gıda tedarik zincirinin etkilenmesi beklenmektedir. Bu nedenle şehirlerin kendi gıda ihtiyacının bir kısmını üretme kabiliyetini kazanması tarımsal üretim stratejisi olarak yerini almalıdır. Hem dikey tarım hem de boş açık alanlarda kentsel tarım, gıda güvenliğinin sağlanması için önemlidir. Ülkemizde kentsel tarımın aşamalı olarak büyümesi, iş fırsatlarını ve çevresel faydaları artırarak şehirlerin sürdürülebilir kalkınmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Bu nedenle, alternatif bir üretim olan kentsel tarımın daha etkin bir şekilde kullanılabilmesi için çok disiplinli araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1- Kaufman, J., and Bailkey, M., (2000). Farming Inside Cities: Entrepreneurial Urban Agriculture in the United States, Lincoln Institute of Land Policy Working Paper, Alındığı tarih: 14.03.2011, adres: www.lincolnist.edu/pubs/dl/95_Kaufmanbaikey00.pdf.
- 2- RASOULİ, Sara (2012). Kentsel Topraklarının Tarımsal Amaçlı Kullanımı: Kent Tarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi: İstanbul.
- 3- Solduk, B. B. (2010). Sürdürülebilir Kentsel Gelişmenin Sağlanması Açısından Kentsel Tarımın Rolü, İstanbul Metropolitan Alan Orneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Şehir Ve Bölge Planlama Anabilim Dalı.
- Ercoşkun, Özge, Y. (2007). Sürdürülebilir Kent İçin Ekolojik Teknolojik (EKO-TEK) Tasarım: Ankara: Güdül Örneği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- 4- Gorgolewski, M., Komisar, J. and Nasr, J., (2011). Carrot City Creating Places for Urban Agriculture , Random House, Inc., NY.
- 5- Howard, E., (1965). Garden Cities of To-Morrow, Cambridge, Mass., M.I.T. Press.
- 6- Geddes, S. P., (1915). Cities in Evolution, London, Williams and Norgate.
- 7- Le Corbusier, (1987). The City of To-Morrow and Its Planning, New York, Dover Publications.
- Wright, F. L., (1945). The Living City, Chicago, University of Chicago Press.
- 8- Kennard, N. J., & Bamford, R. H. (2020). Urban Agriculture: Opportunities and Challenges for Sustainable Development. 929–942. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95675-6_102

- 9- Anaç, D., Çokuysal, B., Eryüce, N., Çolak Esetlili, B.,Özkan, C.F.,Tepecik, M. (2020). Topraksız Tarım Ve Bitki Besleme Teknikleri. Ege Üniversitesi, İzmir.
- 10- Sevgican, A., 1999. Topraksız Tarım. Örtü altı sebzeciliği, Cilt 2. Ege Üniversitesi Basım Evi, 526, Bornova, İzmir, 130.
Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- 11- Cooper, A., 1982. Nutrient Film Technique. London, Grower Boks.
Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- 12- Gül, A., 2008. Topraksız Tarım, Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- 13- Birkby, J. (2016). Vertical Farming, ATTRA Sustainable Agriculture, NCAT IP516, s.1-12.
- 14- Dede, G. & Turkan, E. (2009). Balık Ve Bitkilerin Birlikte Yetiştirildiği Sistem: Aquaponik Sistemler, Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- 15- Okumuş, A. (2019). Dünyada Hidrofonik (Topraksız Tarım) Tarım, Samsun.
- 16- Kennard, N., Bamford, R., (2020). Urban Agriculture: Opportunities and Challenges for Sustainable Development. 10.1007/978-3-319-69626-3_102-1.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Kalın Kesitli Porselen Karoların Sinterleme Süresinin Düşürülmesi ve Enerji Etkin Üretimi

Batuhan ÖMÜR ^{1,*}, Sedanur YENİCE ²Semra KURAMA ¹, Güneş KORÇ ²

¹Batuhan ÖMÜR, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
batuhanomur@eskisehir.edu.tr

²Sedanur YENİCE, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
sedanuryenice@eskisehir.edu.tr

¹Semra KURAMA, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye
skurama@eskisehir.edu.tr

²Güneş KORÇ, Ar-ge Merkez Direktörü, Veli Akgün İnşaat Seramik San.ve Tic. Ltd. Şti, Türkiye
gunes.korc@akgungroup.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: batuhanomur@eskisehir.edu.tr; Tel.: +90-541-262-26-97

ÖZET

Günümüzde dış mekân uygulamalarında kullanılmak üzere en az 2cm kalınlığında, yangına ve dona dayanıklı yüksek kırılma mukavemetine ve düşük su emme değerine sahip (<%0,05) kalın sırlı/sırsız porselen karolar geliştirilmiştir. Ahşap, mermer, mozaik görünümündeki estetik özellikleri ve yüksek mekanik dayanımları sayesinde bu tür ürünlere olan talep giderek artmaktadır. Ancak, söz konusu malzemelerin üretiminde karo kalınlığı standart üretim kalınlığının yaklaşık iki katına çıktığından, standartta belirtilen değerlere ulaşabilmek için kurutmanın ve sinterleşmenin sağlanabilmesi için uzun sürelerle gerek duyulmaktadır. 2 cm kesitinde sırlı seramik karonun pişirim süresi 90-100 dakika pişirim sıcaklığı ise 1195°C-1200°C arasındadır. 3 cm kesitindeki karoların pişirim sıcaklığı 2 cm'lik karolarla aynıdır fakat süre 100-120 dakikalara çıkmaktadır.

Bu çalışmada, sektörde üretilen 2cm ve 3cm kalınlığındaki porselen karoların pişirim sıcaklık-süre ve kompozisyon ilişkilerinin belirlenmesi ve söz konusu sürecin daha düşük sıcaklıklarda daha hızlı bir şekilde meydana gelmesini sağlayacak yeni yaklaşımların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, öncelikli olarak sinterlenme hızını artıracak yönde yeni reçete bileşimleri üzerinde çalışılmıştır. Mevcut üretimde kullanılan standart reçetelerde kil ve kaolen oranları sabit tutularak değişen Na₂O/K₂O mol oranlarına sahip reçeteler geliştirilerek sinterlenme ve deformasyon davranışı incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise fırın sürülerinin artmasına neden olan “black core” oluşumunu tetikleyen organik hammadde oranı en aza indirilecek yönde reçete çalışmaları yapılacaktır. Çalışmanın bu aşamasında, kalın karolarda sinterlenme kinetiğinin Na₂O/K₂O oranı 2,5-3 aralığındaki reçetelerde arttığı belirlenmiştir. Ancak, sinterlenme süresindeki düşüşün diğer süreç parametrelerine etkisinin azaltılması çalışmaları devam edecektir.

Anahtar Kelimeler: Black core, pişirim süresi, pişirim sıcaklığı, kalın porselen karo, enerji sarfiyatı



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Energy Efficient Production of Thick Section Porcelain Tiles by Reducing the Firing Times

ABSTRACT

Today, thick glazed/unglazed porcelain tiles with a minimum thickness of 2 cm, resistant to fire and frost, high breaking strength and low water absorption value ($<0.05\%$) have been developed to be used in outdoor applications requiring high compressive strength and fracture resistance. The demand for such products is increasing day by day, thanks to their aesthetic properties in wood, marble and mosaic appearance and their high mechanical strength. However, since the tile thickness in the production of these materials is approximately twice the standard production thickness, long periods are required for drying and sintering to reach the values specified in the standard. The firing time of the glazed ceramic tile in 2 cm section is 90-100 minutes and the firing temperature is between 1195°C - 1200°C . The firing temperature of the tiles in 3 cm section is the same as the tiles of 2 cm, but the time increases to 100-120 minutes.

In this study, it is aimed to determine the firing temperature-time and composition relations of 2cm and 3cm thick porcelain tiles produced in the sector and to develop new approaches that will enable the said process to occur more quickly at lower temperatures. In this context, primarily new recipe compositions that will increase the sintering speed have been studied. Sintering and deformation behavior were investigated by developing recipes with varying $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ mole ratios by keeping the clay and kaolin ratios constant in the standard recipes used in current production. The sintering process of the new recipes developed was performed at 1195°C in 70 minutes in an industrial oven, and the results were compared with standard tiles. In the second phase of the study, recipe studies will be carried out to minimize the rate of organic raw materials that trigger the formation of "black core", which causes the increase in kiln herds.

At this stage of the study, it was determined that the sintering kinetics of thick tiles increased in recipes with a $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ratio of 2.5-3. However, efforts to reduce the effect of the decrease in sintering time on other process parameters will continue.

Key Words: Black core, firing time, firing temperature, thick porcelain tile, energy consumption



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tüm seramik ürünlerde olduğu 2, 3cm porselen karoların üretiminde en yüksek maliyet enerji tüketiminden kaynaklanmakta olup, bu da yüksek oranda ürünün kurutma ve sinterleme gibi ısı işlem süreçlerini kapsamaktadır. Bu enerji tüketimini azaltmak için yapılan çalışmalardan biri ve en etkin olanı sinterleme sıcaklığının veya süresinin düşürülmesidir [1, 2].

Sektörde yer karolarının yüksek hızda sinterlenmesi sonucunda yaşanan bazı belirgin sorunlar bulunmaktadır. Bunlardan biri yapıdaki kuvarsın 573°C'deki genişmesi sonucu soğuma sürecinde yapısal çatlak oluşumu iken bir diğeri de hammaddelerden gelen demir ve karbon gibi kirliliklerin bünyeden atılmaması ve black core etkisinin gözlenmesidir [3]. Belirtilen bu sorunlar özellikle standart üretim kalınlığının yaklaşık iki ve 3 katı olan kalın karolarda daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle fırın süreleri bu tip kalın ürünlerde 100-120dk'ları bulmaktadır. Standartlarda belirtilen değerlere ulaşabilmek ve kurutma işlemi ile sinterleşmenin sağlanabilmesi için uzun çok daha uzun sürelere gerek duyulmaktadır. Karo kalın olduğundan, bünyesinde barındırdığı yaklaşık %5 rutubeti standart üretimden yaklaşık iki katı sürede atabilmekte ve istenilen düşük su emme değerine ulaşmak için de yaklaşık iki katı sürede pişirilmesi gerekmektedir. Bu durum da yüksek enerji sarfiyatına rağmen günlük karo üretiminin düşük olmasına sebebiyet vermektedir. Tablo 1'de standart bir karo ile kalın karonun karşılaştırılması verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi standart karo ile kalın karo pişirim süresi arasındaki fark önemli orandadır.

Tablo 1: Standart ve Kalın Karo Özelliklerinin Karşılaştırılması

Teknik Özellik	Standart Porselen Karo	Kalın Porselen Karo
Kalınlık	Minimum 9,5 mm	Minimum 20 mm
Pişirme Süresi	~ 40-55 Dakika	~105-130 Dakika
Pişirme Sıcaklığı	~ 1190-1210 °C	~1190-1210°C
Su Emme	Maksimum %0.5	Maksimum %0.5
Pişmiş Mukavemet	Minimum 35 N/mm ²	Minimum 60 N/mm ²

Sinterlenmiş seramiklerde black core oluşumu karakteristiktir. Bu sorun özellikle kalın ve büyük boyutlu ürünlerde, uzun süreli sinterleme ile giderilebilmektedir. Black core'un organik bileşiklerin yanması sonucu oluştuğu çalışmalarla gösterilmiştir [4]. Fiziko kimyasal süreçler (kısmi ayrışma organik maddeler, karbonun yetersiz oksidasyonu) bünyede yer alan black core, bu ürünlerin kullanımı sırasında tuz oluşum kaynağıdır. Hızlı sinterleme sürecinde hammaddelerden kaynaklı gelen kirlilikler sonucu oluşan black core etkisini gidermek için literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Abdrakhimov vd. [4] farklı hammaddeler kullanarak, düşük sıcaklıkta bekleme sürelerinin etkisine bağlı olarak karoların renk değişimlerini incelemişlerdir. Bu yöntemin organik bileşikler içeren hammadde kullanımında uygun olmasına rağmen demir bileşikleri içeren sistemlerde olumlu sonuç vermediği gözlenmiştir. Böyle karışımlarda yapıdaki Fe₂O₃'ün, FeO'e indirgenmesi black core oluşumunu arttırmaktadır. Karoların temel özelliklerinin modifikasyonu black core oluşumu sırasında organik kirlilik içeren killer kullanımında üç aşamaya ayrılabilir: 600°C'ye kadar karolar kalınlıkları boyunca homojen bir renktedir, yapıda humus ve demir oksit bileşimi başlangıç bileşimine göre değişmez. Sıcaklık, 600-800°C arasında iken başlangıç bileşimi ile karşılaştırıldığında, yapıdaki humus ve demiroksit oranı sabit kalırken black core oluşumu



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

başlar. 1000°C üzerine çıkıldığında black core gözlenmeye başlanırken yapıdaki humus oranı azalır, FeO oranı (Fe_2O_3 'ün indirgenmesi ile) keskin bir artış gösterir [5].

Kalın porselen karo ürünlerde fırın soğutma bölgesinde de fırın sürelerinin uzatıldığı görülmektedir. Benzer şekilde ürün kalınlığındaki artış ile birlikte ısı transferinin azalması homojen bir soğutma yapmayı engellemektedir. Hızlı soğutma yapıldığı takdirde homojen ısı dağılımı elde edilemediğinden şok çatlağı denilen hatalar ile karşılaşılmaktadır. Bu hata düzgün olmayan boyutsal değişimlerden oluşan aşırı gerilmeler nedeniyle olmaktadır.

DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Kullanılan Hammaddeler (Raw Materials Used)

Hazırlanan reçeteler ve standart karo bünyelerinin hammaddeleri Akgün Seramik A.Ş.'den temin edilmiş olup, hammaddelerin oksit bileşimleri Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları (% ağı.) (Chemical analysis results of the raw materials used (% wt.))

Hammadde	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	K_2O (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	TiO_2 (%)	CaO (%)	SO_3 (%)	P_2O_5 (%)	Na_2O (%)	K.Z.
Kil-1	61,2	26,19	1,35	0,36	0,45	1,05	0,15	-	-	0,25	9,00
Kil-2	62,91	23,17	2,24	1,77	0,7	1,19	0,19	0,15	0,12	-	-
Kil-3	67,85	19,42	2,41	1,18	0,82	1,17	0,41	0,12	-	0,46	-
Esk. Kili	16,25	3,83	0,37	1,16	36,13	0,15	1,83	-	-	0,99	39,30
Kaolen -1	70,11	17,2	3,2	1,54	0,33	0,5	0,4	0,43	0,14	1,43	4,72
Feldispat-1	71,62	17,39	0,43	0,13	0,1	0,25	0,55	-	-	9,2	0,33
Feldispat-2	70,57	16,95	1,06	1,35	0,55	0,23	0,78	-	0,03	7,12	1,36
Feldispat-3	97,66	18,5	0,14	0,70	1,00	1,00	0,50	-	-	10,00	0,50

*KZ: Kızdırma kaybı

2.2. Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri (Materials and Preparation Techniques)

Standart reçete temel alınarak sinterleme süresi ve termal davranışın etkisinin incelenmesi için molce değişen $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ oranında reçeteler tasarlanmıştır. Hazırlanan 3 farklı reçete ve YK2-1 ve YK2-2 kodlu standart reçete bileşimleri Tablo 2.2.'de verilmiştir. Hazırlanan reçetelerin çamur tane boyut analizi, nem tayini, viskozite ve yoğunluk tayini, reolojik özellikleri incelenerek, fiziko mekaniksel analizleri yapılmıştır. Tablo 2.3'de görüldüğü gibi oksit oranlarında daha çok göze çarpan Na/K oranının her reçetede farklı olmasıdır. Bunun sebebi sodyum camsı fazının sağladığı düşük viskozitenin, potasyumlu kompozisyonun daha yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ile dengelenebilir olması ve Na/K oranının uygun şekilde ayarlanması $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ötektik sıcaklığı düşürülürken istenmeyen deformasyon oluşum riski de azaltmasıdır [6]. Tablo 2.3'de verilen oksit oranlarına göre tasarlanan reçetelerin 66/34 katı/sıvı oranında, katı konsantrasyonu üzerinden % 0,5 oranında sodyum silikat ilave edilerek çamurlar hazırlanmıştır.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Tablo 2.2. Reçetelerin hammadde yüzdeleri (%) (Raw material percentages of prescriptions (%))

Hammaddeler	K-1 (%)	K-2 (%)	K-3 (%)	YK2-1 (%)	YK2-2 (%)
KİL-1	8,00	8,00	8,00	5,00	6,50
KİL-2	4,00	4,00	4,00	11,00	11,00
KİL-3	10,5	10,5	10,5	8,00	10,00
KİL-4	14,00	14,00	14,00	10,00	10,50
Eskişehir Kili	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
KAOLEN	12	12	12	10	10
FELDİSPAT-1	26,00	24,00	0	26,00	24,00
FELDİSPAT-2	16,00	12,00	14,00	24,50	22,50
FELDİSPAT-3	8,00	14,00	24,00	0	0
HAM KIRIK	0	0	0	4	4

Tablo 2.3. Reçetelerin oksit oranları (ağ.%)
(Oxide ratios of prescriptions (% wt.))

Oksit Oranı	Reçete Kodları				
	YK2-1	YK2-2	K-1	K-2	K-3
SiO ₂	71,77	71,51	71,84	71,85	71,65
Al ₂ O ₃	18,64	19,08	18,98	18,96	18,87
TiO ₂	0,52	0,56	0,54	0,55	0,70
Fe ₂ O ₃	1,05	1,07	0,84	0,82	0,78
CaO	0,62	0,60	0,63	0,64	0,46
MgO	1,00	1,02	1,00	0,99	0,99
Na ₂ O	3,59	3,20	3,84	4,04	4,52
K ₂ O	2,70	2,82	2,25	2,05	1,93
P ₂ O ₅	0,05	0,04	0,06	0,07	0,06
SO ₃	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablo 2.4. Reçetelerin SEGER oranları
(SEGER rates of prescriptions)

Molce	YK2-1	YK2-2	K-1	K-2	K-3
R ₂ O (Na ₂ O+K ₂ O)	0,707	0,707	0,707	0,709	0,742
RO (CaO, MgO, ZnO)	0,293	0,293	0,293	0,291	0,258
R ₂ O ₃ (B ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	1,545	1,539	1,515	1,507	1,460
RO ₂ (SiO ₂ , ZrO ₂ , TiO ₂)	9,797	9,781	9,591	9,534	9,347
Na ₂ O/K ₂ O	2,026	1,802	2,571	2,958	3,474
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	6,533	6,546	6,515	6,508	6,568
Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	0,106	0,106	0,103	0,103	0,112
Toplam Alkali	0,123	0,123	0,125	0,126	0,128

2.2.1. Malzemelerin Karakterizasyonu (Characterization of materials)

Bünye harmanlarının öğütme sonrası elek bakiyesi analizleri yapılarak ortalama elek bakiyesi 63 µm üzeri %3,5-4 olarak tayin edilmiştir. Çamurun akış davranışını tespit etmek, katı/sıvı oranını kontrol altında tutmak için viskozite ölçümleri 4mm çaplı fort-cup viskozimetre kabında gerçekleştirilmiş, hazırlanan karışımların litre ağırlığı 1640-1700 g/lt aralığında, akış süresi ise 20-35 sn aralığında set edilmiştir. Karolarda presleme sürecinde yaşanabilecek fiziksel hasarları önlemek için nem oranının kontrolü (And marka MX 50cihazı ile) yapılmıştır.

Kurutma sonrasındaki toz karışımlar 5x10x0,5cm boyutlarında, 130 bar basınçla uniaxial preste basılarak hazırlanmış, harmanların ve karoların (kuru ve sinterlenmiş) karakterizasyonları yapılmıştır. Kuru ve sinterlenmiş bünyelerin yoğunluk, su emme ve mekanik testleri en az 3 numunede tekrarlanarak ortalama değerleri kullanılmıştır. Termal davranışların ve deformasyon sıcaklıklarının tespiti için ürünlerin karakterizasyonu optik dilatometre ile gerçekleştirilmiştir. Tüm bünyeler 1195 °C sıcaklıkta, 70 dakikada, endüstriyel fırında sinterlenmiştir.

3. DEĞERLENDİRMELER VE TARTIŞMALAR (EVALUATIONS AND DISCUSSIONS)

3.1.Fiziksel Karakterizasyon (Physical Characterization)

Bünye karışımlarının elek bakiyesi analizleri Tablo 3.1’de verilmektedir. Tablodan görüldüğü gibi % elek bakiye değerleri Akgün Seramik tarafından belirlenen 63 µm üstü %3,5-4 değerleri ile uyumluluk gösterecek şekilde farklı sürelerde öğütülmüştür. Tablo 3.1’de görüldüğü gibi viskozite ve yoğunluk değerleri, istenilen aralıklara uygun olacak şekilde, belli oranlarda sodyum silikat (cam suyu) ve su ilavesi ile sağlanmıştır.

Tablo 3.1. Çamur Karakterizasyonu (Sludge Characterization)

No	% Elek Bakiye (63 µm üstü)	Viskozite (sn)	Yoğunluk (gram/litre)	Öğütme Süresi (dk)
K-1	3,65	32	1677	25
K-2	3,80	62	1699	22
K-3	3,56	27	1702	25
YK2-1	3,84	22	1699,3	20
YK2-2	3,74	38	1691	20

Tablo 3.2. Karoların Özellikleri Sinterleme Öncesi ve Sonrası (Ortalama) (Properties of tiles before and after sintering (Average))

No	Ham Karo Mukavemet (kgf/cm ²)	SİNERLEME SONRASI		
		Çekme (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Su Emme (%)
K-1	34,62	8,05	4,56	0
K-2	37,89	7,72	4,52	0
K-3	37,65	7,74	3,97	0,11
YK2-1	30,31	8,23	4,58	0,12
YK2-2	28,90	8,30	4,64	0,06

Çalışmada ham karo eğilme dayanımı analizi her reçeteden üç ham karo numunenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Geliştirilen bünyelerin kuru mukavemet sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir. Bünyelerin kuru mukavemetleri yaklaşık 37 kg/cm² olarak belirlenmiştir. Standart porselen karo ürünlerin üretiminde, ürünün



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

banтта yürümesi sırasında kırılmaların önüne geçmek amacıyla kurutma sonrası mukavemetinin 25 kg/cm² üzerinde olması istenmektedir. Hem standart hem de geliştirilen reçetelerin istenilen değerleri sağladığı görülmektedir. Yüksek değerler reçetelerde mukavemet sağlayan plastik killerin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmanın 2.aşamasında özellikle “black core” oluşumuna neden olan organik içeriği yüksek olan bu tür plastik killerin oranlarının düşürülmesi planlanmaktadır. Geliştirilen reçeteler, endüstriyel fırında 1195°C, 70dk’da pişirilerek su emme değerlerinin hem standart hem de yeni bünyelerde sifra yakın olduğu görülmektedir. Ancak, laboratuvar koşullarında 2cm kalınlığında preslenemeyen karoların boyut olarak da küçük olması su emme değerlerinin düşük olmasını sağlamıştır. Kalın ürünler endüstriyel boyutta simülasyonun boyutlar nedeni ile gerçekçi sonuçlar vermediği düşünülmektedir. Bu nedenle değişen Na₂O/K₂O oranlarına bağlı sinterlenme kinetiğindeki değişim optik dilatometre ile incelenmiştir.

3.2. Termal Özellikler (Thermal Properties)

Geliştirilen bünyelerin sinterlenme davranışları, Misura 3.32-ODHT-HSM 1600/80 marka ve model optik dilatometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. % 5-5,5 oranında nemlendirilerek hazırlanan granüller 15*5 mm boyutunda standart kalıpta 400 kg/cm² basınçta preslenmiştir. Sektördeki ortalama ısıtma hızı olan 50°C/dk ile 1250°C’ye kadar sürekli bir pişme periyodu uygulanan bünyelerin sinterleşme hızının maksimum olduğu tepe sıcaklığı tespit edilmiştir. Tespit edilen tepe sıcaklığına yakın sıcaklıklara endüstriyel fırın rejimi uygulanarak sinterleşme davranışları incelenmiş ve bünyelerin pişme aralıkları belirlenmiştir. YK2-1 ve YK2-2 kodlu standart bünyelerin sinterlenme hızının maksimum olduğu sıcaklık değeri sırasıyla 1202 ve 1217°C olarak tespit edilmiştir. Benzer oranlarda kil ve kaolen içeren reçetelerin temel farkı kullanılan feldispatların içerdiği alkali miktarı ve Na₂O/K₂O oranıdır. YK2-2 reçetesinde potasyum feldispatın artması sinterlenme sıcaklığının yükselmesine ve sinterlenmenin daha yüksek sıcaklıklara ötelenmesine neden olmaktadır. Geliştirilen K-1, K-2 ve K-3 reçetelerinde Na₂O/K₂O oranı sırasıyla yaklaşık %2,5, 3 ve %3,5 oranında çalışılmıştır. Bu üç reçetede değişen oranlara bağlı olarak sinterlenme hızının maksimum olduğu (flex) sıcaklık değerlerinin yaklaşık 1205°C olduğu görülmektedir. Ancak şekil 3.1’deki grafik incelendiğinde bu reçetelerde sinterlenmenin daha düşük sıcaklıklara doğru ötelenmediği görülmektedir. Grafikte, aynı sürede küçülmelerin arttığı dolayısı ile sinterlenme kinetiğinin arttığını söylemek mümkündür. Şekil 3.2’de standart ve geliştirilen bünyelerin sinterlenme davranışı 1210°C gibi sabit bir sıcaklıkta 10dk bekletilmek suretiyle incelenmiştir. K-1, K-2 ve K-3 bünyelerinde sinterlenmenin son aşamasına girilen 1210°C’de 10dk bekleme süresinde bünyelerin daha hızlı bir şekilde dengeye geldiği ve 10dk boyunca bu dengeyi korudukları gözlenmektedir. Geliştirilen reçetelerde toplam alkali miktarı ve dolayısı ile cam faz miktarı artırılmıştır. Camsı fazde en düşük viskozite değerinin yakalandığı Na₂O/K₂O oranındaki değişim ile camsı fazın en düşük viskozite değerini yakaladığı oranın 2,5 ve 3 olduğu gözlenmektedir. Standart reçetelerdeki potasyum feldispat içeriğinin azalması ve sodyumca zengin daha reaktif feldispatların kullanılması ile sinterlenme kinetiği artırılmıştır. Ayrıca feldispat 3 içeriğindeki magnezyum sayesinde yüksek sıcaklık viskozitesini düşürmede etkili olmaktadır. Porselen karo bünyelerin sinterlenmesi sırasında ilk eriyiğin oluşum sıcaklığı ve oluşan camsı fazı viskozitesi feldispatın çeşidine dolayısı ile alkali oranına bağlıdır. Ayrıca ergitici tipinin müllitin oluşumu ve kuvarsın çözünmesi üzerine etkisi büyüktür. Potasyum feldispat 990°C de periktik oluştururken, sodyum feldispat



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

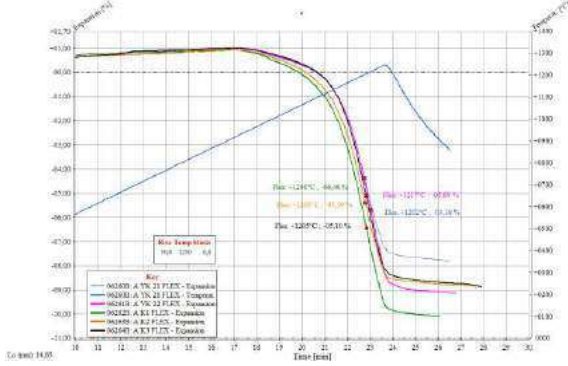
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

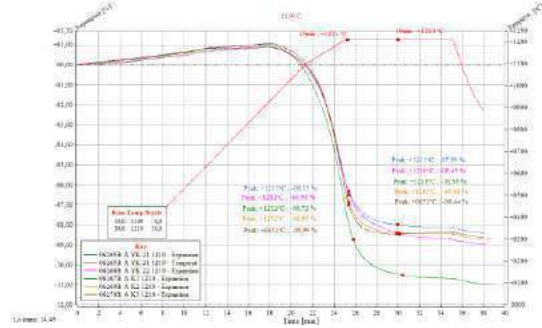
için ötektik sıcaklık 1050°C'dir. K-feldispat sistemlerindeki düşük sıcaklıkta eriyik oluşumu seramik bünyelerin pişirim sıcaklığını düşürmek için avantajlı olduğu yapılan çalışmada görülmektedir. Pişirim sıcaklıklarının düşürülmesi ve hızlı sinterlenme için yapılan çalışmalar, alternatif ergiticilerin kullanılması, alkali oksit oranlarının değiştirilmesi, plastik olmayan hammaddelerin ve çalışılan tane boyutunun düşürülmesi temeline dayanmaktadır. Ancak bütün bu çalışmalarda uygulandığı gibi camsı faz miktarının artırılması ve yüksek sıcaklık viskozitesinin düşürülmesi piroplastik deformasyon gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Sinterlenme sırasında önemli oranda sıvı faz oluşması nedeniyle piroplastik deformasyon riski taşıyan kompozisyonlara sahip olabilmektedir. Piroplastik deformasyon, pişirim sırasında bünyenin kendi ağırlığı altında deformasyon eğilimidir. Yüksek sıcaklıkta yumuşama sonucu meydana gelen anizotropik deformasyonların bağlı olduğu temel parametreler sıcaklık, kendi ağırlığı altında kalma süresi, hammadde-reçete kimyasal kompozisyonu, presleme sonrası bulk yoğunluk ve homojenliği, pişirim hızı gibi parametrelerdir. Geliştirilen bünyelerin piroplastik deformasyon davranışı optik fleximetre cihazı ile incelenmiştir. Şekil 3.3 'de bünyelerin standart bünyeler ile karşılaştırmalı olarak deformasyon davranışı incelenmektedir. Yaklaşık 1200°C'de 10dk bekletilmek suretiyle yapılan incelemede özellikle Na₂O/K₂O oranının 2,5 olan K-1 bünyesinin deformasyon miktarının ve kinetiğinin arttığı görülmektedir. Camsı faz miktarının artırıldığı ve viskozite değerlerinin düştüğü 3 reçetede de piroplastik deformasyon miktarı ve kinetiği artmıştır. Ancak K-2 bünyesinin bu anlamda standartta benzer özellikte olduğu görülmektedir. K-1 bünyesinde ise daha düşük sıcaklıkta deformasyon miktarının daha yüksek oranda gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 3.4'de verilen deformasyon eğrisi türevinden de geliştirilen bünyelerde deformasyon kinetiğinin arttığı görülmektedir. Camsı faz miktarı önemli oranda artan K-3 bünyesinin en yüksek deformasyon kinetiğine ve miktarına sahip olduğu ve endüstriyel kalın karo üretiminde kullanılmasının sorun yaratacağı düşünülmektedir. Bu anlamda K-2 reçetesinin benzer deformasyon miktarı ve kinetiği ile endüstriyel pişirim şartlarına uyum sağlayacağı düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

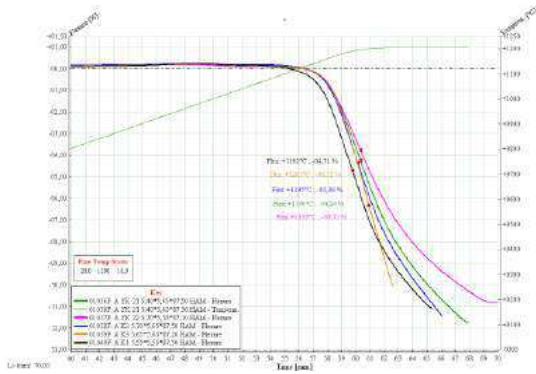
Yapılan çalışmalarda daha aktif ergitici özelliği olan (Na₂O ve MgO içeriği yüksek) feldispatların sinterlenme sırasında daha reaktif olduğu belirlenmiştir. Bu ve benzeri feldispatların yüksek sıcaklık viskozitesini düşürerek ürünün piroplastik deformasyonuna neden olduğu gözlenmiştir. Reaktif feldispatların yanında sinterlenme aralığını genişleten potasyum feldispat içeren feldispatların kullanılarak molce Na₂O/K₂O oranı 2,5-3 arasında çalışıldığında sinterlenme aralığının genişlediği ve piroplastik deformasyonun iyileştirildiği belirlenmiştir. Geliştirilen K-2 bünyesinde piroplastik deformasyon problemi yaşanmadan sinterlenme kinetiği artırılmıştır. Kalın karolarda bünye sinterlenme kinetiğini artırarak pişirim sürelerinin düşürülmesi öngörülebilir, ancak süre düşürmenin özellikle sinterlenme başlangıç aşamasındaki dekompozisyon gazlarının bünyeden uzaklaştırılmasının kalın karolarda zaman alması nedeni ile üretimde "black core" hatalarına neden olacağı bilinmektedir. Bu nedenle çalışmanın 2. aşamasında özellikle "black core" oluşumuna neden olan organik içeriği yüksek olan bu tür plastik killerin oranlarının düşürülmesi planlanmaktadır. Ayrıca diğer proses bileşenlerinin ve fırın atmosferinin hata oluşumuna etkisi incelenecektir.



