

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Ali PAŞAOĞLU

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Ali PAŞAOĞLU

yaz
yayınları

2024

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

Editor: Dr.Öğr.Üyesi Ali PAŞAOĞLU

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-6642-92-8

Temmuz 2024 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Determination of Large Mammals in The Trabzon Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, Türkiye	1
<i>Beste ÇELİKÇİ, Alptuğ SARI</i>	
Thermodynamic Analysis of Methanol and Ethanol Combustion Reactions: Adiabatic Approach	28
<i>Ahmet ELBİR, Mehmet Erhan ŞAHİN</i>	
Şırnak Asfaltit Ocaklarından Çıkan Kil Atıklarının İnşaat Sektöründe Kullanılabilirliğinin Ön Araştırılması.....	42
<i>Öykü BİLGİN</i>	
Doğal Dil İşleme ile Duygu Analizi.....	52
<i>Zeynep Şebnem ÜZMEZ, Sinem AKYOL</i>	
İnşaatta Yenilikçi Yaklaşımlar: Nanomalzemeler	68
<i>Necim KAYA, Berfin RAMAZANOĞLU</i>	
Determination of Statistical Relationships Between Water Quality Parameters of Karasu Stream, Muş/Turkey	88
<i>Ayşenur GÜMÜŞ, Adnan ALDEMİR, Ali Rıza KUL</i>	
Eklemeli İmalat Yöntemleri, Kullanım Alanları ve Tekstil Uygulamalarının Araştırılması.....	122
<i>Kamile GÖK, Devrim SOYASLAN</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

DETERMINATION OF LARGE MAMMALS IN THE TRABZON HIDIRNEBI PLATEAU ECOTOURISM AREA, TÜRKİYE¹

Beste ÇELİKÇİ²

Alptuğ SARI³

1. INTRODUCTION

Türkiye is one of the richest countries in terms of biological diversity among the countries in the semi-temperate zone due to its geographical conditions, following the equatorial belt countries in the world (Sarı and Arpacık, 2020; Sarı, 2020). It is extremely important to manage nature and wildlife resources sustainably in order to transfer them to future generations. One of the natural areas that stand out with the increasing popularity of nature tourism is ecotourism areas that raise awareness about wildlife in society. To date, more than 90 ecotourism areas have been established in Türkiye and opened to visitors. Although the number of ecotourism areas that reflect the rich biological diversity of Türkiye and offer the opportunity to watch wild animals in their natural habitats is increasing day by day, scientific studies on many wild animals and important habitats that are distributed in these areas are not at a sufficient level.

¹ This study was produced from the Undergraduate Student Project numbered FLÖ-2023-10935 supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Karadeniz Technical University (KTU).

² Undergraduate, KTU, Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management, bestcelikci@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5254-669X.

³ Assoc. Prof. Dr., KTU, Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management, alptugsari@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8003-5825.

Türkiye has a rich species diversity due to its climate and topographical features (Sarı et al., 2022). The world is divided into 6 zoogeographic regions according to the distribution and diversity of mammals. Approximately 475 mammal species live in the Palaeoearctic region, which includes Türkiye (Ak, 2017). In Türkiye, according to the National Biodiversity Database, 175 mammal taxa have been recorded to date (TOB, 2024a). The Eastern Black Sea Region hosts many different habitats for 95 mammal taxa identified to date (TOB, 2024b). Trabzon province, where the study area is located, is home to 50 mammal taxa (TOB, 2024c). However, the number of studies conducted in the Eastern Black Sea and Trabzon is still insufficient. Başkaya (1997) investigated the status of predatory mammals in the Eastern Black Sea Region. Başkaya et al. (2008) conducted a study on some important large mammal wild animals in Northeastern Anatolia. Gündoğdu et al. (2015) conducted a study on the census of large mammal wild animals in Türkiye. Gündoğdu et al. (2017) conducted a study on the large predators of Uzungöl Special Environmental Protection Area. A scientific study on large mammal wild animals in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, the first and only ecotourism area of Trabzon province, has not been conducted so far.

Türkiye has a very important position especially for Europe due to its high richness of large mammal species (Morrison et al., 2007). Türkiye, which is a bridge between Asia, Africa and Europe and hosts species from these three continents, is also a very important country in terms of large predatory mammals (Başkaya, 2018). Large mammal species are recognized as an essential and important part of the ecosystems they inhabit (Morrison et al., 2007; Soyumert, 2010). It is known that information on large mammals in Türkiye is limited. Therefore, it is necessary to collect appropriate data and use widely applicable and reliable field methods for wildlife

conservation and management (Can and Togan, 2009; Karahan, 2018). Large mammal species, which are considered key species in many terrestrial ecosystems, are an important factor in shaping species diversity (Sinclair, 2003). For this reason, the ecological characteristics of large mammal species in that area should be known in order to effectively evaluate a studied region (Soyumert, 2010).

Large mammal species are a group of organisms that are very difficult to study by direct methods due to their hiding behavior and low population size. For this reason, indirect methods are frequently used in studies on this living group (Soyumert, 2010). Indirect methods are carried out by detecting trace-signs that will prove the presence of the creature without seeing or capturing the creature directly. In indirect methods, only signs such as footprints, feces, hairs, nests, etc. left by the animal in its environment during its daily movements can be used (Long et al., 2008). Another indirect method used in the study of large mammal species is the camera trap method, which does not harm wildlife and does not disturb living creatures (Soyumert, 2010). By nature, animals exhibit timid behavior and tend to hide and run away from humans. Most of the large mammal species that are the subject of research also have a nocturnal feeding behavior. Although these species are sometimes active during the day, especially in winter, they start to search for their prey after dark and this hunting process continues until dawn. Therefore, technological devices such as camera traps should be widely used in these studies (Gündoğdu et al., 2017). In addition, the camera trap method is a method that makes important contributions to wildlife management studies as it allows the evaluation of protected areas in terms of large mammal species (Rayan and Mohamad, 2009).

Ecotourism is one of the types of tourism that prioritizes visiting, protecting and transferring natural areas to future

generations. Türkiye has a wide variety of ecotourism resources. The Eastern Black Sea Region is one of the geographies with the most natural resources and has become the center of attention of tourists in recent years for many reasons such as virgin natural habitats, highland culture, and the vastness of green areas (Kaya and Yıldırım, 2020). Although there are many studies on ecotourism in Türkiye, these studies are generally focused on area assessment and potential ecotourism activities. With the studies initiated by the General Directorate of Forestry in 2017 for the first time in order for citizens to benefit more from nature, 90 ecotourism areas have been brought to the tourism of Türkiye so far, contributing 1 billion TL annually to rural development and the national economy (OGM, 2023). Approximately 4 million people have visited the 90 ecotourism areas created so far (URL-1, 2024). By the end of 2028, a total of 200 ecotourism areas will be established and put into service (OGM, 2023). Although ecotourism areas in Türkiye are increasing day by day, there is not enough scientific monitoring and data on wildlife in these areas. In this study, large mammal wild animal species distributed in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area within the borders of Akçaabat district of Trabzon province were investigated.

The interest in tourism activities related to wildlife is increasing day by day. Benefiting from the wildlife elements of a region depends on the recognition, protection and regulation of these elements (Çınkoğlu and Mol, 1996). Wildlife watching is a type of ecotourism that takes into account the ecological values of the species and natural beauties in an area (Orhan and Karahan, 2010). The Eastern Black Sea Region is a prominent tourism region for wildlife watching, especially in terms of natural beauties (Kaya and Yıldırım, 2020). Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area also has the potential to realize wildlife-based tourism activities such as wildlife watching, wildlife photography, nature walks. For this reason, it is necessary to

identify the wild animal species using the area in order to plan the management studies to be carried out in and around the ecotourism area by taking wildlife into consideration. In many countries, there are very few comprehensive field guides for mammals and the existing introductory books usually include large-sized species. In recent years, the prevalence and scope of mammal watching has increased dramatically around the world. People are beginning to realize that experiencing different and challenging adventures to see wild mammals can be as rewarding and enjoyable as birdwatching (Vladimir and Jon, 2018).

The aim of this study is to determine the species of large mammal wild animals distributed in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area in Trabzon province, to contribute to the forestry activities to be implemented in the area on wildlife management and to raise awareness in wildlife-based tourism activities in the area. At the same time, it is aimed to ensure continuity by considering all aspects of the resources in the sustainable management of nature and wildlife resources. It is aimed that the scientific data obtained at the end of the study will contribute to the wildlife management studies to be carried out in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area and set an example for all established and planned ecotourism areas throughout Türkiye.

2. METHOD

2.1. Material

The surveys were conducted between July 13, 2023 and May 13, 2024. In addition to the materials requested within the scope of the project, five Bushnell and Juo branded camera traps, two Vortex and Leica branded 10x42 binoculars and digital cameras were used to collect remote information during field observations. In order to identify the species of the mammals recorded during the field studies, Turan (1984) "Türkiye's Game

and Wild Animals/Mammals" and Demirsoy (1996) "Türkiye's Vertebrates Mammals" were used. The appearance, behavior and all other information (photographs, footprints, feces, hairs, nests, time of presence in the field, etc.) of the species that were difficult to identify were recorded in detail and then evaluated and clarified.

After determining the paths that mammal species can frequently use in the ecotourism area, 5 camera traps were set up in the field within the knowledge of the staff of the institution in a way that would not harm nature and wildlife. Photographic and video images of mammals were tried to be obtained with camera traps. Camera traps are capable of taking infrared photos and videos. For recording the data obtained, 10 memory cards of different sizes were used according to the capacities of the devices. Although the energy needs of the camera traps vary according to the model, they are generally provided with approximately 500 batteries of different sizes. While placing the camera traps in the areas deemed suitable, they were fixed to a selected tree or shrub trunk at an appropriate height and without damaging it, using galvanized thin iron wire and pliers. A small wooden board was used to cut all kinds of grass, branches and leaves at a distance of up to 10 meters, which may prevent continuous shooting during the operation of the devices and cause battery life to decrease.

2.2. Description the Study Area

Hıdırnebi, one of the most well-known plateaus of the province where the research area is located, is approximately 44 kilometers away from Trabzon and 1,742 meters above sea level (Taş, 2012). Hıdırnebi plateau has recently gained a touristic area certificate and has become a center of intense interest for both the Black Sea Region and other people of Türkiye (Şaroğlu et al. 2021). Hıdırnebi Plateau, which reaches the highest number of

visitors after Uzungöl in terms of nature tourism in Trabzon province, is one of the most important areas in terms of tourism in our region (URL-2, 2024). Due to the development of tourism around Hıdırnebi Plateau, the region has become a popular destination for local and foreign tourists. In the vicinity of Hıdırnebi Plateau where intensive forestry activities are carried out; "Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area" was put into the service of nature lovers within the scope of ecotourism activities by the General Directorate of Forestry in order to create a sustainable tourism infrastructure, protect the environment and ensure that local people earn income from tourism. The most important component of the ecotourism area is the hiking trail. The main route of the trail is the Hıdırnebi old rock road, which was built by OGM using manpower in the 1950s. The rock road, which has an average altitude of 1,220 meters, has deteriorated over time and lost its effectiveness. The road, which has been made usable without disturbing its natural structure, is 4 meters wide and 3,400 meters long (OGM, 2021).

Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, which is the research area, is within the borders of Kuruçam Neighborhood of Akçaabat district of Trabzon province. It is located 40 km from the center of Trabzon, 29 km from Akçaabat district center and approximately 25 km from the coast (URL-3, 2024). Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area is within the responsibility area of Trabzon Regional Directorate of Forestry Trabzon Forest Management Directorate Akçaabat Forest Management Chief. The hiking trail starts from the southern entrance of Hıdırnebi Plateau and continues until the northern entrance and its length is 6.5 km (OGM, 2024a). An application prepared by OGM was used for the representation of the research area on the map (OGM, 2024b). Field studies were carried out on the walking path (Figure 1) and the paths connected to this path within the Hıdırnebi Plateau

Ecotourism Area. The necessary permits to conduct research in the ecotourism area were obtained from the General Directorate of Nature Conservation and National Parks and Trabzon Branch Directorate.

Figure 1. Study Area



Source: (OGM, 2024b)

2.3. Carrying out Field Observations

In this study, which was completed in a total period of 10 months, direct observation and indirect observation (species identifying features such as camera-traps, footprints, feces, hair) methods were used. Observations were made using the camera traps, binoculars, cameras and the materials (camera traps) provided within the scope of the project. Mammal species were observed directly with binoculars or cameras and video images were taken with camera traps. Direct observations were carried out by a team of two people at a point or along a line. The whole area was surveyed by two people along a transect at 20-50 meter intervals, depending on seasonal conditions. Traces and signs of tracks, feces, scratching, scraping, urine and food remains were also recorded throughout the study for indirect observations.

The observations were planned in liaison with the forest management directorate officials and carried out with a total of 10 field studies periodically every month in the ecotourism area by the researcher and the researcher together according to the climatic conditions (Figure 2).

Figure 2. Views from the field studies carried out in the study area



2.4. Installation of Camera Traps in the Study Area

Following the field survey, to maximize capture probabilities over a wide area, camera traps were placed along mammal tracks on the tops of ridges and in deep valleys and riverine ecosystems, and at randomly selected trail sites according to the method described by Karanth (1995) and York et al. (2001). In the Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, which is the subject of the study, a field observation was made every month during the study period and the camera traps were also checked.

As a result of the field studies, 5 camera traps were installed on the paths that were determined to be used intensively by mammals (Figure 3) and large mammal species in the area were recorded. The camera traps were kept in the study area for about 9 months during the study period and were monitored regularly every month.

Figure 3. Camera traps installations during field studies



2.5. Identification of Large Mammal Species

Mammal species in the study area were monitored and recorded by direct observations and camera traps. With the camera traps, the presence of mammals in the area and the behavior of mammal species in the field were also monitored. With the findings obtained, tables of the mammalian wildlife species using the Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area and its surroundings were created (Table 1).

3. RESULTS

A total of 10 field studies were conducted in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area during the research period (July 13, 2023 - May 13, 2024). As a result of the observations, 17 large mammal species belonging to 9 families were identified. These species are Grey Wolf (*Canis lupus*), Golden

Jackal (*Canis aureus*), Red Fox (*Vulpes vulpes*), Brown Bear (*Ursus arctos*), Eurasian Lynx (*Lynx lynx*), European Wildcat (*Felis silvestris*), European Roe Deer (*Capreolus capreolus*), Wild Boar (*Sus scrofa*), Eurasian Badger (*Meles meles*), Beech Marten (*Martes foina*), Pine Marten (*Martes martes*), Least Weasel (*Mustela nivalis*), Stoat (*Mustela erminea*), European Hare (*Lepus europaeus*), Caucasian Squirrel (*Sciurus anomalus*), Eurasian Red Squirrel (*Sciurus vulgaris*) and Southern White-breasted Hedgehog (*Erinaceus concolor*). The distribution of the 17 large mammal species recorded in the study area during the study period according to families is given in Table 1.

According to the criteria set by the International Union for Conservation of Nature (IUCN; iucn.org), 17 species occurring in the study area were found to be at low risk of extinction (LC) (IUCN, 2024).

According to the Bern Convention for the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (coe.int/en/web/bern-convention), 2 species identified in the research area, namely Caucasian Squirrel and European Wildcat, are under strict protection (KKA); 2 species, namely Grey Wolf and Brown Bear, cannot be taken under strict protection (KKA/TR), to which Türkiye has objected; 9 species, including European Hare, Eurasian Red Squirrel, Least Weasel, Stoat, Pine Marten, Beech Marten, Eurasian Badger, Eurasian Lynx and European Roe Deer, are under protection (KA); and 4 species, including Southern White-breasted Hedgehog, Golden Jackal, Red Fox and Wild Boar, have no status (BERN, 2024).

According to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES; cites.org), 4 species identified in the research area, namely Grey Wolf, Brown Bear, European Wildcat and Eurasian Lynx, are classified

as Appendix 2, and the other species are not classified (CITES, 2023).

According to the Ministry of Agriculture and Forestry, 10 species, including European Hare, Grey Wolf, Golden Jackal, Red Fox, Brown Bear, Least Weasel, Beech Marten, Eurasian Badger, Wild Boar and European Roe Deer, are game animals (AH) and no status is given for the other species (T.C. Resmi Gazete, 2022).

According to the Decision of the Central Hunting Commission (MAKK), 3 species of Least Weasel, Beech Marten and Eurasian Badger identified in the research area are under protection (KA); 3 species of European Hare, Golden Jackal, Red Fox and Wild Boar are determined as game animals for which hunting is allowed at certain times (AH), and no status is specified for other species (Official Gazette of the Republic of Türkiye, 2023).

With the findings obtained, tables of the large mammal species using the Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area and its surroundings were created. Large mammal wild animals were included in the result table according to their global threat status and protection status (Table 1).

Some camera traps images of large mammal species detected during the research in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area are given in Figures 4.

Table 1. Large mammal species detected in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area

Queue	English name	Scientific name	IUCN	BERN	CITES	TOB	MAKK
INSECTIVORA							
	Gymnures & Hedgehogs	Erinaceidae					
1	Southern White-breasted Hedgehog	<i>Erinaceus concolor</i>	LC	—	—	—	—
LAGOMORPHA							
	Rabbits & Hares	Leporidae					
2	European Hare	<i>Lepus europaeus</i>	LC	P	—	GA	GA
RODENTIA							
	Squirrels, Chipmunks, Marmots & Prairie Dogs	Sciuridae					
3	Eurasian Red Squirrel	<i>Sciurus vulgaris</i>	LC	P	—	—	—
4	Caucasian Squirrel	<i>Sciurus anomalus</i>	LC	SP	—	—	—
CARNIVORA							
	Coyotes, Dogs, Foxes, Jackals & Wolves	Canidae					
5	Grey Wolf	<i>Canis lupus</i>	LC	SP/TR	App. II	GA	—
6	Golden Jackal	<i>Canis aureus</i>	LC	—	—	GA	GA
7	Red Fox	<i>Vulpes vulpes</i>	LC	—	—	GA	GA
	Bears	Ursidae					
8	Brown Bear	<i>Ursus arctos</i>	LC	SP/TR	App. II	GA	—
	Badgers, Otters, Weasels & Relatives	Mustelidae					
9	Least Weasel	<i>Mustela nivalis</i>	LC	P	—	GA	P
10	Stoat	<i>Mustela erminea</i>	LC	P	—	—	—
11	Pine Marten	<i>Martes martes</i>	LC	P	—	—	—
12	Beech Marten	<i>Martes foina</i>	LC	P	—	GA	P
13	Eurasian Badger	<i>Meles meles</i>	LC	P	—	GA	P
	Cats	Felidae					

Queue	English name	Scientific name	IUCN	BERN	CITES	TOB	MAKK
14	European Wildcat	<i>Felis silvestris</i>	LC	SP	App. II	—	—
15	Eurasian Lynx	<i>Lynx lynx</i>	LC	P	App. II	—	—
ARTIODACTYLA							
	Hogs & Pigs	Suidae					
16	Wild Boar	<i>Sus scrofa</i>	LC	—	—	GA	GA
	Deer, Elk & Moose	Cervidae					
17	European Roe Deer	<i>Capreolus capreolus</i>	LC	P	—	GA	—

IUCN: *Global threat status*, **CR:** Critically endangered, **EN:** Endangered, **VU:** Vulnerable, **NT:** Near threatened, **LC:** Least concern, **DD:** Data deficient, **NE:** Not evaluated.

BERN: *Conservation Status according to the BERN Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*, **P:** Protected, **SP:** Strictly protected, **SP/TR:** Türkiye objects to a species that cannot be strictly protected.

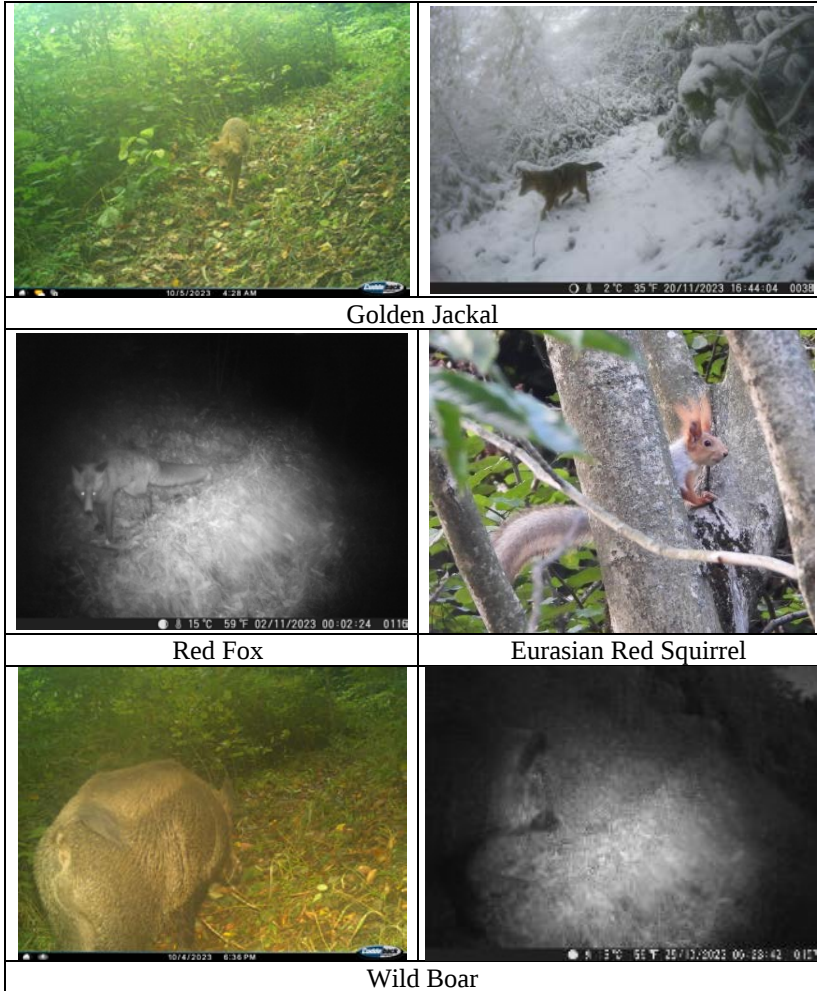
CITES: *Status according to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*, **App. I:** Species threatened with extinction, species that may only be allowed to be traded in exceptional circumstances, **App. II:** Species that are not in absolute danger of extinction but are subject to controlled trade to prevent uses that could jeopardize their extinction.

TOB: *Species protected by the Ministry of Agriculture and Forestry*, **P:** Protected, **GA:** Game animals/Species allowed to be hunted at specified times of the year.

MAKK: *Conservation Status According to Central Hunting Commission Decision (2023-2024)*, **P:** Protected, **GA:** Game animals/Species allowed to be hunted at specified times of the year.

*TOB: Species protected by the Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), MAKK: Protection Status According to the Decision of the Central (National) Hunting Commission of the MAF.

Figure 4. Images of large mammal species detected in the study area



During the study, it was determined that Golden Jackal, Red Fox and Wild Boar individuals preferred the same paths as a result of the examination of the camera trap images installed on the paths used by mammals in the research area.

The images obtained from the camera traps placed in the research area show that domestic animals (sheep, dogs, etc.) and stray dogs and cats use the habitats of wild animals (Figures 2).

Figure 2. Some camera traps images of domestic and stray animals in the study area



4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

As a result of the observations made during the research in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, 17 species belonging to 9 families were identified (Table 1). These species are Grey Wolf (*Canis lupus*), Golden Jackal (*Canis aureus*), Red Fox (*Vulpes*

vulpes), Brown Bear (*Ursus arctos*), Eurasian Lynx (*Lynx lynx*), European Wildcat (*Felis silvestris*), European Roe Deer (*Capreolus capreolus*), Wild Boar (*Sus scrofa*), Eurasian Badger (*Meles meles*), Beech Marten (*Martes foina*), Pine Marten (*Martes martes*), Least Weasel (*Mustela nivalis*), Stoat (*Mustela erminea*), European Hare (*Lepus europaeus*), Caucasian Squirrel (*Sciurus anomalus*), Eurasian Red Squirrel (*Sciurus vulgaris*) and Southern White-breasted Hedgehog (*Erinaceus concolor*).

Stray dogs and cats identified in the research area are a threat to wildlife and their habitats. Stray dogs and cats cause serious damage to wildlife by hunting and scaring wild animals, sharing the food resources of predatory species, disrupting the genetic structure, transmitting diseases and disrupting the balance of the ecosystem. Therefore, stray dogs and cats in the area are a threat to wild animals and their habitats, and also disturb people visiting the area.

The population sizes of large mammals in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area and their impacts on their habitats are not known. However, as a result of the observations made in the area, it has been determined that forestry activities that take wildlife into account have not been carried out in order to improve the habitats of wild animals.

With the realization of the study, large mammals were detected for the first time in this ecotourism area using the camera trap method. In addition, the nature and hunting tourism potential of the area was also revealed by determining the large mammal species distributed in the research area. Thus, it is possible to form a basis for the wildlife management plans to be made in the region in the following years. At the same time, the research data provided a gain in terms of determining the biological diversity of Türkiye.

With this study carried out in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, it was aimed to identify the large mammal species distributed in the area and to contribute to the wildlife management plans to be implemented in the ecotourism area. For this purpose, according to the results of the study, some measures to be taken for wildlife in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area are listed below.

- In order to protect biodiversity and improve the habitats of wild animals in Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area, management plans that take wildlife into account should be implemented. In order to manage wildlife in the ecotourism area correctly, the plans to be prepared should be carried out by wildlife experts trained in the relevant field. For this reason, it should be ensured that graduates of the "Wildlife Ecology and Management" department, which provides undergraduate education in Türkiye, are employed within the relevant institutions. In Türkiye, forest engineers or biologists working in the relevant institutions are generally used in wildlife management. However, the knowledge and experience of these personnel on wildlife, especially mammals, is not sufficient. It is essential for the preparation and implementation of a successful wildlife management plan that expert personnel have all kinds of information (ecology, biology, behavior, etc.) related to mammal species.
- Stray dogs and cats that cause serious damage to wild animals and their habitats should be collected from the ecotourism area. Domestic animals (shepherd dogs, domestic cats and dogs) brought to the area by citizens should not be allowed to roam freely.
- A continuous monitoring program should be carried out for large mammal species in the area. Continuous

mammal observations in the ecotourism area by wildlife experts trained in their field in all seasons of the year will increase the success of the management plan. For this reason, mammal observations should be made regularly in the area every month of the year.

- Censuses and management plans should be made for large mammal species. In populations of large mammal species, individuals above the carrying capacity should be hunted in a planned and controlled, i.e. legal manner. In order to implement this, the population status of the species should be determined through census (inventory) studies by applying scientific methods.
- Education and awareness raising activities should be emphasized. Within the scope of education and awareness-raising activities, local people and visitors should be informed about the large mammal species in the area. Warning and informative signs about wildlife should be placed in different areas within Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area.
- Necessary precautions should be taken regarding all kinds of waste. The garbage bins in the area must be closed, fixed in place and surrounded by wire fences. It should be prevented to leave garbage in areas other than garbage bins and necessary legal measures should be taken in this regard.
- During the breeding periods of large mammal species in the area, care should be taken to ensure that the activities carried out in the area do not disturb wild animals. For this reason, grazing etc. activities in the area should be carried out in a planned and controlled manner.
- Renewal and improvement works should be carried out in the area by planting fruit trees and shrubs suitable for

food preferences, which are in decline in the habitats of large mammal species and have even disappeared in many places.

- Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area has a wildlife-based tourism potential in terms of large mammal diversity. First of all, local people should be made aware of the environment. It is seen that human intervention in nature is at the root of all these problems. In order to raise awareness of local people, an education system starting from primary education should be established; villagers, shepherds, mukhtars, teachers, military and civil administrators should be trained. For this purpose, booklets, brochures, etc. should be prepared and awareness should be raised through local TV and radio programs. As a result, with the improvement of the habitat, the ecotourism area, which hosts significant large mammal species even under these conditions, will be more noticeable. In this way, while improving the habitat of the existing large mammal species, tourism income can also be generated by organizing wildlife observation activities for visitors at certain times of the year to make use of this diversity. With the mammal wildlife observation activities to be organized, the local people will also be able to provide economic income.

With this research, it has been seen that the wildlife-based tourism potential of Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area can be further increased with these measures to be taken. This feature can be used as an income-generating resource for the local people by advertising it worldwide using communication tools with a comprehensive expression. In this way, it will be easier for the local people to embrace the site.

It is thought that the data determined in this study may be useful in solving the problems that Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area may encounter in terms of wildlife.

Acknowledgements

This study was supported by Karadeniz Technical University (KTU) Scientific Research Projects (BAP) Coordination Unit within the scope of Undergraduate Student Project with project number FLÖ-2023-10935. We would like to thank the Rectorate of KTU and the BAP Coordination Unit for their financial support, the Trabzon Branch Directorate of the 12th Regional Directorate of Nature Conservation and National Parks (GDNCNP) and the authorities of Akçaabat and Yıldızlı Forest Management Directorate of Trabzon Regional Directorate of Forestry for granting research permission for Hıdırnebi Plateau Ecotourism Area and sharing the requested information easily.

REFERENCES

- Ak, M., 2017. İstanbul - Elmalı Kent Ormanı'nın Memeli Faunası. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Başkaya, E., 2018. Ayı (*Ursus arctos*)'nın Doğu Karadeniz Dağlarındaki Popülasyon Yoğunluğu. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Başkaya, Ş., 1997. Status and Conservation of the Threatened Carnivore Mammals in the Eastern Black Sea Region. Proc. of the XI. World Forestry Congress, Vol. 3, 350, Antalya.
- Başkaya, Ş., Bilgili, E., Başkaya, E., 2008. Önemli Bazı Büyük Memeli Yaban Hayvanı Popülasyonlarının Kuzeydoğu Anadolu'daki Son Durumu, Tehdit Eden Etmenler ve Çözüm Önerileri. 1. Türkiye Avcılık ve Yaban Hayatı Sempozyumu ve Sektörel Sergisi, Antalya, Türkiye, 15-21.
- Bern Convention, 2024. Appendices of the Convention and Amendments to the Appendices. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. <https://www.coe.int/en/web/bern-convention/appendices>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Can, Ö.E., Togan, İ. 2009., Camera trapping of large mammals in Yenice Forest, Turkey: local information versus camera traps. Oryx The International Journal of Conservation Volume 43, Issue 3 July 2009, pp. 427-430.
- CITES, 2023. Appendices I, II and III. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna

- and Flora. <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1996. Yaban Hayvanları Bilgisi. İstanbul Üniversitesi, Basımevi ve Film Merkezi Müdürlüğü, İstanbul.
- Demirsoy, A., 1996. Türkiye Omurgalıları Memeliler. Meteksan A.Ş., Ankara, ISBN: 975774624X.
- Gündoğdu, E., Arpacık, A., Başkaya, Ş., Sarı, A., 2015. Türkiye’de Büyük Memeli Yaban Hayvanlarının Sayımında Karşılaşılan Başlıca Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Ekoloji Sempozyumu, Sinop, Türkiye, 182 s.
- Gündoğdu, E., Başkaya, Ş., Sarı A., Arpacık, A., 2017. Uzungöl Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇK)'nin Büyük Yırtıcılarının ve Alan Kullanımlarının Fotokapan ve Termal Kamera ile Belirlenmesi. Yükseköğretim Kurumları Destekli Proje, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Trabzon.
- IUCN, 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for the Conservation of Nature. <https://www.iucnredlist.org/>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Karahan, F., 2018. Türkeli-Çatak Mevkiinde Fotokapanla Tespit Edilen Büyük Memeli Türler ve Ekolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu.
- Karanth, K.U., 1995. Estimating Tiger (*Panthera tigris*) populations from Camera trap data using capture-recapture models. Biological Conservation 71: 333-338.

- Kaya, F., Yıldırım, G., 2020. Ekoturizm potansiyeli açısından Doğu Karadeniz Bölgesi'nin değerlendirilmesi. *Tourism and Recreation*, 2(2), 125-133.
- KTÜ, 2023. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü Tür Listeleri-Memeliler. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yaban_8422a.pdf. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Long, R.A., MacKay, P., Zielinski, W.J., Ray, J.C., (eds.) 2008. *Noninvasive Survey Methods for Carnivores*. Island Press, USA, 385p.
- Morrison, J.C., Sechrest, W., Dinerstein, E., Wilcove, D.S., Lamoreux, J.F., 2007. Persistence of large mammal faunas as indicators of global human impacts. *Journal of Mammalogy* 88(6),1363–1380.
- OGM, 2021. Hıdırnebi Yaylası Ekoturizm Alanı Doğa Yürüyüş Parkuru. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/trabzonobm>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- OGM, 2023. Ormanlık Alanların Alternatifi Orman Parkları ve Ekoturizm Alanları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/ormanlik-alanlari-alternatifi-orman-parklari-ve-ekoturizm-alanlari>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- OGM, 2024a. Trabzon Hıdırnebi Yaylası Ekoturizm Alanı. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/yararli-bilgiler/mutlaka-gormelisiniz/trabzon-hidirnebi-yaylasi-ekoturizm-alani>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.

- OGM, 2024b. Mutlaka Görmelisiniz. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/yararli-bilgiler/mutlaka-gormeniz-gereken-yerler>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Orhan, T. & Karahan, F., 2010. Uzundere İlçesi ve Yakın Çevresinin Ekoturizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11(1), 27-42.
- Rayan, D.M., Mohamad, S.W., 2009. The importance of selectively logged forests for tiger *Panthera tigris* conservation: a population density estimate in Peninsular Malaysia. Oryx 43, 48-51.
- Sarı, A., 2020. Türkiye'nin Zengin Biyolojik Çeşitliliği ve Yönetim Sorunları. 10. International Ecology Symposium, Bursa, Türkiye, 43-44.
- Sarı, A., Arpacık, A., 2020. Türkiye'nin Yaban Hayatı Odaklı Turizm Potansiyeli. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6(2), 355-364.
- Sarı, A., Arpacık, A., Başkaya, Ş., Çelik, A., 2022. Trabzon Havalimanında Kuş Zararlarına Karşı Biyolojik Mücadele Yöntemleri Eğitimli Köpek Kullanımı. KTÜ, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), Proje No: FBB-2021-9283, Trabzon.
- Sinclair, A.R.E., 2003. Mammal population regulation, keystone processes and ecosystem dynamics. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 358, 1729-1740.
- Soyumert, A., 2010. Kuzeybatı Anadolu Ormanlarında Fotokapan Yöntemiyle Büyük Memeli Türlerinin Tespiti ve Ekolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi,

Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Şatıroğlu, E., Bekiryazıcı, F., Usta, Ö., 2021. Kırsal Rekreasyon Planlaması Kapsamında Akçaabat Balıklı Göl ve Çevresi'nin Turizm ve Rekreasyonel Potansiyelinin Değerlendirilmesi. 5. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, İstanbul, Türkiye, 126-140.

Taş, S., 2012. Trabzon ve Ekoturizm: Yerli Ziyaretçilerin Yöreyi Değerlendirmesine Yönelik Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Anabilim Dalı, Balıkesir.

T.C. Resmi Gazete. 10.08.2022 ve Sayı: 31919. Tarım ve Orman Bakanlığınca Belirlenen Yaban Hayvanları Listesi- Ek 1: Memeliler.

T.C. Resmi Gazete. 28.07.2023. Sayı: 32262 Mükerrer. Tarım ve Orman Bk. 2023-2024 Av Dönemi Merkez Av Komisyonu Kararı.

TOB, 2024a. Nuh'un Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://nuhungemisi.tarimorman.gov.tr/public/istatistik>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.

TOB, 2024b. Nuh'un Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://nuhungemisi.tarimorman.gov.tr/public/istatistik>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.

TOB, 2024c. Nuh'un Gemisi Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Veritabanı. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://nuhungemisi.tarimorman.gov.tr/public/istatistik>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.

- Turan, N., 1984. Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları Memeliler. Ogun Kardeşler Matbaacılık Sanayi, Ankara.
- URL-1. Ekoturizm kapsamındaki 89 rotayı 4 milyon doğasever ziyaret etti. <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/ekoturizm-kapsamindaki-89-rotayi-4-milyon-dogasever-ziyaret-etti/2931959>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- URL-2. Hıdırnebi Yaylası ve Çevresi Turizm Projesi. <https://www.akcaabat.bel.tr/proje-detay.aspx?id=16>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- URL-3. Hıdırnebi Yaylası. <https://www.akcaabat.bel.tr/turizm-rehberi-detay.aspx?id=9>. - Son Erişim Tarihi: 30 Nisan 2024.
- Vladimir, D. & Jon, H., 2018. Mammalwatching: A new source of support for science and conservation, International Journal of Biodiversity and Conservation, 10 (4), 154-160.
- York, E.C., Moruzzi, T.L., Fuller, T.K., Organ, J.F., Sauvajot, R.M. & Degraaf, R.M., 2001. Description and evaluation of a remote camera and triggering system to monitor carnivores. Wildlife Society Bulletin 29:1228– 1237.

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF METHANOL AND ETHANOL COMBUSTION REACTIONS: ADIABATIC APPROACH

Ahmet ELBİR¹

Mehmet Erhan ŞAHİN²

1. INTRODUCTION

When methanol and ethanol are used as fuels, the heat released as a result of these reactions can be used for heating systems or energy production. This is a common application used to provide heating and energy in industrial facilities, homes, or vehicles. Methanol and ethanol can be used as fuels in internal combustion engines. The combustion reaction occurs in the cylinders of the engine, which moves the pistons. Thus, vehicles can obtain power by using engines that run on methanol or ethanol. The heat released during the combustion process of fuels like methanol and ethanol can be recovered and used in another process. In industrial facilities, this heat can be used in processes or hot water production.

Some studies in the literature: In a study by Elorf and Sarh the effect of excess air ratio on the dynamics of ground olive cake combustion in a vertical furnace was examined. The study found that different excess air ratios ($\lambda = 1.3, 1.7, 2.3,$ and 2.7) diluted CO and CO₂ emissions inside the furnace, reduced

¹ Öğr.Gör.Dr., Süleyman Demirel University, Renewable Energy Resources Research Center, ahmetelbir@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8934-7665.