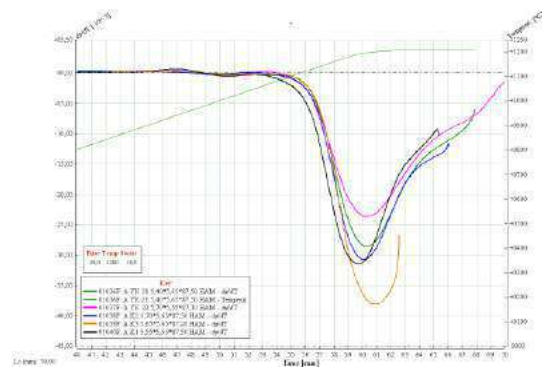
Şekil 3.1. Standart ve geliştirilen bünyelerin sürekli pişme periyodunda sinterlenme davranışı



Şekil 3.2. Standart ve geliştirilen bünyelerin 1210°C tepe sıcaklığında sinterlenme davranışının incelenmesi



Şekil 3.3. Standart ve geliştirilen bünyelerin 1200°C tepe sıcaklığında deformasyon davranışının incelenmesi



Şekil 3.4. Standart ve geliştirilen bünyelerin 1200°C tepe sıcaklığında deformasyon türev eğrisi

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] J.M.Martín, J.M. Rincón, M. Romero, Effect of microstructure on mechanical properties of porcelain stoneware, J.Eur.Ceram.Soc.30 (2010) 3063–3069.
- [2] E. Sánchez, J.Garcia-Ten, V.Sanz, A.Moreno, Porcelain tile: almost 30 years of steady scientific-technological evolution, Ceram.Int.36 (2010) 831–845.
- [3] V. Z. Abdrakhimov, Production of Ceramic Articles Using Wastes of Power Industry and Nonferrous Metallurgy [in Russian], Ust'-Kamenogorsk (1997).
- [4] V. F. Pavlov, Physicomechanical Principles of Firing of Construction Ceramic Articles [in Russian], Stroiizdat, Moscow (1977).
- [5] V. Z. Abdrakhimov t and E. C. Abdrakhimova, Formation of the black core in high-speed firing of floor tiles, Glass and Ceramics, Vol. 56, Nos. 7-8, 1999
- [6] M. Tarhan, "Porselen Karo Bünyelerinde Sinterleme Hızı-Kompozisyon İlişkisi", Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 2010.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

ALGAE AS DYESTUFF AND ITS ENVIRONMENTAL BENEFITS

Sumeyye YASAR ¹, Gulnaz KIMILDAR ², Tasnim ALMOULKI ^{3*}, Ebru AKKAYA ⁴, Mehmet Sinan BİLGİLİ ⁵,

Department of Environmental Engineering, Yıldız Technical University, Turkey

¹;14117017@std.yildiz.edu.tr, ²;14117021@std.yildiz.edu.tr, ³;14117902@std.yildiz.edu.tr, ⁴;
ekoca@yildiz.edu.tr, ⁵;mbilgili@yildiz.edu.tr

*Corresponding author; Tasnim ALMOULKI; E-Mail: 14117902@std.yildiz.edu.tr; Tel.:
+905469499034/+49 15750385711

ABSTRACT

Many types of dyestuff are used in different sectors, and wastewater from these sectors pose a risk to the receiving environment [1]. The synthetic dyestuff used affect the character of wastewater and the recycling process of obtained products, therefore natural dyestuffs are needed. Natural dyestuffs are considered as a sustainable, healthy alternative. However, studies are needed to increase the efficiency and variety of natural sources of dyestuff in order to be competitive with synthetic dyes.

Recently, studies on the production of dye from algae have begun, albeit in small numbers [2]. Algae, which can also be used in different wastewater treatments, provide dye-production potential with their pigments. Obtaining dye from Algae has advantages such as being unaffected by seasonal changes, sustainable, easy to produce and extract, able to remove carbon dioxide, release oxygen and many other advantages [3].

Algae which are a sustainable, renewable, natural resource with a high chlorophyll content, are able to color materials with the obtained dyestuff. Such natural alternative dyestuffs are needed to increase competitiveness in the dyestuff market and to reduce negative environmental effects caused by dyeing and coloring. The replacing of traditional, synthetic dyestuff with natural alternatives is a promising innovation that will contribute to the reduction of contamination caused by common oil-based pigments and dyestuff which usually harm the environment.

This paper aims to demonstrate the different possible applications and environmental benefits of algae-based pigments and dyestuff whether in ink and prints, textile, food dyes, and many more.

Key Words: Natural dyestuff, algae, pigment, sustainability, innovation.

1. INTRODUCTION

With the increase in the negative environmental effects brought by industrialization, the rapid depletion of existing resources, and the increase in awareness, studies on the effective use of resources and the search for renewable materials have accelerated in recent years. With new researches in many fields, alternative sources and methods are being investigated both for the effective use of resources and for reducing the impact on the environment.

One of the common environmental damages caused by numerous industries is the waste and contaminants resulted from the dyeing and coloring phases in production. It is expected that the effect on the environment will be reduced by reducing the treatment load of industrial wastewater containing synthetic dyestuffs that are difficult to treat, such as the textile industry, packaging, printing, food dyes etc. by using dyes obtained from algae with high biodegradability features.

It is possible to obtain dyes from algae due to high chlorophyll concentrations [2]. As the chlorophyll concentration increases, the color intensity also increases [4]. Furthermore, due to the high nutritional value of algae, biomass residues have the potential to be used in different fields (as animal feed or in the production of bioplastics, etc.). Studies on algae-based paints have started to be carried out worldwide. However, it has been observed that there are very limited studies in the literature. In addition, macroalgae were used in most of the studies. With the difference of algae species and the wide range of its colors, algae present high potential as a successful replacement of current, synthetic dyeing materials. Algae-based dyes have been experimented and applied to different fields such as printing inks, textile dyes, food dyes and many more.

The aim of this paper is to investigate natural dyestuffs from algae, and its environmental benefits which is a sustainable and renewable natural resource and has high chlorophyll content, instead of commonly used synthetic dyestuffs with toxic elements, and to study the areas of application of the algae-based dyestuff.

2. ORGANIC DYES AND THEIR ADVANTAGES

Biodegradable organic-dyestuff are safer to both humans and the environment. With the minimal use of chemicals, such dyes are easy to handle and involve no toxicity. Organic dyes are also renewable and cause minimal risks to the environment when compared with traditional, oil-based dyestuff containing various harmful chemicals where significant amounts of water are consumed in production, application, and treatment.

While meeting the needs of the relevant sectors, it is expected that the net carbon emission and ecological footprint of the dyeing process will be reduced significantly with ecological, sustainable, biological based algae dyestuff, and a significant contribution to bioeconomic development as well.

3. THE APPLICATION, AND ENVIRONMENTAL BENEFITS OF ALGAE-BASED DYESTUFF

The use of algae-based ink is growing day by day, it has already been used in several countries within different industries, the most well-known companies to completely rely on algae-based dyestuff in their dyeing/coloring processes are:

- Living ink technologies in the U.S. 2013, which was patented for the first algae-based ink, and later developed the idea of living ink in which algae grows on paper after several days to surprise people with their writings and messages with new creations [5].

- Blond and Bieber Algaemy was the first textile company in Germany 2015 to use algae dyes on clothes [6].
- Spira Inc., also in the U.S., is a leading company in safe food dyes extracted from the algae type spirulina [7].

The methods of making these products differ depending on the type of dyestuff required, but they are all considered very sustainable since the harvesting of algae depends only on sunlight, carbon dioxide, and little amounts of water when compared with the amounts of water used in other dye products, they also don't generate any secondary waste products. Therefore, algae have a negative carbon footprint and helps reduce the amount of CO₂ in the air and contaminants in water. Later on, thanks to the high concentrations of lipids in algae (generally, lipids in microalgae are in the range of 20%–50% of total biomass), they can serve as a successful substitute to oil-based chemicals usually used in dyeing and coloring. Algae has a broad range of species with a variety of colors such as the examples shown in Figure 1. These species can be classified according to their color as:

- Chlorophyceae (green algae),
- Rhodophyceae (red algae),
- Cyanophycean (blue green algae),
- Phaeophycean (brown algae).



Figure 1 Colors that can be obtained from some algae species [8].

Pigments classified as carotenoid or β -carotene, chlorophylls and phycobiliprotein in algae can be used for natural coloring in different industries.

The crude pigment is extracted from algae and purified and transformed into dye solutions to be used in the coloring/printing of desired products. The extraction method is economically viable, environmentally friendly, and does not pose any health hazards since it's natural and involves very few chemicals.

Figure 2 shows an example of blue food dyes made from algae pigments at Spira Inc. and have proved its safety and efficiency in its results.



Figure 2. A doughnut colored with blue algae-based food dyes [7].

The current industrial systems are posing serious risks to the environment with their use of harmful dye products. Whether in the production of dyes, transportation, consumption, or even disposal, the entire life cycle of synthetic dyes is very harmful for our health and the environment.

Algae based dyestuff has a great potential in creating a zero-waste cycle of elements that can serve the demands of various industries without harming the environment.

4. CONCLUSION

In recent years, significant interest has been developed in the commercial utilization of algae, based on their valuable bioactive compounds with applications in various industries like, food, cosmetic, Agri- and horticultural sectors and in human health.

By replacing existing synthetic dyestuffs with biodegradable algae-based natural dyestuff that absorb carbon dioxide through photosynthesis and release oxygen into the atmosphere instead of actually producing waste and contaminants hard to handle, the amount of pollution in many areas where dyestuffs are used can be reduced and the aims to build a greener, safer, sustainable environment can be better accomplished.

REFERENCES

- [1] Fazal et al., Bioremediation of textile wastewater and successive biodiesel production using microalgae, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018
- [2] Renita A., Davuluri D., “Extraction of dye from marine macroalgae.” International Journal of ChemTech Research, Vol.8, No.3, pp 1060-1063,2015
- [3] Kaur et al., “Microalgae: a Source of Natural Colours.” 2009
- [4] Durmaz, Y., Kilicli, M., Toker, Ö. S., Konar, N., Palabiyik, I., & Tamturk, F., “Using Spray -Dried Microalgae In Ice Cream Formulation as a Natural Colorant: Effect On Physicochemical And Functional Properties.” Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts, Vol.47, 2020.
- [5] Living Inc. <https://livingink.co/>
- [6] Blond and Bieber <https://www.blondandbieber.com/>
- [7] Spira Inc. <https://www.spirainc.com/>
- [8] The Magic is BAC- The Photosynthetic Life-Giving Pigment Content of BAC <http://themagicisbac.com/book/the-photosynthetic-lifegiving-pigment-content-of-bac/>



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

RF ENERJİ HASATLAMA İÇİN DOĞRULTUCU ANTEN TASARIMI VE ANALİZİ

Berşan Zeynep SÖDER ^{1*}

¹Berşan Zeynep SÖDER, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit
Üniversitesi, Türkiye
zeynepsoderr@gmail.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: zeynepsoderr@gmail.com ; Tel.: +90 541 615 7326

ÖZET

Bu çalışmada, ortamda mevcut olan ya da bir kaynaktan yayılan Radyo Frekansı (RF) sinyallerinin doğrultucu anten (Rectenna) tarafından toplayıp doğru akım ve gerilim (DC) elde eden RF enerji hasatlama sistemi geliştirilmiştir. RF enerji hasadı, kablosuz cihazlarda, sensörler gibi ZigBee teknolojisinin kullanıldığı uygulamalarda ve düşük güçlü devrelerde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Temel olarak, kablolu veya otonom olmayan güç kaynaklarına olan bağımlılığını azaltmak ve sürekli bir enerji kaynağı oluşturma amacıyla kullanılmaktadır. RF enerji hasatlama sistemi temel olarak anten ve yüksek verimli doğrultucu devresi olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Birinci bileşen RF sinyallerini toplarken ikinci bileşen antende toplanan RF enerjinin DC enerjiye dönüştürülerek verimli bir RF enerji hasadı gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Hasatlamanın istenilen frekanslarda gerçekleştirilmesi için, empedans uyumlandırma devresi kullanılmıştır. RF enerji hasatlama devresinin empedans uyumlandırma aşaması, antenin doğrultucu devresine maksimum gücü aktarması için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada öncelikle RF enerji hasatlayıcı devreler için mikroşerit yama anten, empedans uyumlandırma ve doğrultucu devre tasarımları yapılmıştır. Son olarak Ansoft – HFSS (Yüksek Frekans Yapı Benzetimi) yazılım paketinden gerçekleştirilen mikroşerit yama anten modeli ve benzetim sonuçları verilmiştir. Doğrultucu olarak literatürdeki en çok kullanılan enerji hasatlama devrelerinden olan Greinacher devreleri kullanılmıştır. Tasarlanan doğrultucu devrenin performansı literatürdeki çalışmalarla kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Greinacher doğrultucu devre tasarımı ile düşük empedans seçiminde veriminin daha yüksek, yüksek empedans seçiminde ise çıkış geriliminin arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyo Frekansı, enerji hasatlama, doğrultucu, empedans uyumlama, kablosuz güç aktarımı



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**DESIGN AND ANALYSIS OF RECTIFIER ANTENNA FOR RF ENERGY
HARVESTING**

ABSTRACT

In this study, a RF energy harvesting system was developed that collects radio frequency (RF) signals by a rectifier antenna (Rectenna) and obtains direct current and voltage (DC). RF energy harvesting can be used in applications where wireless devices use ZigBee technology, such as sensors, and to reduce the dependence of low-power circuits on wired or non-autonomous power sources and to create a continuous energy source. RF energy harvesting system mainly consists of two components, antenna and high efficiency rectifier circuit. The first component collects RF signals, while the second component converts the RF energy collected in the antenna into DC energy, ensuring an efficient RF energy harvest. Impedance matching circuit was used to perform harvesting at the desired frequencies. The impedance alignment stage of the RF energy harvesting circuit is of great importance for the antenna to transfer maximum power to the rectifier circuit. In this study, microstrip patch antenna, impedance adjustment and rectifier circuit designs were made for RF energy harvesting circuits. Finally, the microstrip patch antenna model and simulation results from the ansoft – HFSS (high frequency structure simulation) software package were given. As a rectifier, Greinacher circuits, which are one of the most used energy harvesting circuits in the literature, were used. According to the results obtained, Greinacher rectifier circuit design showed that its efficiency was higher in low impedance selection and the output voltage increased in high impedance selection.

Key Words: Radio Frequency, energy harvesting, rectifier, impedance matching, wireless power transfer

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji hasatlama; RF (Radyo Frekansı), güneş, rüzgâr, titreşim gibi farklı kaynaklardan elde edilen enerjinin toplanması sürecidir. Önerilen çalışmada RF enerji kaynağı kullanılacaktır. Günümüzde, çok farklı frekansta elektromanyetik (EM) dalgalar ortamda sürekli olarak bulunmaktadır. Bu da EM dalgaların neredeyse her an her ortamda bulunduğu anlamına gelmektedir [1]. Enerji hasatlama; hem kullanım ömrü sınırlı ona batarya ve benzeri kaynaklara olan ihtiyacı azalacaktır, hem de ve bakımı kolay, ömrü uzun ve depolama gerektirmeyen yeni bir enerji kaynağı sağlayacaktır [4]. Enerji hasatlama sistemleri, günümüzde yeni bir enerji kaynağı olarak adlandırılmakta ve ortamda bulunan mevcut elektromanyetik enerjinin kullanılmasını hedeflemektedir [2]. Ortamda mevcut olarak bulunan bu RF güçler, çeşitli elektronik devre ve cihaz uygulamalarında kullanılmak üzere enerji toplayıcı devrelerce alınır, doğrultularak doğru akım ve gerilim (DC) elde edilir. İhtiyaç olan enerjiyi, ortamdaki RF sinyal kaynaklarından temin etme işlemine RF Enerji Hasatlama (RF Energy Harvesting) adı verilmektedir [3]. Ortamda bulunan EM sinyallerden; GSM, 3G ve Wi-Fi bunlardan en bilinenleridir. Türüne göre bu sinyaller 0.01 mW ile 0.1 mW arasında güç taşımaktadır. Literatüre bakıldığında RF enerji hasatlama işleminde varılmak istenen nokta daha geniş frekans bandını kapsayan ve aldığı sinyalin gücünü daha yüksek bir verimle DC yüke aktaran böyle doğrultucu devreler tasarlamaktır [1]. Bu çalışmada ise düşük güç tüketimine sahip cihazlara yönelik 2.4GHz frekansında çalışan L uyumlandırılmış Greinacher Doğrultucu devre tasarımı önerilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Deneysel çalışmada, ilk olarak farklı enerji hasatlama teknikleri karşılaştırılmıştır. Ardından enerji hasatlama devrelerini istenilen frekanslarda çalıştırılması için, alıcı devrelerin girişlerine empedans uyumlandırma teknikleri uygulanmıştır. Empedans uyumlandırma devresinden sonra doğrultucu devreleri tasarlanarak RF gücünün DC'ye dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir. 2.45 GHz'den gelen sinyalleri toplamak için mikroşerit yama anteni tasarlanmıştır. Antenin ve RF-DC devresinin empedansı, uygun güç aktarımını sağlamak için eşleşen bir ağ devresi ile eşleştirilmiştir. Doğrultucu anten (Rectenna) olarak bilinen bu sistemlerde tasarımları yapılan uygun frekanslardaki enerji verimi yüksek bir doğrultucu devre kullanılarak doğrultmaktadır. Tasarım, ADS (Advanced Design Systems) 2021 üzerinden simülasyon olarak gerçekleştirilmiştir.

2.1 Alternatif Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması (Comparison Of Alternative Energy Sources)

Enerji hasatlama işlemi sensörler gibi düşük güç tüketen sistemler için sürekli bir enerji kaynağı oluşturma amacıyla kullanılmaktadır. Sürekli bir enerji kaynağı oluşturma düşüncesi beraberinde yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji hasatlama düşüncesini de getirmiştir. Belli bir kaynaktan alınan enerji, düşük güç tüketen sistemlerin kullanabileceği enerjiye dönüştürülerek kullanılan cihazın ihtiyaç duyduğu enerjiye bağlı olarak RF enerjinin yanı sıra fotovoltaik, piezoelektrik, termoelektrik gibi alternatif teknikler ile enerji hasatlama uygulamaları da mevcuttur [5].

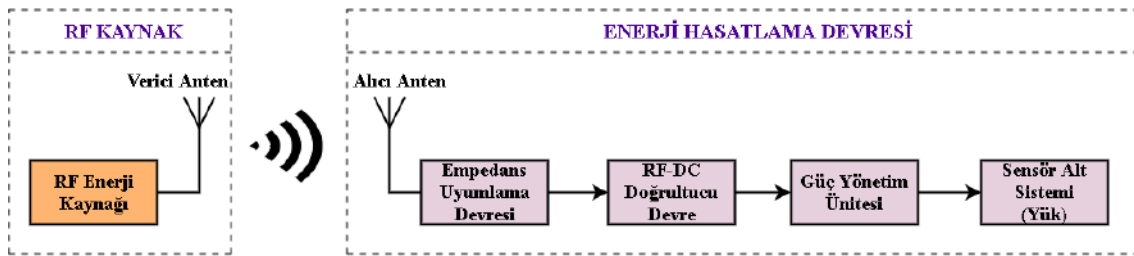
Tablo 1: Alternatif Enerji Kaynakları

Hasatlama Tekniği	Enerji Kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
Fotovoltaik	Güneş	<ul style="list-style-type: none"> Güç yoğunluğu yüksek 	<ul style="list-style-type: none"> Sürekli değildir Kontrol edilemez
Piezoelektrik	Titreşim	<ul style="list-style-type: none"> Verim fazla 	<ul style="list-style-type: none"> Ortamda titreşim olmalı
Termoelektrik	Termal	<ul style="list-style-type: none"> Güç yoğunluğu yüksek 	<ul style="list-style-type: none"> Fazla ısı yoğunluğu Sürekli değildir
RFEH (Radyo Frekanslı ile Enerji Hasadı)	Radyo Frekans	<ul style="list-style-type: none"> Her ortamda mevcut Sürekli 	<ul style="list-style-type: none"> Düşük güç yoğunluğu

Tablo 1’de dört farklı enerji hasatlama tekniği karşılaştırılmıştır. Radyo Frekanslı ile enerji hasadına bakıldığında, RF enerji kaynağının her ortamda mevcut olması ve bu sebeple sürekliliğinin fazla olmasından dolayı seçim sebebi olmuştur. Günlük yaşantımızda çevremizde bulunan ve kablosuz çalışan her türlü cihazın yaydığı RF sinyaller, enerji hasatlama uygulamaları için bir kaynak olarak düşünölebilmektedir [6].

2.2 Tasarım ve Değerlendirme (Design and Evaluation)

Ortamda mevcut olarak bulunan RF enerji, çeşitli elektronik devre ve cihaz uygulamalarında kullanılmak üzere enerji toplayıcı devrelerce alınır, doğrultularak doğru akım ve gerilim elde edilmektedir.



Şekil 1: RF Enerji Hasatlama Blok Diyagramı

Şekil 1’de RF enerji hasatlama sistemine ait blok diyagramı yer almaktadır. RF enerjisi, alıcı anten tarafından toplanarak empedans uyumlandırması devresine aktarılmaktadır. Deneysel çalışmada, anten ve çevresinde empedans uyumsuzluğundan kaynaklanan kayıp ve yansımaları en aza indirecek L empedans uyumlandırma tekniği kullanılmıştır. Empedans uyumlandırma frekansa göre yapılmıştır. Empedans uyumlandırmanın ardından RF enerjisi doğrultucu devre sayesinde doğru akım ve gerilime dönüştürölmüştür. Enerji hasatlamada en çok kullanılan Greinacher doğrultucu devreleri kullanılmıştır.

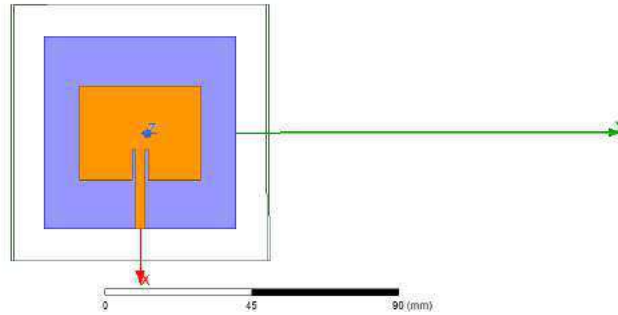
2.2.1 Mikroşerit Yama Anten (Microstrip Patch Antenna)

Anten, RF enerjisi toplayan pasif elemandır. Rectennalarda genellikle mikroşerit yama antenler kullanılmakta olup, Mikroşerit yama anten, dielektrik malzeme üzerine farklı geometrik şekiller kazınarak elde edilir. Dielektrik malzemenin alt yüzeyi genellikle bakır malzeme ile kaplıdır. Bu yüzeye toprak yüzeyi denir [7]. Elektromanyetik sinyaller, bir yerden bir yere koaksiyel kablolar, dalga kılavuzları ve mikroşerit iletim hatları ile taşınmaktadır.

$$W = \frac{1}{2fr\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Denklem (1)'de dikdörtgenel mikroşerit antenin yama genişliği (W) hesaplaması yer almaktadır. Denklemde yer alan c ışık hızı, f_r rezonans frekansı, ϵ_0 boşluğun dielektrik sabiti ve μ_0 boşluğun manyetik geçirgenliği anlamına gelmektedir. Dikdörtgen yamanın gerçek uzunluğu olan L ise (2) denklemiyle hesaplanmıştır.

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

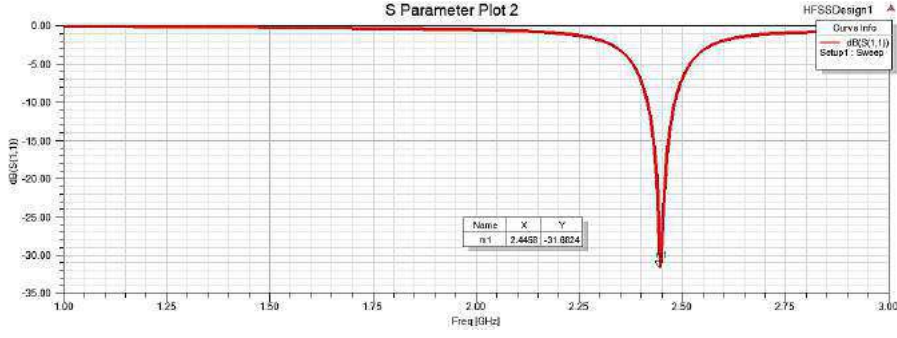


Şekil 2: 2.4GHz Mikroşerit Yama Anten

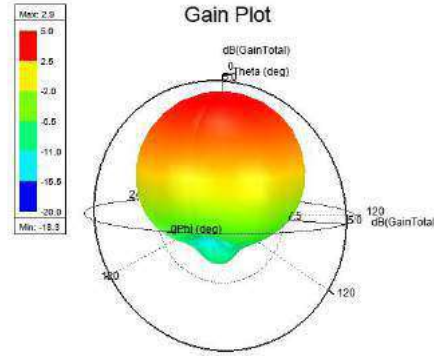
Şekil 2'de gösterildiği gibi, 2.4 GHz frekans bandında RF enerjisini yakalamak için Inset beslemeli E şeklinde bir mikroşerit yama anteni tasarlanmıştır. Anten tasarımı HFSS benzetim programı kullanılarak yapılmıştır. Önerilen tasarım için dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4,3$ ve kayıp tanjantı $\tan\delta = 0.025$ olan FR4 Epoxy taban malzemesi kullanılmıştır.

Tablo 2: Mikroşerit Yama Anten Parametreleri

Parametre	Boyut (mm)	
	Genişlik	Uzunluk
Yama	38 mm	28.57 mm
E-Slot	5 mm	9.5 mm
Besleme Hattı	3 mm	30 mm
Toprak	60 mm	60 mm



Şekil 3: 2.4GHz Mikroşerit Yama Anten |S11| Parametre Grafiği



Şekil 4: Mikroşerit Yama Anten Kazanç Analizi

Şekil 3'te tasarlanan 2.4GHz mikroşerit yama antenin S parametre grafiği çizdirilerek analiz edilmiştir. Grafiğe bakıldığında 2.44 GHz frekansında yaklaşık - 31.6 dB geri dönüş kaybına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4'te tasarlanan antenin kazanç analizini gösterilmiştir. Anten kazancının 2.9 dBi olduğu gözlemlenmektedir.

2.2.2 Empedans Uyumlama (Impedance Matching)

Enerji hasatlama sistemlerinin en önemli şartlarından biri ortamdan alınan gücün, anten tarafından doğrultucu devreye yüksek verimli bir şekilde aktarmaktır. Yüksek verimde gücün aktarılması, enerji kaynağının empedansı ile yük empedansı arasındaki ilişkiye bağlıdır [8]. Empedans uyumlandırma devreleri, hangi frekansta elektromanyetik dalga DC'ye dönüştürülecekse o frekansa göre yapılmalıdır [1]. Empedans uyumsuzluğu durumunda, diyotun doğrusal olmayan çalışma karakteristiği sebebiyle yansıma meydana gelebilmektedir. Bu durumda yükten yansıyan sinyalin yüke gelen sinyale oranı olan yansıma katsayısı Denklem (3) ile ifade edilmektedir.