² Dr.Öğr.Üyesi, Isparta University of Applied Sciences, Technical Vocational High School, Biomedical Devices Technology, erhansahin@isparta.edu.tr, e-mail, ORCID: 0000-0003-1613-7493.

the temperature at the furnace exit, and decreased visible flame lengths (Elorf and Sarh, 2019). Zhao et al. investigated the effects of oxyhydrogen/butanol/gasoline triple-fuel combined feeding on combustion and emissions of an engine. The study examined the effects of different excess air ratios as well as the impact of oxyhydrogen on in-cylinder combustion and thermal transfer. It was found that as the excess air ratio increased, the impact of oxyhydrogen on combustion and thermal transfer became more pronounced, and gasoline consumption and NO_x emissions could be reduced (Zhao, 2023). Wang et al. examined the effects of methanol addition and excess air/fuel ratio on the emissions, performance, and combustion characteristics of a natural gas/methanol dual-fuel engine. It was determined that with the increase in excess air ratio, the combustion rate of natural gas decreased due to the reduction in pressure, combustion temperature and energy density (Wang, 2019). Mahendar and Erlandsson developed a semi-predictive model examining the combustion properties of ethanol and methanol at excess air ratios. The study observed high efficiency at $\lambda=1.4$ excess air ratio, but the prediction accuracy decreased at high dilution levels. To address these shortcomings, a laminar flame speed correlation was added (Mahendar and Erlandsson 2021).

Numerous studies have investigated the effects of varying excess air ratios (λ) and the incorporation of different fuel additives on the dynamics of combustion, engine performance, emissions, and overall engine efficiency. The findings from these studies consistently indicate that both the excess air ratio and the type of fuel used significantly influence these parameters. Combustion reactions play a critical role in energy conversion processes and have substantial implications for thermodynamic properties. This study delves into the combustion reactions of widely used fuels, specifically methanol and ethanol, conducting an in-depth analysis from a

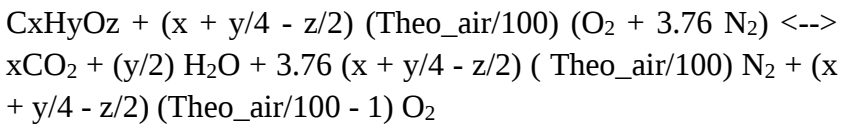
thermodynamic standpoint. The focus is on understanding how these fuels behave under different conditions and how their thermodynamic properties impact combustion efficiency and emissions. By examining methanol and ethanol, the study aims to provide comprehensive insights into optimizing fuel use for better engine performance and reduced environmental impact.

2. MATERIAL AND METHOD

Calculations were made under adiabatic conditions for thermodynamic analysis of combustion reactions. These calculations were carried out with the formulas and equations used to determine the thermodynamic properties of the fuel and air mixture. The calculations took into account the properties and reaction equations of specific fuels, such as methanol and ethanol. The results obtained with EES software were graphed with Python software.

Acceptances:

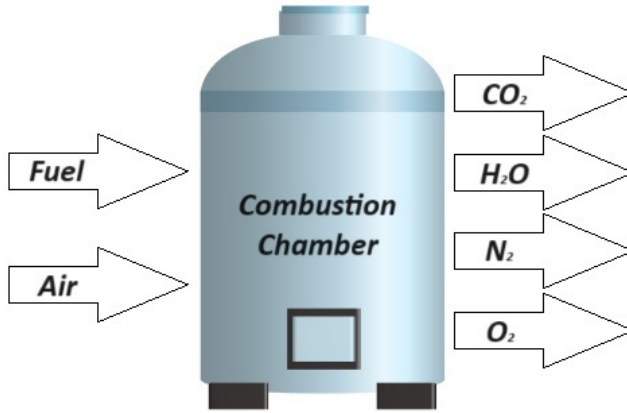
These equations represent a combustion reaction. The combustion reaction is a chemical reaction in which CO₂, H₂O, and other byproducts are formed as a result of the reaction of a fuel with oxygen. The given equations include:



C_xH_yO_z Represents the combustion reaction of fuel and air components. The left side shows the fuel and air components, the right side shows the products of combustion. In Figure 1, there are CO₂, H₂O, N₂ and O₂ on the right side of the reaction. On the left side of the reaction is the combustion stoichiometry of the C_xH_yO_z fuel, according to the given formulation. The enthalpy of the fuel is added together with the

enthalpy of the oxygen and nitrogen used during combustion. The result is equalized with the enthalpy of the products formed as a result of combustion. The adiabatic heat in this equation allows us to find the heat generated during the reaction. Figure 1 Products entering and exiting the combustion chamber (Cengel and Boles, 2011; Borgnakke and Sonntag, 2009).

Figure 1. Combustion chamber



3. FINDING AND DISCUSSION

The results of the study show how the combustion reactions of methanol and ethanol under adiabatic conditions occur in thermodynamic terms. The data obtained provides important information about the composition, calorific values and thermodynamic efficiency of the fuel-air mixture. Figure 2. and Figure 3. Show the relationship between adiabatic combustion temperature and excess air ratio. The graphics show "Relationship between Excess Air Ratio and Adiabatic Combustion Temperature". The x-axis of the graph shows the "Air Excess Ratio" (excess air coefficient) values, and the y-axis shows the "Adiabatic Combustion Temperature" (K) values.

Figure 2. Air excess ratio and adiabatic combustion temperature for methanol

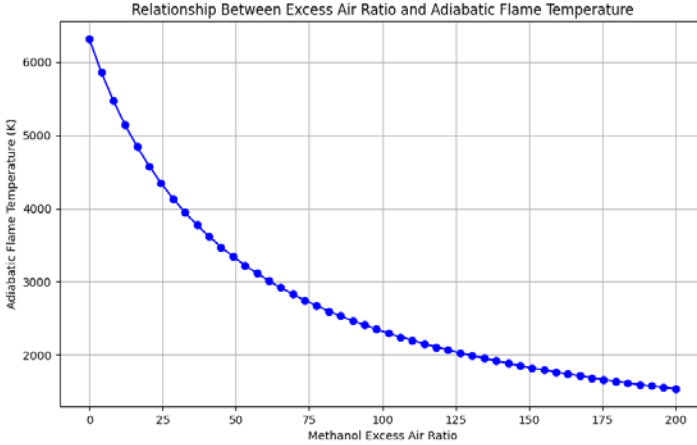


Figure 2. The relationship between excess air ratio and adiabatic combustion temperature for methanol is shown. It shows that the adiabatic combustion temperature decreases as the air excess ratio increases. This implies an inversely proportional relationship. While the air excess ratio is close to zero, the adiabatic combustion temperature is around 6000 K. This indicates that the fuel has reached its highest temperature under complete combustion conditions. As the excess air ratio increases rapidly from 0 to 25, the combustion temperature also decreases rapidly. This shows that the combustion temperature drops sharply when the air excess ratio is low. As the air excess ratio continues to increase beyond 25, the decrease in adiabatic combustion temperature occurs more slowly. When the excess air ratio is 200, the combustion temperature drops to around 2000 K and the rate of change decreases. Why does the adiabatic combustion temperature decrease as the air excess ratio increases? Excess air increases the amount of oxygen available during combustion, which causes the energy produced during combustion to be spread over a larger volume of gas,

thus lowering the temperature. This relationship is especially important for internal combustion engines and the optimization of combustion processes. Lower excess air ratios allow higher combustion temperatures and therefore higher efficiency to be achieved, but emissions may increase. High excess air ratios lower the combustion temperature, which reduces NO_x emissions but may reduce efficiency. This graph clearly shows how the adiabatic combustion temperature of the fuel varies depending on the excess air ratio. Such data is critical to optimizing combustion processes and keeping emissions under control. The graph shows that the excess amount of air significantly lowers the combustion temperature, and this effect is more pronounced at the beginning.

Figure 3. Air excess ratio and adiabatic combustion temperature for Ethanol

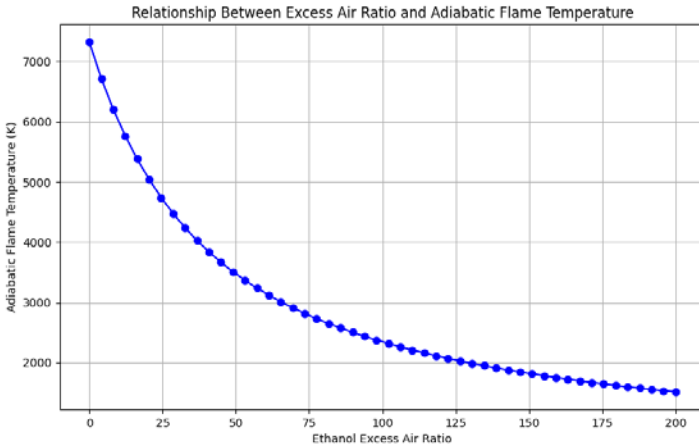


Figure 3 shows the relationship between "Air Excess Ratio" and "Adiabatic Combustion Temperature (K)". In the graph, we see that the adiabatic combustion temperature decreases as the air excess ratio increases. This is generally expected behavior in combustion reactions. The adiabatic combustion temperature is highest at around 7000 K, while the

excess air ratio is around 0. This shows that the combustion temperature is maximum when the excess air ratio is minimum. As the air excess ratio increases, that is, the amount of air used for combustion increases, the adiabatic combustion temperature decreases rapidly. While the air excess ratio was around 50, the temperature dropped to approximately 2500 K. As the excess air ratio increases, the decrease in adiabatic combustion temperature continues at a slower rate. While the air excess ratio was around 200, the temperature dropped to approximately 1500K.

This relationship indicates that the air excess ratio plays a critical role in combustion reactions and significantly affects the combustion temperature. A high excess air ratio lowers the combustion temperature, resulting in lower energy output, which is generally associated with a more efficient and cleaner combustion process. A low air excess ratio provides higher energy output by enabling high-temperature combustion, but this can also lead to more NO_x emissions. This inversely proportional relationship between the excess air ratio and the adiabatic combustion temperature is an important factor in the optimization of the combustion process and emission control.

Figure 4. Variation in the number of moles of methanol combustion products based on the excess air ratio

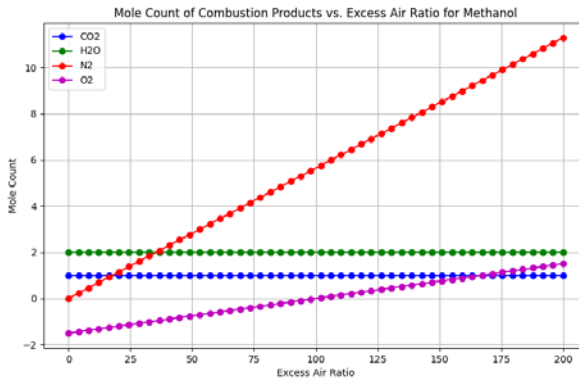


Figure 4 shows the number of moles of combustion products of methanol relative to the excess air ratio. This ratio refers to the amount of extra air used compared to the amount of air that should theoretically burn. The chart shows the four main products of combustion: CO_2 (carbon dioxide), H_2O (water vapor), N_2 (nitrogen) and O_2 (oxygen). The amount of CO_2 , shown in blue, reaches a constant value as the excess air rate increases, and then begins to increase slowly. This is a product of the combustion of methanol, and when combustion is complete, carbon dioxide production remains constant. The amount of H_2O shown in green similarly remains constant, regardless of the excess air rate. This represents the fixed amount of water vapor produced by the combustion of methanol. The amount of N_2 shown in red increases in direct proportion to the excess air rate. This is because most of the air is nitrogen and does not directly participate in the combustion reaction. As the excess air ratio increases, more nitrogen enters the combustion medium. The amount of O_2 shown in purple also increases as the excess air ratio increases. When sufficient air is provided and this ratio increases, excess oxygen cannot participate in the combustion reaction and as a result remains in an increasing amount among the combustion gases. In summary, as the excess air increases, the amounts of nitrogen and oxygen increase, while the amounts of carbon dioxide and water vapor remain relatively constant. This indicates that when excess air is used in the combustion reaction of methanol, non-reactive nitrogen and excess oxygen will be present in increasing amounts among the combustion products.

Figure 5. Variation of the number of moles of combustion products of ethanol according to the excess air ratio

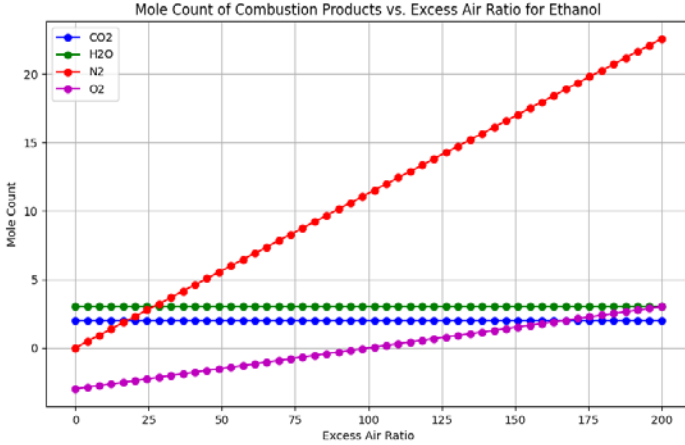


Figure 5 shows the number of moles of combustion products of ethanol relative to the excess air ratio. The graph shows how the number of moles of the four main combustion products changes as the excess air increases: N₂ (nitrogen) and O₂ (oxygen) H₂O (water vapor) and CO₂ (carbon dioxide). The amount of CO₂ shown in blue remains constant as the excess air rate increases. The amount of carbon dioxide formed as a result of the complete combustion of ethanol remains constant throughout the combustion reaction because the amount of CO₂ as a combustion product depends on the amount of fuel used and is independent of the excess air rate. The amount of H₂O shown in green also remains constant, regardless of the excess air rate. Water vapor is formed as a result of the combustion of ethanol, and this amount remains constant depending on the amount of ethanol used in the combustion reaction. The amount of N₂ shown in red increases in direct proportion to the excess air rate. Although nitrogen in the air does not directly participate in the combustion reaction, it is present in the combustion environment. As the excess air ratio increases, more air (and

therefore more nitrogen) enters the combustion medium. This results in an increase in the amount of nitrogen among the combustion products. The amount of O_2 shown in purple also increases as the excess air ratio increases. When sufficient air is provided and the excess air ratio increases, the excess oxygen cannot participate in the combustion reaction and increases in the combustion gases. The graph shows that the amounts of nitrogen (N_2) and oxygen (O_2) increase in direct proportion to the excess air rate. This is due to the extra added air being included among the combustion products. Carbon Dioxide and Water Vapor: The amounts of CO_2 and H_2O appear to remain constant, indicating that the combustion reaction depends on the amount of ethanol and adding excess air does not change the amount of these products. This graph clearly shows the effect of excess air on combustion products and reveals that during ethanol combustion, excess air increases the amounts of nitrogen and oxygen, but does not affect the amounts of carbon dioxide and water vapor.

According to the data in the table, the amounts of gases released into the atmosphere as a result of the daily combustion of 1 ton of methanol and ethanol have been determined. For methanol (CH_3OH), 1375 kg CO_2 , 1125 kg H_2O and 4935 kg N_2 are released every day. For ethanol (C_2H_5OH), 1913 kg CO_2 , 1174 kg H_2O and 6878 kg N_2 are released into the atmosphere every day. These data allow to evaluate and compare the environmental impacts of biofuels such as methanol and ethanol. In particular, differences in CO_2 emissions can help us understand important issues such as climate change and air quality.

Figure 6. Daily CO₂, H₂O and N₂ emissions of methanol and ethanol fuels

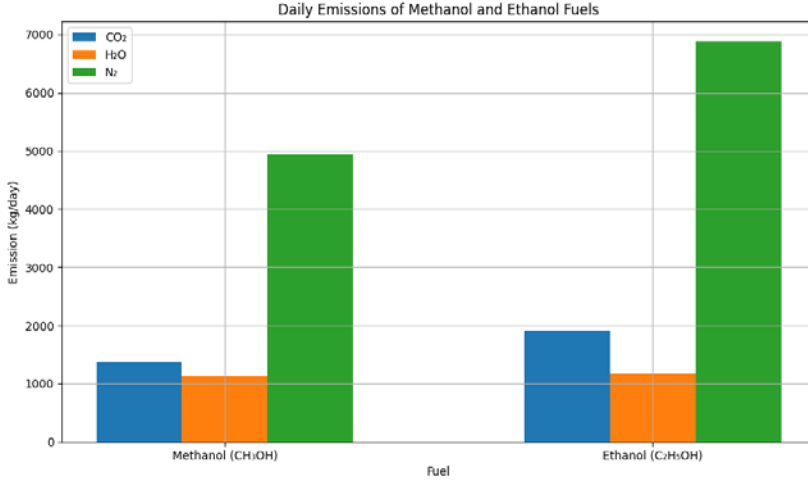


Figure 6 compares daily CO₂, H₂O and N₂ emissions of methanol (CH₃OH) and ethanol (C₂H₅OH) fuels. Methanol Emissions (CO₂: Approx. 1000 kg/day, H₂O: Approximately less than 1000 kg/day, N₂: Approximately 5000 kg/day). Ethanol Emissions (CO₂: Approx. 1500 kg/day, H₂O: Approximately just over 500 kg/day, N₂: Approximately 7000 kg/day). CO₂ Emissions: Ethanol emits more CO₂ than methanol (1500 kg/day vs. 1000 kg/day). H₂O Emissions: Methanol emits more H₂O compared to ethanol, but both are less than 1000 kg/day. N₂ Emissions: Ethanol emits significantly more N₂ than methanol (7000 kg/day vs. 5000 kg/day).

Ethanol has higher emissions for all components than methanol. The most obvious difference is that ethanol produces significantly more N₂. This analysis shows that although ethanol is a popular biofuel, it causes higher emissions compared to methanol, which may be important when considering environmental impacts in fuel selection.

4. RESULT

This study presents the thermodynamic analysis of the combustion reactions of methanol and ethanol fuels under adiabatic conditions. The obtained results detail the effects of the excess air ratio on the adiabatic flame temperature in the combustion processes of these fuels.

Relationship Between Adiabatic Flame Temperature and Excess Air Ratio for Methanol:

- As the excess air ratio increases, the adiabatic flame temperature decreases.
- At an excess air ratio close to zero, the adiabatic flame temperature is approximately 6000 K, indicating the fuel reaches its peak temperature under conditions of complete combustion.
- With a rapid increase in the excess air ratio from 0 to 25, the combustion temperature also decreases rapidly.
- As the excess air ratio continues to increase beyond 25, the decrease in adiabatic flame temperature becomes more gradual. When the excess air ratio reaches 200, the combustion temperature drops to around 2000 K.

Relationship Between Adiabatic Flame Temperature and Excess Air Ratio for Ethanol:

- As the excess air ratio increases, the adiabatic flame temperature decreases.
- At an excess air ratio close to zero, the adiabatic flame temperature reaches its peak at around 7000 K.
- When the excess air ratio reaches approximately 50, the temperature drops to about 2500 K.