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_f} \sim \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (3)$$

Karakteristik empedansı, hattın herhangi bir yerindeki elektrik alan şiddetinin manyetik alan şiddetine oranıdır ve “ Z_0 ” ile temsil edilmektedir. Denklem (4)’de karakteristik empedansın yayılma sabiti ile olan ilişkisi yer almaktadır. Karakteristik empedans frekansın bir fonksiyonu olarak verilmiştir dolayısıyla frekans değıştikçe karakteristik empedans değeri de değışmektedir [9].

$$Z_0 = \frac{R + j\omega L}{\gamma} = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}} \quad (4)$$

Yapılan çalışmada, karakteristik empedans 50Ω olarak alınmıştır. Empedans uyumlandırma aşamasında güç kaybı oluşmaması için kayıpsız elemanlar olan endüktans ve kapasitans kullanılmıştır. L tipi empedans uyumlama devresi, alıcı anten ile RF-DC doğrultucu devresi arasında eşleşecek şekilde tasarlanmıştır. L uyumlandırma tekniğinde suseptans (B) ve reaktans (X) değeri (5) ve (6) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$B = \pm \frac{1}{Z_0} \sqrt{\frac{Z_0 - Z_L}{R_L}} \quad (5)$$

$$X = \pm \sqrt{R_L(Z_0 - R_L)} - X_L \quad (6)$$

Suseptans (B) ve reaktans (X) değeri hesaplandıktan sonra bu değeri kullanarak kapasitans (C) ve endüktans (L) değeri (7) ve (8) numaralı denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C = \frac{b}{2\pi f_1 Z_0} \quad (7)$$

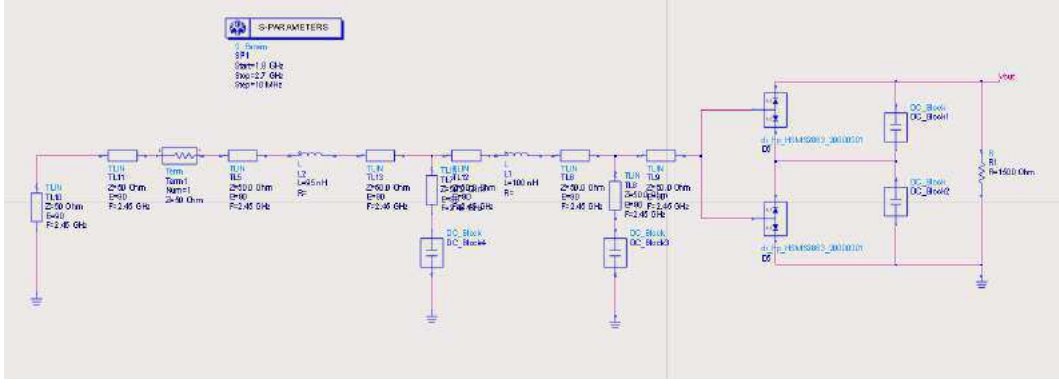
$$L = \frac{xZ_0}{2\pi f_1} \quad (8)$$

2.2.3 Doğrultucu (Rectifier)

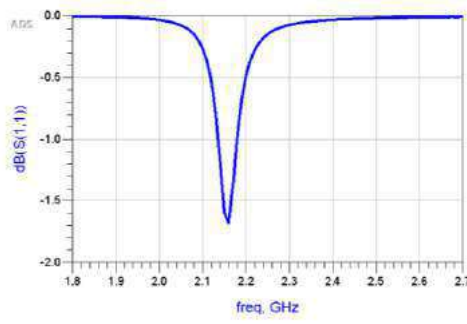
RF enerji hasatlama işleminin en önemli parçasından biri doğrultucu devredir. RF enerji hasatlamada kullanılan doğrultucu devreler, alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) çevirmeyi amaçlamaktadır.[10]. Literatürde, ortamdaki RF enerji hasatlamak için pek çok devre önerilmiştir [2]. Bu çalışmada, Greinacher doğrultucu devreleri tasarlanmıştır. RF enerjisi düşük güç alanlarından olduğundan, bu bölgedeki sinyallerin tepe voltajı doğrultucu diyotun açılma geriliminden çok daha düşüktür. Bundan dolayı çok düşük voltaj gerilimi ve yüksek anahtarlama hızı gereklidir [11]. Doğrultucu devre tasarımında, düşük ileri gerilim ve yüksek anahtarlama hızı sunduğundan HSMS-2863 Schottky diyot kullanılmıştır.

Tablo 3: HSMS-2863 Diyot Parametreleri

Seri Direnç (RS)	6 Ω
Eklem Kapasitansı (Cj)	0.18 pF
Doyum Akımı (Ib)	1x10 ⁻⁵ A
Besleme Akımı (IS)	5x10 ⁻⁸ A



Şekil 5: Önerilen Greinacher Doğrultucu Devresi



Şekil 6: Tasarlanan Greinacher Doğrultucu Devre |S11| Parametre Grafiği

Şekil 5'te tasarlanan Greinacher RF doğrultucu devrenin geri dönüş kaybını gösteren |S11| parametreleri grafiği Şekil 6'da gösterilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Tablo 4'te, yapılan mikroşerit yama anten tasarımından elde edilen benzetim sonuçları ve literatür karşılaştırılması yer almaktadır. Yapılan karşılaştırmaya göre |S11| parametresinin çalışmalara göre fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4: Literatür Taraması Sonucu Elde Edilen Veriler

Parametre	Yapılan Çalışma	Mehmet Ali Belen, 2018	K. L. Narayana, P. Rajani, 2016
Frekans	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
S-Parametresi	-31.6 dB	-16.1 dB	-18.2 dB

Yapılan çalışmada, geri dönüş kaybının -10dB den daha az olduğu ve bu değerın kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Literatürde yapılan araştırmaya göre, mikroşerit yama anten |S11| parametresi için yeterli sınırın -10 dB olduğu ve geri dönüş kaybının $0 \leq |S11| \leq -\infty$ arası değer alabileceği gözlemlenmiştir [12]. Doğrultucu devre girişine uygulanan L uyumlandırma tekniği ile devrenin 2.4GHz frekansında çalışması hedeflenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, devrenin yaklaşık 2.2 GHz frekansında çalıştığı gözlemlenmiştir. İleride yapılacak

çalışmalarda geri dönüş kaybı için çeşitli empedans uyumlandırma teknikleri kullanılarak iyileştirme yapılacaktır. Bu sayede devreye farklı frekanslardaki sinyal girişlerinde meydana gelen yansıma giderilerek geri dönüş kaybının azaltılmış olacaktır.

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmada, düşük güç tüketen cihazlar için kullanılan RF enerji hasatlama tekniği tanıtılmıştır. RF enerji hasatlama için önerilen 2.4GHz frekansında çalışması öngörülen mikroşerit yama anten ve doğrultucu devre tasarımı yapılarak analiz edilmiştir. Rectenna (doğrultucu anten) tasarımı, HFSS ve ADS benzetim programları kullanılarak yapılmıştır. İleriki aşamada yapılan anten ve doğrultucu devre tasarımları iyileştirilerek ortamda bulunan ISM elektromanyetik dalgalarından DC gerilim elde edilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ö. KASAR, “Geniş Bantlı Enerji Hasatlama Devrelerinin Tasarımı ve Gerçeklenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,” 2019.
- [2] M. A. BELEN, “RF Enerji Hasatlama Sistemleri İçin Çift Bandlı Greinacher Doğrultucu Devre Tasarımı,” *Mühendislik Bilim. ve Tasarım Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 348–353, 2018, doi: 10.21923/jesd.396269.
- [3] A. A. G. Amer, S. Z. Sapuan, N. Nasimuddin, A. Alphones, and N. B. Zinal, “A comprehensive review of metasurface structures suitable for RF energy harvesting,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 76433–76452, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2989516.
- [4] Ö. Kasar, M. Gözel, and mesud kahrıman, “Geniş Bantlı Wilkinson Güç Birleştiricilerle DVB-T, GSM-900, GSM-1800 ve ISM Bantlarında RF Enerji Hasatlama Uygulaması,” no. November, pp. 43–46, 2018.
- [5] A. E. N. Elvin, “Advances in energy harvesting methods,” *Springer Sci. Bus. Media*, 2013.
- [6] Mahmut Ahmet GÖZEL, “RF Enerji Hasatlama Devreleri İçin Verimi Arttırılmış Doğrultucu Topoloji Tasarımı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,” 2020.
- [7] Hüseyin Nuri GÜLMEZ, “Rf Enerji Hasatlayıcı Rectenna Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,” pp. 99–117, 2014.
- [8] A. B. YILDIZ, “Maksimum Güç Transferi İçin L Tipi Empedans Uyumlaştırma Devrelerinin Belirlenmesi Ali Bekir YILDIZ,” pp. 97–101.
- [9] Ömer KASAR, “Dikdörtgen ve Dairesel Yama Antenler Üzerinde Reel Empedans Uyumlandırma Tekniklerinin Nümerik Ve Deneysel Yöntemlerle İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,” 2015.
- [10] T. L. Boylestad, Floyd, “Electronic devices and circuit theory (Vol. 11), Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ.,” pp. 1–6, 2012.
- [11] S. Agrawal, S. Pandey, J. Singh, and P. N. Kondekar, “An Efficient RF Energy Harvester with Tuned Matching Circuit,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 382 CCIS, pp. 138–145, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-42024-5_17.
- [12] K. Kumar, G., Ray, “Planar microwave engineering, a practical guide to theory, measurement, and circuits (Vol. 1),” *Broadband microstrip antennas, Artech House.*, 2002.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

**AKILLI FABRİKALARDAKİ BAKIM, ONARIM VE MÜHENDİSLİK
EĞİTİMİNE KATKI SAĞLAMAK AMACIYLA ANDROİD TABANLI
ARTIRILMIŞ VE SANAL GERÇEKLIK UYGULAMASININ
GELİŞTİRİLMESİ**

Cağlar GURKAN ^{1,*}, Merih PALANDOKEN ^{2,3}

¹Cağlar GURKAN, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye

cağlar.gurkan@outlook.com

²Merih PALANDOKEN, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye

merih.palandoken@ikcu.edu.tr

³Merih PALANDOKEN, Yapay Zeka ve Veri Bilimi Araştırma Merkezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye

* Cağlar Gurkan; E-Mail: cağlar.gurkan@outlook.com; Tel.: +90-537-977-0342

ÖZET

Akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0 dijital dönüşümü ile birlikte ortaya çıkan bir terimdir. Akıllı fabrikalar içerisinde artırılmış ve sanal gerçeklik de dahil olmak üzere birçok teknolojik bileşeni bulundurmaktadır. Bu bağlamda akademik ve sektörel eğilimler bu teknolojik bileşenler çevresinde şekillenmektedir. Artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının popülerliği gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada ise akıllı fabrikalardaki bakım, onarım ve mühendislik eğitime katkı sağlamak amacıyla Android tabanlı artırılmış ve sanal gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Mobil uygulama Java programlama dili kullanılarak Android Studio tümleşik geliştirme ortamında oluşturulmuştur. Bulut bilişim olarak ise Firebase depolama özelliği kullanılmıştır. Sonuç olarak artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, Android ve bulut bilişim teknolojilerinin kullanımı ile endüstrideki dijital dönüşüme katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, android, bakım, onarım



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

DEVELOPMENT OF ANDROID-BASED AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY APPLICATION WITH THE PURPOSE OF CONTRIBUTION TO MAINTENANCE, REPAIR AND ENGINEERING EDUCATION IN SMART FACTORIES

ABSTRACT

Smart factories are a term emerging with Industry 4.0 digital transformation. Smart factories consist of many technological components, including augmented and virtual reality. In this context, academic and sectoral trends are developing around these technological components. The popularity of augmented and virtual reality applications is increasing day by day. In this study, Android-based augmented and virtual reality application has been developed to contribution to the maintenance, repair and engineering education in smart factories. The mobile application has been created in Android Studio integrated development environment using Java programming language. The Firebase storage component has been used as cloud computing. As a result, with the use of augmented reality, virtual reality, Android, and cloud computing technologies have been contributed to the digital transformation in the industry.

Key Words: Augmented reality, virtual reality, android, maintenance, repair

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstri tanımı bugüne kadar birçok defa değişiklik ve gelişim yaşamış bir araştırma konusudur. Endüstride üretim aşamalarında kullanılan yöntemler her geçen gün gelişim ve değişim göstermektedir. Günümüze gelene kadar Dünya’da toplam üç adet endüstri devrimi yaşanmıştır [1]. Birinci endüstri devrimi (Endüstri 1.0), İngiltere’de buhar makinelerinin kullanıma alınması, tekstil sektöründeki üretim verimliliğinin artması ve demirin üretimi ile başlamış ve 19. yüzyılın ortalarına kadar devam etmiştir. İkinci endüstri devrimi (Endüstri 2.0) ise demiryollarının daha aktif olarak kullanılması, ülkeler arası ticaretin ve hammadde alışverişinin daha sürdürülebilir kılınması ile birlikte başlamıştır. İkinci endüstri devrimi aynı zamanda teknoloji devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Ayrıca Endüstri 2.0 seri üretime geçiş sürecini pozitif yönde ivmelendirmiş ve elektrik enerjisinden daha fazla faydalanılmasına olanak sağlamıştır. Üçüncü endüstri devrimi ise üretim süreçlerindeki analogtan dijital geçişi sağlamıştır [1-4]. Bu endüstri devrimi ile birlikte haberleşme teknolojileri ve üretimdeki otomasyon değeri kazanmıştır [5]. Ayrıca yine üçüncü endüstri devriminde yazılım ciddi ölçüde önem kazanmış ve ilerleme kaydetmiştir. İçerisinde bulunduğumuz endüstri devrimi ise Endüstri 4.0 olarak isimlendirilmektedir. Endüstri 4.0 terimi “2011 Hannover Fuarı” etkinliğinde Almanlar tarafından öne sürülmüştür [6-8].

Endüstri 4.0 devriminin öncelikli amacı, ileri teknolojilerin kullanıldığı endüstriyel otomasyona ve daha yüksek seviyelerdeki üretkenliğe ulaşmaktır. Endüstri 4.0, nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi ile birlikte akıllı fabrikaların kurulmasını ve günümüzde popüler hale gelmesini sağlamıştır. Geçen süre zarfı içerisinde gelişim göstermesi ve öğrenme yetisine sahip olmasından dolayı akıllı fabrikalar ‘Öğrenen Fabrikalar’ veya 24 saat boyunca üretime devam etmesi nedeni ile ‘Karanlık Fabrikalar’ olarak da adlandırılmaktadır. Akıllı fabrikalar üretim süreçlerini kolaylaştırır, sürdürülebilirliği ve karlılığı artırır [9]. Akıllı fabrikalarda kullanılan sensörler ve makineler bilgi transferi metodolojisine dayanan bir sistem altyapısı mimarisine sahiptir. Böylelikle akıllı fabrika bileşenleri karar verme süreçlerine dahil olabilmektedir. Sonuç olarak ise, akıllı fabrikalar endüstrideki dijital dönüşüme katkı sağlayan en önemli unsur olarak işaret edilmektedir [5]. Akıllı fabrikaların genel uygulama ve teknoloji katmanları; siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti (IoT), eklemeli üretim yani 3B baskı, siber güvenlik, otonom robotlar, sistem entegrasyonu, simülasyon, büyük veri, veri analitiği, yapay zeka, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) şeklindedir [6].

İş süreçlerini takip etmeyi, maliyet avantajı ve zaman kazancına ek olarak risk yönetimi yapılabilmesini sağlayan en önemli teknolojilerden biri simülasyondur [10]. Simülasyon teknolojileri ile modelin benzeri sanal bir ortamda oluşturulmaktadır [11]. Böylelikle en aza hata ile maksimum üretim performansı sağlanmaktadır [9]. Simülasyon çıktıları AR ve VR teknolojileri ile desteklenen uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. AR teknolojisi öncelikle oyun temelli araştırmalarda kullanılmıştır. Sonrasında dijital dönüşümle beraber endüstride de kullanılmaya başlanmıştır. AR teknolojisinin endüstrideki en yoğun kullanımı ise bakım ve onarıma ek olarak mühendislik eğitimidir. AR ile sanal olarak paneller yardımıyla fiziksel makinelere birtakım işlemler uygulanabilmektedir. VR ise çeşitli 3B modelleme programlarının kullanımıyla elde edilen çıktılarla veya 360° panoramik kamera görüntüleriyle geliştirilen bir teknolojidir. VR, kullanıcılarına sanal bir ortamın gerçekmiş gibi bir his vermesi ile sonuçlanan yazılım (3B benzetim tasarımları) ve donanım (VR gözlükleri) bütünlük sistemidir.

Bu çalışmada, akıllı fabrikalardaki bakım, onarım ve mühendislik eğitimine katkı sağlamak amacıyla AR ve VR teknolojileri desteklenen Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. AR modellerin geliştirilen mobil uygulamaya yüklenmesi aşamasında Firebase depolama özelliği kullanılmıştır. VR modellerin yüklenmesi ise geliştirilen mobil uygulamaya ait klasör içerisinde oluşturulan ayrı bir dosya ile sağlanmıştır. Sonuç olarak uçtan uca Android tabanlı AR ve VR uygulaması geliştirilmiştir.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir; 2. bölümde literatürdeki benzer çalışmalar özetlenmiştir, 3. bölümde kullanılan yöntemler aktarılmıştır, 4. Bölümde elde edilen bulgular gösterilmiş ve yorumlanmıştır, 5. bölümde ise çalışma hakkındaki son bilgiler ve yapılacak gelecek çalışmalar aktarılmıştır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR (RELATED WORKS)

AR ve VR teknolojileri çerçevesindeki literatürdeki benzer bazı çalışmalar bu bölümde aktarılmıştır.

Damiani ve ark. [12], ürün tasarımı, ürünün aktarımı ve taşınımı, üretim aşamalarının kontrolü ve güvenlik problemleri açısından AR ve VR teknolojilerinin endüstrideki uygulama alanlarına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Segura ve ark. [13], görsel içerikler çerçevesinde oluşturulan bilgi-işlem teknolojilerinin çalışan personelin iş kapasitesini ve yeterliliğini artırdığını belirtmişlerdir. Ek olarak, AR teknolojisinin insan makine etkileşiminde etkin bir rol oynadığını da yapmış oldukları araştırma ile birlikte göstermişlerdir. Park ve ark. [14], gerçek ve sanal dünyanın birlikte deneyimlemenin kritik bir araştırma konusu olduğunu söylemişlerdir. Bu nedenle Android ve IOS tabanlı AR ve VR uygulamalarının her geçen gün popülerleşmesinin mümkün olduğunu da belirtmişlerdir.

3. YÖNTEM (METHOD)

AR ve VR modellerinin oluşturulması ve Android tabanlı mobil uygulamanın geliştirilmesi için çalışmada kullanılan yöntemler bu bölümde sunulmuştur. Mobil uygulama Java programlama dilinde Android Studio tümleşik geliştirme ortamında (IDE) oluşturulmuştur.

AR modellerinin oluşturulması için izlenen yöntemler aşağıda özetlenmiştir:

Google Poly ve GrabCAD gibi açık kaynak 3B çizim paylaşım platformlarından elde edilen hazır modellere ek olarak SolidWorks ve CST Microwave Studio gibi programların kullanımı ile oluşturulan 3B çizimler bu çalışmada kullanılmıştır. Tüm bu 3B çizimler SketchUp programını kullanımı ile renklendirilmiş ve yeniden boyutlandırılmıştır. Elde edilen 3B modeller '.glb' uzantısı ile birlikte kaydedilmiştir. Sonrasında ise tüm bu modeller Firebase depolama alanına yüklenmiştir. Uygulamanın Android tarafında ise ARCore kütüphanesi kullanılmıştır. Son olarak ise, Firebase depolama alanından AR modellerinin mobil uygulamaya yüklenmesi aşamasında veritabanı sorgulama yöntemleri kullanılmıştır.

VR modellerinin oluşturulması için izlenen yöntemler aşağıda özetlenmiştir:

360° panoramik çekim özelliğine sahip kameranın kullanımı ile görseller elde edilmiştir. Bu görseller geliştirilen mobil uygulamaya ait klasör içerisinde oluşturulan yardımcı bir dosya ile çalışmaya dahil edilmiştir. Sonrasında Google VR yazılım geliştirme kiti (SDK) kullanılarak nihai algoritma oluşturulmuştur.

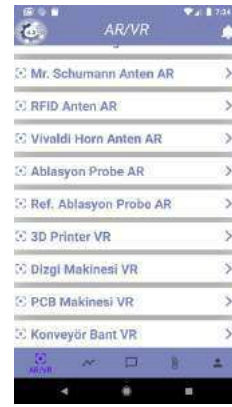
4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Çalışmada elde edilen çıktılar bu bölümde aktarılmıştır.

Şekil 1 (a) ve Şekil 1 (b)'de gösterildiği gibi CardView yapısı ScrollView içerisinde kullanılmıştır. Oluşturulan CardView yapıları ilgili AR ve VR modellere ait bilgiyi içermektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. (a) ve (b) AR/VR modelleri için Android kullanıcı arayüzünde oluşturulan tasarım. ((a) and (b) Design created in Android user interface for AR/VR models.)

Şekil 2 (a) ve (b)'de ise çalışmaya dahil edilen AR modellerinden bazıları olan Arduino ve SMA konnektöre ait çıktılar gösterilmiştir.



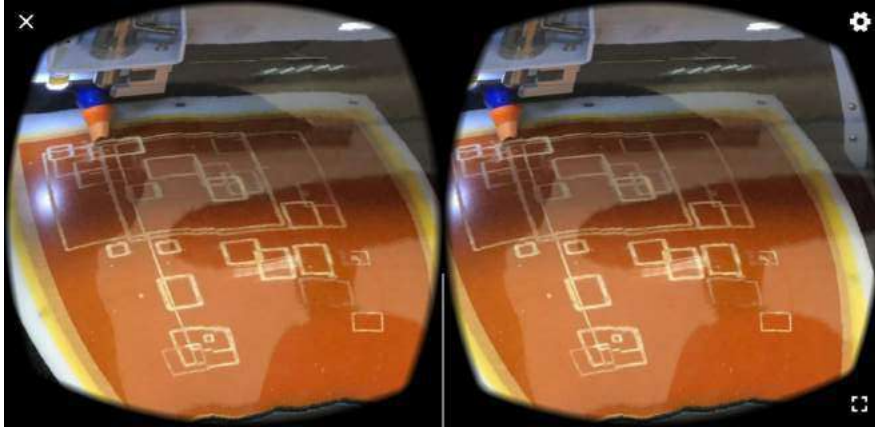
(a)



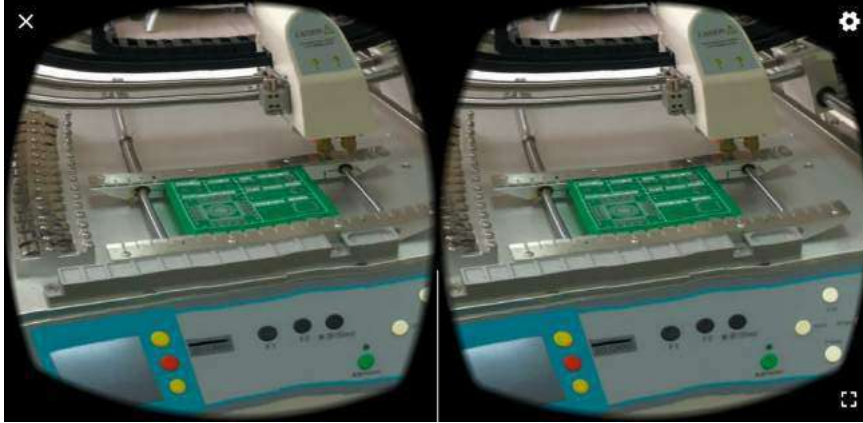
(b)

Şekil 2. (a) Arduino AR modeli, (b) SMA konnektör AR modeli. ((a) Arduino AR Model, (b) SMA connector AR model.)

Şekil 3 (a), Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (c)'de ise sırası ile PCB makinesi VR modeli, Dizgi makinesi VR modeli ve Konveyör bant VR modellerine ait çıktılar gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. (a) PCB makinesi VR modeli, (b) Dizgi makinesi VR modeli, (c) Konveyör bant VR modeli. ((a) PCB machine VR model, (b) pick-and-place machine VR model, (c) conveyor belt VR model.)

Şekil 4'te ise AR modellerin Android tabanlı mobil uygulamaya yüklenmesi için kullanılan Firebase depolamaya ait görüntü sunulmuştur.

Name	Size	Type	Last modified
Oculus_Waveguide.gb	800.04 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Heli_Antenna.gb	1.82 MB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Horn_Antenna.gb	880.5 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
M2Istuhmann.gb	8.79 MB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Patch_Antenna.gb	1.82 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
PreRe.gb	104.75 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
RFID_Antenna.gb	45.49 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Ref_Preb.gb	88.28 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
SIVA_Connector.gb	128.63 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Gsm_Circuler_Annuler_Annama.gb	16.3 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Vivaldi_Horn_Antenna.gb	198.33 KB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
Wireless_Diverger_Dalg.gb	2.48 MB	application/octet-stream	Jan 21, 2021
arduln.gb	29.88 MB	application/octet-stream	Oct 12, 2020

Şekil 4. AR modellerine ait Firebase depolama bölümü. (Firebase storage section belonging to AR models.)

5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR (CONCLUSION AND FUTURE WORKS)

Endüstri 4.0, dijitalleşmeyi ve otomasyon altyapısının gelişmesini sağlayarak üretim tesislerindeki birimlerin birbirleri ile iletişim kurmasını mümkün kılmaktadır. Endüstri 4.0 ile eş zamanlı olarak tanıtılan akıllı fabrikalar ise günümüzde oldukça popüler bir araştırma konusu olmuştur. Akıllı fabrikalardaki dijitalleşmenin temel teknolojilerinden olan AR ve VR ile ilgili araştırmalarda her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada ise akıllı fabrikalardaki bakım, onarım ve mühendislik eğitimine katkı sağlamak amacıyla AR ve VR teknolojileri ile desteklenen uçtan uca Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Yapılacak gelecek çalışmalar ise, Android tabanlı mobil uygulamanın iOS versiyonun da geliştirilmesi, AR ve VR modellerinin sayısının artırılması şeklindedir.

TEŞEKKÜRLER (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje no: 2021-TYL-FEBE-0009 tarafından desteklenmiştir.

3B modellerin açık kaynaklı olarak paylaşımını sağlayan Google Poly ve GrabCAD'e ek olarak çizimlerini bu firma ve siteler aracılığıyla araştırmacılara sunan bireylere teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Çelik, Kamil, et al. "4. Endüstri Devrimine Kuramsal Bakış." *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, vol. 5, no. 9, 2018, pp. 86–95.

- [2] Özsoylu, Ahmet Fazıl. “Endüstri 4.0.” *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 21, no. 1, June 2017, pp. 41–64.
- [3] Witkowski, Krzysztof. “Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management.” *Procedia Engineering*, vol. 182, 2017, pp. 763–69, doi:10.1016/j.proeng.2017.03.197.
- [4] Lu, Yang. “Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues.” *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6, Elsevier B.V., 1 June 2017, pp. 1–10, doi:10.1016/j.jii.2017.04.005.
- [5] Qin, Jian, et al. “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond.” *Procedia CIRP*, vol. 52, 2016, pp. 173–78, doi:10.1016/j.procir.2016.08.005.
- [6] Pamuk, Nurten Sinem, and Mehmet Soysal. “Yeni Sanayi Devrimi Üzerine Bir İnceleme.” *Verimlilik Dergisi*, no. 1, 2018, pp. 41–66.
- [7] Bahrin, Mohd Aiman Kamarul, et al. “Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic.” *Jurnal Teknologi*, vol. 78, no. 6–13, Penerbit UTM Press, 28 June 2016, pp. 137–43, doi:10.11113/jt.v78.9285.
- [8] Brettel, M., et al. “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective (Sehr Gute Allgemeine Beschreibungen in Ersten Absätzen).” *International Journal Of*, vol. 8, no. 1, 2014.
- [9] Yıldız, Aytaç. “Industry 4.0 and Smart Factories.” *Sakarya University Journal of Science*, 2018, pp. 1–1, doi:10.16984/saufenbilder.321957.
- [10] Mian, Syed Hammad, et al. “Adapting Universities for Sustainability Education in Industry 4.0: Channel of Challenges and Opportunities.” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 15, 2020, doi:10.3390/su12156100.
- [11] <http://www.kayserto.org.tr/upload/dosyalar/file/3.pdf> (accessed 15 June 2021).
- [12] Damiani, Lorenzo, et al. *Augmented and Virtual Reality Applications in Industrial Systems: A Qualitative Review towards the Industry 4.0 Era*. no. 11, 2018, pp. 624–30, doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.388.
- [13] Segura, Álvaro, et al. “Visual Computing Technologies to Support the Operator 4.0.” *Computers and Industrial Engineering*, vol. 139, 2020, doi:10.1016/j.cie.2018.11.060.
- [14] Park, Taiwoo, et al. “When Mixed Reality Meets Internet of Things.” *GetMobile: Mobile Computing and Communications*, vol. 22, no. 1, 2018, pp. 10–14, doi:10.1145/3229316.3229320.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5thEngineers of Future International StudentSymposium
9-11Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

FİTOREMEDİASYON TEKNOLOJİSİ

Aybike ERKOÇ^{1,*}, Seda ERASLAN², Bihter ÇOLAK ESETLİLİ³

¹Aybike ERKOÇ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, Türkiye
aybikeerkoc97@gmail.com

²Seda ERASLAN, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, Türkiye
seda.eraslann355@gmail.com

³Bihter ÇOLAK ESETLİLİ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ege Üniversitesi, Türkiye
bihter.colak@ege.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: aybikeerkoc97@gmail.com; Tel.: 0543 640 1919

ÖZET

Son yüzyılda hızla artan dünya nüfusu ve sanayileşme, beslenme kaygısını da ortaya çıkarmıştır. Her geçen gün doğal kaynaklar ciddi oranda tahrip edilmekte ve kirlenmektedir. Toprak kirliliği ise öncelikli olarak canlı organizmaları etkilemekte ve insanları da önemli ölçüde tehdit etmektedir. Özellikle toprakta bulunan ağır metaller hem insan sağlığı hem de çevre sağlığı açısından oldukça zararlıdır. Bu zararı ortadan kaldırmak, toprağı kısmen de olsa temizleyebilmek amacıyla çeşitli yöntemler denenmektedir. Fitoremediasyon, bünyesinde metal biriktirme özelliğine sahip bitkilerin kullanımına dayalı etkin, verimli, çevre dostu bir teknolojidir.

Anahtar Kelimeler: fitoremediasyon, kirlilik, bitkisel arıtım, ağır metal, kirleticisi

PHYTOREMEDIATION TECHNOLOGY

ABSTRACT

The rapidly increasing world population and industrialization since the beginning of the last century have also revealed nutritional concerns. Natural resources are being seriously destroyed and polluted day by day. Soil pollution primarily affects all living organisms and threatens humans to a great extent. Especially heavy metals in the soil are very harmful to both human and environmental health. Various methods are being tried to eliminate this damage and to clean the soil, even partially. Phytoremediation is an effective, efficient and environmentally friendly technology based on the use of plants with metal accumulating properties.

Key Words: phytoremediation, pollution, plant treatment, heavy metal, polluting

1. GİRİŞ(INTRODUCTION)

Son yıllarda sanayi ve kentleşmedeki artış ile birlikte çeşitli kirleticiler doğaya salınmaktadır. Kirleticiler tarımsal üretim yapılan alanlarda kirlilik oluşturmakta, üretime engel olmakta veya üretim yapılsa bile besin zincirine girerek insan sağlığına zarar vermektedir (Çizelge 1). Kirliliğe sebep olan başlıca ağır metaller arasında Ni, Co, Cu, Zn, Fe, Cd, Hg, Pb, As ve Cr bulunmaktadır.

Çizelge 1. Ağır metal kaynakları[1]

Ağır Metaller	Kaynaklar
As	Pestisitler ve ahşap koruyucular
Cd	Boyalar ve pigmentler, plastic stabilizatörler, kadmiyum içeren plastiklerin elektrokaplanması, fosfatlı gübre
Cr	Tabakhaneler, çelik endüstrileri
Cu	Pestisit, gübre
Hg	Au-Ag madenciliği ve kömür yanmasından salınım, medical waste
Ni	Endüstriyel atıklar, mutfak aletleri, cerrahi aletler, çelik alaşımlar, otomobil pilleri
Pb	Kurşun benzin, pil üretimi, herbisitler ve insektisitlerin yanmasından kaynaklanan hava emisyonu

Toprak kirliliği bakımından önemli kirletici kaynaklar arasında yer alanağır metaller,toprağa karışıp birikerek mikrobiyal aktiviteden toprak verimliliği ve verim kayıplarına kadar besin zincirine dahil olur ve çevre ve insan sağlığı açısından sorun teşkil ederler[2]. Ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi, bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsa daolmasa da, bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metaller toksik etki sebebiyle bitkilerde birçok fizyolojik olayın zarar görmesine neden olmaktadırlar. Bunlar; fotosentez, transpirasyon, çimlenme, stoma hareketleri, su alımı, enzim aktivitesi, protein sentezi, hormonal denge gibi olaylardır[3].

Ağır metaller, diğer çevre kirliliği yaratan materyallerden farklı olarak bulunduğu ortamda bozunmaması nedeni ile ciddi bir problemdir. Ağır metallerle kirlenmiş toprakların, yeraltı suyunun ve yüzey suyunun iyileştirilmesi için bazı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kirleticilerin kontamine ortamlardan uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ağır metal kirliliğinin yoğun olduğu bu topraklarda asitle ve su ile yıkama, kirleticinin fiziksel veya mekanik olarak ayrılması, elektrokimyasal işlem, elektrokinetik, kimyasal işlem, termal veya pirometalurjik ayırma ve biyokimyasal işlemleri içeren yöntemler kullanılmaktadır[4].

Ancak bu yöntemlerin maliyetli, çevreyi tahrip edici ve biyolojik aktiviteyi yok edici etkileri nedeni ile tercih edilmemektedir. Bu sebeple daha ekonomik ve çevresel bir yöntem olan fitoremediasyon yöntemi kullanılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı remediasyon teknolojilerinin maliyetleri [5]

Süreç	Maliyet (US\$/ton)	Diğer Faktörler
Vitrifikasyon	75-425	Uzun vadeli izleme
Arazi doldurma	100-500	Ulaşım/hafriyat/izleme
Kimyasal arıtma	100-500	Kirleticilerin geri dönüşümü
Elektrokinetik	20-200	İzleme
Fitoekstraksiyon	5-40	Fitokütlenin bertarafı

Fitoremediasyon yönteminde hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır. Bu bitkiler metallere kirlenmiş topraklarda gelişebilmek için bazı temel stratejileri geliştirmek zorundadır [6]:

1. Metal dışlayıcılar; Kök yapılarında metallere alınımını engelleyen yada geniş oranda kontrol altında tutabilen bitkilerdir.

2. Metal indikatörler; Toprak metal içeriğine bağlı olarak, bünyesinde metalleri biriktirebilme özelliğine sahip olan bitkilerdir.

3. Metal toplayıcılar; Toprakta bulunan metalleri bünyelerinde yoğun şekilde bulundurma yeteneğine sahip olan bitkilere (hiper akümülatör) denir.

Kirlenmiş alanların fitoremediasyonu için uygun bitkilerin geliştirilmesi amacı ile bitkilerin ağır metale olan tolerans mekanizmasının belirlenmesi gerekmektedir [7]. Bitkilerde gerçekleşen fizyolojik ve moleküler mekanizmalar, bitkilerin ağır metal toleransını saptamaktadır. Toksik metallere yüksek miktarlarına tolerans; ya bu metallere kök sistemi dışında tutulması ya da metabolik dayanıklılık sebebiyle olmaktadır[8].

Hiperakümülatör bitkiler, toprakta bulunan metal konsantrasyonundan ayrı olarak bünyesinde kuru ağırlık bazında % 0.1'den fazla Cr, Ni, Cu, Co veya %1 Mn ve Zn içeren bitkilerdir (Çizelge 3)[9]. Örneğin Zn'da 100 ppm'lik birikim sonucunda birçok kültür bitkisinde toksisite belirtisi gözlemlenirken, *Thlaspi caeruledcens* (en yaygın metal hiperakümülatörü) 26000 ppm'in üzerinde bir birikim sağlamaktadır[10]. *Medicago sativa* L. (yoncanın kültür formu) ile ağır metal ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda, ağır metallerle kirlenmiş topraklarda yetişen bu bitkinin metalleri bünyesinde biriktirme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir[11]. Elizabeth City'de uçakların yakıt ve tamir merkezi olarak kullanıldığı bir alanda petrol hidrokarbon kaynaklı kirliliğin, *Populus* ve *Salix* ağaçlandırması yapılarak remediasyon yetenekleri değerlendirilmiş ve metallere %50-80 kök, dal ve gövdede birikim sağladığı belirlenmiştir. İsveç ve İngiltere'de *Salix* bitkisinde fitoremediasyon için uygun (yüksek bitkisel kütle, yüksek metal alımı ve toleransa sahip) klonlar elde edilmeye çalışılmaktadır[12]. Çin'de maden atıklarının bulunduğu alanın çökmesi sonucunda Huanjiang Nehri çevresindeki tarım arazilerinin maden atıkları ile kirlendiği belirlenmiştir. Bu alanda As ve Pb hiperakümülatörü *Pteris vittata* ve Cd hiperakümülatörü *Sedum alfredii* Hance

kullanılarak fitoremediasyon tekniği kullanılmış ve ortamdaki As, Cd ve Pb metallerinin sırasıyla %55,3, %85,8 ve %30,4 azaldığı gözlemlenmiştir[13].

Çizelge 3. Metallerin Fitoremediasyonunda Kullanılan Bazı Bitki Türleri[14]

Bitki	Metal	Kaynakça
<i>Pteris vittata</i> <i>Cymbopogon flexuosus</i> <i>Corrigiola telephiifolia</i>	As	Terzi & Yıldız, 2011 Jha & Kumar, 2017 Garcia-Salgado et al., 2012
<i>Gypophila sphaerocephala</i>	B	Terzi & Yıldız, 2011
<i>Lolium perene</i> <i>Oryza sativa</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Lemna minör</i> <i>Mirabilis jalapa</i>	Cd	Liu et al., 2013 Bidar et al., 2007 Terzi & Yıldız, 2011 Liu et al., 2013 Bidar et al., 2007 Terzi & Yıldız, 2011 Wang & Liu, 2014 Begum et al., 2015 Wei et al., 2018
<i>Haumaniastrum robertii</i>	Co	Chaney et al., 2010 Lasat, 2002
<i>Pteris vittata</i> <i>Brassica juncea</i>	Cr	Kalve et al., 2011 Terzi & Yıldız, 2011
<i>Eleocharis acicularis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Calendula officinalis</i> <i>Lemna minör</i>	Cu	Sakakibara et al., 2011 Terzi & Yıldız, 2011 Afrousheh et al., 2015 Terzi & Yıldız, 2011
<i>Cicer arietinum</i> <i>Marrubium vulgare</i> <i>Hordeum spp</i> <i>Juncus maritimus</i>	Hg	Jianxu et al., 2012 Terzi & Yıldız, 2011 Luis et al., 2003, 2007 Naser et al., 2011
<i>Alyxia rubricaulis</i> <i>Schima superba</i>	Mn	Chaney et al., 2010 Yang et al., 2008
<i>Alyssum corsicum</i> <i>Pyracantha coccinea Roem.</i> <i>Alyssum markgrafii</i> <i>Phyllanthus serpentinus</i>	Ni	Li et al., 2003 Akguc et al., 2010 Bani et al., 2010 Chaney et al., 2010
<i>Betula occidentalis</i> <i>Chenopodium albüm</i> <i>Lavandula vera</i> <i>Helianthus annuus</i>	Pb	Koptsik et al., 2014 Terzi & Yıldız, 2011 Angelova et al., 2015 Koptsik et al., 2014
<i>Brassica rapa</i> <i>Brassica spp.</i>	Se	Terzi & Yıldız, 2011 Terzi & Yıldız, 2011
<i>Deschampsia cespitosa</i> <i>Eleocharis acicularis</i> <i>Brassica juncea</i>	Zn	Kucharski et al., 2005 Sakakibara et al., 2011 Terzi & Yıldız, 2011

2. FİTOREMEDİASYON YÖNTEMLERİ

Kirletici çeşitlerine göre 6 farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, rizofiltrasyon, fitodegradasyon, rizodegradasyon, fitovolatilizasyon yöntemleridir.

2.1. Fitoekstraksiyon

Toprakta bulunan metal kirleticilerin bitki kökleri vasıtasıyla alınması ve toprak üstü aksamına taşınarak biriktirilen yöntem verilen isimdir. Bu yöntemle bitkiler bünyesinde diğer bitkilere oranla 100 kat daha fazla ağır metal biriktirebilmektedir. Metallerin yeniden işlenerek geri kazanılabilmesi fitomining olarak da bilinen bu yöntem ile sağlanmaktadır. Değerli metallerin işlenmesi bu yöntemden farklı tutulur. Fitoekstraksiyon yöntemi sonunda izole edilebilmek için hasat edilen bitkilere ait kalıntılar kurutulur, yakılır veya biyolojik metal madeni (bio-metal ore) halinde yeniden dönüşüme alınır[15].

2.2. Fitostabilizasyon

Bu yöntemde toprak; kirleticilerin köklerin yüzeyine yapışması, hareketsizleştirilmesi, kök bölgesinde biriktirilmesi ya da bu bölgede çökmesi şeklinde arındırılmaktadır. Fitostabilizasyon bitkileri toprakta bulunan metalleri çeşitli yöntemlerle toprakta immobilize ederek zararlı etkilerini azaltabilmektedir. Toprak, çamur ve sedimentlerin arıtılmasında kullanılabilir. Erozyonun meydana geldiği alanlarda erozyonu engellemek nedeniyle, yeraltı sularına kirleticilerin sızmasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır[15].

2.3. Rizofiltrasyon

Kirleticiler bitki köklerinin yüzeyinde adsorbe edilerek veya kökler aracılığı ile absorbe edilerek diğer aksamına taşınarak depolanır. Çoğunlukla yeraltı, yüzey veya atık suların temizlenmesinde kullanılır. Bu yöntem ile doğal ortamlar dışında gölet, tank, havuz gibi yapay ortamlar da arıtılabilmektedir[15].

2.4. Fitodegradasyon

Fitodegradasyon yönteminde kullanılan hiperakümülatör bitki tarafından bünyesine alınan kirletici önce bitki bünyesinde depolanır. Daha sonra ise bitkinin bünyesinde bulunan enzimler tarafından bozundurulur. Yani bitki bünyesinde gerçekleşen enzimatik reaksiyonlar sonucunda daha küçük parçalara ayrılırlar. Bu olayın sonunda ise bitkinin dokuları ile birleşirler. Bu yöntem sayesinde pestisitler, klorlu bileşikler ve fenoller giderilebilmektedir[15].

2.5. Rizodegradasyon

Bitkilerin toprak mikroorganizmaları ile birlikte çalışarak; organik kirleticileri etkisiz hale getirmesi bu yöntemin çalışma mekanizmasıdır. Mikroorganizmalar, organizmaların yaşam faaliyetleri için gerekli olan besin maddelerini üretirler. Toprakta bulunan solvent ve yakıt gibi organik kirleticileri parçalayarak bünyelerinde biriktiren mikroorganizmalar, bitkilerin kök sistemi ile birlikte bu kirleticilerin kimyasal yapılarında değişim meydana getirirler ve bu birliktelik sayesinde

mikroorganizmaları optimal düzeyde tutar ve toksik kirleticilerin devamlı olarak parçalanmasını sağlar. Rizodegradasyonun kirleticilerin doğal ortamlarında yok olmalarının önemli faydalarından biridir [15].

2.6. Fitovalitilizasyon

Toprakta bulunan ağır metaller ve organik kirleticiler ortamda bulunan suyun içerisine geçmektedir. Bu ağır metalle kirlenmiş toprak suyunu bitkiler kökleri vasıtasıyla bünyelerine almaktadır. İletim demetleri sayesinde toprak üstü organlarına taşınan su transpirasyon yolu ile daha az uçucu formda doğaya karışmaktadır [15].

Farklı bitkilerin kirleticiler ve ortamlarına göre farklı remediasyon yöntemlerinde kullanımları Çizelge 4'te görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, kavak ve söğüt ağaçları, geniş kök sistemleri, hızlı büyümesi, yüksek su alımı ve büyük biyokütle üretimi nedeniyle artan bir önem kazanmıştır. *Liriodendron tulipifra* L. (sarı kavak) bitkisinde civa buharlaşmasının, vahşi tipe kıyasla transgenik bitkilerde 10 kat daha yüksek olduğu bulunmuştur [12].

Çizelge 4. Kirleticiler ve Buldukları Ortama Göre Yapılan Uygulamalar [16]

Uygulama	Kirletici	Ortam	Bitki(ler)
Fitoekstraksiyon Rizodegradasyon	Petrol ürünleri Hidrokarbonlar	Toprak Yeraltı suyu	Yonca Kavak Ardıç
Fitostabilizasyon	Ağır metaller	Toprak	Hibrid kavak Çim
Fitoekstraksiyon	Radyoaktif maddeler	Toprak	Hint hardalı Lahana
Rizofiltrasyon	Radyoaktif maddeler	Yeraltı suyu	Ayçiçeği
Fitodegradasyon	Patlayıcı madde atıkları	Yeraltı suyu	Su mercimeği

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda fitoremediasyon yöntemi yerinde uygulanması, diğer yöntemlere göre hem pratik hem de ekonomik bir yöntem olması, farklı pek çok yaklaşımı içermesi nedeni ile disiplinler arası bir teknolojidir. Ancak fitoremediasyon teknolojisi hala araştırma ve geliştirme aşamasındadır ve birçok teknik konunun ele alınması gerekmektedir. Toprak çözeltisinde metal birikimi, alımı, translokasyon, şelasyon, bozunma ve buharlaşmayı etkileyen süreçlerin tümü

ayrıntılı olarak incelenmelidir. Bitkilerin agronomik yönetim uygulamaları ve genetik yeteneklerinin değerlendirildiği çalışmalarda, pratiğe dönük, ticari uygulamaların geliştirilmesi için optimizasyon yapılmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]Ali, H., Khan, E., Sajad, M. A. 2013. "Phytoremediation of heavy metals – concepts and applications Chemosphere" 91, 869-81
- [2] Seven, T., Can, B., Darende B.N., Ocak, S. 2018. "Hava ve toprakta ağır metal kirliliği." Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1, 91-103.
- [3]Öktüren Asri, F., Sönmez, S. "Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri."
- [4]Tangahu, B., V., Abdullah S., R., S., Basri, H., Idris, M., Anaur, N., Mukhlisin, M. 2011. "A review on heavy metals (As, Pb and Hg) uptake by plants through phytoremediation." International Journal of Chemical Engineering 939161, 31.
- Susarla, S., Medina, V., F., McCutcheon, S., C. 2002. "Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination." Ecological Engineering, 18, 647-58.
- [5]Glass, D. J. 1999. "U.S. and international markets for phytoremediation" p. 266. Needham, MA: D. Glass Associates.
- [6]Baker, A.J.M. and Walker P.L., 1990. "Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, heavy metal tolerance in Plants." In: Shaw A.J. Evolutionary Aspects. CRC Pres, Boca Raton. 155-177.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M., 2009. "Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri." 17 (B) – 14-26 ISSN:1307-3311
- [7] Terzi, H., Yıldız, M., 2011. "Ağır Metaller ve Fitoremediasyon: Fizyolojik ve Moleküler Mekanizmalar." Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, AKÜ- FEBİD, 11, 011001 (1-22).
- [8] Singh, O.V., Labana, S., Pandey, G., Budhiraja, R. ve Jain, R.K., 2003. "Phytoremediation: An Overview of Metallic Ion Decontamination from Soil." Applied Microbiology and Biotechnology, 61, 405-412
- [9]Raskin, I. and Ensley, B., D. 2000. "Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up to environment." John Wiley and Sons, N. York, 303
- Raskin, I., Kumar, N., Dushenkov, S., Salt, D. 1994. "Bioconcentration of heavy metals by plants." Current Opinion in Biotechnology, 5(3), 285-290,
- [10]Lasat, M. M. 2000. "Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent Agronomic Issues." Journal of Hazardous substance Research, 2(5), 1-25

- [11]Rechcigl, J. E., Reneau, R. B., Zelazney, L.W. 1988. "Soil solution Al as a measure of Al toxicity alfalfa in acid soils." *Soil Science and Plant Analysis* 19, 989-1001.
- Kherbawy, M. E. I., Angle, J. S., Heggo, A., Chaney, R. L., 1989. "Soil pH, Rhizobia and vesicular-Mycorrhizaeinnoculation effect on growth and heavy metal uptake of alfalfa (*Medicago sativa*)."
Biology Fertility of Soils 8, 61-73.
- Baligar, V.C., Campbell, T.A., Wright, R.J., 1993. "Differential responses of alfalfa clones to Al-toxic acid soil." *Journal of Plant Nutrition* 16, 219-223.
- Peterson, J. S., 1983. "Solvent extraction of metales by carboxylic acid." *Hydrometallurgy*, 14, 171-188.
- Tiemann, K.J., Gardea – Torresday, J.L., Gamez, G., Dokken, K., Renner, S.M., Furenlid, L., 1999. "Study of the ligants involved in metal binding to alfalfa biomass." *Environmental Science and Technology* 33, 150-154.
- [12] Tolunay, D., "Çevre kirlenmesine karşı bitkilerin kullanımı"
- [13]Wan, X., Lei, M., Chen, T. 2016. "Cost-benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil." *Science of The Total Environment*, 563-564, 796-802.
- [14] Terzi, H., Yıldız, M., 2011. "Ağır Metaller ve Fitoremediasyon: Fizyolojik ve Moleküler Mekanizmalar." *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, AKÜ- FEBİD*, 11, 011001 (1-22).
- Çolak Esetlili, B. 2020. "Ornamental plants and their heavy metal accumulation." *Ornamental Plants in Different Approaches.*, 12, 239-263.
- Jabeen, R., Ahmad, A. ve Iqbal, M., 2009. "Phytoremediation of Heavy Metals: Physiological and Molecular Mechanisms." *Botanical Reviews*, 75, 339-364.
- Garcia-Salgado, S., Garcia-Casillas, D., Quijano-Nieto, M.A., Bonilla-Simon M.M. 2012. "Arsenic and heavy metal uptake and accumulation in native plant species from soils polluted by mining activities." *Water, Air, Soil Pollut.*, 223, pp. 559-572
- Chaney, R.L., Broadhurst, C.L., Centofanti, T. 2010. "Phytoremediation of soil trace elements." P.S. Hooda (Ed.), *Trace Elements in Soils*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 311-352
- Lasat, M.M. 2002. "Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms." *J. Environ. Qual.*, 31, pp. 109-120
- Kalve, S., Sarangi, B.K., Pandey, R.A., Chakrabarti, T. 2011. "Arsenic and chromium hyperaccumulation by an ecotype of *Pteris vittata* – prospective for phytoextraction from contaminated water and soil." *Curr. Sci.*, 100, pp. 888-894
- Sakakibara, M., Ohmori, Y., Ha, N.T.H., Sano, S., Sera, K. 2011. "Phytoremediation of heavy metal contaminated water and sediment by *Eleocharis acicularis*." *Clean: Soil, Air, Water*, 39 (2011), pp. 735-741

- Jianxu, W., Xinbin, F., Christopher, W.N.A., Ying, X., Lihai, S. 2012. "Remediation of mercury contaminated sites – a review." *J. Hazard. Mater.*, 221–222 (2012), pp. 1-18
- Luis, R., Lopez-Bellido, F., Carnicer, A., Alcalde-Morano, V. 2003. "Phytoremediation of mercury-polluted soils using crop plants." *Fresenius Environ. Bull.*, 12, pp. 967-971
- Luis, R., Rincon, J., Asencio, I., Rodriguez-Castellanos, L. 2007. "Capability of selected crop plants for shoot mercury accumulation from polluted soils: phytoremediation perspectives." *Int. J. Phytoremediat.*, 9, pp. 1-13
- Naser, Z., Liu, J.S., Wang, Q.C., Liang, Z.Z. 2011. "Mercury contamination due to zinc smelting and chlor-alkali production in NE China." *Appl. Geochem.*, 26, pp. 188-193
- Chaney, R.L., Broadhurst, C.L., Centofanti, T. 2010. "Phytoremediation of soil trace elements." P.S. Hooda (Ed.), *Trace Elements in Soils*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 311-352
- Yang, S.X., Deng, H., Li, M.S. 2008. "Manganese uptake and accumulation in a woody hyperaccumulator, *Schima superba*." *Plant Soil Environ.*, 54 (2008), pp. 441-446
- Li, Y.M., Chaney, R., Brewer, E., Roseberg, R., Angle, J.S., Baker, A., Reeves, R., Nelkin, J. 2003. "Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations." *Plant Soil*, 249, pp. 107-115.
- Bani, A., Pavlova, D., Echevarria, G., Mullaj, A., Reeves, R.D., Morel, J.L., Sulce, S. 2010. "Nickel hyperaccumulation by the species of *Alyssum* and *Thlaspi* (Brassicaceae) from the ultramafic soils of the Balkans." *Bot. Serb.*, 34, pp. 3-14
- Koptsik, G.N. 2014. "Problems and prospects concerning the phytoremediation of heavy metal polluted soils: a review." *Eurasian Soil Sci.*, 47, pp. 923-939
- Kucharski, R., Sas Nowosielska, A., Ma kowski, E., Japenga, J., Kuperberg, J.M., Pogrzeba, M., Krzyzak, J. 2005. "The use of indigenous plant species and calcium phosphate for the stabilization of highly metal polluted sites in southern Poland." *Plant Soil*, 273, pp. 291-305
- Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M.K., Lahori, A.H., Wang, Q., Li, R., Zhang, Z. 2016. "Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review." *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, pp. 111-121
- Jha, A. K. & Kumar, U. 2017. "Studies on removal of heavy metals by *Cymbopogon flexuosus*." *Int. J. Agric. Environ Biotechnol.*, 10(1): 89.
- Liu, Z., He, X., Chen, W., & Zhao, M. 2013. "Ecotoxicological responses of three ornamental herb species to cadmium." *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32, 1746-1751.
- Bidar, G., Garcon, G., Pruvot, C., Dewaele, D., Cazier, F., Douay, F., & Shirali, P. 2007. "Behaviour of *Trifolium repens* and *Lolium perenne* growing in a heavy metal contaminated field: plant metal concentration and phytotoxicity." *Environmental Pollution*, 147, 546-553.
- Wang, S. & Liu, J. 2014. "The effectiveness and risk comparison of EDTA with EGTA in enhancing Cd phytoextraction by *Mirabilis Jalapa* L." *Environ. Monit. Assess.*, 186, 751-759.

- Begum, S. A. S, Yadamari, T., Yakkala, K., Parvathareddy, S., & Gurijala, R. N. 2015. ‘‘Assessment of cadmium and chromium stress on growth, physiology 257 and metal uptake using *Mirabilis jalapa*.’’ *Curr. World Environ.*, 10(1): 222- 231.
- Wei, S., Xu, L., Dai, H., & Hu, Y. 2018. ‘‘Ornamental hyperaccumulator *Mirabilis jalapa* L. phytoremediating combine contaminated soil enhanced by some chelators and surfactants.’’ *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25: 29699-29704.
- Afrousheh, M., Shoor, M., Tehranifar, A., & Safari, V. R. 2015. ‘‘Phytoremediation potential of copper contaminated soils in *Calendula officinalis* and effect of salicylic acid on the growth and copper toxicity.’’ *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 50: 159-168.
- Akguc, N., Ozyigit, I. I., Yasar, U., Leblebici, Z., & Yarci, C. 2010. ‘‘Use of *Pyracantha coccinea* Roem. as a possible biomonitor for the selected heavy metals.’’ *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(3): 427-434.
- Angelova, V. R., Grekov, D. F., Kisyov, V. K., & Ivanov, K. I. 2015. ‘‘Potential of lavender (*Lavandula vera* L.) for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals.’’ *Int. J. Biol. Biomol. Agric. Food Biotechnol. Eng.*, 9: 465-472.
- [15]Aybar, M., Bilgin, A., Sağlam, B. ‘‘Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi.’’ *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1-2, Sayfa 59-65, 2015.
- [16] EPA (Environmental Protection Agency), 1995. ‘‘Contaminants and Remedial Options at Select Metals – Contaminated Sites’’ EPA/540/R-95/512.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Çoklu-robot Koordinasyonu Yöntemiyle Deprem Göçüklerinde Yaralı Konum Tespiti

Tuncay YİĞİT ¹, Şemsettin Kılınçarslan², M. Nuri Dolmaz³, Muhammed Maruf ÖZTÜRK ⁴, İsmail Serkan Üncü ⁵, Fatih Gökçe ⁶, Mevlüt Ersoy ⁷, Arif Koyun ⁸, Asım Sinan Yüksel ⁹, Şadi Fuat Çankaya ^{10*}

¹Tuncay YİĞİT, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

tuncayyigit@sdu.edu.tr

²Şemsettin KILINÇARSLAN, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

semsettinkilincarslan@sdu.edu.tr

³M. Nuri DOLMAZ, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

nuridolmaz@sdu.edu.tr

⁴Muhammed Maruf ÖZTÜRK, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

muhammedozturk@sdu.edu.tr

⁵İsmail Serkan ÜNCÜ, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

serkanuncu@sdu.edu.tr

⁶Fatih GÖKÇE, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

fatihgokce@sdu.edu.tr

⁷Mevlüt ERSOY, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

mevlutersoy@sdu.edu.tr

⁸Arif KOYUN, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

arifkoyun@sdu.edu.tr

⁹Asım Sinan YÜKSEL, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

asimyuksel@sdu.edu.tr

¹⁰Şadi Fuat ÇANKAYA, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

sadicankaya@sdu.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: sadicankaya@sdu.edu.tr; Tel.: 0545-398-80-00

ÖZET

Deprem göçüklerindeki insanların kurtarılmasına yönelik profesyonel ekipler kurtarma sırasında bazı güçlüklerle karşılaşmaktadırlar. Bunlardan biri göçük altındaki yaralıların konumlarının tespitidir. Konum tespiti yapılamadığında ekiplerin çalışmaları zorlaşmakta ve iş makinaları ölümcül hatalar yapabilmektedirler. Bu sorunu çözmek için robot teknolojisinden faydalanılabilir. Son 20 yıldır robot kullanılarak yapılan kurtarma çalışmaları ile ilgili yayınların yaygınlaştığını görülmektedir. Robot yardımıyla geliştirilen kurtarma sistemlerinde çoklu-robot

	5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye
	http://www.efis.beun.edu.tr

koordinasyonunun daha önceki çalışmalarda kullanılmadığı saptanmıştır. Bu nedenle tek robot kullanılarak geliştirilen sistemler zaman kısıtı ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Sorunu çözmek için özgün bir algoritma yardımıyla çoklu-robot koordinasyonunun sağlanması ve böylece deprem göçüklerindeki kazazedelerin daha hızlı ve zamanında kurtarılması sağlanabilir. Yapılan bu çalışmanın özgün değerlerinden birisi ise, oluşturan yön bulma yönteminin doğa ilhamlı yarasa algoritması tabanlı geliştirilmesidir. Yarasa algoritması daha önce optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmış ve son beş yıldır bu konu ile ilgili yapılan çalışma sayısı hızla artmaktadır. Ancak literatür incelendiğinde sadece tek robot için uygulanabilecek yön bulma yöntemlerinin yarasa algoritması tabanlı geliştirildiğini görülmektedir. Diğer bir özgünlük ise deprem kurtarma ekiplerinin koordinasyonuna yardımcı olan sezgisel robotların kullanılmasıdır. Çalışma, deprem kurtarma işlemlerine yönelik yapılacak çalışmaları teşvik etme amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Multi-robot coordination, navigation, bat algorithm, heuristic algorithms.

Injured Location Detection in Earthquake Densities by Multi-robot Coordination Method

ABSTRACT

Occasionally, professional teams face various hardships during rescuing of people under earthquake collapses. One of them is the localization of wounded people of earthquake collapse. Machines used by rescue teams may cause crucial issues due to misleading localization. To address this problem, robot technology is generally utilized. In the last two decades, a large number of researches coping with rescue operations have been published. In literature, few works are available for multi-robot coordination. The systems designed with a single robot therefore should overcome time constraints. To solve that problem, a sophisticated algorithm may be developed for multi-robot coordination. In that way, a fast rescuing operation could be performed. The distinctive property of this study is that it proposes a novel heuristic bat-inspired algorithm. Bat-inspired techniques have become important for soft-computing experiments. However, there are only single-robot systems for robot navigation. One another originality of the study is that heuristic robots are employed for coordination. The study is devised to encourage extended works related to rescue operation of earthquake collapses.