- As the excess air ratio continues to increase, the rate of decrease in adiabatic flame temperature slows down. By the time the excess air ratio reaches around 200, the temperature decreases to roughly 1500 K.

Low excess air ratios lead to high combustion temperatures and therefore higher efficiency. However, this can result in higher NO_x emissions. High excess air ratios reduce the combustion temperature, which lowers NO_x emissions but may also reduce efficiency. The obtained data are critically important for the optimization of internal combustion engines and other combustion processes. To control combustion temperature and minimize emissions, the excess air ratio must be properly adjusted. The study provides important insights for the use of methanol and ethanol in industrial facilities, vehicles, and energy production systems. The results form a basis for understanding and improving the thermodynamic performance of these fuels.

In conclusion, this study thoroughly analyzes the thermodynamic properties of the combustion reactions of fuels like methanol and ethanol under adiabatic conditions. These analyses provide a valuable resource for understanding and improving the thermodynamic performance of fuel-air mixtures and offer critical insights for optimizing combustion processes and controlling emissions.

REFERENCES

- Borgnakke, C., & Sonntag, R. E. (2009). Fundamentals of thermodynamics.
- Cengel, Y.A., Boles, M.A., (2011). Thermodynamics: an engineering approach. McGraw-Hill New York.
- Elorf, A., & Sarh, B. (2019). Excess air ratio effects on flow and combustion characteristics of pulverized biomass (olive cake). Case Studies in Thermal Engineering, 13, 100367.
- Mahendar, S. K., & Erlandsson, A. C. (2021). Semi-predictive modeling of diluted ethanol and methanol combustion in conventional spark ignition operation (No. 2021-01-0386). SAE Technical Paper.
- Zhao, Z., Huang, Y., Shang, Z., Yu, X., Sun, P., Ren, L., & Li, Z. (2023). Experimental study on combustion and emission of ternary-fuel combined supply SI engine with oxyhydrogen/butanol/gasoline at different excess air ratios. Case Studies in Thermal Engineering, 49, 103319.
- Wang, L., Chen, Z., Zhang, T., & Zeng, K. (2019). Effect of excess air/fuel ratio and methanol addition on the performance, emissions, and combustion characteristics of a natural gas/methanol dual-fuel engine. Fuel, 255, 115799.

ŞIRNAK ASFALTİT OCAKLARINDAN ÇIKAN KİL ATIKLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ÖN ARAŞTIRILMASI¹

Öykü BİLGİN²

1. GİRİŞ

Madencilik faaliyetleri; görsel kirlilik, tozlanma, erozyon, su kirliliği, arazi veriminin azalması, ekosistemin bozulması gibi çevresel etkilere yol açabilmektedir. Ayrıca madencilik faaliyetleri sırasında; fazla miktarlarda atıklar meydana gelmektedir. Maden atıkları; üst örtü toprağı, dekapajı (örtü-kazı), atık kil, atık kaya ve zenginleştirme sonucu çıkan atıklarından oluşmaktadır. Çevre kirliliğini önlemek için, madencilik faaliyetlerinden sonra çıkan atıklar; daha sonra taşınmalı, toplanmalı, geri kazanılmalı veya ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için geri kazanım yöntemlerinin uygulanması da çok önemlidir. Örneğin; kil içerikli kömür hazırlama/zenginleştirme tesis atıklarından, ayrıca temiz kömür üretimi ve atık kilin çimento/tuğla üretiminde kullanılması bu yöntemlerden biridir. Türkiye/Şırnak asfaltitleri filonlar (Harbul, Avgamasya, Silip, Seridahli, Segürük, Milli, Karatepe, İspindoruk, Üçkardeşler, Rutkekurat, Uludere(Ortasu), Nivekara) halinde, toplam rezervleri en az 25.000 hektar alanda fay ve çatlak dolguları biçiminde olup, yan kayacında kil mineralleriyle

¹ Bilgin, O. 2017, “Study of Usage Areas of Clay Samples of Asphaltite Quarries in Sirnak, Turkey” IOP Conference Series World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2017).

² Doç. Dr., Şırnak Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ykbilgin@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-1276-5751.

beraber yer almaktadır (DİKA, 2013; Bilgin, O ve Kantarci, S, 2015; Nakoman, E., 1980; Sengüler, İ., 2007; Gündoğdu C., 2009). Şırnak bölgesi asfaltit madenciliği sırasında yan kayacı oluşturan killer vs., atık sahalarında toplanmaktadır. Asfaltit ocaklarından asfaltit yankayacından çıkarılan kil vs. atık sahaları şehir merkezine çok yakın olmakla birlikte, görsel ve hava kirliliği gibi (çevresel) kirlilik oluşturmaktadır. Türkiye/Şırnak Asfaltit madenciliği sırasında oluşan yankayaç killeri ise atık stok sahalarında toplanmaktadır. Atık sahalarında toplanan bu killerin çimento veya tuğla-kiremit sektöründe kullanılması hem görüntü ve çevre kirliliğini önleyecek, hem de inşaat sektörüne (çimento, tuğla, kiremit, seramik vs.) hammadde katkısı olacaktır. Bu çalışmada; Şırnak bölgesinde işletilen Seridahli ve Segürük asfaltit filonlarına ait maden ocaklarından alınan kil numunelerinin analizleri yapılarak ve kullanım alanları araştırılmaktadır. Sonuç olarak; Seridahli ve Segürük filonlarından alınan yan kayaç kil numunelerinin inşaat sektöründe çimento ve tuğla/kiremit yapımına uygun olabileceği yapılan analizler sonucunda kanısına varılmıştır. Çalışmalar genişletilerek, diğer asfaltit filonlarından da numuneler alınıp, analizler yapılması önerilmektedir. Bu araştırma bir ön inceleme olup, yeni numuneler ve deneylerle daha geniş araştırmalarla desteklenmelidir.

Kil mineralleri, sanayinin pek çok alanına önemli hammadde sağlayan hidrotermal kökenli topraklardır. Killer yapısal olarak nem çekme özelliği yüksek, şekil verilmesi kolay, kurduğunda da şeklini koruması, büzüşme özelliği olan, plastik özellikli, doğal renkli yapıda doğal minerallerdir. Kimyasal özelliklerine göre yapılarında alüminyum oksit (Al_2O_3), sulu alüminyum silikatlar ve farklı alkali toprakların özelliğine göre demir içermektedirler. Kil hammaddesinin oluşumları iklim, bitki örtüsü, kayaç tipine ve zamana göre değişmektedir. Günlük hayatta kullanılan pek çok eşya, kil hammaddelerinden

yapılmaktadır. Killer; genellikle yapı malzemesi alanında, vazo, tabak, süs eşyaları, testi gibi eşyalarda hammadde olarak kullanılmaktadır (MTA, 2010; DPT, 2001; DPT, 2007).

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KİLLER

Çimento üretimi için gerekli olan hammaddeler kil, marn (kalker-kil karışımı) ve kireçtaşı(kalker)' dir. Klinker, çimento üretimi için önemli temel hammaddedir. Klinker üretiminde; öğütülmüş toz halindeki kil ve kireçtaşının uygun miktarlarda karıştırılması ile bu karışımın yüksek sıcaklıklı çimento fırınlarında yaklaşık 1450 °C'ye kadar pişirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Marn; SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , ve Fe_2O_3 gibi oksitli bileşenleri yapısında bulunduran diğer bir çimento hammaddesidir. Çimento; su ile tepkimeye girerek, hidrolik bir bağlayıcı olmaktadır. Önemli çimento çeşitleri; portland çimentosu, traslı çimento, yüksek fırın cüruf çimentosu ve katkılı çimento olarak sınıflandırılırlar (Bilgin,Ö. ve Koç, E., 2016). Çimento hammaddesinin homojen yapıda olması istenmektedir. Çimento elde edildikten sonra, beton üretimi, inşaat sektörü, yapı malzemesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (<https://www.turkcimento.org.tr/>; Bilgin,Ö. ve Koç, E., 2013).

Killer; kimyasal analiz sonuçlarına göre; SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , SO_3 , Na_2O , ve % kızdırma kaybı gibi oranları tesbit edilmektedir. Kil mineralleri dışında ayrıca yapılarında yer alan safsızlıklar da % oran olarak belirlenmektedir. Çimento yapımı için gerekli olan kil mineralinin en uygun bileşimi için $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ oranı 2/1, SiO_2 (%) oranının belli bir üst sınırdan olması ve alkali oksit miktarının %1' den daha az olması gereklidir. Beyaz çimento üretimi için kullanılan kaolin kili de çimento sektöründe önemli bir yer tutmaktadır (DPT, 2001; DPT, 2007).

Çimento yapımında kullanılan killerin plastisite oranları %15-20 ve sinterleşme sıcaklıkları 900°C ile 1050 °C arasında olmalıdır. Klinker üretiminde kullanılan katkılar, hammaddenin kimyasal yapısına katkı sağlamaktadır ve SiO₂, Fe ve Al₂O₃ içeriklidir. Bunlar örneğin; pirit, demir cevherleri, kuvarslı kumlar olabilir. Ayrıca; çimento üretiminde kaolin, alçı taşı, puzzolan maddeler, kalkerli ve silisli küller ve yüksek fırın cürufu da katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (MTA, 2010; DPT, 2001; M. Schneider, 2011).

Tuğla/kiremit üretimi için uygun hammaddeler kumlu kil’ dir. Kumlu killer (balçık, silt, çorak vs); seramik kilinden farklı olarak, silis, demir ve karbonat içeriği yönünden daha zengin yapıya sahip ve içeriğinde kalsit, kuvars, montmorillonit, kalolinit, limont klorit, serisit gibi mineraller de bulunmaktadır. İri taneler, organik maddeler ve jips yapısını bozmaktadır. Tuğla üretimine en uygun topraklar, kiremit üretimi için uygun olmayabilir. Böyle durumlarda kumlu hammadde, plastikliği fazla olan ince taneli killerle karıştırılarak kullanılmaktadır. İçeriğinde pirit (FeS₂) miktarının fazla olması hammaddenin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin; pişme sırasında suda çözünebilir tuzlar çıkmakta ve bu tuzlar çimento harcına etki ederek inşaatın yıkılmasına dahi sebep olabilmektedir. Mika oranı fazla olan killer de su emme oranını arttırdığından yine istenmeyen durum oluşturmaktadır. Ayrıca hammadde içerisinde bulunan kömür parçaları da olumsuz bir durumdur. Bu da pişme esnasında malzemenin çatlamasına ve kabarmasına neden olmaktadır (DPT, 2001).

Genellikle Tuğla-kiremit üretimi için istenen standartlar; hammaddenin CaCO₃ içeriği % 35’in altında olmalıdır. 3 mm’ den iri tanelerin oranı %1’i geçmemelidir, plastiklik suyu % 25 ile % 35 arasında bulunmalıdır. Ürün; 100 °C sıcaklıkta pişirildiğinde sertliği Mohs tablosuna göre 2’ nin üzerinde olmalıdır. Kuruma küçülmesi % 10’dan az, su emme kapasitesi

tuğla için; % 8' den fazla, kiremit için % 18' den az olmalıdır. Tuğla-kiremit yapımı için kullanılan hammadde 800-100 °C'de çatlaklar ve patlama oluşturmada kiremit renginde pişebilmelidir. Bu toprakların 0,2 mm den iri tanelerin yüzde oranları, cinsi, kalıplanma yetenekleri ve kuru kırılma dayanımları da tespit edilmelidir (DPT, 2001; MMO, 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada; Şırnak bölgesinde işletilen Seridahli ve Segürük asfaltit flonlarından (ocaklarından) alınan kil numunelerinin SQX analizleri yapılarak ve kullanım alanları araştırılmaktadır. Seridahli ve Segürük yan kayaç killerin çimento ve tuğla/kiremit sektöründe kullanıma uygun olabileceği yapılan ön analizler sonucunda kanısına varılmıştır. Çalışmalar genişletilerek, diğer asfaltit filonlarından da numuneler alınıp, analizler yapılması önerilmektedir.

Şekil 1. Asfaltit Yankayaç Killeri



Şekil 1' de Şırnak bölgesine asfaltit ocağında asfaltit ve yankayaç killeri görülmektedir. Şırnak/Seridahli bölgesi asfaltit

ocağına ait yankayaç numunesi analizleri Tablo 1’ de verilmektedir.

Tablo 1. Seridahlı Asfaltit Ocağı Üst Kil-Yankayaç Numunesi (sqx) Genel Analiz Sonuçları

İçerik	Sonuç	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
MgO	1.21	0.06	Mg-KA	0.65	1.12
Al ₂ O ₃	9.21	0.10	Al-KA	15.78	8.49
SiO ₂	30.04	0.05	Si-KA	48.88	27.69
P ₂ O ₅	1.08	0.01	P-KA	5.53	1.00
SO ₃	0.50	0.01	S-KA	1.82	0.46
K ₂ O	4.38	0.01	K-KA	45.91	4.03
CaO	10.03	0.01	Ca-KA	82.54	9.24
TiO ₂	0.72	0.03	Ti-KA	2.82	0.67
V ₂ O ₅	0.74	0.02	V-KA	4.46	0.68
Cr ₂ O ₃	0.16	0.01	Cr-KA	2.15	0.15
Fe ₂ O ₃	6.31	0.01	Fe-KA	171.87	5.82
NiO	0.16	0.04	Ni-KB1	1.76	0.15
ZnO	0.33	0.01	Zn-KA	31.58	0.31

Kaynak: (Bilgin, 2017).

Tablo 2. Segürük (+4mm) Asfaltit Ocağı Yankayaç Numunesi (sqx) Genel Analiz Sonuçları

İçerik	Sonuç	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	0.33	0.08	Na-KA	0.07	0.36
MgO	16.82	0.07	Mg-KA	10.36	18.19
Al ₂ O ₃	8.15	0.09	Al-KA	15.67	8.82
SiO ₂	40.14	0.05	Si-KA	73.16	43.42
SO ₃	0.11	0.01	S-KA	0.44	0.12
K ₂ O	0.81	0.01	K-KA	9.41	0.87
CaO	9.77	0.01	Ca-KA	91.58	10.57
TiO ₂	0.47	0.02	Ti-KA	2.09	0.50
Cr ₂ O ₃	0.19	0.01	Cr-KA	2.52	0.21
MnO	0.10	0.01	Mn-KA	2.22	0.11
Fe ₂ O ₃	8.17	0.05	Fe-KB1	50.29	8.83
NiO	0.11	0.01	Ni-KA	6.87	0.12
TeO ₂	0.10	0.03	Te-KA	4.90	0.11
BaO	0.27	0.03	Ba-KA	4.98	0.29
A.Z.	14.46	0.05			14.46

Kaynak: (Bilgin, 2017).

Seridahlı asfaltit ocağı yankayaç numunesi genel analiz sonuçları Tablo 1' de gösterilmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde % SiO₂ oranının % 30 civarında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak numunenin çimento sektöründe kullanılabilir bir kil olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3. Segürük (+4mm) Asfaltit Ocağı Yankayaç Numunesi (sqx) Genel Analiz Sonuçları

İçerik	Sonuç	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	0.51	0.08	Na-KA	0.11	0.55
MgO	16.39	0.07	Mg-KA	10.02	17.61
Al ₂ O ₃	10.25	0.09	Al-KA	19.53	11.01
SiO ₂	45.63	0.05	Si-KA	82.15	49.03
SO ₃	0.28	0.01	S-KA	1.09	0.30
K ₂ O	1.03	0.01	K-KA	11.76	1.11
CaO	3.66	0.01	Ca-KA	33.86	3.93
TiO ₂	0.55	0.02	Ti-KA	2.54	0.60
Cr ₂ O ₃	0.21	0.01	Cr-KA	2.83	0.23
MnO	0.09	0.01	Mn-KA	2.11	0.10
Fe ₂ O ₃	9.45	0.05	Fe-KB1	60.05	10.15
NiO	0.11	0.01	Ni-KA	6.57	0.12
A.Z.	11.85				11.85

Kaynak: (Bilgin, 2017).

Şırnak/Segürük bölgesi asfaltit ocağına ait yankayaç numunesi analizleri Tablo 2 ve Tablo3' de verilmektedir. Buna göre; % 42-% 64 SiO₂ ,% 15-20 Al₂O₃, % 8 CaO Tuğla-Kiremit üretimi için gerekli oranlardır. % 1- %2 MgO ve CaO seramik için gerekli oranlardır. Yaklaşık % 25 SiO₂ oranı çimentoda kullanılmaktadır. Segürük 1 no' lu ve Segürük 2 no' lu asfaltit ocağından alınan yankayaç numunesi genel analiz sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3' de gösterilmektedir. Ön analiz sonuçları incelendiğinde her iki numunenin de tuğla-kiremit yapımı için uygun kil özelliklerini taşıdığı tespit edilmiştir (Bilgin, O, 2017; Bilgin Ö, 2023).

4. SONUÇLAR

Madencilik faaliyetleri; görsel kirlilik, duraysızlık, su kirliliği, ekosistemin bozulması, tozlanma, arazi veriminin azalması ve erozyon gibi çevresel etkilere yol açabilmektedir. Bununla beraber madencilik faaliyetleri sırasında; atık/ürün oranlarına bağlı olarak büyük miktarlarda atıklar meydana gelmektedir. Maden atıkları; örtü-kazı (dekapaj), atık kaya, bitkisel üst toprak, pasa, kil gibi zenginleştirme atıklarından oluşmaktadır. Bu yüzden çevresel kirliliğin önlenmesi için madencilik faaliyetleri sonrası oluşan atıklar; taşınmalı, toplanmalı, geri kazanılmalı veya bertaraf edilmelidir. Madencilik atıklarının olumsuz etkileri, geri kazanım yöntemleri uygulanması ile önlenabilir. Örneğin; kil içerikli kömür hazırlama tesisi atıklarından, temiz kömür üretimi ve atık killerin tuğla üretiminde kullanımı bu yöntemlerden biridir.

Türkiye/Şırnak Asfaltit madenciliği sırasında oluşan yankayaç killeri, ise atık stok sahalarında toplanmaktadır. Atık sahalarında toplanan bu killerin çimento veya tuğla-kiremit sektöründe kullanılması hem görüntü ve çevre kirliliğini önleyecek, hem de inşaat sektörüne(çimento, tuğla, kiremit, seramik vs.) hammadde katkısı olacaktır. Bu çalışmada Segürük ve Seridahli Asfaltit ocaklarından alınan kil numunelerinin çimento veya tuğla-kiremit yapımına uygun malzemeler olduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırma bir ön inceleme olup, yeni numuneler ve deneylerle daha geniş araştırmalarla desteklenmelidir (Bilgin Ö, 2023).