Key Words: Comment generation, text mining, program comprehension, documentation.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium 9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Herhangi bir doğal afet durumunda kurtarma ekipleri sınırlı sürelerle çalışırlar. Çünkü hayatta kalan yaralıları 48 saat gibi bir sürede kurtarılmadığında yaşam şansı büyük ölçüde azalmaktadır. Güvenli olmayan durumlarda ise kurtarıcıların işleri oldukça zorlaşmaktadır. Çünkü böyle alanlara girişler yaralı hayatı açısından tehlikeli olabilmektedir. Dolayısıyla kurtarma ekiplerinin arama ve kurtarma faaliyetleri için bol zamana ihtiyaçları vardır. Böyle durumlarda robot teknolojilerinden faydalanılarak kurtarma ekiplerinin işleri kolaylaştırılabilir [1]. Deprem, tsunami ve fırtına gibi doğal afetler binalara büyük ölçekli zararlar verebilmektedir. Bu nedenle yıkılmış yapılarda kurtarma faaliyeti yürütülmeye çalışılır. Ağır makinaların bu çalışmalar sırasında kullanılması ekstra bir yük oluşturmakta ve hayatta kalmaya çalışan yaralıları için büyük risk oluşturmaktadır. Arama köpekleri, kameralar ve dinleme cihazları ile çevre ve göçük altındakilerin konumları tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Kablosuz ağ teknolojilerini kullanan birçok robot sistemi son yıllarda arama kurtarma faaliyetleri için kullanılmıştır [2, 3, 4]. Bu robotların önemli verileri ilgili kişilere iletmesi gerekmektedir. Böylece operasyonlar hızlanır. Ancak, arama amacıyla kullanılan robotlar maliyetlidir ve çoğu az gelişmiş ülke için erişilebilir değildir.

Arduino kartları kullanılarak geliştirilen robotlar çok eskiye dayanmaz [5,6]. Bu kartların kullanımına ait çok sayıda doküman ve kitap bulunmaktadır. Ayrıca Arduino kartları ile uyumlu çalışmada kızılötesi, mesafe, nem, sıcaklık gibi sensör çeşitleri ucuz ve erişilebilirdir.

Bu çalışmada son yıllarda kullanım alanı genişleyen doğa ilhamlı optimizasyon algoritmalarından biri olan yarası algoritması tabanlı çoklu-robot koordinasyonu sağlayan yön bulma yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem deprem göçüklerinde yaralı konum tespitinde kullanılabilir şekilde Arduino kartlı birden fazla robot üzerinde denenmiştir.

Deprem sonrası arama kurtarma çalışmalarında harcanan zaman ve zorluk göz önüne alındığında daha az maliyetli ve hızlı çalışan bir yaralı konum tespit sistemine olan ihtiyaç daha iyi anlaşılır.

Hem yön bulma noktasında yapılacak geliştirmeler hem de robot koordinasyonunun sağlanması sırasındaki iyileştirmeler literatüre önemli ölçüde katkıda bulunması beklenmektedir [7].

Robot teknolojisi ile ilgili projeler afet durumları ile ilgili olarak da yapılmaya devam etmektedir. Robot projelerinde genellikle e-puck veya arduino temelli geliştirmeler yapılmıştır. Afet durumlarında yön bulma ile ilgili çalışmalar da ağırlıklıdır. Dolayısıyla makine öğrenmesi ile ilgili yöntemler bu alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Dünyanın çeşitli ülkelerinde robot yardımıyla afet durum çalışmaları yapılmaktadır. Ancak ülkemizde robot yardımıyla deprem sonrası göçük altındaki kişilerin yerlerinin tespitine yönelik bir çalışma mevcut değildir. Diğer taraftan yarası algoritması 2010 yılında ortaya çıkan ve kullanım alanı ve yaygınlığı artan bir yöntemdir. Yarası ilhamlı çoklu robot koordinasyonu yönteminin geliştirilmek istenmesinin nedeni budur.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Bu çalışmanın amacı iki yönlü anlatılabilir. Birincisi deprem sırasında göçük altındaki kişilerin yerlerini tespit edebilen bir sistemin geliştirilmesidir. İkincisi ise bu sistem geliştirilirken yarasa ilhamlı bir algoritma temelli yeni bir çoklu-robot koordinasyonu sağlayan sistemin geliştirilmesidir. Bu bölümde bu iki amaç ve alt amaçlar detaylandırılmıştır. Deprem sırasında göçük altındaki kişilerin konumlarının hata payı olabildiğince düşük tespit etmek projenin amaçları arasındadır. Bunu gerçekleştirebilmenin önünde sinyal iletimi açısından bazı tehditler de vardır. Ancak yapılan çalışmada kullanılan sinyal artırıcı ve sinyal filtreme teknikleri bu sorunun aşılmasında yardımcı olmuştur. Bir diğer amaç az maliyetli bir robot sistemi ile istenen hedefleri gerçekleştirmektir. Öyle ki arduino temelli bir robot platformu maliyet açısından e-puck ile kıyaslandığında düşüktür. Çalışmada tercih edilmesinin nedeni de budur.

Çoklu robot koordinasyonu için yarasa ilhamlı bir algoritma geliştirmek temel amaçlar arasındadır. Yöntemin zaman, karmaşıklık, etkililik gibi parametrelerde benzerlerine üstün gelmesi istenen sonuçlar arasındadır. Çalışma tamamlanmasının ardından deprem ve arama kurtarma faaliyetlerine hız açısından yardımcı olduğu düşünülmektedir. Yeni geliştirilecek çoklu koordinasyon algoritmaları için geliştirilen bu algoritma örnek teşkil edecektir. Yöntemin eksiklikleri ileriki çalışmalarda yapılacak karşılaştırmalarla ortaya çıkacaktır.

Çoklu-robot koordinasyonu, yön bulma, haritalama, devriye gibi operasyonlar için birden fazla otonom robotun kullanıldığı durumlarda başvurulan bir yöntemdir [8]. Merkezi ve merkezi olmayan olarak iki çeşit koordinasyon biçimi mevcuttur [8]. Yapılan çalışmalar bu özelliklere göre değerlendirilmelidir.

Sheng ve arkadaşlarının çalışmasında [9] iletişim sınırı olduğu durumlar için bir çoklu-robot koordinasyon modeli sunulmuştur. Algı ve haritalama bu çalışmanın temel yönleridir. Bir bilgi kazanımı fonksiyonu yardımıyla robotların gideceği yön belirlenmiştir. Ayrıca çalışma harita senkronizasyonunu ile ilgili özel bir algoritmanın geliştirilmesini de kapsamaktadır. Geliştirilen bir simülasyon ortamında altı robot ile yöntem test edilmiş ve iyi sonuçlar üretmiştir. Ancak bu çalışmada koordinasyon için kullanılan yöntem ile diğer yöntemler arasında bir karşılaştırma yer almamaktadır. Sadece iletişim aralığı ve test adedine bağlı olarak sunulan sonuçlar yer almaktadır [10]. Koordinasyon grafikleri kullanılarak da çoklu-robot koordinasyonu sağlanabilir. Fakat tek tip probleme uygulanması yöntemin geçerliliği için tehdit oluşturmaktadır. Çoklu-robot koordinasyonu bilinmeyen bir çevrenin haritalanması içinde kullanılmaktadır [11]. Burada A* ve greedy gibi yöntemlerin sıklıkla kullanıldığını görüyoruz. Bu durum koordinasyon sırasında boşta kalan robotların azaltılmasını tam olarak sağlayamamaktadır. Senthilkumar ve arkadaşları [12] tarafından bir bölgenin taranmasını sağlayan bir algoritma geliştirilmiş ve bilinmeyen bir çevre için robotun keşif performansı ölçülmüştür. S-MSTC ismini verdikleri yöntem diğer bir yöntemle zaman açısından karşılaştırılmıştır. Bu durum deney koşullarının zenginleştirilerek deneyin tekrarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Sabattini ve arkadaşlarının çalışmasında [13] merkezi olmayan bir çoklu-robot kontrolü için yol planlama yöntemi geliştirmişler ve özel bir mesajlaşma sistemi ile de yöntemi desteklemişlerdir. Ancak bu çalışmada literatürdeki benzer yöntemlerle karşılaştırma yer almamaktadır. Fark etmek gerekir ki tüm robot yön ve bölge keşif çalışmalarında gerçek deneyden önce simülasyon ortamında yöntem test edilmiştir. Bu şekilde sonuçların tutarlılığı kontrol edilmektedir. Koch ve arkadaşlarının geliştirdikleri robot konum bulma ve haritalama sistemi [14] zaman parametresi açısından simülasyon ortamında umut veren sonuçlar üretmiştir. Fakat robotlar arası



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

iletişimi etkileyen faktörlerin fazla olduğu ortamlar için başarıyı tekrar ölçülmelidir. Buna ek olarak sistemi sadece kendi içinde değerlendirmek yerine farklı benzer yöntemlerle beraber değerlendirmek daha etkili olur. Karmaşık problemler için farklı yöntemlerin iş birliği ile geliştirilen yöntemlerden birine Butzke ve arkadaşlarının çalışmasında rastladık [15]. Yöntem iki farklı algoritma grubunun işbirliğinin ürettiği sonuçları tartışmaktadır. Bu açıdan çalışma önemlidir. Ancak robot yol planlaması yapılırken yeterli hareket kabiliyeti olmayabilir. Buradaki çeşitli engellerin de modellenmesi gerekir. Böyle problemlerde doğa ilhamlı yeni yöntemlere ihtiyaç vardır. 2015 yılında robot yol planlaması ile ilgili bir algoritma geliştirilmiştir [23]. Burada bitkilerin yayılma özelliklerinden faydalanılmış ve önerilen yöntem MATLAB ortamında simüle edilerek test edilmiştir. Ancak yöntem sadece ortam engellerinin çeşitlenmesi ile ve tek robot üzerinde test edilmiştir. Yöntemin geçerliliğini kanıtlamak için farklı benzer yöntemlerle bir kıyas ve bu sırada çoklu robot koordinasyonu nu eklemek gerekir. Sezgisel yöntemleri içeren Q-öğrenme yöntemi 2015'te sunulmuştur [24]. Bu yöntem farklı yöntemlerle yapılan karşılaştırma açısından zengindir. Ancak bu çalışmada bilinen bir çevrede robot test edilmiştir. Tamamıyla bilinmeyen bir çevre ortamı için ve çoklu robot yardımıyla yöntemin yenilenmesi gerekmektedir. Yao ve arkadaşlarının karınca kolonisi algoritması üzerine yaptıkları geliştirme ile ortaya çıkan HFACO [25] isimli algoritma deney ortamı ve karşılaştırma açısından zengindir. Bununla beraber bu çalışmada da çoklu robot koordinasyonu göz önüne alınmamıştır. Teorik zenginlik açısından değerlendirildiğinde öne çıkan çalışmalardan birinde [26] hiyerarşik kümeleme ile çoklu robot koordinasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Yöntemin özgünlüğü ve simülasyon açısından bu çalışma diğerlerinden farklıdır. Cheng ve arkadaşlarının çalışmasında [27] robot yol planlaması için ACCO olarak isimlendirdikleri bir algoritma geliştirmişlerdir. Yöntem yol planlamasında umut verici sonuçlar üretmesine rağmen iki boyutlu simülasyon ortamında denenmiştir. Ayrıca çalışmada tek robot üzerinden düşünülerek yöntem geliştirilmiştir. Arduino dışında E-puck olarak adlandırılan bir robot sistemi de robot yönlendirme çalışmalarında kullanılmıştır [28]. Bu robotun önemli avantajlarından biri gereksinim duyulacak sensörlerin bütünleşik olarak yer almasıdır. Az yer kaplayan bu robot maliyet açısından Arduino ile kıyaslandığında yüksektir. Kurtarma robotları ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Bunlardan birinde [16] kurtarma robotu için geliştirilmiş bir ağ sistemi sunulmuştur. Ayrıca özel bir algoritma da içeren çalışma simülasyon ortamında başarılı sonuçlar üretmesine karşın birden fazla robot için geçerli bir sistem değildir. Kurtarma bölgeleri tamamen düz şekillerden oluşmamaktadır. Dolayısıyla bazı engelleri aşabilen robot sistemlerinin geliştirilmesi gerekir. Lim ve arkadaşlarının çalışmasında basamak çıkabilen özel bir robot mekanizması tasarlanmıştır. Böyle sistemlere bu alanda ihtiyaç vardır. Ancak birden fazla robotun işbirliği kullanarak yapılması arama kurtarma faaliyetlerinde istenen bir özelliktir [17]. Choi ve arkadaşları tarafından kurtarma amaçlı insan taşıyabilen bir robot geliştirilmiştir [18]. Bu tarz robotlar hem arama hem de kurtarma amaçlı kullanıldığında çevre açısından kısıtlıdırlar. Nitekim, robot kabiliyetinin sınırlı olduğu durumlarda insan müdahalesine ihtiyaç duyulabilir. Kurtarma robotlarında ses toplama işlemleri de gereklidir. Örneğin Bando ve arkadaşlarının çalışmasında [19] ortam gürültüsünü eleyerek afetzedede konum tespiti yapan hortum şeklinde bir robot geliştirilmiştir. Bu sistemin çok sayıda mikrofon ve kamera ile donatılmış olması avantajlarından biridir. Ancak, tek robot için tasarlanması ve benzer çalışmalar açısından karşılaştırma içermemesi eksik yönlerindedir.

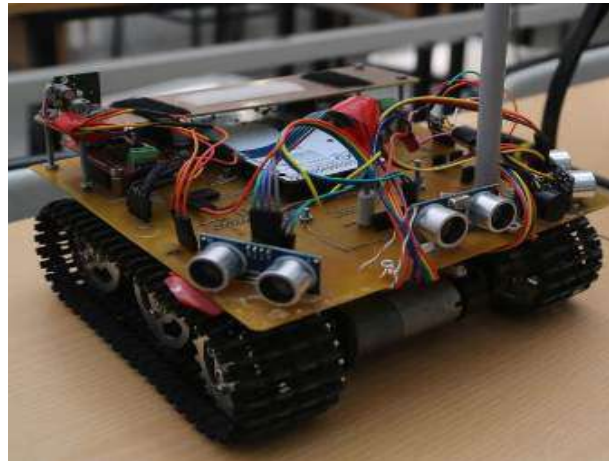
Arduino kartları üzerinde yapılan geliştirmelerden biri Jiang ve arkadaşlarına aittir [20]. Arduino Uno kartı ile wireless üzerinden kontrol edilebilen çeşitli sensörlerle donatılmış bir arama robotu geliştirmişlerdir. Sistem maliyet açısından uygundur. Ancak, tamamen yönetilmeye ihtiyaç duyması eksik yönüdür. Oysaki günümüzde istenen kullanıcıdan bağımsız hareket edebilen ve önemli bilgilerin tek noktada toplanıp karar verilmesini sağlayan daha otonom robotlara ihtiyaç vardır. Buzduga ve arkadaşlarının çalışmasında [21] da Arduino Uno kullanılarak deprem göçüklerindeki kişi sayısını tespit eden bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin sabit olması kullanılan sensörlerin mesafe kısıtı nedeniyle yeterli değildir. Arama ve kurtarma amaçlı geliştirilen robot sistemlerinden birini Mohd ve arkadaşları önermişlerdir [22]. Arduino Uno ile geliştirilen sistem bluetooth yardımıyla uzaktan kontrol edilebilmekte hareket kabiliyeti iyi olan bir kol içermektedir. 10 metreden daha uzak mesafeler için çalışmayan bu sistem kendi kendine yön belirleyen bir mekanizma da içermemektedir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çoklu-robot koordinasyonu ile deprem anında kazazede konum tespitini gerçekleştirecek sistem şu şekilde tasarlanmıştır: Öncelikle robot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yarasa ilhamlı çoklu robot koordinasyon algoritması geliştirilmiştir.

2.1 Robot Tasarımı

Robot tasarımı gerçekleştirilirken dikkate alınan en önemli noktalardan birisi ise enkaz bölgelerinde rahatlıkla ilerleyebilmesidir. Oluşturulan robot kızılötesi, mesafe ve sıcaklık gibi sensörleri içermesinin yanında robotlar arası haberleşme için geniş bant haberleşmeyi destekleyen alıcı vericileri barındırmaktadır. Şekil 1.'de donanım olarak tasarımı yapılarak çalışması sağlanmış robota dair resim görülmektedir. Kod yorum satırı olarak verilen kodun bir üst satırına eklenmesi.



Şekil 1. Gerçekleştirilen Robot Tasarımı

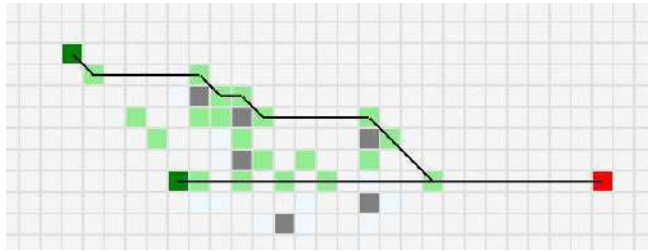
Tasarıma son şeklinin verilmesinin ardından sensörden alınacak veriler algoritma yardımıyla işlenerek robot davranışlarına karar vermesi sağlanmıştır. Arama işleminde bir robot bir yolu taradıysa diğer robotların tekrar



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

bu işi yapması engellenmiştir. Böylece aramanın daha hızlı gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Sensörlerden alınan bilgiler algoritmaya gönderilmeden önce bir veritabanına kaydedilmiş ve bir görevi tamamlayan robota yeni görev tanımlanması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen bu adımlardan sonra göçük yada enkaz altında canlı araması için robotun insan vücudunu tanıması için parametrelere bağlı olarak yazılım geliştirilmiştir. Bu parametreler ise sıcaklık, robota olan mesafe, büyüklük ve harekettir. Robotun canlıya yani hedefe ilerlemesi ise aşağıdaki şekilde mesafe ve sıcaklık bilgileri ile hedef noktaya ulaşmasını göstermektedir.

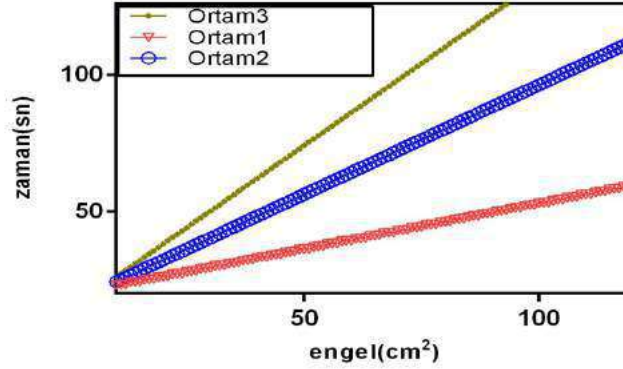


Şekil 2. Robot Hedef İlerleme Simülasyonu

Şekil 2’de görülmekte olan grid üstündeki tüm çizgileri ve işaretli kutuları yok ederek yeni bir yol çizilmesini sağlamaktır. Grid üzerine ikinci bir çizgi ile ikinci robot için yol bulunması gerçekleştirilmektedir. Burada önemli olan start noktalarını arttırarak robotlar arasındaki iletişimi sağlamak ve bitiş noktalarını da buna bağlı olarak arttırmaktır. Aksi durumda sadece başlangıç noktaları yani robot sayısının arttırılması rekabetçi bir yaklaşıma yol açmaktadır. Diğer bir taraftan robot hedefe ilerleme esnasında engel büyüklüğüne göre robotun yön değiştirme hareketi incelenmiştir. Üç farklı ortam üzerinde engel büyüklüğüne göre robotun engelden kurtulduğu ve farklı yönlere doğru hareketi başardığı zamanlar kaydedilmiştir. Şekil 3’de verilen grafikte üç farklı ortam için sn cinsinden engelden kurtulup yeni yön belirleme zamanları sunulmuştur. Ortam1; Engel yoğunluğu %25 olan ortamdır. Bir ortamın engel yoğunluğu Denklem 1’deki gibi hesaplanmıştır. Ortam 2; Engel yoğunluğu %50 olan ortamdır. Ortam 3; Engel yoğunluğu %75 olan ortamdır. Ortam 3 için engel aşım zamanı kuadratik olarak artmaktadır. Bunun temel nedeni yeni yön belirlerlen geliştirilen yöntemde rastgele oluşturulan motor hız değerleridir. Bu değerler, eski yön ile aynı değerlere sahip olduğunda rastgele motor hız üretim fonksiyonu çağrımı tekrar edilmektedir. Bu da engel aşım zamanını arttırmaktadır.

$$\text{Engellerin kapladığı alan (cm}^2\text{)}/\text{Toplam alan (cm}^2\text{)}$$

(1)



Şekil 3. Zaman-Engel Büyüklüğü Grafiği

Algoritma 1'de robot tarafından belirlenen herhangi bir hedefe giderken çalışma kapsamında geliştirilen algoritma paylaşılmıştır. Geliştirilen bu algorithmada hız1 ve hız2 robotun yön değiştirmesi için kullanılan değişkenler, düz olarak ilerlemesini sağlayan değerler ise 80 ve -80'dir. Robot düz olarak ilerlerken sürekli olarak engel ile arasındaki mesafeyi kontrol etmekte ve eğer ultrasonik sensörlerden gelen verilerin bulunduğu değişkenler distance ve distance2 değerleri 40 santimetre altına düşerse motor hız değerleri direkt 0'a eşitlenerek robotun durdurulması sağlanmaktadır. Ardından motor hızına ait değişkenlere random sayılarla atanarak robotun engeli aşması beklenmiştir. Buraya kadar anlatılan olaylar robotun arkasında bulunan ultrasonik mesafe sensörleri içinde distance3 ve distance4 değişkenleri ile algorithmanda tanımlanmıştır.

Algoritma 1. Robot Mesafe Algoritması

```
Input hız1 ← 80, hız2 ← -80
procedure
if distance < 40 or distance2 < 40
M1Speed ← 0
M2Speed ← 0 then
if hız1 > 0
randNumber ← random(-400, 0)
else
randNumber ← random(400, 0)
if hız2 > 0
randNumber2 ← random(-400, 0)
else
randNumber2 ← random(0, 400)
M1Speed ← randNumber
M2Speed ← randNumber2
end if
if distance3 < 40 or distance4 < 40
M1Speed ← 0
M2Speed ← 0 then
if hız1 > 0
randNumber ← random(-400, 0)
else
randNumber ← random(400, 0)
```



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

```
if hiz2 > 0
andNumber2 ← random(-400, 0)
else
randNumber2 ← random(0, 400)
M1Speed ← randNumber
M2Speed ← randNumber2
end if
end procedure
```

2.2 Yarasa İlhamlı Çoklu Robot Koordinasyon Algoritması

Çalışmanın yazılım kısmında ise yarasa ilhamlı çoklu robot koordinasyon algoritması geliştirilmiştir. Literatürde bahsedildiği gibi yarasa ilhamlı algoritmalar 2010 sonrasındaki çalışmalarda yer almakta ve çeşitli alanlara uygulanmaktadır. Üç boyutlu ve iki boyutlu ortamlar için yarasa algoritması yardımıyla yol planlama yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak yarasa algoritması çoklu-robot koordinasyonu için daha önce kullanılmamıştır. Daha önceki çalışmaların umut verici sonuçları dikkate alınarak projede yarasa ilhamlı bir çoklu-robot koordinasyon algoritmasının geliştirilmesine karar verilmiştir. Geliştirilecek algoritma sistem içindeki birden fazla robotun konumlarına bağlı olarak etkili kazazede konum tespiti yapabilmelerini sağlamaktadır. Burada kullanılması planlanan kızılötesi, mesafe ve sıcaklık gibi sensörlerden alınacak veriler algoritma yardımıyla işlenerek robot davranışlarına karar verilmesi sağlanmıştır. Arama işleminde bir robot bir yolu taradıysa diğer robotların tekrar bu işi yapması engellenmiştir. Böylece aramanın daha hızlı gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Robot hareket ederken hareket çevresinin de modellenmesi gerekir. Bu modelleme Tablo 1’de görüldüğü gibi ızgara (grid) yapısında incelenebilir. Tablo 1’deki gösterime yakınlık ızgarası da denmektedir. Tablo 1’deki ızgara uzaklık bilgilerinden R adet adım atılacağını varsayalım. Her satır için bölüm sayısı $N_x = x_{max}/R$ ile hesaplanır. Burada x satırı temsil etmektedir. Aynı şekilde her sütundaki bölüm sayısı da $N_y = y_{max}/R$ ile gösterilebilir. Her ızgaranın kendine ait koordinatı vardır ve bir ID ile temsil edilir.

TABLO 1. ALTERNATİF ROBOT

(x-1, y-1)	↖	(x-1, y)	↗	(x-1, y+1)
(x, y-1)	↘	(x, y)	↙	(x, y+1)
(x+1, y-1)	↙	(x+1, y)	↘	(x+1, y+1)

Tüm bunlar göz önünde bulundurularak tamamen çoklu robot koordinasyonu üzerine yarasalardan ilham alınarak özgün bir algoritma geliştirilmiştir.

Algoritma 2’de verilen detaylar ve adımlar açıklanacak olursa robotSensorDegerMatris değişkeni matris olup sırasıyla robotun karşılaştığı nesne sıcaklığı, robotun içinde bulunduğu ortam sıcaklığı, robotun sağ, sol, alt ve üst mesafele bilgilerini barındırmaktadır. Wavelength ise dalga boyunu ifade etmektedir. Dalga boyu bu algoritmada robot hızının frekansa bölünmesiyle elde edilmektedir. Frequency ise frekans olup robotun hedefe



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

gitme sıklığını göstermektedir ve hedefe giderken karşılaştığı engelleri yada hedefe olan uzaklığı loudness değeri göstermektedir. Pulse ise hedefe yaklaştıkça artan pozitif bir değer olarak tanımlanmıştır. Bu geliştirilen algorithmada ilk olarak değişkenler tanımlanarak matris içinde tutulan bilgiler ayrı ayrı değişkenlere atanmaktadır. Sonrasında robota ilk olarak randNumber ve randNumber2 değerlerinin toplamının yarısı alınarak wavelength değişkeninin değeri atanmaktadır. Frequency ve loudness değerleri ise frequency değişkenine robotun solust mesafesinin atanması ile loudness değerine ise robotun solalt, sagust ve sagalt değerlerinin toplamının varsayılan değer olarak atanmasıyla belirlenmektedir. Ortam sıcaklığının 27 ila 34 derece arası olduğu durumlarda ise ortam şartlarının olumlu olmasından dolayı pulse değeri 0,1 artırılmakta loudness değeri ise 1 azaltılmaktadır. Olumlu olmasının sebebi ise robotun aradığı canlıyı bulmaya yakın olmasından dolayıdır. Burada pulse değer 0-1 arasında bir değerdir. Ortam sıcaklığı 34 ve daha yüksek bir derecede olduğu durumlarda ise motor hızları anında durdurulmakta, loudness 0'a eşitlenmekte ve pulse değeri 1 olarak atanmaktadır. Bunun sebebi robotun aradığı canlıyı bulduğunu düşünmesi ve bulunduğu konumda durması ve pulse değerinin en yüksek değer olan 1'e yükseltilmesi olarak düşünülebilir. Son olarak robotun üzerinde bulundurduğu sensörler sayesinde edindiği solust,solalt,sagust ve sagalt değerleri birbirleri ile karşılaştırılarak pulse ve loudness değerleri ayarlanmaktadır. Bu ayarlama sayesinde robot hedefe yaklaşım yaklaşmadığını sezebilmektedir.

Algoritma 2. Yarasa İlhamlı Çoklu Robot Koordinasyonu Algoritması

Input robotSensorDegerMatris, waveLength, frequency, loudness, pulse

procedure

```
ortamSicaklik ← robotSensorDegerMatris[2][1]
sagUst ← robotSensorDegerMatris[2][2]
solUst ← robotSensorDegerMatris[2][3]
sagAlt ← robotSensorDegerMatris[2][4]
solAlt ← robotSensorDegerMatris[2][5]
waveLength ← (randNumber+randNumber2)/2
frequency ← solUst
loudness ← solUst+sagUst+sagAlt+solAlt
while sayac<5000 do
if ortamSicaklik>27 && ortamSicaklik<34
bestLocal1 ← randNumber
bestLocal2 ← randNumber2
pulse ← pulse+0.1
loudness ← loudness-1
end if
if ortamSicaklik>34
bestLocal1 ← randNumber
bestLocal2 ← randNumber2
M1Speed ← 0
M2Speed ← 0
loudness ← 0
pulse ← 1
end if
if sagUst<xEniyi || solUst<yEniyi
```



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

```
pulse ← pulse+0.1
loudness ← loudness-1
xEniyi ← sagUst
yEniyi ← solUst
end if
if sagAlt<x2Eniyi || solAlt<y2Eniyi
pulse ← pulse+0.1
loudness ← loudness-1
x2Eniyi ← sagUst
y2Eniyi ← solUst
end if
if sagUst>xEniyi || solUst>yEniyi
pulse ← pulse-0.1
loudness ← loudness+1
end if
if sagAlt>x2Eniyi || solAlt>y2Eniyi
pulse ← pulse-0.1
loudness ← loudness+1
end if
end while
return solust, solalt, sagust, sagalt
end procedure
```

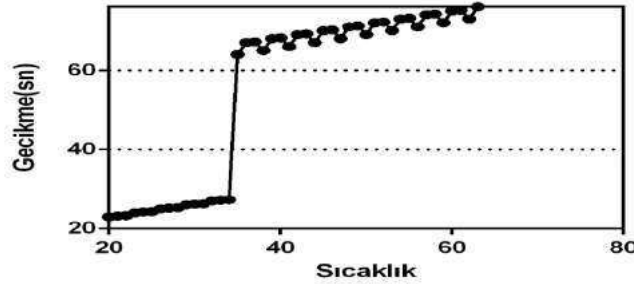
3. BULGULAR (FINDINGS)

Deney ortamını gerçekleştirmeden önce ilk olarak sanal olarak bir ortam oluşturulmuştur. Bu platform, günümüzde kullanılan ve mevcut yapı malzemeleri ile üretilen yapıları temsil etmektedir. Bu platformda tuğla, beton ve ahşap malzemeler kullanılarak gerçek yapıların belli bir oranda küçültülmesi şeklinde dizayn edilmiştir. Şekil 5’de sunulan robot gezinme düzeneği 8 birimden oluşmaktadır. Bu birimlerin yedisi robotun içine girebileceği büyüklükte tasarlanmış olup, bir düzeneğe ise eğimli engelli yüzeyden oluşmaktadır. Bunların dışında, aralara serpiştirilmiş engeller de bulunmaktadır. Kuytu giriş düzeneği için iki ön mesafe sensörü yardımıyla korunaklı alana robot iki hamlede girebilmektedir. Korunaklı alanın arkasında gidiş bölgesi yoksa bu alanda tarama devam etmektedir.



Şekil 5. Eğitim Platformu Detaylı Gerçekleştirilmiş Hali

Algoritmada açıklanan sıcaklık değeri için engel olan unsurdan bahsedilmiştir. Şekil 4’de tespit edilen sıcaklıktan sonra engel algılayıcı fonksiyondaki gecikme görülmektedir. Engel algılayıcı 34 C ye kadar gecikme tolere edilebilir seviyelerdedir. Bu sıcaklığın üstünde motor yeniden durdurulduğu için önerilen algoritmada yeniden yön tayini yapılmaktadır.



Şekil 4. Gecikme-zaman grafiğinin sıcaklığa bağlı değişimi

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada, deprem göçüklerinde yaralı tespiti için yarası ilhamlı bir çoklu robot koordinasyon algoritması önerilmiştir. Yarası ilhamlı algoritmanın parametrelerine robotun sensör değerleri uydurularak sezgisel bir koordinasyon sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Algılanan engellerin konumuna göre tasarlanan robotlar rastgele hareket ederek yeni yön tayini yapmakta ve sıcaklık sensörü yardımıyla yaralı tespit edildiğinde diğer robotlara wireless sensörü yardımıyla bilgi paylaşımı yapmaktadırlar. Bu kapsamda hem engel için hem de sezgisel hareket için iki adet algoritma geliştirilmiştir. Deney sırasında yaşanan en önemli zorluk ultrasonik sensörlerin kapsama alanıdır. Kapsama alanının dar olması kapalı ortamda harita modellemesini zorlaştırmaktadır. Yaşanan bir diğer zorluk ise geliştirilen yöntemde toplanan eski veriler ile yön tayini için eğitimsel bir model oluşturulamadığı için her karşılaşılan engel için ortam engel yoğunluğuna bağlı olarak benzer zamanlarda yeni yön tayini yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda, ortamdaki engel durumu eğitim sürecine sokularak daha hızlı yön tayini yapılabilir. Ayrıca görüntü kontrolü kamera ve bir mobil cihaz ile robotun durduğu noktalarda yapılarak kullanıcı müdahalesi ile algoritmanın çalışma biçimi değiştirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu projeye UDAP-Ç-08-15 kodu altında maddi manevi destek veren T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığına çalışma ekibi olarak teşekkür ederiz.



5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yanco, H. A., & Drury, J. L. (2007). Rescuing interfaces: A multi-year study of human-robot interaction at the AAI Robot Rescue Competition. *Autonomous Robots*, 22(4), 333-352.
- [2] Davids, A. (2002). Urban search and rescue robots: from tragedy to technology. *IEEE Intelligent systems*, 17(2), 81-83.
- [3] Baxter, J. L., Burke, E. K., Garibaldi, J. M., & Norman, M. (2007). Multi-robot search and rescue: A potential field based approach. In *Autonomous robots and agents* (pp. 9-16). Springer Berlin Heidelberg.
- [4] Nourbakhsh, I. R., Sycara, K., Koes, M., Yong, M., Lewis, M., & Burion, S. (2005). Human-robot teaming for search and rescue. *IEEE Pervasive Computing*, 4(1), 72-79.
- [5] Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S., & Rocha, R. P. (2013, April). Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. In *Autonomous Robot Systems (Robotica)*, 2013 13th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Margolis, M. (2012). *Make an Arduino-controlled robot*. "O'Reilly Media, Inc."
- [7] Yang, X. S. (2010). A new metaheuristic bat-inspired algorithm. In *Nature inspired cooperative strategies for optimization (NICSO 2010)* (pp. 65-74). Springer Berlin Heidelberg.
- [8] Kowalczyk, W. (2001). Multi-robot coordination. In *Robot Motion and Control, 2001 Proceedings of the Second International Workshop on* (pp. 219-223). IEEE.
- [9] Sheng, W., Yang, Q., Tan, J., & Xi, N. (2006). Distributed multi-robot coordination in area exploration. *Robotics and Autonomous Systems*, 54(12), 945-955.
- [10] Kok, J. R., Spaan, M. T., & Vlassis, N. (2005). Non-communicative multi-robot coordination in dynamic environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 50(2), 99-114.
- [11] Simmons, R., Apfelbaum, D., Burgard, W., Fox, D., Moors, M., Thrun, S., & Younes, H. (2000, July). Coordination for multi-robot exploration and mapping. In *AAAI/IAAI* (pp. 852-858).
- [12] Senthilkumar, K. S., & Bharadwaj, K. K. (2012). Multi-robot exploration and terrain coverage in an unknown environment. *Robotics and Autonomous Systems*, 60(1), 123-132.
- [13] Sabattini, L., Secchi, C., & Fantuzzi, C. (2013). Closed-curve path tracking for decentralized systems of multiple mobile robots. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 71(1), 109-123.
- [14] Koch, P., May, S., Schmidpeter, M., Kühn, M., Pfitzner, C., Merkl, C., ... & Nüchter, A. (2016). Multi-robot localization and mapping based on signed distance functions. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 83(3-4), 409-428.
- [15] Butzke, J., Gochev, K., Holden, B., Jung, E. J., & Likhachev, M. (2016, May). Planning for a ground-air robotic system with collaborative localization. In *Robotics and Automation (ICRA)*, 2016 IEEE International Conference on (pp. 284-291). IEEE.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 5th Engineers of Future International Student Symposium

9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

- [16] Miyama, S., Imai, M., & Anzai, Y. (2003, October). Rescue robot under disaster situation: position acquisition with omni-directional sensor. In *Intelligent Robots and Systems, 2003.(IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on* (Vol. 4, pp. 3132-3137). IEEE.
- [17] Lim, S. K., Park, D. I., Kwak, Y. K., Kim, B. S., & Jeon, S. W. (2005, June). Variable geometry single-tracked mechanism for a rescue robot. In *Safety, Security and Rescue Robotics, Workshop, 2005 IEEE International* (pp. 111-115). IEEE.
- [18] Choi, J. H., Lee, S. M., An, J., Kwak, J. H., Hong, D. H., Lee, Y. J., ... & Park, Y. W. (2014, November). On-task adaptive design of spatula-shaped end effector for human rescue robot. In *Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2014 11th International Conference on* (pp. 230-231). IEEE.
- [19] Bando, Y., Itoyama, K., Konyo, M., Tadokoro, S., Nakadai, K., Yoshii, K., & Okuno, H. G. (2015, October). Human-voice enhancement based on online RPCA for a hose-shaped rescue robot with a microphone array. In *Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2015 IEEE International Symposium on* (pp. 1-6). IEEE.
- [20] Jing, Y., Zhang, L., Arce, I., & Farajidavar, A. (2014, May). AndroRC: An Android remote control car unit for search missions. In *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2014 IEEE Long Island* (pp. 1-5). IEEE.
- [21] Buzduga, C., Graur, A., Ciufudean, C., & Vlad, V. System for the detection earthquake victims–construction and principle of operation.
- [22] Mohd Annuar, K. A., Zin, M., Haikal, M., Harun, M. H., Ab Halim, M., Firdaus, M., & Azahar, A. H. (2016). Design and Development of Search and Rescue Robot. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, 36-41.
- [23] Mohanty, P. K., Kumar, S., & Parhi, D. R. (2015). A new ecologically inspired algorithm for mobile robot navigation. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Frontiers of Intelligent Computing: Theory and Applications (FICTA) 2014* (pp. 755-762). Springer International Publishing.
- [24] Li, S., Xu, X., & Zuo, L. (2015, August). Dynamic path planning of a mobile robot with improved Q-learning algorithm. In *Information and Automation, 2015 IEEE International Conference on* (pp. 409-414). IEEE.
- [25] Yao, Y., Ni, Q., Lv, Q., & Huang, K. (2015, May). A novel heterogeneous feature ant colony optimization and its application on robot path planning. In *Evolutionary Computation (CEC), 2015 IEEE Congress on* (pp. 522-528). IEEE.
- [26] Arslan, O., Guralnik, D. P., & Koditschek, D. E. (2016). Coordinated robot navigation via hierarchical clustering. *IEEE Transactions on Robotics*, 32(2), 352-371.
- [27] Cheng, L., Han, L., Zeng, X., Bian, Y., & Yan, H. (2015). Adaptive Cockroach Colony Optimization for Rod-Like Robot Navigation. *Journal of Bionic Engineering*, 12(2), 324-337.
- [28] Fathinezhad, F., Derhami, V., & Rezaeian, M. (2016). Supervised fuzzy reinforcement learning for robot navigation. *Applied Soft Computing*, 40, 33-41.



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Fe-Mo-B Esaslı Sert Dolgu Elektrotlarının Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelemesi

Gizem Nur KURHAN ^{1*}, Engin KOCAMAN ², Recep HOCAOĞLU ³, Uğur ŞEN⁴

¹Gizem Nur KURHAN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi,
Türkiye

gizemnurkuhan@gmail.com

²Engin KOCAMAN, Metalurji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Türkiye

enginkocaman@beun.edu.tr

³Recep HOCAOĞLU, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi,
Türkiye

recephocaoglu8@gmail.com

⁴Uğur ŞEN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye,

ugursen@sakarya.edu.tr

*Sorumlu yazar; E-Mail: gizemnurkurhan@gmail.com

ÖZET

Günümüzde aşınma ve korozyon hasarına maruz kalan birçok makine parçasının servis ömrünü uzatmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri de sert dolgu kaplama olarak bilinen ve uygun bir kaynak yöntemi ile parçanın yüzeyini kendisine göre mekanik özellikleri daha iyi olan bir malzeme ile kaplanmasıdır. Endüstriyel olarak farklı kaynak yöntemleri ve çok sayıda kaplama malzemesi kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise Fe-Mo-B esaslı sert dolgu elektrotları üretilmiş ve AISI 1010 çelik altlık üzerine elektrik ark kaynak yöntemi kullanılarak kaplanmıştır. Elde edilen kaplama tabakalarının mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. Sert dolgu kaplama sonrası tek pasoda ortalama 4-6 mm arası kaplama kalınlığına sahip, altlık malzeme ile metalürjik açıdan uyumlu ve porozite içermeyen kompozit yapıya kaplama tabakaları elde edilmiştir. XRD analizine göre mikroyapıda yer alan fazların α -Fe, τ_1 , τ_2 ve Fe₂B olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sert yüzey alaşımlama, ark kaynağı, örtülü elektrot, mikroyapı, borür

Production of Fe-Mo-B Based Hardfacing Electrodes and Investigation of Their Properties

ABSTRACT

At the present time, various studies are carried out to extend the service life of many machine parts that are exposed to wear and corrosion damage. One of these studies is to cover the surface of the part with a material that better mechanical properties than itself, with a suitable welding method known as hardfacing coating. Different welding methods and many coating materials are used in industry. In this study, Fe-Mo-B based hardfacing electrodes were produced and coated on AISI 1010 steel substrate using by electric arc welding method. The microstructural properties of the obtained coating layers were investigated. After the hardfacing, composite structured coating layers with an average coating thickness of 4-6 mm, metallurgically compatible with the substrate and free of porosity were obtained in a single pass. According to XRD analysis, the phases in the microstructure were determined as α -Fe, τ_1 , τ_2 and Fe_2B .

Key Words: Hard surface alloying, boride, molybdenum, electric arc welding, microstructure

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir malzemenin çevresi ile ilk teması yüzey ile gerçekleşmektedir. Bu sebeple malzemenin çevresine ile gerçekleştireceği aşınma, korozyon, erozyon vb. birçok etkileşim büyük oranda malzemenin yüzey direnci ile ilgilidir. Bu noktada ortaya çıkan yüzey mühendisliği kavramı malzemelerin yüzey özelliklerini geliştirilmesi ve genellikle yüzeye altlık malzemenin sahip olmadığı özellikler kazandırılmasını kapsamaktadır. Yüzey mühendisliği sayesinde bir malzemenin kütsel olarak özelliklerinin iyileştirilmesi yerine daha ekonomik olan yüzey özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu sebeple yüzey mühendisliği ve yüzey özelliklerinin geliştirilmesi modern dünyada oldukça popüler olan bir yöntem olup her geçen gün bu alana olan ilgi artmaktadır [1].

Günümüzde yüzey mühendisliği ana başlığı nano mertebeden mikron seviyelerine gerçekleştirilen çok sayıda farklı prosesi içeren alt başlıklara sahip olduğunu görmekteyiz. Sert yüzey alaşımı olarak bilinen ve genellikle agresif çalışma koşullarında kullanılan makina parçalarının yüzey özelliklerinin geliştirilmesini hedefleyen kaplama yöntemi de bu alt başlıklardan biridir. Sert yüzey alaşımlama işlemi sertlik, aşınma, korozyon gibi yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla otomobil, hafriyat, petrokimya, nükleer, çimento sanayi, gemi inşa endüstrisi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Kaynakla yapılan sert yüzey alaşımlama işleminde örtülü elektrot elektrik ark kaynağı (SAW), özlü tel ark kaynağı, tozaltı ark kaynağı, tungsten inert gaz (TIG) kaynağı, MIG-MAG kaynağı gibi yöntemler ile uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında örtülü elektrot ark kaynağı

ekonomiklik, düşük elektrot maliyeti, yüksek biriktirme oranı gibi avantajlarından dolayı diğer kaynak yöntemlerine arasındaki popülaritesini korumaktadır [3]. Sert yüzey alaşımlama sonucu yüzeyde uygulama yöntemi ve sert yüzey alaşım bileşimine bağlı olarak M_3C , M_7C_3 , $M_{23}C_6$, MB ve M_2B gibi yüksek aşınma ve korozyon direncine sahip karbür ve borür fazları oluşturulur [4]. Endüstride daha çok Fe-Cr-C esaslı sert dolgu kaplama bileşimleri tercih edilirken akademik çalışmaların borür içeren sert dolgu kaplamalara yöneldiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte yapılan literatür çalışmalarında çok sayıda bor içeren sistemin henüz sert dolgu kaplama bileşimi olarak denenmediği görülmektedir. Bu sistemlerden biri de Fe-Mo-B esaslı sert dolgu alaşımlarıdır. Literatürde bu alanda gerçekleştirilen çalışma sayısının çok az olduğu ve bu çalışmaların çok az sayıda yöntem ve parametre ile gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Fe-Mo-B esaslı iki farklı bileşime sahip sert dolgu elektrotu üretilmiş ve AISI 1010 çelik altlık üzerine elektrik ark kaynağı yöntemi ile kaplanmıştır. Kaplama sonrası numuneler mikroyapısal özellikleri SEM (taramalı elektron mikroskobu), EDS (Electron Dispersive Spectroscopy) ve XRD (X-ışınları difraktometresi) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışmada üretilen sert dolgu elektrotlarının bileşimleri Tablo 1’de verilmiştir. Sert dolgu elektrotları üretiminde Tablo 2’de kimyasal analizi verilen ferro tozlar (ferro bor, ferro molibden) ve demir tozu kullanılmıştır. Ardından flaks ve bağlayıcı, alaşım tozları ile karıştırılmış ve elektrot örtü pastası hazırlanmıştır. Elektrot örtü pastası ve 5,5 mm çapında 350 mm uzunluğunda kalıp içerisinde yerleştirilerek preslenmiş ve içerisinden 2.5 mm çapında çelik tel geçirilmiştir. Kalıptan çıkarılan elektrotlar kurumaya bırakılmış, sonrasında pişirme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Belirlenen bileşimler (%at.) (Table 1. Determined compositions (%at.))

Gösterim	Fe	Mo	B
$Fe_4B_5Mo_2$	Kalan	4	10
$Fe_7B_5Mo_8$	Kalan	16	10

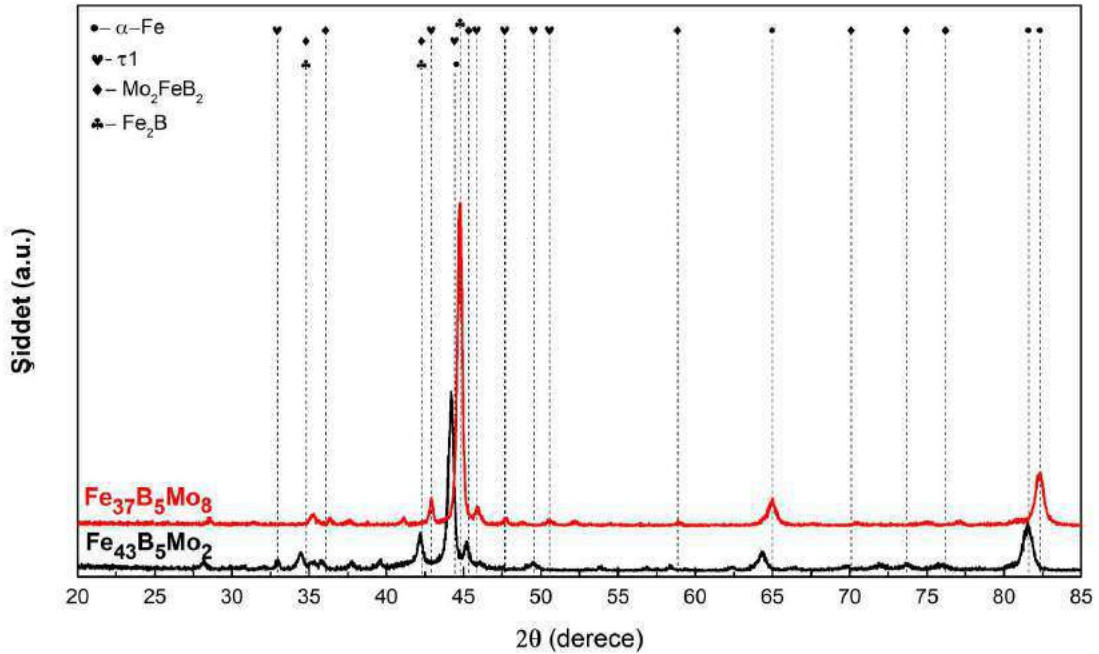
Sert dolgu kaplama işlemi AISI 1010 çelik altlık (7x30x70 mm boyutlarında) üzerine gerçekleştirilmiştir. Sert dolgu kaplama işlemi için Magmaweld RD 650 E elektrik ark kaynak makinesi kullanılarak doğru akım ters kutup yöntemi ile tercih edilmiştir. Kaynak işlemi gerçekleştirilen altlığın metalografik incelemeleri için kaynak dikişine 90° açıda olacak şekilde su soğutmalı hassas kesme cihazında numuneler kesilmiştir. Kesilen numuneler sırasıyla 120, 240, 400, 600, 1000, 1200 grid SiC zımpara kullanılarak zımparalanmış ve 1 µm elmas solüsyon ile parlatılmış, %3 Nital çözeltisi ile dağlanarak karakterizasyon işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Kaplanmış numunelerin mikroyapı özellikleri JEOL JSM-6060 taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve taramalı elektron mikroskobu ile bütünleşik IXRF Systems Inc. EDS (Electron Dispersive Spectroscopy) analizi ile incelenmiştir. Yapıda oluşan fazlar ise RIGAKU D/MAX/2200/PC marka X-ışınları difraktometresi (CuK_{α} $\lambda=1,5408$ Å) kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 2. Alaşım tozlarının kimyasal analizi (Table 2. Chemical analysis of alloy powders)

Toz	Fe	Mo	B	Si	C	Al	P	S
Ferro Molibden		60		1,5			0,050	0,10
Ferro bor	80,602		18,580	0,39	0,312	0,065		
Demir tozu	99,9							

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Farklı molibden oranlarına sahip sert yüzey kaplamalara ait XRD analizleri Şekil 1’de verilmiştir. XRD analizine göre, kaplama mikroyapılarının α -Fe, τ_1 ($\text{Mo}_2\text{Fe}_{13}\text{B}_5\text{-Fe}_3\text{B}$), τ_2 (Mo_2FeB_2) ve Fe_2B fazlarını içerdiği tespit edilmiştir. Elektrot örtü bileşiminde artan molibden içeriği ile birlikte mikroyapıda yer alan fazların değiştiği anlaşılmaktadır. Molibden içeriği daha az olan $\text{Fe}_{43}\text{B}_5\text{Mo}_2$ esaslı sert dolgu kaplamanın mikroyapısında yer alan τ_1 ($\text{Mo}_2\text{Fe}_{13}\text{B}_5\text{-Fe}_3\text{B}$) ve Fe_2B fazlarının, sert dolgu elektrot bileşiminde yer alan molibden miktarının artması ile azaldığı gözlemlenmiştir. Elektrot örtü bileşiminde artan molibden miktarı ile kaplama tabakasında τ_2 (Mo_2FeB_2) fazının arttığı anlaşılmaktadır.

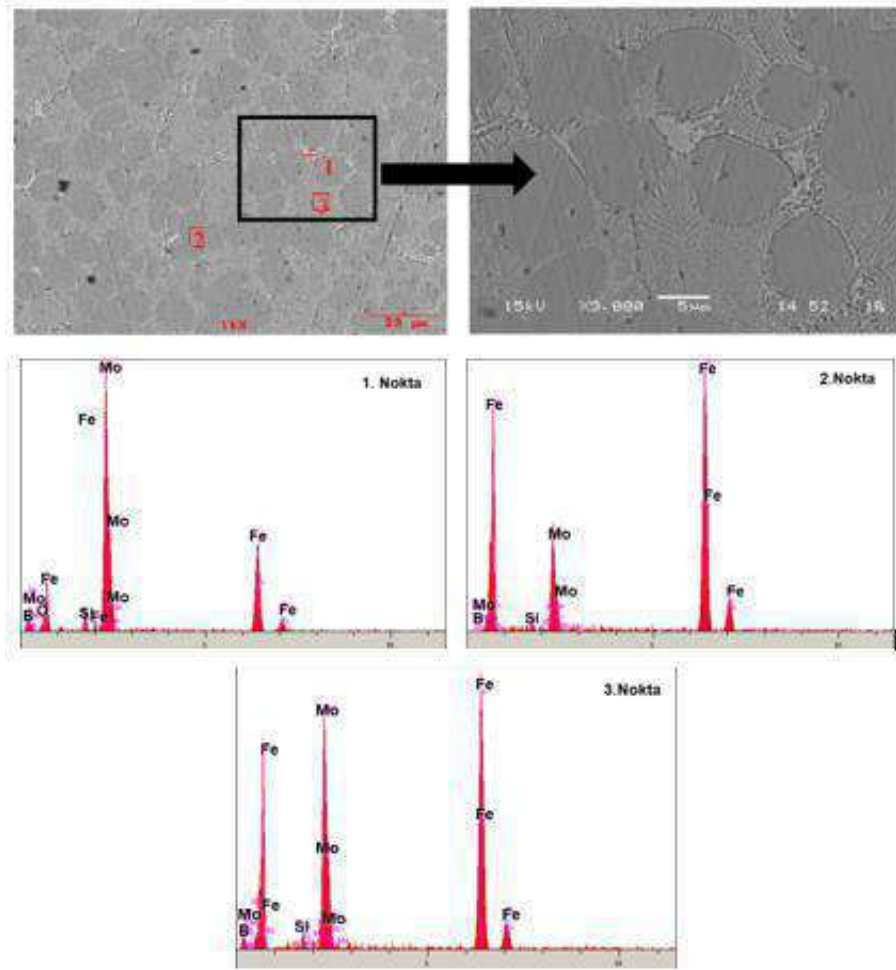


Şekil 1. Sert yüzey alaşımlanmış numunelere ait XRD analizi

(Figure 1. XRD analysis of hardfaced samples)

Şekil 2 ve 3’de kaplamalara ait SEM görüntüleri ve EDS analizleri verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde, mikroyapı içerisinde üç farklı yapının yer aldığı ve bunların matris fazı, ötektik benzeri yapılar ve ötektik fazların arasında çökelen yapılar olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2’te verilen EDS analizinde $\text{Fe}_{43}\text{B}_5\text{Mo}_2$ esaslı sert dolgu kaplamanın mikroyapısında yer alan koyu gri bölgelerin α -Fe olduğu anlaşılmaktadır. Ötektik benzeri bölgelerden

alınan EDS analizinde demir ve borun varlığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple bu bölgelerin Fe_2B olabileceği düşünülmektedir. Bu fazın ötektik bölgelerde yer alması bileşimde yer alan yüksek oradaki demir ile Fe_2B fazının $\alpha-Fe+Fe_2B$ ötektiğini oluşturacak şekilde katılmış olma ihtimalini güçlendirmektedir. Öte yandan tane sınırında yer alan uzunlamasına fazların XRD analizinde tespit edilen τ_1 ($Mo_2Fe_{13}B_5-Fe_3B$) olduğu anlaşılmaktadır. Gerçekleştirilen benzer çalışmalarda τ_1 fazının çok dar bir katılma aralığında kendini gösterdiği ve dengeli katılma şartlarında mikroyapıda yer alamayacağı belirtilmektedir [5]. Bununla birlikte bu tip çalışmalarda kaynak prosesinin dinamik katılma yapısı sebebiyle denge dışı fazların yer alması mümkündür. Elektrot örtü bileşiminde artan molibden miktarı ile XRD analizinde τ_1 ($Mo_2Fe_{13}B_5-Fe_3B$) fazı azalırken τ_2 (Mo_2FeB_2) fazının arttığı görülmektedir.

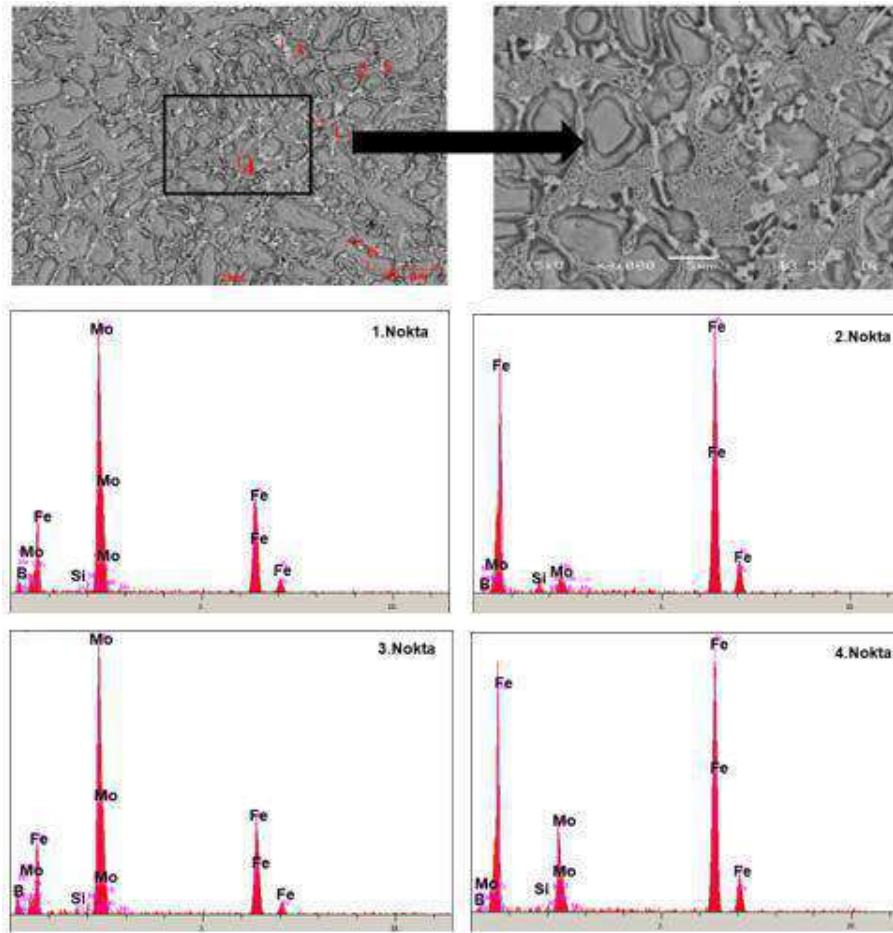


Şekil 2. $Fe_{43}B_5Mo_2$ bileşimine sahip sert dolgu kaplamaya ait SEM görüntüleri ve EDS analizleri

Figure 2. SEM images and EDS analysis of the hardfaced $Fe_{43}B_5Mo_2$ composition

Şekil 3' de SEM görüntüleri ve EDS analizleri verilen, $Fe_{37}B_5Mo_8$ bileşiminin mikroyapısında dendritler arası ötektik faz içeren bir katılma sergilediği görülmektedir. Yin ve arkadaşları ağırlıkça %3,5 bor içeren Fe-Mo-B alaşımında molibden oranının ağırlıkça %8'i geçmesi ile yapıda Mo_2FeB_2 blok yapıli sert fazının oluştuğunu rapor etmişlerdir [6]. SEM görüntüsü verilen $Fe_{37}B_5Mo_8$ esasli sert dolgu kaplamanın mikroyapısında blok yapıli τ_2 (Mo_2FeB_2) fazının oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu faz Şekil 3'te verilen 3 numaralı EDS analizinde görülmektedir.