KAYNAKÇA

- Bilgin,Ö. ve Koç, E., (2013). Çimento Üretim Teknolojisinde Kullanılan Ana Ekipmanlar, Mt Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, s 31-40.
- Bilgin, O. (2017). “Study of Usage Areas of Clay Samples of Asphaltite Quarries in Sirnak, Turkey” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, paper • open access, doi :10.1088/1755-1315/95/4/042066, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 95 042066, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2017) IOP Publishing.
- Bilgin, Ö. (2023). Sahayayın, Enerji&Maden Sayı:41; ISSN:2147-2211
file:///C:/Users/%C3%B6yk%C3%BC/Desktop/sahayay%C4%B1n.dergiler/dergi_41.pdf.
- O. Bilgin and S. Kantarci, (2015) " The Importance of Sirnak Asphaltites ", Turkey 24th International Mining Congress and Exhibition, s. 6, IMCET, Antalya/Turkey, 14-17 Nisan.
- Bilgin,Ö. ve Koç, E., (2016) “Örnek Bir Çimento Fabrikasında Kullanılan Temel Ekipmanlar ve Çimento Üretim Prosesi” Cementurk, temmuz/ağustos sayısı, 46.sayı, 56-65.
- DİKA, (2013). TRC3 Mardin-Batman-Sirnak-Siirt 2014-2023 Regional Development Plan, Dicle Development Agency.
- DPT, (2001). Eighth Five-Year Development Plan "Mining Specialization Commission Report, Substance of Industrial Raw Materials Subsoil Industrial Raw Materials IV, Cement Raw Materials, Working Group Report, Ankara/Turkey, vol. 62.

- DPT, (2007). Ninth Development Plan 2007-2013, State Planning Organization Mining Specialization Commission Report, Ankara, Türkiye, <http://www.daka.org.tr/panel/files/files/belgeler/planlama/madencilik.pdf>.
- Gündoğdu C., (2009), " Determination of Asphaltite Asphalt Properties and Comparison with Conventional Refinery Asphalt ", Karadeniz Technical University, Institute of Science, M.Sc. Thesis, Trabzon, 67 s.
- MMO, (2012). Turkey's Energy Outlook, TMMOB Chamber of Mechanical Engineers, Chamber Report, Ankara, Türkiye.
- MTA, (2010), http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Sirnak_Madenler.pdf, pp. 1-4.
- M. Schneider, M. Romer, M. Tschudin, H. Bolio, (2011). Sustainable cement production—pre-sent and future, Cement and Concrete Research 41, pp 642–650.
- Nakoman, E., (1980). Southeastern Anatolia Asphaltic Row Occurrences.
- Sengüler, İ., (2007) "Asphaltite and Bituminous Seylin Potential and Energy Value in Turkey", TMMOB Turkey VI. Energy Symposium Global Energy Policies and Turkey Fact, S.186-195, Ankara, Türkiye.
- Türkçimento, (2024), <https://www.turkcimento.org.tr/>.

DOĞAL DİL İŞLEME İLE DUYGU ANALİZİ

Zeynep Şebnem ÜZMEZ¹

Sinem AKYOL²

1. GİRİŞ

Duygu analizi, metinlerdeki duygusal ifadelerin tespit edilmesi ve sınıflandırılması işlemidir. İnternetin ve sosyal medyanın yaygınlaşması, kullanıcıların metinler aracılığıyla duygu ve düşüncelerini paylaşmasını kolaylaştırmıştır. Bu nedenle, duygu analizi, sosyal medya ve çevrimiçi platformlardaki büyük miktarda verinin analiz edilmesi için önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle Türkçe metinlerde yapılan duygu analizi çalışmaları, dilin kendine özgü yapısı nedeniyle önemli bir araştırma alanıdır [1].

Türkçe metinlerde duygu analizi yaparken, öznitelik seçimi ve sınıflama yöntemleri önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmacılar, Türkçe metinlerde duygu analizi için farklı yöntemler geliştirmekte ve bunları açık kaynak kütüphaneleri ve veritabanları aracılığıyla uygulamak için çalışmaktadır.

Öznitelik seçimi ve sınıflama yöntemlerinin genel bir tanımını yapmak gerekirse, öznitelik seçimi metinlerin içerdiği duygusal ifadeleri belirlemek için kullanılan yöntemlerdir. Sınıflama yöntemleri ise metinlerin duygu polaritesini belirlemek için kullanılan yöntemlerdir.

¹ Yazılım Mühendisi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, 231137124@firat.edu.tr, ORCID: 0009-0000-5141-7306.

² Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, sakyol@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9308-3500

Duygu analizi konusunda 2000-2023 yılları arasında yazılmış otuz tane makale ve tez incelenmiştir. İncelenen makalelerde anahtar kelimeler, izlenilen yöntem, bulgular ve veri seti tabloya sütun olarak eklenmiştir. Kullanılan yöntemler doğal dil işleme ve doğal dil işleme sürecinde izlenilen adımlar irdelenmiştir. Kullanılan metotlar hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

2. KELİMELERİN ÖN İŞLEME ADIMLARI

Duygu analizi yaparken metinlerin doğru ve etkili bir şekilde işlenebilmesi için ön işleme adımları kritik bir öneme sahiptir. Bu adımlar, ham metinlerin analiz için uygun hale getirilmesini sağlar. Ön işleme adımları, metinlerdeki gereksiz öğelerin temizlenmesi ve kelimelerin standart bir forma dönüştürülmesi sürecini içerir. Bu bölümde, metinlerin ön işleme adımları ele alınmıştır.

Örnek olarak “Bu tarz araştırmalar için kapsamlı veri toplamak önemlidir” cümlesini kullanalım.

2.1.Tokenizasyon

Tokenizasyon, metinlerin kelime veya cümle gibi daha küçük parçalara ayrılması işlemidir. Bu adım, metindeki her bir kelimenin ayrı bir token olarak adlandırılır. Türkçe gibi eklemeli dillerde, kelimelerin doğru bir şekilde bölünmesi önemlidir. Örnek cümlemiz sekiz kelimelik bir cümledir yani sekiz tane tokene ayrılır.

2.2.Küçük Harfe Çevirme

Metindeki tüm harflerin küçük harfe çevrilmesi, aynı kelimenin farklı şekillerde anlamlandırılmasının önüne geçer. Bu adım, büyük harflerle, küçük harflerle veya büyük harf küçük harf karışık yazılmış kelimelerin aynı kelime olarak işlenmesini sağlar.

2.3.Noktalama İşaretlerinin ve Özel Karakterlerin Temizlenmesi

Noktalama işaretleri ve özel karakterler genellikle metnin anlamını doğrudan etkilemez fakat metinden temizlenmeleri gerekir.

2.4.Stop Words Temizleme

Stop words, metinlerde sıkça kullanılan ancak anlam taşımayan kelimelerdir. Örnek cümlemizde “Bu” kelimesi bir Stop Worddür.

2.5.Kök Bulma (Stemming) ve Gövdeleme (Lemmatization)

Türkçe gibi eklemeli dillerde, kelimelerin köklerine indirgenmesi önemli bir adımdır. Stemming, kelimenin köküne indirgenmesini sağlar, örnek cümledeki “araştırmalar” kelimesi "araştırma" olarak indirgenir. Lemmatization ise kelimenin sözlük formuna dönüştürülmesini sağlar, örneğin "gidiyorum" kelimesi "gitmek" olarak dönüştürülür. Lemmatization, stemming'e göre daha doğru sonuçlar verir [2].

2.6.Kelime Gömme (Word Embedding)

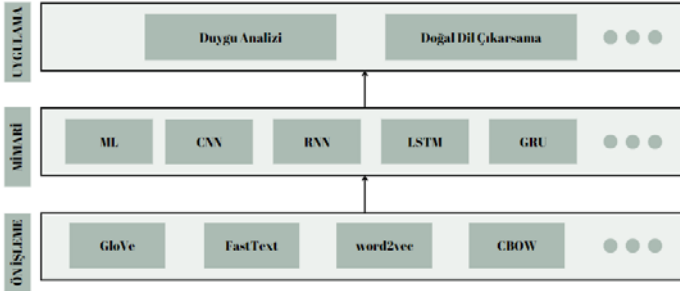
Kelime gömme, kelimelerin vektörler halinde temsil edilmesini sağlayan bir tekniktir. Bu adım, kelimelerin anlamlarını sayısal verilerle ifade etmeyi amaçlar. Glove, FastText, ve word2vec gibi yaygın kullanılan kelime gömme yöntemleri, kelimelerin bağlamlarını anlamak için kullanılır. Bu yöntemler, kelimelerin benzerliklerini ve ilişkilerini sayısal olarak ifade etmeye yardımcı olur [5].

Tablo 1. Kelimelerin Ön İşleme Adımları

Adım	Açıklama
Tokenizasyon	Metinlerin kelime veya cümle gibi küçük parçalara ayrılması
Küçük Harfe Çevirme	Metindeki tüm harflerin küçük harfe dönüştürülmesi
Noktalama Temizleme	Noktalama işaretleri ve özel karakterlerin metinden çıkarılması
Stop Words Temizleme	Anlam taşımayan sık kullanılan kelimelerin çıkarılması
Kök Bulma	Kelimelerin kök veya gövde hallerine indirgenmesi
Kelime Gömme	Kelimelerin vektörler halinde temsil edilmesi

3. DUYGU ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Şekil 1. Duygu Analizinde Kullanılan Yöntemler ve Araçlar



2020-2023 yılları arasında yazılmış yirmi sekiz makale ve tez incelendiğinde, iki tanesinin sözlük tabanlı, geriye kalanının ise makine öğrenme metotları kullanılarak geliştirildiği görülmüştür. Elde edilen metinler ön işleme yöntemleri ile anlamlandırılabilir verilere dönüştürüldükten sonra, metinler noktalama işaretleri ve bağlaçlar gibi gereksiz sözcüklerden temizlenir. Ön işleme adımında GloVe, FastText, word2vec gibi kelime gömme araçları kullanıldığı görülmüştür[6]. Makine öğrenme metotlarından Naive Bayes, Lojistik Regresyon, KNN,

Karar Ağaçları, Rasgele Orman metotları sıklıkla kullanıldığı bu metotların yanı sıra CNN, RNN, LSTM, GRU gibi derin öğrenme modelleri ve BERT, RoBERTa gibi ön eğitilmiş modeller de kullanıldığı gözlemlenmiştir. [2][5][6][7].

Tablo 2. İncelenen Çalışmalar ve Kullanılan Yöntemler

Başlık	Anahtar Kelimeler	Yöntem	Ana Bulgular	Veri Kaynağı
Türkçe Otel Yorumlarıyla Eğitilen Kelime Vektörü Modellerinin Duygu Analizi ile İncelenmesi [1]	Doğal dil işleme, Veri kazıma, Duygu analizi, Yinelenen yapay sinir ağı, Word2Vec, Kelime Gömme	Recurrent Neural Network	Pozitif Negatif	web ortamından toplanmış onaylı Türkçe otel yorumları
Belediye Hizmetlerin Değerlendirilmesinde Duygu Analizi Yaklaşımı: Sakarya İli Örneği [4]	Duygu Analizi, Makine Öğrenmesi, Turkish Bert, Twitter, Yerel Yönetimler.	Naive Bayes, Decision Tree, Gradient Boosting ve Random Forest ve Bert	Olumlu Olumsuz	Twitter
GÜNEY ÇİN DENİZİ POLİTİKALARI ÜZERİNE TWİTTER VERİLERİYLE DUYGU ANALİZİ[5]	duygu analizi, doğal dil işleme, makine öğrenme, twitter	Flair Vader	olumlu olumsuz tarafsız	Twitter
TÜRKÇE METİNLERDE DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK DUYGU ANALİZİ[6]	Duygu Analizi, Derin Öğrenme, Sosyal medya, BiLSTM, LSTM	BiLSTM, LSTM	Saldırgan Saldırgan Değil	Twitter
Naive Bayes Sınıflandırıcısı Kullanılarak YouTube Verileri Üzerinden Çok Dilli Duygu Analizi[2]	duygu analizi, makine öğrenmesi, naive bayes, weka, youtube	Naive bayes	Pozitif Negatif Nötr	Youtube yorumları
Tripadvisor Kullanıcılarının Türkçe ve İngilizce Yorumları Kapsamında Duygu Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi[3]	Kullanıcı yorumları, veri madenciliği, madenciliği, duygu analizi, TripAdvisor	Decision Tree, Random Forest	Pozitif Negatif	TripAdvisor kullanıcıların Türkçe ve İngilizce yorumları

Türkçe Dilinde ve Farklı Dillerde Eğitilen Dönüştürücü Tabanlı Modellerin Türkçe Doğal Dil İşleme Problemleri Üzerinde Karşılaştırması [7]	RoBERTa, duygu analizi, metin sınıflandırma, isimlendirilmiş varlık tanıma, bağlamsal kelime gömme	BERT, RoBERTa, Electra ve ConvBERT, BertSp anish	Pozitif Negatif	Filmler Hakkında Kullanıcı Yorumları
Sosyal Medyada Duygu Analizi: COVID-19 Sürecinde 5G Algısı[8]	5G, COVID-19 aşısı, duygu analizi, makine öğrenmesi, sınıflandırma algoritmaları	Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (CART), Naive Bayes (NB), k-En Yakın Komşuluk (KNN) ve Rastgele Orman (RF)	Pozitif Negatif	Twitter
TÜRKİYE'DEKİ SÜRİYELİ SİĞİNCİLER ALGISI: TÜRKÇE TWITTER VERİLERİ İLE DUYGU ANALİZİ[9]	Duygu analizi, Suriyeli sığınmacılar, Makine öğrenmesi, Twitter	K-En yakın Komşu Naive Bayes Karar Ağacı Derin Öğrenme Destek Vektör Makineleri	Olumlu Olumsuz Nötr	Twitter
Twitter Sentiment Analysis During Covid-19 Outbreak with VADER[10]	Covid-19, Koronavirüs, Duygu Analizi, VADER, Twitter	Vader	çok olumlu, olumlu, nötr, olumsuz, çok olumsuz	Twitter
BiGRU-CNN Tabanlı Derin Öğrenme Modeliyle Türkiye'deki Covid-19 Aşılarına Yönelik Twitter Duygu Analizi[11]	Covid-19 aşısı, duygu analizi, derin öğrenme, Glove, CNN, BiGRU	CNN, GRU, BiGRU	Pozitif ,Negatif	Twitter
Türkiye'de Kripto Para Farkındalığı ve Tutumu: Duygu Analizi ve İstatistiksel Analiz ile Bir Değerlendirme[12]	Duygu Analizi, Makine Öğrenimi, İstatistiksel Analiz, Kripto Para, Metin Madenciliği	Naive Bayes, Lojistik Regresyon, Karar Ağaçları, Rasgele Orman, Gradyan Atama (Gradient Boosting) , XG Boost	Olumlu Olumsuz	Twitter
Metaverse ile ilgili Türkçe Dilindeki Çeşitli Sosyal Medya Platformu Verileri ile Duygu Analizi[13]	Duygu Analizi, NLP, Metin Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Metaverse, Youtube,	naive Bayes, lojistik regresyon, destek vektör makineleri , rassal orman	Olumlu Olumsuz	Twitter ve Youtube Yorumları

Twitter						
Film Yorumları Kullanılarak Önerilen Yapay Zekâ Tabanlı Yöntemle Duygu Analizinin Gerçekleştirilmesi[14]	IMDB, Sınıflandırma, ESA, Duygu Analizi, NLP	KNN,Naive Bayes,Random Forest, Gradient Boosting,Light GBM,Discrimin ant Analysis,AdaBo ost,XgBoost,ES A	Olumlu Olumsuz	IMDB Seti	Veri	
PANDEMİ SÜRECİNDE TOPLUM GÖRÜŞÜNÜN DUYGU ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ[15]	Doğal Dil İşleme, Duygu Analizi, Textblob, N- gram, Pandemi	N-gram	Pozitif Negatif	Twitter		
Makine Öğrenmesi ile E-Ticaret Ürün Yorumlarının Otomatik Analizi[16]	Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Metin Madenciliği, Türkçe Metinler, E- ticaret, Ürün Yorumları	RNN , LSTM , GRU, CNN	Pozitif Negatif	E-ticaret, Ürün Yorumları		
SANAL BİR INFLUENCER ÜZERİNE DUYGU ANALİZİ: PERA[17]	Etkileyen, Sanal Influencer, Yapay Zekâ, Duygu (Sentiment) Analizi	Sözlük temelli yöntem	Pozitif Negatif Nötr	Influencer Instaagram Post Yorumları		
Google Yorumları Üzerinden Makine Öğrenme ve Amazon Comprehend ile Duygu Analizi: İç Anadoluda Bir Üniversite Örneği[18]	Duygu Analizi, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, AWS Comprehend, Google Yorumları, Üniversite	Lojistik Regresyon, Gaussian Naive Bayes , Destek Vektör Makinesi LSTM	Olumlu Olumsuz	İç Anadolu Bölgesinde yer alan bir üniversitemiz için yapılan Google yorumlar		
Twitter’da COVID- 19 aşılara karşı kamu duyarlılığının çoğunluk oylama sınıflandırıcısı temelli makine öğrenmesi ile duygu analizi[19]	COVID-19, aşı, duygu analizi, çoğunluk oylama sınıflandırıcısı, makine öğrenmesi	Lojistik Regresyon, K- En Yakın Komşu , Destek Vektör Makinesi, Naive Bayes, XGBoost , Rastgele Orman , Sert Oylama ,	Olumlu Olumsuz Nötr	Twitter		

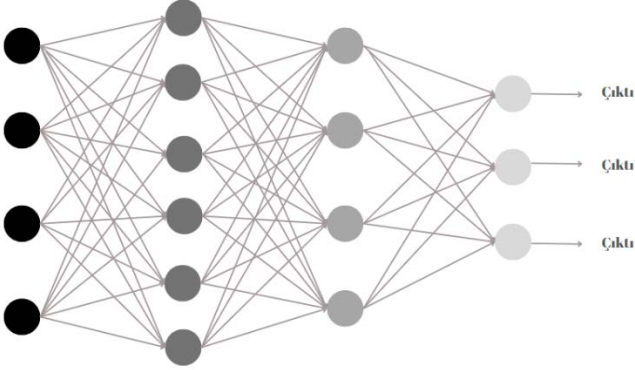
		Yumuşak Oylama			
Tweetlerin Duygu Analizi İçin Hibrit Bir Yaklaşım[20]		Hibrit, Makine öğrenmesi, duygu analizi	SVM , Hibrit SVM	Pozitif Negatif	Twitter
TWITTER VERİLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK DUYGU ANALİZİ: TORKU ÖRNEĞİ[21]		Makine Öğrenmesi, Duygu Analizi, Torku Kelimesi Duygu Analizi, Twitter	Random Forest , Linear SVM , Naive Bayes , Gradient Boosting	Pozitif Negatif Nötr	Twitter
Tarım hakkında atılan tweetlerin duygu analizi değerlendirmesi[22]		Metin madenciliği, Duygu skorları, Tweet, Tarım	NaiveBayes	Pozitif Negatif Nötr	Twitter
6 Şubat Depremi ve Twitter Duygu Analizi[23]		Deprem, 06 Şubat, Kahramanmaraş, Duygu analizi, Dil	Sözlük Tabanlı Çalışma	Sevinç, Keder, Öfke, Şaşırma, Korku, Rahatlama	Twitter
DERİN TRANSFORMATÖRLERDEN ÇİFT YÖNLÜ KODLAYICI TEMSİLLERİ VE DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ İLE TÜRKÇE FİLM YORUMLARI ÜZERİNE DUYGU ANALİZİ[24]		Duygu analizi, film yorumları, BERT, BERTurk, derin temsiller	Destek Vektör Makineleri	Pozitif Negatif Nötr	beyazperde.com'dan derlenen film yorumları
COVID-19 için Tweetlerle Analizi[25]	Aşıları Türkçe Duygu	Metin madenciliği, Tweet analizi, Duygu analizi, COVID-19 aşıları, Pandem	Naive Bayes , Evrişimli Sinir Ağları	Olumlu Olumsuz	Twitter
Determining Cyberbullying Status of Turkish Tweets with Gpt-3 Classification Model[26]		Siber zorbalık, Twitter, Yapay zeka, Metin Sınıflandırma, GPT-3	GPT-3	Siber zorbalık içeren Siber Zorbalık içermeyen	Twitter
Ön Eğitimli Dil Modelleriyle Duygu Analizi[27]		Doğal dil işleme 1, Duygu analizi, BERT, RoBERTa, BERTweet	BERT, RoBERTa, BERTweet Naive Bayes	Negatif Nötr Pozitif	Twitter
OTİZME YÖNELİK TÜRKÇE TWITTER		Psikoloji, Otizm, Sosyal Medya,	BERT	Olumlu Olumsuz	Twitter

İLETİLERİNİN
YAPAY
ZEKÂ TEMELLİ
DUYGU
ÇÖZÜMLEMESİ[28
]

Twitter, Doğal
Dil İşleme.