$Fe_{37}B_5Mo_8$ esaslı sert dolgu kaplamanın nihai mikroyapısının ise α -Fe, τ_2 (Mo_2FeB_2) ve α -Fe+ Fe_2B ötektik yapısından oluştuğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. $Fe_{37}B_5Mo_8$ bileşimine sahip sert dolgu kaplamaya ait SEM görüntüleri ve EDS analizleri

Figure 3. SEM images and EDS analysis of the hardfaced $Fe_{37}B_5Mo_8$ composition

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

1. Farklı molibden içeriğine sahip örtülü elektrotlar üretilmiş ve AISI 1010 çeliği üzerine elektrik ark kaynağı yöntemi ile sert yüzey alaşımlama işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.
2. Fe-Mo-B esaslı kaplamaların mikroyapılarının ötektik yapıda olduğu ve bileşim içeriğindeki molibden oranı arttıkça α -Fe'in adacıklarının azaldığı tespit edilmiştir.
3. Kaplama mikroyapılarında α -Fe, τ_1 ($Mo_2Fe_{13}B_5-Fe_3B$), τ_2 (Mo_2FeB_2) ve Fe_2B fazlarını içerdiği ve bileşim içeriğindeki molibden miktarı arttıkça yapıdaki τ_1 ($Mo_2Fe_{13}B_5-Fe_3B$) ve Fe_2B fazlarının azaldığı, τ_2 (Mo_2FeB_2) fazının ise arttığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] N. Yüksel and S. Şahin, “Wear behavior-hardness-microstructure relation of Fe-Cr-C and Fe-Cr-C-B based hardfacing alloys,” *Mater. Des.*, vol. 58, pp. 491–498, 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2014.02.032.
- [2] E. Abakay, B. Kilinc, S. Sen, and U. Sen, “Wear properties of TIG surface alloyed steel with 50%Fe-10%W-40%B alloy,” *Acta Phys. Pol. A*, vol. 127, no. 4, pp. 957–960, 2015, doi: 10.12693/APhysPolA.127.957.
- [3] M. F. Buchely, J. C. Gutierrez, L. M. León, and A. Toro, “The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys,” *Wear*, vol. 259, no. 1–6, pp. 52–61, 2005, doi: 10.1016/j.wear.2005.03.002.
- [4] M. Eroglu, “Boride coatings on steel using shielded metal arc welding electrode: Microstructure and hardness,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 203, no. 16, pp. 2229–2235, 2009, doi: 10.1016/j.surfcoat.2009.02.010.
- [5] X. Ou Yang, F. Yin, J. Hu, M. Zhao, and Y. Liu, “Experimental investigation and thermodynamic calculation of the B-Fe-Mo ternary system,” *Calphad Comput. Coupling Phase Diagrams Thermochem.*, vol. 59, no. October, pp. 189–198, 2017, doi: 10.1016/j.calphad.2017.10.007.
- [6] X. Ouyang, G. Chen, F. Yin, Y. Liu, and M. Zhao, “Effect of Molybdenum on the Microstructures of As-Cast Fe-B Alloys and Their Corrosion Resistance in Molten Zinc,” *Corrosion*, vol. 73, no. 8, pp. 942–952, Apr. 2017, doi: 10.5006/2280.

SUALTI AKUSTİĞİNE BAĞLI MESAFE ÖLÇÜM SİMÜLATÖRÜ

Harun ÇALIM¹, Seda KARADENİZ KARTAL^{1,*}, Rıfat HACIOĞLU^{1,*}, K. Sedar GÖRMÜŞ^{1,*}, Ş.
Hakan KUTOĞLU^{1,*}, M. Kemal LEBLEBİCİOĞLU^{2,*},

¹Harun ÇALIM, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Türkiye

haruncalm.6565.hc@gmail.com

* Sorumlu yazar; E-Mail: haruncalm.6565.hc@gmail.com

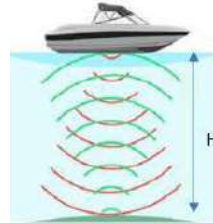
ÖZET

Su altı haritalama, günümüzde sivil askeri gibi birçok alanda önemli bir yere sahiptir. Su altı haritalamada en çok kullanılan yöntem akustik yöntemlerdir. Bu yöntemler kendi aralarında ayrılmaktadır. Su altı haritası, sonarın entegre edildiği platformun konum bilgisi (x ve y eksenindeki konum) ile sonar ile ölçülen deniz tabanından yükseklik bilgisinin (z eksenindeki) birleşiminden oluşmaktadır. Deniz tabanından olan yükseklik yani batimetri verisi günümüzde en yaygın olarak sonar ile ölçülmektedir. Bu çalışmada dip taramalı ve yan taramalı sonarın çalışma prensibi analiz edilmiştir. Bir sonar simülatörü oluşturularak batimetri verisi ölçümü elde edilmiştir. Tüm çalışma C# ortamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sualtı haritalama, Batimetri, Tek ışınlı sonar, Yan taramalı sonar

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sualtı haritalandırılmasında kullanılan akustik ses sinyalleri sesin engele çarpıp yankı yapma özelliğine dayanmaktadır. Sesin bu özelliği kullanılarak hedef olarak seçilen bir alanın kaynağa olan uzaklığı tespit edilebilmektedir. Akustik ses sinyalleri alıcı ve vericiden oluşan, ses sinyalleri üreten sensörlerden oluşmaktadır. Sualtına gönderilecek ses dalgasının frekans, genlik ve açısı alıcı-verici tarafından amacına uygun ayarlanmaktadır. Ses sinyalleri sudaki hızı hava ya göre 5 kat daha hızlıdır (1480m/s). Ses dalgaları su içinde ilerlerken ortamın yoğunluğuna bağlı olarak hızı değişmektedir. Üretilen ses dalgaları suya gönderilir. Deniz dibine çarpıp geri yansıyan ses sinyalleri alıcı-verici tarafından cevaplanarak geçen süre ölçülür. Geri dönen dalganın süresi ve hızı bilindiğinden aşağıdaki denklem 1 kullanılarak hedefin uzaklığı tespit edilebilmektedir.



Şekil 1. Sensörden yayılan akustik dalgalar [5]

Alıcı-verici tarafından ölçülen süre 1 saniye olsun. Sesin sudaki hızı 1450m/s olarak kabul edilsin. Bu bilgiler kapsamında deniz tabanının da gelen dalganın derinliği aşağıdaki denklem 1 kullanılarak yapılır (Şekil 1).

$$H = V \times \frac{T}{2} \quad (1)$$

$$H=1480\text{m/s} \times 0.5 = 740\text{m}$$

$$V = \text{ses hızı(metre/saniye)}$$

$$H = \text{derinlik (metre)}$$

$$T= \text{Yansıyan dalganın geri dönme süresi(saniye)}$$

Genel olarak tüm akustik ölçümler yukarıda belirtilen prensibe dayanmaktadır. Uzun zaman boyunca tek hüzmeli (ışınlı) akustik iskandiller kullanıldı. Fakat deniz tabanının haritalanması için bu yetersiz kalıyordu. Tek ışınlı klasik akustik iskandilleri dışında çok ışınlı iskandiller ve yan taramalı sonarlar geliştirildi [1]. Çok ışınlı iskandil sistemleri derinlik tespiti için çoklu paralel hüzmeler (ışınlar) üretmektedir. Bu sistemleri kullanarak yaklaşık olarak su derinliğinin 7 katı kadar bir yanal tarama yapılabilir. Her taramada gemi rotasına dik yönde 64 adet derinlik ölçümü yapılmaktadır.200 metre derinliğine kadar sularda en fazla ± 15 cm olan teorik derinlik hatası; yuvarlama (roll), yunuslama (pitch), ve sapma (pitch) algılayıcıları, cayro kompas, su sıcaklığı ve çok ışınlı sonarın alıcı vericileri meyil ölçer gibi algılayıcılardan gelen bilgilerle, sistem içinde ve ölçme anında yapılan düzeltmelerle teorik olarak ± 2 cm ye kadar indirgenebilmektedir.

1.Yandan taramalı sonarlar

Son yıllarda derinlik ölçmede ve nesne tespiti için son derece hassas ölçümler yapan yandan taramalı sonarlar kullanılmaktadır. Yandan taramalı sonarlar menzillerine göre 3 kategoriye ayrılmaktadır.

1.1. Kısa Menzilli

Bu sonarlar yüksek frekanslara sahiptirler. Yüksek frekans kullandıkları için tarama menziller düşüktür (25 -750 metre). Genellikle 100 ile 500 kHz'lik çalışma frekansına sahiptirler. Alıcı vericinin bağlandığı yerin hızı 4-5 knot arasındadır. Bu tip sonarların amacı küçük sahaların ayrıntılı şekilde taramasını yapmaktır.

1.2.Orta Menzilli (mid - range)

Kullanım amacı derin denizlerin dip yapısını incelenmesi olup, 11-30 kHz değerinde frekanslarda çalışır. Sensörün bağlandığı yerin çekme hızı; yüzeye yakın yerlerde 4, dibe yakın yerlerde 1.5 knot dur. Sonar yüzeye yakın çekmelerde 10km, dibe yakın çekmelerde 5km alan taramaktadır.

1.3.Uzun Menzilli (long rang)

Bu sonar sınıfı 6.5 kHz 'lik düşük frekansa sahiptirler. Bu yüzden 60 km gibi yüksek alanı tarama fırsatı sunmaktadırlar. Sonarın çekme hızı 9 knot dur. Bu sınıftaki sonarlar okyanus gibi derin yerlerin taban taraması için kullanılmaktadır [2].

2.Yandan Taramalı Sonarın Kullanım Alanları

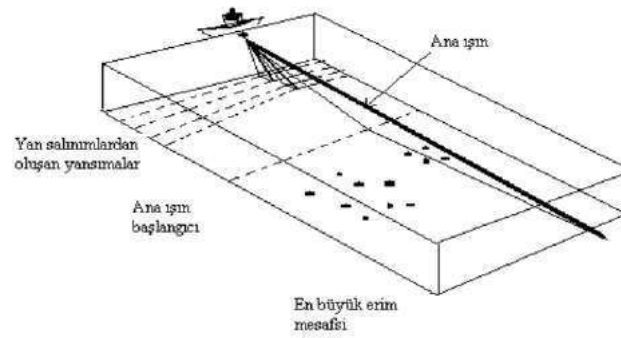
Bu tür sonarlar ilk olarak 1950 yıllarında balık sürülerin tespiti için geliştirilmiştir. Günümüzde ise su altı araştırmaların birçok değişik alanlarında ve farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Bu yöntem ile çalışma profilleri boyunca geniş bir şeridin detaylı topografyasını verebildiğinden, araştırma sahası çabuk ve ekonomik olarak taranarak, batimetrik haritalar üretilmektedir.

Yandan taramalı sonar kullanılarak üretilen deniz altının detaylı haritası aşağıda belirtilen alanlarda kullanılmaktadır. Belirtilen alanların dışında pek çok alanda kullanılmaktadır

- Deniz tabanı üzerinde inşa edilecek petrol doğalgaz platformları
- Sivil veya askeri yapıların zemin mühendisliği araştırmaları
- Balıkçılık , Boru hatları, Mayın avı (mine hunting) vb.

2.1.Yandan Taramalı Sonar Konfigürasyonu

Genel olarak akustik yöntemlerde düşey doğrultuda yayılan akustik ışın demeti kullanılmaktadır. Yandan taramalı sonarda ise bu yöntem değiştirilmiştir. Şekil 2 'de görüldüğü gibi yandan taramalı sonar sistemlerinde, ana eksen yatayın biraz altında olan eğik bir akustik ışın demeti kullanılmaktadır. Deniz dibine gönderilen ışınların yansıma prensibini kullanarak çalışan bir sistemdir. Yansiyarak gelen ışınların enerjisini kaydederek deniz tabanın haritasını oluşturmaktadır.



Şekil 2. Yandan taramalı sonarın akustik ışın demeti [3]

Yandan taramalı sonarın temel birimleri; Deniz birimi (transduser), Alıcı verici birimi (transmitter /receiver), Çift kanallı grafik kayıt cihazı birimi (Thermal Recorder), Sayısal ve analog veri toplama, işleme birimi, Çekme, Güverte, ve BNC kabloları, Sayaçlı makara sistemlerinden oluşur.

2.1.1. Deniz birimi (transduser)

Fish ya da towfish olarak ta adlandırılan bu yapı, kullanım derinliğine ve amacına göre çeşitli tip ve ağırlıkta olabilmektedir. Genellikle 1 m ve hidrodinamik dengeli olarak tasarlanmaktadır. Deniz biriminin (towfish) sancak(sağ) ve iskele (sol) kenarlarında akustik sinyallerin üretildiği ve yansıyan akustik sinyallerin algılandığı bir çift transduser bulunmaktadır.

2.1.2. Alıcı verici birimi (transmitter /receiver)

Bu birimde sonarın ne kadar alan tarayacağını ve diğer birçok parametrelerin ayarlandığı kısımdır. Deniz birimi tarafından üretilen sinyaller gönderici birimi (transmitter) tarafından belirli bir frekansta suya gönderir. Suyun içinden yansıyan sinyalleri algılayan alıcılar (receiver) tarafından yakalanır.

2.1.3. Çift kanallı grafik kayıt cihazı birimi (Thermal Recorder)

Deniz içinden yansıyan ışınların grafiksel olarak çizilmesini sağlayıcı birimdir.

2.1.4. Sayısal ve analog veri toplama, işleme birimi

Deniz biriminin alıcılarından (receiver) gelen analog ve sayısal sinyalleri toplar işler ve ilgili yerlere gönderen birimdir.

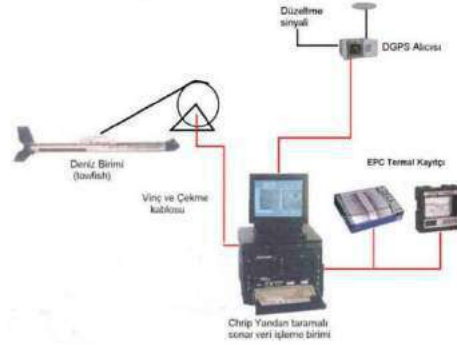
2.1.5.Çekme, Güverte, ve BNC kabloları

Araştırma gemisi ile deniz birimi (transducer) arasındaki bağlantıları sağlayan kablolardır. Çekme kablosu, Araştırma aracı ile deniz birimi (towfish) arasında sinyal iletişimini sağlayan ve kanallar arası girişimi (crosstalk) önleyecek şekilde izole edilmiş çekme yüküne dayanıklı kablodur. Güverte kablosu, vinç ile transceiver arasındaki sinyal iletişimi sağlayan kablodur. BNC kabloları ise, transceiver ile termal kayıtçı arasındaki bağlantıyı sağlayan kablodur.

2.1.6. Sayaçlı makara sistemi (matervil)

Uzaktan kumandalı kablo uzunluğu sayaçlı ve kablunun denize bırakılmasını sağlayan makara sistemidir.

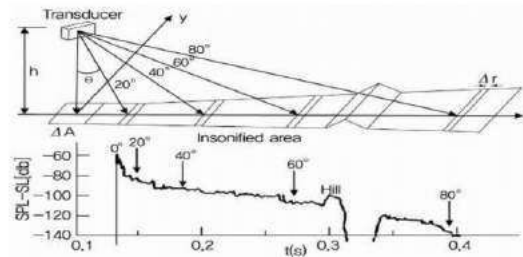
Yandan taramalı sonarın temel bileşenleri şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yandan taramalı sonarın temel bileşenleri [3]

2.2.Yandan Taramalı Sonarın Çalışma Prensibi

Yandan taramalı sonar (YTS) sisteminin deniz birimi (towfish), vinç sistemine bağlı kablo (çekme kablosu) ile araştırma aracı tarafından önceden belirlenmiş bir hız ile çekilir. Çekilen deniz birimi, çalışma profili boyunca vericileri vasıtasıyla belirli bir açıyla akustik sinyaller gönderir ve eş zamanlı olarak alıcı birimi denizin dibinden yansıyan akustik sinyalleri yakalar. Gönderilen akustik sinyaller, yatay düzlemde dar, dikey düzlemde geniş bir ışın demeti şeklinde (bim paterninde) yayılır (şekil 4).



Şekil 4. Alıcı verici tarafından gönderilen akustik sinyallerin gönderme açısı [3]

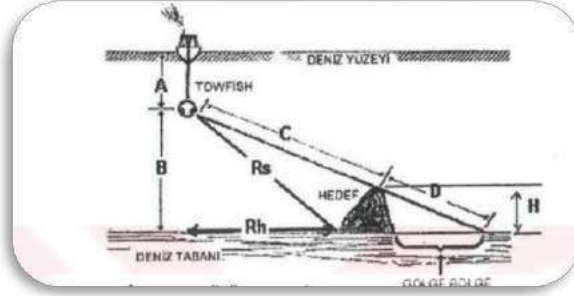
Deniz altında engele çarparak yansıyan akustik ses dalgaları elektrik enerjisine dönüştürülerek yükseltilir ve çekme kablosu vasıtası ile gemideki su üstü araştırma aracına gönderilir. Pratikte tarama artıkça kayıt edilen

kağıt sürekli olarak ilerler. İki kanaldan gelen görüntü kayıtları yan yana birleştirilerek “center out “görüntü oluşturur (Şekil 5). Kaydın merkezi deniz biriminin üzerinde gittiği hattı, sağ ve soldaki kayıtlar ise sancak ve iskele vericiden alınan sinyalleri gösterir. İki kanal arasında oluşan boşluk yandan taramalı sonarın ölçüm geometrisinin doğal sonucudur. Bu deniz biriminin tam altındaki deniz tabanının görülmediği anlamına gelmez.



Şekil 5. Yandan taramalı sonarın kayıt formasyonu [3]

Yandan taramalı sonarların verilerin kaydedilmesinden ve değerlendirilmesinde en önemli parametre kullanılan deniz biriminin geometrisidir. YTS sistemi yansıyan ses dalgalarının çekilen deniz biriminden mesafesini ölçer ve gösterir. Yandan taramalı tüm sonarların hesaplamaları bu geometriye göre yapılır (şekil 6).



Şekil 6. Yandan taramalı sonarın kayıt geometrisi [3]

A: Towfish'in deniz yüzeyinden olan derinliği

H: Hedefin yüksekliği.

B: Towfish'in deniz tabanından olan uzaklığı

Rs: Hedefin altına olan direk uzunluk

C: Hedefe olan direk mesafe

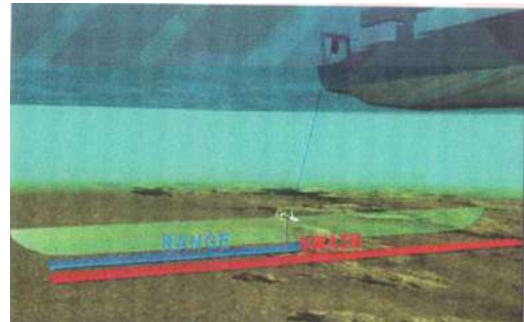
Rh: Hedefe olan yatay mesafe

D: Hedefin gölge uzunluğu

YTS sisteminin vericilerinden gönderilen sinyaller çok güçlü olduğu için şekil 6'da görülen koyu şerit, çıkış sinyali (output pulse) olarak görülür. Sonarın sudaki pozisyonuna bağlı olarak alınan ilk sinyal deniz yüzeyinden (surface echo) veya sonarın altında deniz tabanından dönen, deniz tabanı sinyali (bottom echo) gelir. Bu mesafe, deniz birimi ile hedef arasındaki mesafedir.



Şekil 6. YTS'nin sancak kanalından alınan örnek kayıt.

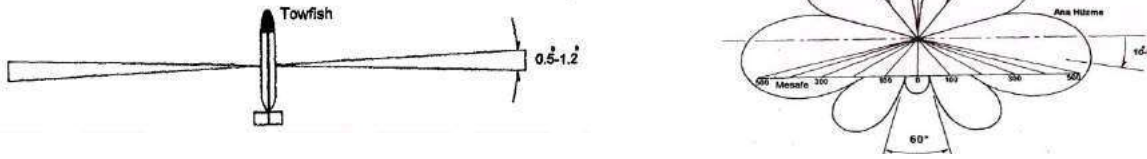


Şekil 7. Sonarın menzil ve kaplama alanı [3]

Yandan taramalı sonar sistemi geometrisinden kaliteli kayıt alınabilmesi için ölçüm sırasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlar vardır. Deniz birimi'nin deniz tabanından olan yüksekliği seçilen tarama menzilin %10 -15'i kadar deniz tabanından yukarıda olmalıdır. Örneğin YTS sistemi 100 m mesafede çalıştığında deniz birimi deniz tabından 10-15 m yukarıdan çekilmelidir. Bu durum kayıtlarda su kolunu mesafesini azaltarak daha fazla deniz tabanı kaplaması sağlar. Mesafe ölçeği (range) sonarın deniz biriminden yana doğru olarak kaplamış olduğu tek yönlü mesafedir. Kaplama alanı (swath coverage) ise bu mesafenin iki katı kadardır (Şekil 7). En fazla mesafe yanal mesafe su içinde 1 saniyelik gidiş-geliş zamanına karşılık gelen 750 metredir. Çoğu YTS sistemlerinde mesafe ölçeği ya sayısal olarak ya da tarama zamanı (ms) cinsinden sisteme girilmektedir.

Deniz tabanı görüntülerinin oluşturulması ve işlenmesi sırasında kullanılan YTS akustik sinyalinin geometrisi çok önemlidir. Tipik bir deniz biriminin ürettiği ışın demetinin yatay hüzmeye açısı (horizontal beam angle) 0.5°- 1.2° kadar dar (Şekil 8), dikey hüzmeye açısı (vertical beam angle) ise 60°-70°kadar geniştir (şekil 8). Yatay hüzmeye açısının çok dar seçilmesinin nedeni uzak menzildeki, cisimlerin daha iyi çözümlenebilmesini sağlamak içindir.[4]

Bu açı ne kadar dar ise, transvers ayırım gücü o derece artar. Transver ayırım (Rt), hat doğrulmasına paralel iki ayrı cismin sonar kayıdı üzerinde ayrı cisimler olarak görülebilmeleri için, gerekli olan iki cisim arasındaki en küçük mesafe olarak tanımlanır.



Şekil 8. Deniz biriminin ürettiği yatay ışın demeti (sol) ve dikey demeti (sağ) [3]

2.2.1. Yatay mesafe Hesabı:

Yandan taramalı sonarlar dipte bulunan nesnelere olan direk mesafeleri görüntüler. Bu nesnelere harita üzerinde daha hassas bir şekilde yerleştirmek için bunların sonarlar arasındaki yatay mesafeyi belirlememiz gerekir. Sonarların yakın mesafelerde bozulma etkileri daha fazladır. Yatay mesafe, dik üçgen bağıntısı kullanılarak yapılan hesaplamalarla bulunabilir. Deniz biriminin dipten yüksekliği dik üçgenin bir kenarı, ölçülen direk mesafe hipotenüs ve yatay mesafe ise diğer kenardır (Şekil 9). Bu hesaplama için deniz tabanın düz olduğu kabullenir. Bu durum da yatay mesafe;

$$R_h = \sqrt{R_s^2 - B^2} \quad (2)$$

R_h: Yatay mesafe

R_s: Hedefe olan direk mesafe

B: Towfish'in deniz tabanından olan yüksekliğidir.

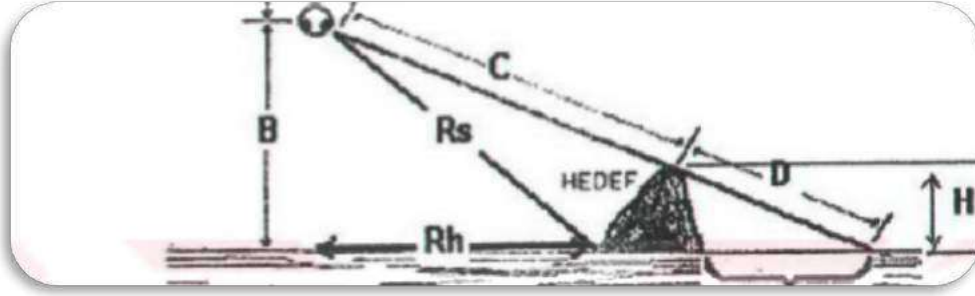
2.2.2. Hedef Yükseklik Hesaplanması

Şekil 9'da görüldüğü gibi benzer üçgenler geometrisi kullanılarak hedef yüksekliğinin gölgenin uzunluğuna oranı, deniz biriminin tabandan olan yüksekliğinin gölgenin sonuna olan mesafeye oranına eşittir. Yani;

$$\frac{H}{D} = \frac{B}{(C+D)} \quad (3)$$

Burada bilinmeyen tek faktör hedef yüksekliğidir. Bu durumda eşitlik düzenlersek,

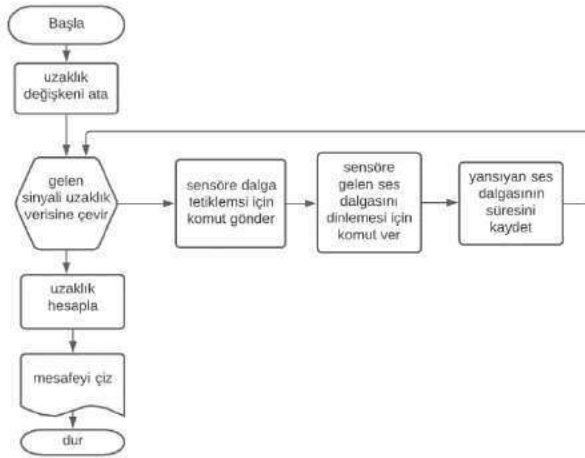
$$H = \frac{(B \times D)}{(C + D)} \quad (4)$$



Şekil 9. Yatay ve hedef yükseklik ölçümü için kullanılan üçgenler [3]

2.3.Mesafe ölçüm simülatörü

Sonar simülatörü şekil 10'daki akış şeması kullanılarak C# programının da geliştirilen yazılım ile ölçülen derinlik bilgisi simüle edildi. Sonarın kullandığı sinyalin ve ultrasonik sensörün kullandığı sinyal benzer özellik gösterdiği için su üzerinde şekil 11 'de gösterildiği gibi bir deneysel düzenek oluşturuldu. Kurulan düzenek su üstünde yapıldığı için ortam ses hızı suya göre 5 kat daha az yavaştır. Bu hız parametresi göz önüne alınarak deney gerçekleştirildi.



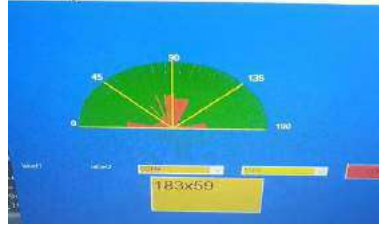
Şekil 10: Simülatörün akış şeması



Şekil 11. Mesafe ölçüm simülatörü düzenegi

Deney esnasında alıcı verici olarak ultrasonik sensör kullanılmıştır. Deneyde deniz tabanındaki yükseklik değişimi için şekil 11 de görüldüğü gibi engeller kullanılmıştır. Verici tarafından gönderilen ses dalgaları engellere çarpıp geri dönerek tekrardan alıcı tarafından dinlenilmektedir.

Gelen ses dalgasının geri dönme zamanı ölçülerek sensöre olan uzaklığı saptanmaktadır. Deneyde alınan uzaklık verileri kullanılarak şekil 12 de görüldüğü üzere 2d şeklinde harita elde edilmiştir.



Şekil 12. Uzaklık (derinlik) verisi kullanarak 2d harita elde edilmesi

3.SONUÇ

Bu çalışmada sualtı haritasında önemli bir veri olan batimetri verisinin akustik sistemlerle ölçümü analiz edilmiştir. Ses sinyali kullanılarak derinlik ölçümü alan dip taramalı ve yan taramalı sonarın çalışma prensibi analiz edilmiştir. C# programında, ses sinyalinin en yakın mesafeye çarparak geri dönüş zamanı ve ses hızından mesafe ölçümü simüle edilmiş ve bir mesafe ölçüm simülatörü oluşturulmuştur. Bu çalışma, sualtındaki sonarın çalışma prensibini anlamaya yönelik altyapı çalışması olmuştur. Gelecek çalışmamızda, su üstü aracına entegreli sonar ile denizde gerçek batimetri verisi alınarak, analiz edilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 119E037 nolu TÜBİTAK 1001 projesi dâhilinde desteklenmiştir. Bu vesile ile TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi arz ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] KLEIN 590 EL KİTABI (1996): Klein Inc. USA

[2] MOUSTIER, C. (1993): Signal Processing for Swath Bathymetry and Concurrent Seafloor Acoustic Image, in acoustic Signal Processing for Ocean Exploration, edited by Moura, J.M.F. and L.M.G., Kluwer Academic Publisher, 338, 329-354

[3] Özturan, M., “XTF Formatlı Yandan Taramalı Sonar Verilerinin Matlab Yazılımları ile Analizi ve Deniz Tabanı Sınıflandırması”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 2-4, (2003)

[4] Hoytek (2020,11 ocak). İnsansız su üstü botu (usv) ve yandan taramalı

sonar.Hoytek.<https://hoytek.com.tr/yazilar/insansiz-su-ustu-botu-usv-ve-yandan-taramali-sonar/>

KEY, W.H. Jr (1984): Alternate uses of hydrographic data taken with side scan sonar, Hydro 84 National Ocean Service Hydrographic conference, April 25-27, 17-22

[5]<https://fennenterprises.com/sonar-gallery>



EFIS
2021

5. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu
5th Engineers of Future International Student Symposium
9-11 Temmuz 2021, Zonguldak, Türkiye

<http://www.efis.beun.edu.tr>

Fe-Mo-Ti-B ESASLI SERT DOLGU ALAŞIMLARINA Mn-C ETKİSİ

Recep HOCAOĞLU ^{1,*}, Engin KOCAMAN ², Uğur ŞEN ³

¹Recep HOCAOĞLU, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
recephocaoglu8@gmail.com

²Engin KOCAMAN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit
Üniversitesi, Türkiye
enginkocaman@beun.edu.tr

³Uğur ŞEN, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
ugursen@sakarya.edu.tr

* Sorumlu yazar; E-Mail: recephocaoglu8@gmail.com; Tel.: +0 544 650 56 41

ÖZET

Bu çalışmada, Fe-Mo-Ti-B esaslı sert dolgu alaşımlarına Mn ve C ilavesinin mikroyapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla Fe₁₇MoTiB ve Fe₁₄MoTiBMn₂C bileşimlerine sahip sert dolgu elektrotları geliştirilmiş ve AISI 1010 altlık malzeme üzerine kaplanmıştır. Tek pasoda 5-6 mm kalınlığında porozitesiz ve altlık malzeme ile uyumlu bir kaplama elde edilmiştir. Kaplama işlemi sonrasında nihai mikroyapıda in-situ olarak oluşan sert borür ve/veya karbür fazlarının oluştuğu gözlenmiştir. Fe₁₇MoTiB esaslı kaplamaya ait mikroyapıda (Ti,Mo)B₂, Mo₂FeB₂ ve α-(Fe,Mo) fazlarının oluştuğu, Fe₁₄MoTiBMn₂C esaslı mikroyapıda ise bu fazlara ilaveten TiC fazı ve matrisle katı ergiyik oluşturarak sertlik ve aşınma direncine katkı sağlayacağı düşünülen manganezin varlığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sert dolgu, elektrik ark kaynağı, aşınma, borür, kabür

Mn-C EFFECT ON Fe-Mo-Ti-B BASED HARDFACING ALLOYS

ABSTRACT

Friction, wear and corrosion damages are among the main damages in industrial products. In this study, the effects of Mn-C addition to Fe-Mo-Ti-B based hardfacing alloys on microstructure are investigated. For this purpose, hardfacing electrodes with Fe₁₇MoTiB and Fe₁₄MoTiBMn₂C components were developed and coated on the AISI 1010 substrate material. In a single pass, a 5-6 mm thick non-porous coating compatible with the substrate was made. The presence of hard boride and/or carbide phases formed in-situ in the final microstructure after the coating process was determined. It has been

determined that $(\text{Ti},\text{Mo})\text{B}_2$, Mo_2FeB_2 and $\alpha\text{-(Fe,Mo)}$ phases are formed in the microstructure of the $\text{Fe}_{17}\text{MoTiB}$ -based coating, and the presence of manganese, which is thought to contribute to the hardness and wear resistance by forming a solid melt with the TiC phase and matrix, in addition to these phases in the $\text{Fe}_{14}\text{MoTiBMn}_2\text{C}$ -based microstructure.