4. CNN

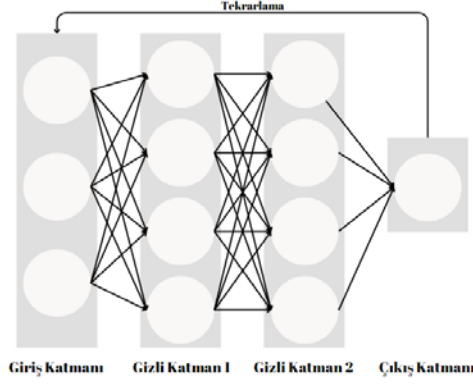
Şekil 2. CNN mimarisi



Convolutional Neural Networks (CNN) mimarisi, giriş katmanı, evrişim katmanı, aktivasyon katmanı, pooling katmanı, fully connected, flattening katmanı ve çıkış katmanı içermektedir. Evrişim katmanında öznitelik çıkarımı yapılmaktadır. Aktivasyon katmanında ise sinyal, doğrusal olmayan bir dönüşüme tabi tutulur. Bu dönüşüm sonucunda elde edilen çıktı, bir sonraki nöron katmanına iletilir. ReLU, tanh, sigmoid gibi aktivasyon fonksiyonları yaygın olarak tercih edilir. Havuzlama katmanında boyut indirgeme işlemi uygulanır ve matrisler tek düzlemli vektöre dönüştürülür [6].

5. RNN

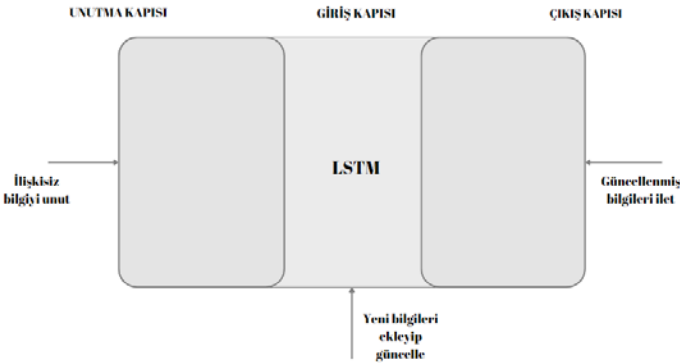
Şekil 3. RNN model mimarisi



Recurrent Neural Networks (RNN), alt sıralı çıktıları oluştururken önceki girdilerin durumlarını veya özelliklerini hatırlayabilir. RNN'ler, bir metindeki kelimelerin bağlamının ve sırasının doğru tahminler yapmak için önemli olduğu duygu analizi ve nefret söylemi tespiti gibi görevler için uygundur [6].

6. LSTM

Şekil 4. LSTM modeli mimarisi



Uzun kısa süreli bellek (LSTM), RNN'ler gibi tekrarlamalı sinir ağıdır. LSTM'ler, duygu analizi ve nefret

söylemi tespiti gibi görevlerde kullanılabilir. Üç kapıya sahiptir: unutmama kapısı, giriş kapısı ve çıkış kapısı. Bu kapılar sayesinde, LSTM'ler uzun dönemli bağımlılıkları daha etkili bir şekilde öğrenir [6].

7. BERT

Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT), Google tarafından geliştirilen bir doğal dil işleme tekniğidir. BERT, metindeki kelimeler arasındaki bağlamı anlamak için Transformer adı verilen bir dikkat mekanizması kullanır. Transformerlar, metni okuyan bir kodlayıcı ve tahmin üreten bir kod çözücünden oluşur. BERT, sadece kodlayıcı kısmıyla ilgilenir ve iki farklı yöntem kullanır: Maskeli Dil Modeli (Masked LM) ve İki Cümlelik Tahmin (Next Sentence Prediction) [7].

8. SONUÇ

Türkçe metinlerde duygu analizi yapmak, dilin kendine özgü yapısı ve zenginliği nedeniyle zorluklar içermektedir. Ancak, kullanılan yöntemlerin çeşitliliği ve literatürdeki geniş yelpaze, bu alanda yapılan çalışmaların değerini ve önemini ortaya koymaktadır. İncelenen çalışmalarda kelimelerin ön işleme adımları, duygu analizi sürecinin önemli bir parçasıdır. Bu adımlar, ham metinlerin anlamlı ve analiz edilebilir hale getirilmesini sağlar. Türkçe metinlerde bu adımların doğru bir şekilde uygulanması, duygu analizi sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır. Gelecekte, daha gelişmiş ön işleme tekniklerinin kullanılması, duygu analizinin kalitesini daha da yükseltebilir. Ön işleme adımı Glove ,FastText , word2vec gibi kelime araçları kullanıldığı görülmüştür. Makine öğrenme metotlarından Naive Bayes, Lojistik Regresyon, KNN, Karar

Ağaçları, Rasgele Orman metotları sıklıkla kullanıldığı bununların yanı sıra CNN,RNN,LSTM ve GRU gibi derin öğrenme modelleri ve BERT ve RoBERT gibi ön eğitilmiş modellerin de kullanıldığı gözlemlenmiştir. Gelecekte, daha fazla veri seti ve daha gelişmiş algoritmalar kullanılarak, Türkçe metinlerde duygu analizi daha da iyileştirilebilir ve genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- [1]Ahmetoğlu, H., & Daş, R. (2020). Türkçe otel yorumlarında duygu analizi. *Turizm Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 152-168.
- [2]Şahinaslan, Ö., Dalyan, H., & Şahinaslan, E. (2022). Naive Bayes ve lojistik regresyon ile çok dilli YouTube yorum analizi. *Yeni Medya Araştırmaları Dergisi*, 15(2), 33-48.
- [3]Polat, H., & Ağca, Y. (2022). Türkçe ve İngilizce yorumlarda duygu analizi: Tripadvisor örneği. *Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi*, 20(3), 210-229.
- [4]Uyaroğlu Akdeniz, F. N., & Cebeci, H. İ. (2021). Sakarya Belediyesi hizmetleri üzerine duygu analizi. *Kamu Yönetimi Dergisi*, 18(3), 45-62.
- [5]Choyan, K. Z. H. (2021). Güney Çin Denizi politikalarına yönelik Twitter duygu analizi. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 23(4), 99-115.
- [6]Şahiner Yılmaz, Ş., Özer, İ., & Gökçe, H. (2021). Derin öğrenme modelleri ile Türkçe metinlerde duygu analizi. *Bilgisayar Bilimleri ve Mühendislik Dergisi*, 19(1), 78-92.
- [7]Aytan, B., & Sakar, C. O. (2022). Dönüştürücü tabanlı modeller ile Türkçe doğal dil işleme. *Bilgisayar ve Enformasyon Bilimleri Dergisi*, 11(2), 178-193
- [8]Timur Çakmak, E., & Oğuzlar, A. (2022). Sosyal medyada duygu analizi: COVID-19 sürecinde 5G algısı. *International Journal of Social Inquiry*, 15(1), 55-68.
- [9]Parlak, İ., Çakın, Ö., & Kaya, S. (2022). Sosyal medyada sığınmacı algısı: Suriyeli sığınmacıların Türkçe Twitter hesaplarında görünümü. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 10(2), 948-983.

- [10]Çılgın, C., Baş, M., Bilgehan, H., & Ünal, C. (2022). Twitter sentiment analysis during Covid-19 outbreak with VADER. *AJIT-E: Academic Journal of Information Technology*, 13(49), 72-89.
- [11]Aslan, S. (2022). BiGRU-CNN tabanlı derin öğrenme modeliyle Türkiye'deki Covid-19 aşılara yönelik Twitter duygu analizi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(2), 312-330.
- [12]Bayram, İ., & Turan, A. (2023). Türkiye'de kripto para farkındalığı ve tutumu: Duygu analizi ve istatistiksel analiz ile bir değerlendirme. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 8(2), 20-35.
- [13]Turan, U. N., Emre, İ. E., & Kıran, S. (2022). Metaverse ile ilgili Türkçe dilindeki çeşitli sosyal medya platformu verileri ile duygu analizi. *Journal of Information Systems and Management Research*, 4(2), 1-16.
- [14]Yıldırım, M. (2022). Film yorumları kullanılarak önerilen yapay zekâ tabanlı yöntemle duygu analizinin gerçekleştirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(2), 751-760.
- [15]Sel, A. (2022). Pandemi sürecinde toplum görüşünün duygu analizi yöntemiyle incelenmesi: Türkiye örneği. *Beykoz Akademi Dergisi*, 10(2), 134-154.
- [16]Çabuk, M., Yücalar, F., & Toçoğlu, M. A. (2023). Makine öğrenmesi ile e-ticaret ürün yorumlarının otomatik analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (52), 110-121.
- [17]Bayçu, S., & Artukarslan, B. (2023). Sanal bir influencer üzerine duygu analizi: Ay Pera. *İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi (İNİF E-Dergi)*, 8(1), 189-205. <https://doi.org/10.47107/inifedergi.1242957>

- [18]Demirbilek, M., & Özulukale Demirbilek, S. (2023). Google yorumları üzerinden makine öğrenme yöntemleri ve Amazon Comprehend ile duygu analizi: İç Anadoluda bir üniversite örneği. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 452-461.
- [19]Çılgın, C., Gökçen, H., & Gökşen, Y. (2022). Twitter’da COVID-19 aşılara karşı kamu duyarlılığının çoğunluk oylama sınıflandırıcısı temelli makine öğrenmesi ile duygu analizi. *Gazi 20.Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(2), 1093-1104.
- [20] Kına, E., & Biçek, E. (2023). Tweetlerin duygu analizi için hibrit bir yaklaşım. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 57-68.
- [21]Onan, A. (2017). Twitter mesajları üzerinde makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı duygu analizi. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3(2), 1-14.
- [22]Temizhan, E., & Mendes, M. (2023). Tarım hakkındaki atılan tweetlerin duygu analizi değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(3), 352-361.
- [23]Uzun, C. (2023). 6 Şubat Depremi ve Twitter duygu analizi. *Türk Dili ve Edebiyatı Dergisi*, 63(2), 503-517.
- [24]Gündüz, H. (2023). Derin transformatörlerden çift yönlü kodlayıcı temsilleri ve destek vektör makineleri ile Türkçe film yorumları üzerine duygu analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(2), 542-549.
- [25]Ulutaş Karakol, D., & Cömert, Ç. (2023). COVID-19 aşıları için Türkçe tweetlerle duygu analizi. *DÜMF MD*, 14(4), 639-652. doi: 10.24012/dumf.1358519

- [26]Koçak, Ç., & Yiğit, T. (2023). GPT-3 sınıflandırma modeli ile Türkçe twitlerin siber zorbalık durumlarının belirlenmesi. GMBD, 9(4), 278-285.
- [27]Yürütücü, Ö. Y., & Demir, Ş. (2023). Ön eğitilmiş dil modelleriyle duygu analizi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1), 46-53.
- [28]Angın, E. (2023). Otizme yönelik Türkçe Twitter iletilerinin yapay zekâ temelli duygu çözümlemesi. Kalemname, 8(15), 18-27.

İNŞAATTA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR: NANOMALZEMELER

Necim KAYA¹

Berfin RAMAZANOĞLU²

1. GİRİŞ

Nanomalzemeler, inşaat sektöründe çeşitli tür ve özelliklerde kullanılarak yapıların performansını ve dayanıklılığını artırmaktadır. Karbon nanotüpler (CNT), yüksek mukavemet ve esneklikleri ile dikkat çekerken, elektriksel iletkenlik özellikleri de taşımaktadır. Bu sayede beton ve diğer yapı malzemelerinde güçlendirici olarak kullanılmaktadır (Sanchez ve Sobolev, 2010). Grafen, olağanüstü mekanik ve termal özelliklere sahip olup, özellikle kaplama malzemelerinde ve kompozitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Novoselov vd., 2004). Nano-silika, betonun mikroyapısını iyileştirerek dayanıklılığını artırmakta ve su geçirgenliğini azaltmaktadır (Li vd., 2006). Nano-titanyum dioksit (TiO_2) ise fotokatalitik özellikleri sayesinde kendi kendini temizleyen ve hava kalitesini artıran kaplamalar oluşturmak için kullanılmaktadır (Chen ve Poon, 2009). Bu özelliklerin yanı sıra, nanomalzemelerin kullanımı çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, kendi kendini temizleyen yüzeyler ve hava kalitesini arttıran kaplamalar oluşturularak hem bakım maliyetini düşürmekte hem de çevresel etkiyi

¹ Öğretim Görevlisi, Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, necim.kaya@batman.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1478-761X.

² İnşaat Yüksek Mühendisi, Batman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, berfinramazanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5263-1531.

azaltmaktadır (Chen ve Poon, 2009). Bu tür nanomalzemeler, inşaat sektöründe yenilikçi çözümler sunarak, yapıların ömrünü uzatmakta ve performansını artırmaktadır.

2. NANOMALZEMELERİN TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

2.1.Karbon Nanotüpler (CNT)

Karbon nanotüpler (CNT), tek duvarlı (SWCNT) veya çok duvarlı (MWCNT) silindirik yapıda olan, nanometre çapında ve mikrometre boyutunda, karbon atomlarının altıgen halkalar halinde düzenlendiği yapılar olarak tanımlanmaktadır (Iijima, 1991). Mekanik açıdan, CNT'ler, çelikten yaklaşık 100 kat daha yüksek bir mukavemete ve aynı zamanda çok daha düşük bir yoğunluğa sahiptir, bu da onları son derece hafif ve güçlü yapmaktadır (Ajayan, 1999). Elektriksel olarak ise, CNT'ler yüksek iletkenlik göstermekte olup, bakırdan daha iyi iletkenlik performansı sergileyebilmektedir (Baughman vd., 2002). Bu üstün özellikleri sayesinde CNT'ler, inşaat sektöründe yapı malzemelerinin güçlendirilmesi ve performansının artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin, betonarme yapılarda CNT'lerin kullanımı, betonun çekme dayanımını artırarak çatlak oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır (Yazdanbakhsh vd., 2009). Ayrıca, CNT'ler, sensör ve akıllı yapı uygulamalarında da elektriksel özelliklerinden yararlanılarak kullanılmaktadır, bu da yapıların izlenmesi ve yönetilmesine yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır.

2.2.Grafen

Grafen, tek bir atom kalınlığında, karbon atomlarının altıgen bir kafes yapısında düzenlendiği iki boyutlu bir materyaldir (Novoselov vd., 2004). Bu yapı, grafene olağanüstü mekanik, termal ve elektriksel özellikler kazandırmaktadır. Mekanik olarak, grafen çelikten yaklaşık 200 kat daha güçlüdür

ve yüksek esneklik göstermektedir (Lee vd., 2008). Termal iletkenliği, en iyi iletken metallere bile daha yüksektir ve elektriksel olarak ise oda sıcaklığında süper iletkenlik potansiyeline sahiptir (Balandin vd., 2008). İnşaat sektöründe grafen, beton, çelik ve diğer yapı malzemelerinin güçlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Grafen takviyeli beton, artırılmış çekme ve basınç dayanımı sunmakta, bu da yapıların daha dayanıklı ve uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Dimov vd., 2018). Ayrıca, grafenin yüksek iletkenliği, sensör ve enerji depolama cihazlarında kullanılmasını mümkün kıldığından, bu da akıllı binalar ve enerji verimli yapı sistemleri için yenilikçi çözümler sunmaktadır (Stoller vd., 2008).

2.3.Nano-Silika

Nano-silika, silisyum dioksitinin (SiO_2) nanometre ölçeğinde parçacıklar halinde bulunmasıdır ve genellikle 1 ila 100 nanometre arasında değişen boyutlara sahiptir. Bu küçük boyutları ve yüksek yüzey alanı sayesinde, nano-silika, yapı malzemelerinin mikroyapısını önemli ölçüde iyileştirebilmektedir (Jo vd., 2007). İnşaat sektöründe nano-silika, beton ve harçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Nano-silika, betonun iç yapısına nüfuz ederek hidrate çimento partikülleri arasında daha sıkı bağlar oluşturmada ve bu da betonun basınç dayanımını ve elastik modülünü arttırmaktadır (Li vd., 2006). Ayrıca, nano-silika, betonun geçirgenliğini azaltarak su ve kimyasallara karşı daha dayanıklı hale getirmekte, bu da yapıların ömrünü uzatmakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir (Björnström vd., 2004). Bu özellikleri sayesinde, nano-silika katkılı betonlar, özellikle köprüler, tüneller ve yüksek binalar gibi kritik altyapı projelerinde tercih edilmektedir. Ayrıca, nano-silika, betonun erken dayanım kazanmasını hızlandırarak inşaat sürelerini kısaltmakta ve iş programlarının daha verimli yönetilmesini sağlamaktadır (Land ve Stephan, 2012).

2.4.Nano-Titanyum Dioksit (TiO₂)

Nano-titanyum dioksit (TiO₂), genellikle 1 ila 100 nanometre arasında değişen boyutlarda bulunan, titanyum dioksit partiküllerinden oluşan bir nanomalzemedir. Yüksek yüzey alanı ve fotokatalitik özellikleri sayesinde, nano-TiO₂ inşaat sektöründe çeşitli yenilikçi uygulamalarda kullanılmaktadır (Chen ve Poon, 2009). Nano-TiO₂'nin en dikkat çekici özelliklerinden biri, ultraviyole ışık altında güçlü oksidasyon yeteneği göstererek organik kirleticileri ve mikroorganizmaları parçalama kapasitesidir (Fujishima vd., 2000). Bu özellik, nano-TiO₂'yi kendi kendini temizleyen ve hava kalitesini artıran kaplamalarda ideal bir malzeme haline getirmektedir. Örneğin, binaların dış cephelerine uygulanan nano-TiO₂ kaplamalar, yüzeyde biriken kir ve mikroorganizmaların parçalanmasını sağlayarak bakım maliyetlerini azaltır ve estetik görünümünü korumaktadır (Poon ve Cheung, 2007). Ayrıca, nano-TiO₂, beton ve diğer yapı malzemelerine eklenerek, yapıların yüzeylerinde fotokatalitik etkinlik sağlamak ve bu da çevresel kirleticilerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Jun vd., 2011). Bu özellikler, nano-TiO₂'nin inşaat sektöründe sürdürülebilir ve düşük bakım gerektiren yapı çözümleri sunmasını mümkün kılmaktadır.

2.5.Nano-Alümina (Al₂O₃), Nano-kil ve Diğer Nanomalzemeler

Nano-alümina (Al₂O₃) ve nano-kil gibi diğer nanomalzemeler, inşaat sektöründe çeşitli yenilikçi uygulamalarda kullanılmaktadır. Nano-alümina, yüksek sertlik ve aşınma direnci sunmakta ve bu nedenle beton ve harçlarda mukavemet artırıcı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Bharat vd., 2015). Betonun mekanik özelliklerini iyileştirerek çatlak direncini artırmakta ve yapıların dayanıklılığını yükseltmektedir. Ayrıca, nano-alümina yangına dayanıklı kaplamalarda da kullanılmakta olup, yangın güvenliğini artıran uygulamalar sunmaktadır (Chowdhury vd., 2013). Nano-kil ise, mükemmel

bariyer özellikleri ve düşük maliyeti ile dikkat çekmektedir. Bu malzeme, su geçirimsizlik ve gaz bariyer performansını artırarak betonun dayanıklılığını ve ömrünü uzatmaktadır (Mousavi vd., 2011). Ayrıca, nano-kil katkılı betonlar, çevresel etkilere karşı daha dirençli olmakta ve kimyasal saldırılara karşı koruma sağlamaktadır (Al-Amoudi vd., 2006). Bu nanomalzemeler, inşaat sektöründe maliyet etkin ve performansı yüksek yapı çözümleri sunarak, yapıların ömrünü uzatmakta ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır.

3. NANOMALZEMELERİN BETON VE HARÇLARDA KULLANIMI

3.1.Nanomalzemelerle Betonun Güçlendirilmesi

Nanomalzemeler, betonun mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, nano-silika, betonun basınç dayanımını ve elastik modülünü artırarak yapısal performansı önemli ölçüde yükseltmektedir (Jo vd., 2007). Nano-alümina ve nano-demir oksit gibi nanomalzemeler de betonun aşınma direncini artırarak yüzeylerin daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır (Li vd., 2006). Bu nanomalzemeler, betonun mikroyapısında daha sıkı ve homojen bir matris oluşturmakta, bu da mekanik mukavemeti ve dayanıklılığı arttırmaktadır (Singh vd., 2013).

3.2.Çatlak Kontrolü ve Onarım

Çatlak kontrolü ve onarımında nanomalzemelerin kullanımı, beton yapıların ömrünü uzatmak ve bakım maliyetlerini azaltmak açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Karbon nanotüpler (CNT) ve nano-kil gibi nanomalzemeler, betonun çekme dayanımını artırarak çatlak oluşumunu engellemekte ve mevcut çatlakların ilerlemesini yavaşlatmaktadır (Yazdanbakhsh vd., 2009). Ayrıca, nano-silika katkılı betonlar,

çatlakları doldurmak ve onarmak için mükemmel bir malzeme olup, betonun su geçirgenliğini azaltarak yapının bütünlüğünü korumaktadır (Li vd., 2006).

3.3.Kendiliğinden İyileşen Betonlar

Kendiliğinden iyileşen betonlar, çatlak oluştuğunda kendini onarabilme yeteneğine sahip betonlardır ve bu özellik, nanomalzemelerle geliştirilerek daha etkili hale getirilebilmektedir. Özellikle, nano-kapsül teknolojisi kullanılarak beton içine yerleştirilen mikrokapsüller, çatlak oluşumu sırasında kırılarak içlerindeki iyileştirici ajanları serbest bırakmaktadır (Tittelboom vd., 2011). Bu ajanlar, çatlakları doldurarak betonun bütünlüğünü yeniden sağlamaktadır. Ayrıca, nano-silika ve nano-kil gibi malzemeler, betonun mikroyapısında iyileştirici mekanizmaları destekleyerek çatlakların hızlı ve etkili bir şekilde kapanmasına yardımcı olmaktadır (Qian vd., 2009).

3.4.Dayanıklılık ve Uzun Ömürlülük

Nanomalzemeler, betonun dayanıklılığını ve uzun ömürlülüğünü artırmada önemli bir rol oynar. Nano-silika, betonun hidrasyon sürecini iyileştirerek daha sıkı ve dayanıklı bir matris oluşturmakta, bu da betonun basınç dayanımını ve su geçirmezliğini arttırmaktadır (Björnström vd., 2004). Nano-alümina, betonun aşınma ve kimyasal saldırılara karşı direncini artırarak yapıların ömrünü uzatmaktadır (Nazari ve Riahi, 2011). Ayrıca, nano-TiO₂ katkılı betonlar, ultraviyole ışık altında fotokatalitik özellikleri sayesinde yüzeydeki kirleri ve organik maddeleri parçalayarak yapıların temiz ve estetik kalmasını sağlamakta, bu da uzun vadede bakım maliyetlerini düşürmektedir (Chen vd., 2011).

4. NANOMALZEMELERİN YALITIM VE KAPLAMA MALZEMELERİNDE KULLANIMI

4.1. Isı Yalıtımı ve Enerji Verimliliği

Nanomalzemeler, ısı yalıtımı ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Nano-özellikli aerogeller, çok düşük ısı iletkenlikleri sayesinde mükemmel ısı yalıtımı sağlamakta ve bu da binalarda enerji verimliliğini arttırmaktadır (Pierre ve Pajonk, 2002). Özellikle silika aerogeller, hafif yapıları ve yüksek gözeneklilikleri nedeniyle binalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılarak ısı kayıplarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Aspen Aerogels, 2007). Bu malzemeler, enerji maliyetlerini düşürerek çevre dostu ve sürdürülebilir yapıların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Reim vd., 2004).

4.2. Su ve Nem Yalıtımı

Nanomalzemeler, su ve nem yalıtımı sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Nano-silika ve nano-kil gibi nanomalzemeler, beton ve harçlara eklenerek su geçirimsizlik özelliklerini arttırmakta ve yapıların suya karşı direncini güçlendirmektedir (Mousavi ve Al-Mukhtar, 2011). Bu malzemeler, betonun mikroyapısında daha sıkı bir matris oluşturarak suyun penetrasyonunu engellemekte ve yapıların ömrünü uzatmaktadır (Li vd., 2006).

4.3. Antibakteriyel ve Antifungal Kaplamalar

Antibakteriyel ve antifungal kaplamalar, nanomalzemelerin kullanımıyla daha etkili hale getirilebilmektedir. Özellikle, nano-gümüş ve nano-TiO₂, güçlü antibakteriyel ve antifungal özellikler sergileyerek yüzeylerde mikrobiyal büyümeyi engellemektedir (Dastjerdi ve Montazer, 2010). Bu tür kaplamalar, hastaneler, gıda işleme tesisleri ve kamu binaları gibi hijyenin kritik olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Nano-TiO₂'nin fotokatalitik özellikleri,

ultraviyole ışık altında aktif hale gelerek mikroorganizmaların ve patojenlerin parçalanmasını sağlamaktadır (Fujishima vd., 2000).

4.4.Kir ve Lekeye Dayanıklı Yüzeyler

Nanomalzemeler, yüzeylerin kir ve lekelerle karşı dirençli olmasını sağlayarak bakım maliyetlerini düşürmekte ve estetik görünümünü korumaktadırlar. Özellikle, nano-TiO₂ kaplamalar, fotokatalitik aktiviteleri sayesinde yüzeylerde biriken organik kirleri ve leke oluşturan maddeleri parçalamaktadırlar (Poon ve Cheung, 2007). Bu tür kaplamalar, dış cepheler, pencereler ve seramik yüzeylerde uygulanarak temiz kalmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, hidrofobik nano-kaplamalar, suyu yüzeyden uzaklaştırarak lekelenmeyi ve kir birikimini engellemektedir (Wang vd., 1997).

5. NANOMALZEMELERİN ÇELİK VE DİĞER METAL YAPILARDA KULLANIMI

5.1.Korozyon Direnci

Nanomalzemeler, çelik ve diğer metal yapıların korozyon direncini artırmada önemli rol oynamaktadır. Nano-kaplamalar, metallerin yüzeyinde koruyucu bir bariyer oluşturarak oksijen ve nemin metal yüzeyine ulaşmasını engellemektedir. Özellikle, nano-TiO₂ ve nano-ZnO kaplamalar, korozyon direncini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Selvakumar ve Krishnaveni, 2012). Bu kaplamalar, UV ışık altında fotokatalitik özellik göstererek yüzeydeki kirleticileri ve organik maddeleri parçalamakta, böylece korozyonun başlangıcını ve ilerlemesini engellemektedirler (Fujishima vd., 2000). Ayrıca, grafen ve grafen oksit bazlı kaplamalar, mükemmel korozyon koruma özellikleri sunarak metal yüzeylerin uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Chen vd., 2012).

5.2.Mukavemet Artırımı

Nanomalzemeler, metal yapıların mukavemetini artırmak için de kullanılmaktadır. Nano-alaşımlar ve nano-kompozitler, metallerin mekanik özelliklerini iyileştirerek daha yüksek mukavemet ve dayanıklılık sağlamaktadır. Örneğin, nano-alümina ve nano-SiC (silisyum karbür) gibi seramik nanomalzemeler, metal matris kompozitlerinde kullanılarak çekme ve basma mukavemetini artırmaktadır (Han vd., 2009). Bu nanomalzemeler, metallerin mikroyapısında daha sıkı bir matris oluşturarak çatlak ilerlemesini engellemekte ve metalin yorulma ömrünü uzatmaktadır (Wang vd., 2006).

5.3.Ağırlık Azaltma ve Enerji Verimliliği

Nanomalzemeler, metal yapıların ağırlığını azaltarak enerji verimliliğini artırmada önemli katkılar sağlamaktadır. Örneğin, nano-alüminyum oksit ve karbon nanotüpler (CNT) gibi malzemeler, yüksek mukavemet ve düşük yoğunluk özellikleriyle hafif metal alaşımlarında kullanılmaktadır (Ajayan ve Tour, 2007). Bu malzemeler, özellikle otomotiv ve havacılık endüstrilerinde araçların ağırlığını azaltarak yakıt tüketimini ve karbon emisyonlarını düşürmek amacıyla kullanılmaktadır (Chung, 2001). Ayrıca, hafif metal kompozitler, yapıların taşıma kapasitelerini artırırken, aynı zamanda enerji maliyetlerini de düşürmektedir (Bakshi vd., 2010).

6. NANOMALZEMELERİN AHŞAP VE DOĞAL MALZEMELERDE KULLANIMI

6.1.Yangın Dayanımı

Nanomalzemeler, ahşap ve diğer doğal malzemelerin yangına karşı dayanıklılığını artırmak için kullanılmaktadır. Özellikle, nano-alümina ve nano-silika gibi malzemeler, ahşap yüzeylerde koruyucu bir bariyer oluşturarak yangın sırasında

alevlerin ve ısıнын yayılmasını engellemektedir (Shi vd., 2013). Nano-katmanlar, yüzeydeki yanıcı gazların ve buharlaşan maddelerin salınımını azaltarak yangının yayılma hızını kontrol altına almaktadır (Zhou vd., 2007). Ayrıca, nano-kompozit malzemeler, yangına dayanıklılığı artırarak ahşap yapıların yangın güvenliğini artırmaktadır (Chen vd., 2011).

6.2.Çürümeye ve Böceklere Karşı Koruma

Nanomalzemeler, ahşap ve diğer doğal malzemelerin çürümeye ve böceklere karşı korunmasında etkili bir rol oynamaktadır. Nano-bakır ve nano-çinko oksit gibi malzemeler, ahşap yüzeylerde antimikrobiyal ve antifungal etki göstererek çürümeyi önlemektedir (Chen vd., 2009). Ayrıca, nano-bor ve nano-titanyum dioksit, böcek ve haşerelerin ahşap yapıları istila etmesini engellemekte, böylece ahşabın ömrünü uzatmaktadır (Yang vd., 2009).

6.3.Mekanik Özelliklerin İyileştirilmesi

Nanomalzemeler, ahşap ve diğer doğal malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Nano-reçineler, ahşap kompozit malzemelerin dayanıklılığını ve esnekliğini artırarak daha sağlam ve dayanıklı yapılar oluşturmaktadır (Wang vd., 2011). Ayrıca, nano-elastomerler, ahşabın çatlak oluşumunu engelleyerek ve esnekliğini artırarak mekanik dayanıklılığını artırmaktadır (Chen vd., 2015).

7. NANOMALZEMELERİN İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI

7.1.Akıllı Malzemeler ve Yapılar

Nanomalzemeler, akıllı malzemeler ve yapıların geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, nano-ölçekli karbon lifleri ve şekil hafızalı alaşımlar gibi malzemeler, çevresel koşullara yanıt veren ve şekil değiştiren akıllı

malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır (Koziol vd., 2007). Bu tür malzemeler, binalarda ve altyapı projelerinde kullanılarak yapıların otomatik olarak şekil değiştirmesini sağlamak ve böylece enerji tasarrufu ve yapısal güvenlik sağlamaktadırlar (Agarwal vd., 2017).

7.2.Enerji Üretimi ve Depolama

Nanomalzemeler, güneş pilleri, yakıt hücreleri ve batarya teknolojilerinde enerji üretimi ve depolama kapasitesini artırmak için kullanılmaktadır. Özellikle, nano-yapılı perovskitler, güneş ışığını daha verimli bir şekilde absorbe ederek güneş enerjisi dönüşüm verimliliğini artırmaktadır (Jeon vd., 2015). Ayrıca, nano-lityum iyon piller, daha yüksek enerji yoğunluğu ve daha uzun ömür sağlayarak enerji depolama sistemlerinde kullanılmaktadır (Whittingham, 2004).

7.3.Çevresel Sürdürülebilirlik ve Yeşil Binalar

Nanomalzemeler, çevresel sürdürülebilirlik ve yeşil bina uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Nano-boya ve nano-kaplama teknolojileri, yapıların yüzeylerini kirlenmeye ve hava kirliliğine karşı koruyarak temiz kalmasını sağlamaktadır (Harris vd., 2013). Ayrıca, nano-filtreler ve nano-katalizörler, iç mekân hava kalitesini iyileştirmekte ve enerji tüketimini azaltmakta, böylece çevre dostu ve sürdürülebilir bina çözümleri sunmaktadır (Vatanpour vd., 2016).

7.4.Sensörler ve İzleme Sistemleri

Nanomalzemeler, sensörler ve izleme sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Nano-teller ve nano-dalga kılavuzları gibi malzemeler, yüksek hassasiyetli ve hızlı tepki veren sensörlerin üretiminde kullanılmaktadır (Cui vd., 2001). Ayrıca, nano-kompozit malzemeler, yapısal sağlamlığı izlemek ve yapısal hasarı tespit etmek için kullanılan akıllı sensörlerin bir parçası olarak kullanılmaktadır (Zhu vd., 2003).

8. GELECEKTEKİ ARAŞTIRMA ALANLARI VE YENİLİKLER

Gelecekteki araştırma alanları ve yenilikler, nanomalzemelerin işlevselliğini ve uygulanabilirliğini artırmaya odaklanacaktır. Özellikle, nano-yapıların tasarımı ve sentezi, daha karmaşık yapılar ve özelliklerin elde edilmesine olanak tanıyarak malzeme performansını iyileştirecektir (Volder vd., 2013). Ayrıca, nanomalzemelerin biyo uyumluluğu ve çevresel etkileri üzerine daha fazla araştırma yapılacaktır ve nanomalzemelerin insan sağlığına ve çevreye olan etkileri daha iyi anlaşılacaktır (Lam vd., 2004). Nanomalzemelerin biyomedikal, enerji, çevre ve elektronik gibi farklı endüstriyel alanlardaki uygulamaları da genişleyecek ve bu alanlarda daha etkili çözümler sunulacaktır (Sundararaj vd., 2009).

8.1.Nanomalzemelerin İnşaat Sektöründeki Potansiyeli

Nanomalzemelerin inşaat sektöründeki potansiyeli oldukça büyüktür ve gelecekte daha da önem kazanacaktır. Özellikle, nano-kompozit malzemelerin geliştirilmesi, yapıların dayanıklılığını artırarak daha güvenli ve uzun ömürlü yapıların inşa edilmesine olanak sağlayacaktır (Jiang vd., 2016). Ayrıca, nano-yalıtım malzemeleri, enerji verimliliğini artırarak yeşil bina uygulamalarında daha yaygın olarak kullanılacaktır (Yang vd., 2017). Nanoteknoloji, inşaat sektöründe daha sürdürülebilir ve çevre dostu çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olacak ve gelecekteki yapıların daha akıllı, güvenli ve çevre dostu olmasına katkı sağlayacaktır (Oprisan vd., 2018).

9. SONUÇ

Nanomalzemeler, inşaat sektöründe giderek artan bir öneme sahiptir. Bu malzemelerin benzersiz özellikleri ve çeşitli uygulamaları, yapıların dayanıklılığını artırmak, enerji

verimliliğini artırmak, çevresel sürdürülebilirliği desteklemek ve yapıların daha uzun ömürlü olmasını sağlamak gibi birçok fayda sağlamaktadır. Gelecekte, nanoteknoloji ve malzeme bilimi alanındaki ilerlemeler, nanomalzemelerin daha geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak, nanomalzemelerin inşaat sektöründeki rolü, gelecekte yapıların daha akıllı, daha güvenli ve daha sürdürülebilir olmasına katkıda bulunacaktır ve nanomalzemelerin kullanımı artacaktır. Bununla birlikte, nanomalzemelerin ticari ölçekte daha yaygın kullanımı için maliyet-etkin üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Ayrıca, nanomalzemelerin biyolojik ve çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılması, güvenlik ve regülasyon konularında daha fazla araştırma ve geliştirme gerektirecektir.