Key Words: Hardfacing, shielded metal arc welding, wear, boride, carbide

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İlk olarak 1896 yılında J.W. Spencer tarafından keşfedilen ve gelişerek günümüze kadar gelen sert dolgu işlemi; endüstriyel parçaların yüzeylerini aşınma, korozyon, darbe, erozyon, abrazyon, kavitasyon gibi kayıplardan korumak veya tahribatı azaltmak üzere gerçekleştirilen yüzey modifikasyon işlemidir [1]. Farklı alaşım gruplarının yüzeyler üzerinde biriktirilebilmesi, nispeten düşük maliyetli olması gibi sebeplerle kaynakla sert dolgu işlemi endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Kaynakla sert dolgu işlemi; elektrik ark kaynağı [3], tungsten inert gaz kaynağı [4], plazma kaynağı [5] ve lazer kaynağı [6] gibi pek çok yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. Elektrik ark kaynağı yöntemi; düşük ekipman maliyeti, mobil olarak uygulanabilir olması ve geniş kaynak pozisyonu çeşitliliği ile diğer yöntemler arasında tercih sebebi haline gelmektedir [7].

Sert dolgu işlemlerinde eser miktarda alaşım elementi ile yüzeyin özelliklerini değiştirmek mümkündür ve seçilen alaşımın türü yüzeyin özelliklerini doğrudan etkilemektedir [8]. TiB_2 ve TiC ; yüksek sertlik ve ergime sıcaklıkları, termodinamik kararlılıkları ve üstün tribolojik özellikleri ile sebebiyle aşınmaya dayanıklı kaplamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [6,9]. Mo_2FeB_2 , Mo_2NiB_2 , WCoB gibi yüksek sıcaklık altında dahi korozyon direnci gösterebilen, yüksek mukavemet ve sertliğe sahip olan üçlü borür sermetleri, aşınmaya dayanıklı uygulamalar için umut verici malzemeler olarak bilinmektedir. Mo_2FeB_2 ise üçlü sermet yapıları arasında diğerlerine göre nispeten daha düşük maliyetleri ile ön plana çıkmaktadır [10,11]. Literatürde Mo içerikli sert dolgu alaşımları ile yapılan çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır [12–14]. Bu alaşımlara ilave edilecek eser miktardaki alaşım elementinin kaplama özelliklerini etkileyeceği şüphesizdir. Literatürde Fe-Mo-Ti-B esaslı sert dolgu alaşımlarına Mn+C nin etkisi üzerine çok kısıtlı sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Fe-Mo-Ti-B esaslı sert dolgu alaşımlarının mikroyapılarına Mn-C nin etkisi araştırılmak üzere $\text{Fe}_{17}\text{MoTiB}$ ve $\text{Fe}_{14}\text{MoTiBMn}_2\text{C}$ bileşimlerine sahip örtülü sert dolgu elektrotları üretilmiş ve elektrik ark kaynağı yöntemiyle düşük karbonlu çelik üzerine kaplanmıştır. Ortaya çıkan kaplamanın mikroyapı ve faz analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada, Tablo 1’de bileşimleri verilen iki farklı örtülü sert dolgu elektrodu geliştirilmiştir. Örtülü elektrotlarda çekirdek olarak kimyasal bileşimi Tablo 2’de verilen H08A düşük karbonlu çelik çubuk kullanılmıştır. Örtü kısmında yer alan ferro alaşım tozları (Aveks Ltd. Şti. ve Gensa A.Ş.) ve demir tozunun (ARMCO Co.) kimyasal bileşimleri Tablo 2’de yer almaktadır. Alaşım tozlarına ilave olarak elektrot örtüsüne

ağırlıkça %5 oranında flaks (TiO₂, CaCO₃, CaF₂, SiO₂, Al₂O₃, potasyum titanat, potasyum aljinat) ilavesi yapılmıştır. Bağlayıcı olarak ise ağırlıkça %17,5 oranında K₂O.SiO₂ ilave edilmiştir.

Tablo 1. Elektrotların kimyasal bileşimleri (%at.) Chemical Composition of electrodes)

Bileşim	Mo	Ti	B	Mn	C	Fe
Fe ₁₇ MoTiB	5	5	5	-	-	Kal.
Fe ₁₄ MoTiBMn ₂ C	5	5	5	10	5	Kal.

Kayaç halinde tedarik edilen ferro alaşımlar 100 µm elek altı olacak şekilde halkalı değirmende öğütülmüştür. Elektrot bileşimlerinin hesaplamaları için özel olarak geliştirilen program ile bileşimlerde kullanılması gereken toz miktarları saptanmış ve tartımları yapılmıştır. Tartım işlemleri gerçekleştirilen tozlara; kuru ve yaş karıştırma işlemleri uygulanmıştır. Karıştırma işlemleri sonrasında viskoz bir bulamaç haline gelen elektrot örtüsü, üretim için özel olarak hazırlanmış çapı 5,5 mm olan kalıp kanalları içerisine yerleştirilmiştir. Ardından çapı 2,5 mm olan çekirdek metali kalıp içerisinden geçirilmiştir. Üretimi tamamlanan elektrotlar oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiş, sonrasında Argon atmosferinde 350 °C’de 2,5 saat fırınlanmıştır.

Tablo 2. Çekirdek metali ve ferro alaşım kayaçlarının kimyasal bileşimi
(Chemical composition of core metal and ferroalloy powders)

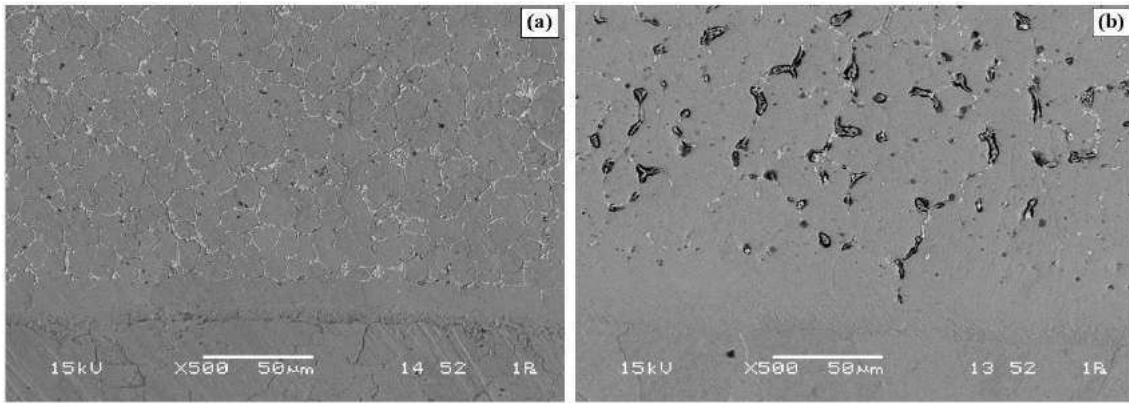
Toz	Fe	Mn	Mo	Ti	B	Si	C	Al
Ferro-molibden	Kal.	-	60,00	-	-	1,50	-	-
Ferro- titanyum	25,222	-	-	70,95	-	-	0,126	3.69
Ferro-manganez	Kal.	75,00	-	-	-	1,50	8,00	-
Ferro- bor	80,602	-	-	-	18,58	0,39	0,312	0,065
Demir tozu	99,99	-	-	-	-	-	-	-

Çalışma kapsamında kullanılacak olan AISI 1010 çelik altlık malzemeler 70*30*8 mm ölçülerinde kesilmiş ve kaplama yapılacak olan yüzey temizliği işlemi uygulanmıştır. Kaplama işlemi için MagmaWeld RD 650 E elektrik ark kaynağı makinesi kullanılmıştır. Kaplama işlemleri; 125 A kaynak akımı, 25 V gerilim ve doğru akım ters kutuplama ile 0,3 m/dk kaynak hızında gerçekleştirilmiştir.

Kaplama işlemi sonrası incelemeler için numuneler uygun ölçülerde kesilmiş, 1200 kum SiC zımparaya kadar zımparalanmış ve 0,3 µm alümina pasta ile parlatılmıştır. Ardından mikroyapı incelemeleri için numuneler %3'lük Nital çözeltisi ile dağlanmış. Mikroyapı incelemeleri JEOL JSM-6060 LV taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca SEM'e entegre halde bulunan IXRF System INC. enerji dağılım spektroskopisi (EDS) ile noktasal ve bölgesel olarak elemental analiz işlemleri yapılmıştır. Faz analizleri için RIGAKU D/MAX/2200/PC x-ışınları difraktometresi (XRD)(CuKα λ=1,5408 Å) kullanılmıştır.

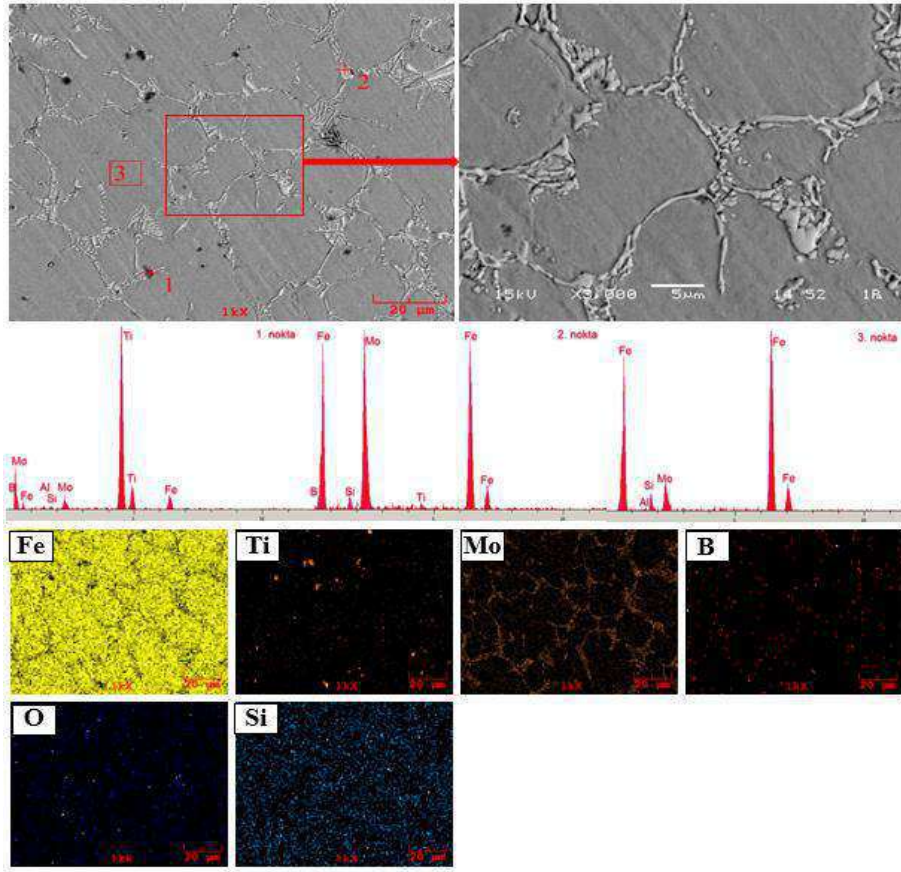
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada, Fe-Ti-Mo-B esaslı sert dolgu alaşımlarına Mn+C nin etkisi incelenmektedir. Bu amaçla Fe₁₇MoTiB ve Fe₁₄MoTiBMn₂C bileşimlerinde üretilen ve AISI 1010 çelik altlık malzeme yüzeyine tek paso olarak kaplanan alaşımların, altlık-kaplama arayüzeylerinin yer aldığı SEM mikroyapı görüntüleri Şekil 1a ve Şekil 1b' de yer almaktadır. Kaynak işlemi sonucunda ortaya çıkan mikroyapı; katılma hızı (R), sıvı havuzdaki sıcaklık gradyanı (G), aşırı soğuma (ΔT) ve alaşım bileşimi tarafından kontrol edilmektedir. Ergimiş havuz ve çevresindeki değişen G/R oranı sebebiyle kaynak kesitinde farklı mikroyapılar açığa çıkmaktadır [15]. Şekil 1a ve Şekil 1b'de görülen mikroyapılar; altlık, geçiş bölgesi ve kaplama tabakası olmak üzere üç farklı bölgeden oluştuğu görülmektedir. Altlık malzeme ve kaplama tabakası arasında oluşan parlak bant görünümü, kaplamanın altlık malzeme ile güçlü metalurjik bağlar kurduğunu göstermektedir [16].



Şekil 1. (a) Fe₁₇MoTiB (b)Fe₁₄MoTiBMn₂C bileşimlerine sahip kaplamaların arayüzey-kaplama görüntüleri
Interface-coating images of (a) Fe₁₇MoTiB (b)Fe₁₄MoTiBMn₂C compounds

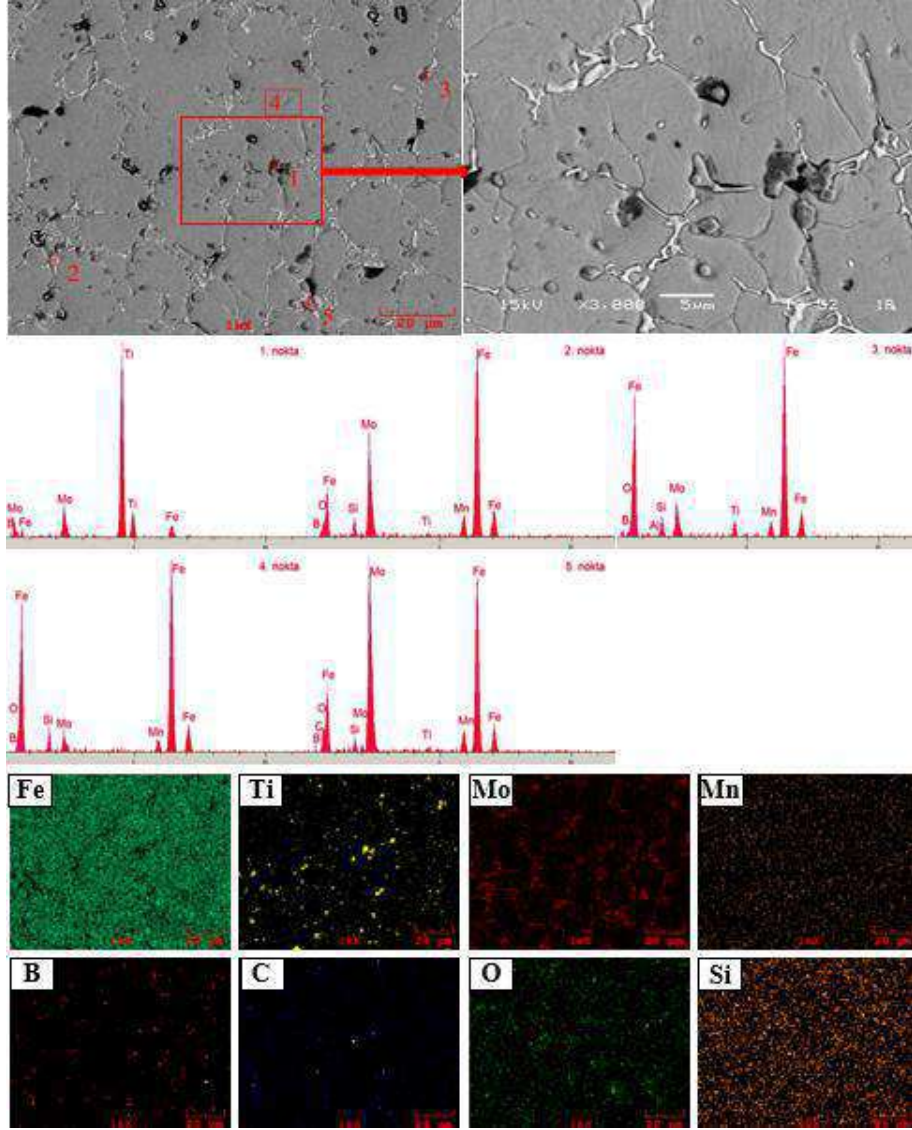
Fe₁₇MoTiB bileşimine ait kaplama tabakasının SEM, EDS ve elementel dağılım haritaları (MAP) Şekil 2.' de yer almaktadır. SEM görüntüsünde siyah küresel geometriye sahip yapılar, α -Fe ve tane sınırlarında ötektik benzeri bir yapının yer aldığı görülmektedir. Siyah renkli küresel fazdan alınan 1 numaralı EDS analizi Ti, B ve bir miktar Mo sinyali vermektedir. Zhang ve ark. çalışmalarında titanyum borürlerin, molibden borürlere göre daha düşük serbest enerjiye sahip olduğunu bildirmiştir [14]. Bu fazın, sistem içerisinde oluşabilecek fazlar arasında en düşük serbest enerjiye sahip olan TiB₂ fazı olduğu düşünülmekte ve Şekil 2'teki XRD analizi ile de desteklenmektedir. Ayrıca Ivanov ve ark. çalışmalarında molibdenin TiB₂ içerisinde güçlü çözünürlüğe sahip olduğunu bildirmiştir [17]. Bu sebeple oluşan faz (Ti,Mo)B₂ şeklinde adlandırılabilir. Tane sınırlarındaki beyaz ötektik benzeri yapıdan alınan 2 numaralı EDS analizi Fe, Mo, B ve bir miktar Ti sinyali vermektedir ve MAP analizinde Mo'nun tane sınırlarında dağılım gösterdiği görülmektedir. Wang ve ark. yaptıkları çalışmada Mo-Fe-B sisteminde en düşük serbest enerjiye sahip olan fazın Mo₂FeB₂ (M₃B₂) fazı olduğunu ve bu sebeple Mo₂FeB₂ nin yüksek sıcaklıkta sıvı faz içerisinde kararlı bir şekilde var olabileceğini bildirmişlerdir [18]. 2 numaralı EDS analizinin alındığı bu fazın Mo₂FeB₂ fazı olduğu düşünülmekte ve Şekil 4' teki XRD analizi ile de desteklenmektedir. Shen ve ark. yapmış oldukları çalışmada, bir miktar titanyumun Mo₂FeB₂ fazı içerisindeki molibdenin yerini alabileceğini bildirmişlerdir [19]. 2 numaralı EDS analizindeki Ti sinyalinin Mo₂FeB₂ fazında molibdenin yerini alan Ti atomlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mikroyapı içerisinde son katılma fazın mikroyapıda genişçe yer



Şekil 2. $Fe_{17}MoTiB$ kaplama tabakasının SEM, EDS ve MAP analizleri
($Fe_{17}MoTiB$ coating layer SEM, EDS and MAP analysis)

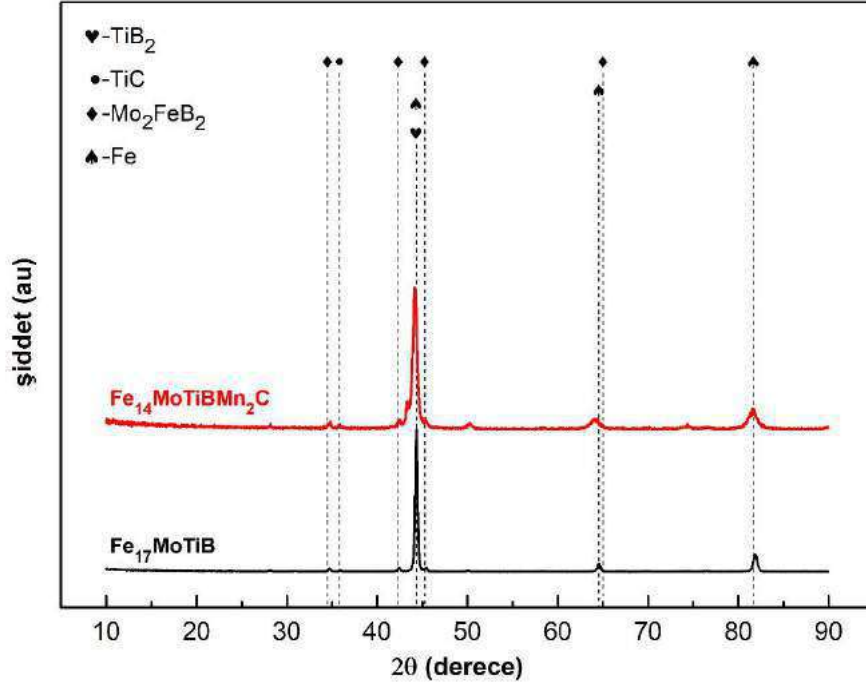
kaplayan açık gri renkli faz olduğu düşünülmektedir. Faz üzerinden alınan 3 numaralı EDS analizi; yoğun Fe ile birlikte bir miktar Mo sinyali vermektedir. Oluşan fazın α -Fe fazı olduğu düşünülmekte ve Şekil 4'teki XRD analizi ile de desteklenmektedir. Wang ve ark. çalışmalarında α -Fe içerisinde molibdenin çözündüğünü, bu durumun matrisi güçlendirildiğini ve sert fazların matris ile bağlanabilirliğini geliştirdiğini bildirmişlerdir [13]. EDS analizinden alınan Mo sinyalinin α -Fe içerisinde çözünen Mo olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple oluşan faz α -(Fe,Mo) şeklinde adlandırılabilir.

Şekil 3'te $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ esaslı sert dolgu kaplamaya ait SEM görüntüsü, EDS ve MAP analizi verilmiştir. Sert dolgu bileşimine ilave edilen manganez ve karbonun mikroyapıda çeşitli değişikliklere neden olduğu anlaşılmaktadır. Karbon bor gibi bir ara yer elementidir. Fakat bileşime ilave edilmesi sonucu titanyum gibi reaktif elementler tarafından bora göre öncelikli tercih haline gelmektedir ve katılma sırasında serbest enerjisi titanumdiborür'e göre daha düşük olan TiC oluşmaktadır [20]. Bununla birlikte mikroyapı içerisinde yer alan molibden gibi elementler TiC içerisinde çözünebildiği rapor edilmektedir [14]. Öte yandan karbonun bor elementinden farklı olarak bütün yapıda eser miktarda yer aldığı görülmektedir. Karbon güçlü bir karbür yapıcı elementtir ve bileşimde yer alan demir, manganez ve molibden içerisinde çözünebilir. Yine EDS analizinde molibdenin tane sınırlarında yer alması ve Şekil 4'te verilen XRD analizinde Mo_2FeB_2 bulunması bu fazın tane sınırlarında oluştuğunu göstermektedir. Bor elementinin tane sınırlarında molibden ile tane içinde ise titanyum ile yer aldığı görülmektedir. EDS analizine göre manganezin ise mikroyapı içerisinde daha çok matris



Şekil 3. $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ kaplama tabakasının SEM, EDS ve MAP analizleri
($Fe_{14}MoTiBMn_2C$ coating layer SEM, EDS and MAP analysis)

fazda dağıldığı görülmektedir. Mn'nin oda sıcaklığında demir içerisinde çözünürlüğü yüksek olduğu bilinmektedir. Yani mikroyapı içerisine ilave edilen manganez daha çok matrisi güçlendirecek katı ergiyik element olarak davranmaktadır [11,21]. Bununla birlikte karbon ise mikroyapıda yer alan güçlü karbür yapıcı elementler ile yüksek sertlikteki fazları oluşturduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. $Fe_{17}MoTiB$ ve $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ esaslı sert yüzey alaşımlanmış kaplamaların x-ışını difraksiyon paterni
(X-ray diffraction pattern of $Fe_{17}MoTiB$, $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ based surface coating)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

$Fe_{17}MoTiB$ ve $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ bileşimlerinde üretilen örtülü sert dolgu elektrotları AISI 1010 çelik altlık malzeme yüzeyine tek pasoda 5-6 mm olacak şekilde başarıyla kaplanmıştır. Ortaya çıkan kaplama tabakası porozitesiz ve altlık malzeme ile uyumludur. $Fe_{17}MoTiB$ bileşimlerine sahip olan kaplama tabakasının mikroyapısında $(Ti,Mo)B_2$, Mo_2FeB_2 ve $\alpha-(Fe,Mo)$ fazlarının yer aldığı tespit edilmiştir. $Fe_{14}MoTiBMn_2C$ bileşimine sahip kaplama tabakasının mikroyapısında ise $(Ti,Mo)C$, $(Ti,Mo)B_2$, Mo_2FeB_2 ve $\alpha-(Fe,Mo)$ fazlarının yer aldığı tespit edilmiştir. Mn-C ilavesi ile matris fazı içerisinde manganezin yoğun olarak yer aldığı görülmektedir. Bağlayıcı fazda katı çözeltili formunda bulunan manganezin ve blok haldeki TiC nin, sermetlerin aşınma direnci üzerinde olumlu yönde etki sağladığı bilinmektedir. Sonuç olarak, Fe-Mo-Ti-B esaslı sert dolgu alaşımlarına Mn-C ilavesinin sertlik ve aşınma direnci üzerinde olumlu yönde etki göstereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Roy, M., (2013). Surface engineering for enhanced performance against wear.
2. Abed, H., , F. Malek Ghaini, & H.R. Shahverdi, (2018). Characterization of $Fe_{49}Cr_{18}Mo_7B_{16}C_4Nb_6$ high-entropy hardfacing layers produced by gas tungsten arc welding (GTAW) process. *Surface and Coatings Technology*, 352(April), 360–369.
3. Wang, X. hong, , F. Han, , S. yao Qu, & Z. da Zou, (2008). Microstructure of the Fe-based hardfacing layers reinforced by TiC-VC-Mo₂C particles. *Surface and Coatings Technology*, 202(8), 1502–1509.
4. Sakiru, A., , M.A. Maleque, & M. Shahjahan, (2015). Thin surface layers of iron-based alloys deposited by TIG hardfacing. *Tribology Online*, 10(6), 434–440.

5. Xibao, W., , W. Xiaofeng, & S. Zhongquan, (2005). The composite Fe-Ti-B-C Coatings by PTA powder surfacing process. *Surface and Coatings Technology*, 192(2–3), 257–262.
6. Du, B., , Z. Zou, , X. Wang, & S. Qu, (2008). In situ synthesis of TiB₂/Fe composite coating by laser cladding. *Materials Letters*, 62(4–5), 689–691.
7. Kılınc, B., (2018). Fe-M-B esaslı sert yüzey alaşımlarının çelik yüzeyinde TIG kaynak yöntemiyle oluşturulması ve özelliklerinin incelenmesi.
8. Shin, J.C., , J.M. Doh, , J.K. Yoon, , D.Y. Lee, & J.S. Kim, (2003). Effect of molybdenum on the microstructure and wear resistance of cobalt-base Stellite hardfacing alloys. *Surface and Coatings Technology*, 166(2–3), 117–126.
9. Zhang, M., , S.S. Liu, , S.X. Luo, & K.L. Qu, (2018). Effect of molybdenum on the high-temperature properties of TiC-TiB₂ reinforced Fe-based composite laser cladding coatings. *Journal of Alloys and Compounds*, 742 383–390.
10. Steel, H.I., (2020). Effect of rare earth on microstructure and wear resistance of in-situ synthesized Mo₂FeB₂ ceramics reinforced Fe based cladding.
11. Yang, F., , Y. Wu, , J. Han, & J. Meng, (2016). Microstructure, mechanical and tribological properties of Mo₂FeB₂ based cermets with Mn addition. *Journal of Alloys and Compounds*, 665 373–380.
12. Wang, X., , M. Zhang, & S. Qu, (2010). Development and characterization of (Ti, Mo)C carbides reinforced Fe-based surface composite coating produced by laser cladding. *Optics and Lasers in Engineering*, 48(9), 893–898.
13. Wang, X.H., , F. Han, , X.M. Liu, , S.Y. Qu, & Z.D. Zou, (2008). Effect of molybdenum on the microstructure and wear resistance of Fe-based hardfacing coatings. *Materials Science and Engineering A*, 489(1–2), 193–200.
14. Zhang, M., , X. Wang, , S. Liu, & K. Qu, (2020). Microstructure and high-temperature properties of Fe-Ti-Cr-Mo-B-C-Y₂O₃ laser cladding coating. *Journal of Rare Earths*, 38(6), 683–688.
15. Buchanan, V.E., (2009). Solidification and microstructural characterisation of iron-chromium based hardfaced coatings deposited by SMAW and electric arc spraying. *Surface and Coatings Technology*, 203(23), 3638–3646.
16. Liu, C., , P. Xu, , C. Pang, , G. Zha, , Z. Ouyang, & J. Chen, (2021). Phase transformation in Fe–Mn–Si SMA/WC composite coating developed by laser cladding. *Materials Chemistry and Physics*, 267.
17. Ivanov, O., , P. Prysyazhnyuk, , D. Lutsak, , O. Matvienkiv, & V. Aulin, (2020). Improvement of Abrasion Resistance of Production Equipment Wear Parts by Hardfacing with Flux-Cored Wires Containing Boron Carbide/Metal Powder Reaction Mixtures. *Management Systems in Production Engineering*, 28(3), 178–183.
18. Wang, H.Q., , J.S. Sun, , C.N. Li, , S.N. Geng, , H.G. Sun, & G.L. Wang, (2016). Microstructure and mechanical properties of molybdenum–iron–boron–chromium cladding using argon arc welding. *Materials Science and Technology (United Kingdom)*, 32(16), 1694–1701.
19. Shen, Y., , Z. Huang, , L. Zhang, , K. Li, , Z. Cao, , P. Xiao, & Y. Jian, (2020). Sintering Mechanism, Microstructure Evolution, and Mechanical Properties of Ti-Added Mo₂FeB₂ -Based Cermets.
20. Shoushtari, M.T., , M. Goodarzi, & H. Sabet, (2018). Investigation of microstructure and dry sliding wear of hardfaced layers produced by FCAW using cored wire Fe-B-C-Ti alloy. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, 15(4), 19–32.
21. Dwivedi, D.K., (2018). Surface engineering: Enhancing life of tribological components.