KAYNAKÇA

- Aspen Aerogels (2007). *Energy Saving with Aerogel Insulation*. Aspen Aerogels White Paper.
- Agarwal, A., Jin, H., & Lee, C. S. (2017). Shape memory polymers and their composites in aerospace applications: a review. *Journal of materials science*, 52(17), 9911-9938.
- Ajayan, P. M. (1999). Nanotubes from carbon. *Chemical reviews*, 99(7), 1787-1800.
- Ajayan, P. M., & Tour, J. M. (2007). Nanotube composites. *Nature*, 447(7148), 1066–1068.
- Al-Amoudi, O. S. B., Maslehuddin, M., & Lashari, A. N. (2006). Effect of magnesium sulfate and sodium sulfate on the durability performance of plain and blended cements. *Construction and building materials*, 20(5), 324-331.
- Bakshi, S. R., Lahiri, D., & Agarwal, A. (2010). Carbon nanotube reinforced metal matrix composites - a review. *International materials reviews*, 55(1), 41-64.
- Balandin, A. A., Ghosh, S., Bao, W., Calizo, I., Teweldebrhan, D., Miao, F., & Lau, C. N. (2008). Superior thermal conductivity of single-layer graphene. *Nano letters*, 8(3), 902-907.
- Baughman, R. H., Zakhidov, A. A., & Heer, W. A. (2002). Carbon nanotubes-the route toward applications. *Science*, 297(5582), 787-792.
- Bharat, R., Singh, L. P., & Gupta, S. (2015). Influence of nano-alumina on properties of cement mortar. *Construction and building materials*, 89, 155-163.
- Björnström, J., Martinelli, A., Matic, A., Börjesson, L., & Panas, I. (2004). Accelerating effects of colloidal nano-silica for

- beneficial calcium–silicate–hydrate formation in cement. *Chemical physics letters*, 392(1-3), 242-248.
- Chen, Y., Li, J., & Li, X. (2009). Study on the flame-retardant and antibacterial cotton fabrics treated by nano ZnO and nano Ag. *Journal of applied polymer science*, 112(1), 255-259.
- Chen, J., & Poon, C.S. (2009). Photocatalytic construction and building materials: from fundamentals to applications. *Building and environment*, 44(9), 1899-1906.
- Chen, H., Chen, T., & Yang, H. (2011). Synergistic effect of phosphorus/nitrogen Co-Doped carbon with melamine cyanurate on enhancing flame retardancy of polypropylene. *Polymer degradation and stability*, 96(3), 396-402.
- Chen, J., Kou, S.C., & Poon, C.S. (2011). Photocatalytic cement-based materials: comparison of nitrogen oxides and toluene removal potentials and evaluation of self-cleaning performance. *Building and environment*, 46(9), 1827-1833.
- Chen, S., Brown, L., Levendof, M., Cai, W., Ju, S. Y., Edgeworth, J., . . . Muller, D. A. (2012). Oxidation resistance of graphene-coated Cu and Cu/Ni alloy. *ACS nano*, 6(8), 7607-7614.
- Chen, G., Fu, S., Li, J., & Zhang, F. (2015). Improving mechanical and thermal properties of wood flour-polypropylene composites by surface modification with maleated or acrylated compatibilizers. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 78, 72-79.
- Chowdhury, S., Mishra, M., Meena, S., V. Singh, & Sharma, P. K. (2013). Nano alumina filled polyurethane composites: mechanical and thermal properties. *Composites part B: engineering*, 47, 155-160.

- Chung, D. D. L. (2001). *Composite materials : Science and applications*. Springer Science & Business Media.
- Cui, Y., Wei, Q., Park, H., & Lieber, C. M. (2001). Nanowire nanosensors for highly sensitive and selective detection of biological and chemical species. *Science*, 293(5533), 1289-1292.
- Dastjerdi, R., & Montazer, M. (2010). A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on anti-microbial properties. *Colloids and surfaces B: biointerfaces*, 79(1), 5-18.
- Dimov, D., Amit, I., Gorrie, O., Barnes, M. D., Townsend, N. J., Neves, A. I., . . . Craciun, M. F. (2018). Ultrahigh performance nanoengineered graphene–concrete composites for multifunctional applications. *Advanced functional materials*, 28(23), 1705183.
- Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of photochemistry and photobiology C:photochemistry reviews*, 1(1), 1-21.
- Han, B., Wang, X., Wu, Z., Wang, G., He, X., & Zhao, L. (2009). Improvement in mechanical properties of aluminum matrix composites reinforced with nanometer alumina particles. *Materials science and engineering: A*, 499(1-2), 233-237.
- Harris, D., Borup, R. L., & Scorsone, E. (2013). Nanotechnology and the environment: applications and implications. *Journal of environmental protection*, 5(14), 1437-1450.
- Iijima, S. (1991). Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354(6348), 56-58.
- Jeon, N. J., Noh, J. H., Yang, W. S., Kim, Y. C., Ryu, S., Seo, J., & Seok, S. I. (2015). Compositional engineering of

- perovskite materials for high-performance solar cells. *Nature*, 517(7535), 476-480.
- Jiang, J., Li, L., Wang, X., Li, Y., Zhao, K., & Li, H. (2016). Fabrication and performance of multifunctional carbon nanotube/epoxy composite coatings for structural health monitoring and self-Healing. *Carbon*, 96, 61-70.
- Jo, B.W., Kim, C.H., Tae, G.H., & Park, J.B. (2007). Characteristics of cement mortar with Nano-SiO₂ particles. *Construction and building materials*, 21(6), 1351-1355.
- Chen, J., Kou, S. C., & Poon, C.S. (2011). Photocatalytic cement-based materials: comparison of nitrogen oxides and toluene removal potentials and evaluation of self-cleaning performance. *Building and environment*, 46(9), 1827-1833.
- Koziol, K., Vilatela, J., Moisala, A., Motta, M., Cunniff, P., Sennett, M., & Windle, A. (2007). High-performance carbon nanotube fiber. *science*, 318(5858), 1892-1895.
- Lam, C.W., James, J. T., McCluskey, R., & Hunter, R. L. (2004). Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicological sciences*, 77(1), 126-134.
- Land, G., & Stephan, D. (2012). The influence of nano-silica on the hydration of ordinary portland cement. *Journal of materials science*, 47, 1011–1017.
- Lee, C., Wei, X., Kysar, J. W., & Hone, J. (2008). Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene. *Science*, 321(5887), 385-388.
- Li, H., Zhang, M. H., & Zong, L. (2006). Properties of concrete incorporating nano-TiO₂. *Composites part B: engineering*, 37(6), 434-441.

- Mousavi, S. R., & Al-Mukhtar, M. (2011). Effects of nanoclay on the mechanical properties of cement-based composites. *Construction and building materials*, 25(3), 1521-1525.
- Nazari, A., & Riahi, S. (2011). RETRACTED: The effects of SiO₂ nanoparticles on physical and mechanical properties of high strength compacting concrete. *Composites part B: engineering*, 42(3), 570-578.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., . . . Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 306(5696), 666-669.
- Oprisan, E., Veronelli, M., & Dascalu, C. (2018). Nanomaterials and their applications in the building sector. *Energy procedia*, 153, 3-8.
- Pierre, A. C., & Pajonk, G. M. (2002). Chemistry of aerogels and their applications. *Chemical reviews*, 102(11), 4243–4266.
- Poon, C., & Cheung, E. (2007). NO removal efficiency of photocatalytic paving blocks prepared with recycled materials. *Construction and building materials*, 21(8), 1746-1753.
- Qian, S., Zhou, J., Rooij, M. d., Schlangen, E., Ye, G., & Breugel, K. v. (2009). Self-healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating local waste materials. *Cement and concrete composites*, 31(9), 613-621.
- Reim, M., Körner, W., & J. Fricke. (2004). Silica aerogel granulate material for thermal insulation and daylighting. *Solar energy*, 76(1-3), 113-119.

- Sanchez, F., & Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in concrete –a review. *Construction and building materials*, 24(11), 2060-2071.
- Selvakumar, N., & Krishnaveni, A. (2012). Corrosion resistance of nano TiO₂ and ZnO coated steel in aqueous solution. *Surface and coatings technology*, 207, 302-309.
- Shi, J. L., Yang, W. Q., Xu, Y., Zhu, Y. Q., & Fu, S. Y. (2013). Flame-retardant and anti-dripping properties of wood treated with Al(OH)₃ and nano-SiO₂. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 100,232-237.
- Singh, L., Karade, S., Bhattacharyya, S., Yousuf, M., & Ahalawat, S. (2013). Beneficial role of nanosilica in cement based materials – a review. *Construction and building materials*, 47,1069-1077.
- Stoller, M. D., Park, S., Zhu, Y., An, J., & Ruoff, R. S. (2008). Graphene-based ultracapacitors. *Nano letters*, 8(10), 3498-3502.
- Sundararaj, U., Rizvi, G. M., & Bhattacharyya, A. R. (2009). Polymer nanocomposites: an overview . *Encyclopedia of polymer science and technology*,1-30.
- Tittelboom, K. V., Belie, N. D., Loo, D. V., & Jacobs, P. (2011). Self-healing efficiency of cementitious materials containing tubular capsules filled with healing agent. *Cement and concrete composites*, 33(4),497-505.
- Vatanpour, V., Farahani, M. H., & Fathizadeh, M. (2016). Nano-filters and nano-catalysts for indoor air quality improvement and energy consumption reduction. *Journal of environmental science*, 45(2),123-134.
- Volder, M. F., Tawfick, S. H., Baughman, R. H., & Hart, A. J. (2013). Carbon nanotubes: present and future commercial applications. *Science*, 339(6119), 535-539.

- Wang, J., Zhang, Z., Zheng, Q., & Wang, X. (2006). Carbon nanotubes reinforced metal matrix composites – a review. *Acta metallurgica sinica (English letters)*, 19(5),387-394.
- Wang, R., Hashimoto, K., Fujishima, A., Chikuni, M., Kojima, E., Kitamura, A., . . . Watanabe, T. (1997). Light-induced amphiphilic surfaces. *Nature*, 388(6641),431–432.
- Wang, Y., Wang, S., & Liu, Y. (2011). Mechanical properties of wood/PVC composites: effects of nanoclay on structure and compatibility. *Composites science and technology*, 71(16), 1864-1870.
- Whittingham, M. S. (2004). Lithium batteries and cathode materials. *Chemical reviews*, 104(10), 4271–4302.
- Yang, C. Q., Xu, Y. J., Wang, D. Y., & Fu, S. Y. (2009). Fire retardancy of polymer nanocomposites with multiwall carbon nanotubes and montmorillonite. *Polymer degradation and stability*, 94(11), 2028-2033.
- Yang, H., Zhong, Z., Wang, W., & Zhang, S. (2017). An overview of nanotechnology in energy applications. *Energy procedia*, 105, 125-130.
- Yazdanbakhsh, A., Grasley, Z., Tyson, B. M., Al-Rub, R. K., & Zollinger, D. G. (2009). Mechanical properties of carbon-nanotube embedded cementitious materials. *Transportation research record: Journal of the transportation research board*, 2142, 84-91.
- Zhou, X., Li, J., Li, X., Zhang, X., & Deng, Y. (2007). Flame-retardant and antimicrobial performance of cotton fabric based on the sol-gel finishing with nano-ZrO₂ .*Journal of sol-gel science and technology*, 42(3),279-285.
- Zhu, Y., Fu, Y., & Qin, Q. (2003). Smart composite materials for structural health monitoring. *Composites science and technology*, 63(11), 1597-1604.

DETERMINATION OF THE STATISTICAL RELATIONSHIPS BETWEEN WATER QUALITY PARAMETERS OF KARASU STREAM, MUŞ/TURKEY

Ayşenur GÜMÜŞ¹

Adnan ALDEMİR²

Ali Rıza KUL³

1. INTRODUCTION

Surface water quality has become more important worldwide because it is required for agriculture, ecosystem and human health (Jiang et al., 2023; Garcia Avila et al., 2023). Surface waters are affected poorly in terms of water characteristics and quality by being under several factors such as urbanization, industrialization etc. (Tiri et al. 2018; Goher et al. 2014). The water quality control, which is obligatory especially for surface waters, is provided by the relevant government institutions. As a result of surface water quality analysis and the reason why the quality of such waters is low or poor and even the water becomes unusable by disrupting its quality is mostly the increasing pollution problems (Walker et al., 2019; Igwe et al., 2017). Water pollution take place the changes of water structure because of human effects on ecological balance. This

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, aysenurr.turan@hotmail.com ORCID: 0000-0003-1861-7757.

² Doç.Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, adnanaldemir@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9884-0961.

³ Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, alirizakul@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9331-775X.

phenomenon occurs in surface waters, effect by the anthropogenic, dissolution of minerals and physical indicators (Akoto et al., 2021; Li et al., 2022; Gad et al., 2023). Domestic and industrial wastes are discharged to surface waters without treatment and also by the transportation of chemicals used in agriculture to the aquatic environment (Kumar et al., 2021; Islam et al., 2020). In addition, the increase in the amount of nutrients in detergents coming to surface waters due to the effect of household wastewater and municipal sewage causes algae explosion and ecosystem are severely affected in these waters (Varol, 2020; Khatri and Tyagi, 2015; Armah et al., 2010; Brabec et al., 2002; Bilotta and Brazier, 2008). In addition, industrial wastes which discharge directly or indirectly are affect the water quality (Alam et al., 2007). In order to minimize or eliminate such problems, water quality inspection is required (Ouyang, 2005; Ouyang et al., 2006).

The concentrations of various parameters, diversity of the creatures living in the water systems, and the effect of all system components are the seasonal and local variables that are used to define water quality (Sarda and Sadgir, 2015). Although this statement can be used for all water resources, it is very difficult to analyze it by mentioning a general water quality for all waters. For this reason, the water source is determined with it is in a close - open system, or it is fresh - salt water, the purpose of use is different effects. Situations such as over-used freshwater resources and the discharge of pollutants in surface waters negatively affect water quality (Alberto et al., 2001; Singh et al., 2004; Venkatramanan et al., 2014). After determining the water source, for example, the surface water such as lakes, rivers and streams etc. The obtained data, it is necessary to classify the water quality in the relevant regulation, monitoring the amount and the systematical measures to be taken to achieve the available quality water (Brabec et al., 2002).

Analyzing such a large data set will be very difficult and complex, as a large number of samples are required to determine water quality (Griensive et al., 2006; Kar and Leblebici, 2020). Many data collected can provide important information for water characteristics and quality. Therefore, information should be supported by modeling and statistical analysis to conduct water quality analysis (Estêvez et al., 2019; Geissen et al., 2015; Penas et al., 2023; Schäfer et al., 2022). Statistical analysis of the data is important for making a effective decision about determining the parameters that cause pollution. Furthermore, data analysis helps identify the pollutant responsible for the change in water quality parameters (Ganiyu et al., 2018; Gyimah et al., 2020; Barakat et al., 2016; Kar and Leblebici, 2020). Parametric analyzes such as descriptive, normality, correlation and regression are used for normally distributed data. The design and explanation of this chapter is to analyze the surface water quality of Karasu stream (Muş/Turkey) and obtain statistical relations between the parameters affecting the water quality. In the light of important parametric analysis, it is to suggest studies that can be done to prevent pollution by looking at the factors.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1.Description of Study Area (Karasu Stream)

Karasu stream is one of the important tributaries of the Fırat River and it is a significant water source for irrigating the Muş plain. Karasu stream arises from Güroymak town of Bitlis city (Turkey) and it enters in the south of Muş city (Turkey). The stream length is up to 68 km and it flows in the northwest-southeast (NW-SE) direction (Figure 1). The feeding water resources of Karasu are Abdulbahar water which is 27 km long, with the view from Daralıova water, Kelereş water which is 35 km long rising from Kazana Hill, Çar and Karni. Karasu stream

covers the Muş plain which joins the Murat River near Muş city after approximately 70 km of flow and leaves the plain through the Genç gorge. The basin has a continental climate and an important amount of rain falls during spring months after significant amount of snow falls during the winter months. Rain waters and melting snow waters play an important role in the flow of the Karasu Stream. Although the Karasu Stream passed through mostly agricultural areas the appearance of the stream water changes to cloudy in the spring, due to melting of the snow and the increase in the flow with rainfall. The stream is observed more clearly in the summer and autumn months because of decrease of the turbidity. In the winter, the flow rate and the turbidity increase with the rain and snowfall increases and these changes in water differ where other resource contributions occur.

Figure 1. Study area of Karasu stream (Muş/Turkey)



2.2. Water Quality Parameters and Statistical Analysis Steps

Sampling, measurement and analysis from Karasu Stream were carried out by Directorate of State Hydraulic Works (DSI, Van/Turkey). The samples were taken from surface water

discharge of Karasu Stream pouring in Murat river. Taken and analyzes of water samples for determined data were carried out from DSI on a single point for the June, August, October months of 2016 – 2019 years (Figure 2). Water quality assessment can be done using the physical, chemical and biological parameters. The method used in this study was carried out with twenty two water parameter values of the Karasu Stream flowing in the provincial borders of Muş and, the quality classes were evaluated to the Turkish Surface Water Quality Regulation (TSWQR, 2015). The water quality parameters; nitrite (NO_2^{-1}), nitrate (NO_3^{-1}), ammonium (NH_4^{+1}), sulphate (SO_4^{-2}), phosphate (PO_4^{-3}), chloride (Cl^{-1}), fluoride (F^{-1}), sodium (Na^{+1}), potassium (K^{+1}), calcium (Ca^{+2}), magnesium (Mg^{+2}), total hardness (TH), pH, turbidity, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), suspended solids (SS), dissolved oxygen (DO), oxygen saturation (SO_2), chemical oxygen demand (COD), permanganate index (PI) and color values.

The water samples were collected in plastic bottles and stored in a cooler during transportation to the laboratory before analysis. Temperature, EC, and pH were measured using a pH meter. The water samples were filtered with a 1.2 μm filter and NO_2^{-1} , NO_3^{-1} , NH_4^{+1} , SO_4^{-2} , PO_4^{-3} , Cl^{-1} , F^{-1} , Na^{+1} , K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2} were analyzed using ion chromatography, TH, COD and PI were analyzed using titrimetric method, DO and SO_2 were measured with DO meter, TDS and SS were determined with gravimetric method, turbidity was obtained with turbidimetric method, and color was measured with spectrophotometric method, the BOD was measured based on the oxygen depleting potential of an organic load and the procedures followed the Standard Analytical Methods for water quality (APHA, 2005). Each sample was analyzed two times and average values were obtained for statistical analysis which were carried out after determining the water quality class of Karasu Stream based on the TSWQR, 2015.

The statistical analyzes were carried out to explain the mutual relationship between water parameters and the environmental system, it is select a program that can give the required analysis (Kale et al., 2020). All statistical analyzes were carried out with Minitab and MS Excel. The parametric and non-parametric data distribution, which is the first and the most important controls of the data set was examined. It was determined whether the data set has a normal distribution by looking at the p values with normality and probability graphics. While parametric analyzes are made after normal distribution, analyzes based on non-parametric modeling are performed for non-normal distributions. For this reason, parametric tests were applied for the data set for which are showed normal distribution. In order to obtain the water quality at the sample point of the Karasu Stream with descriptive statistical analysis were provided by important outputs (mean, standard deviation, skewness, agglomeration, etc.). The annual changes of each parameter were observed with trend analysis and relationships between parameters were examined with correlation analysis which indicator is the Pearson correlation coefficient (r). r values are explained with the variables have the best correlation between them is 1.00, very high correlation is 0.90, high correlation is 0.70–0.80, an average correlation is 0.50–0.60, weak correlation is 0.40 or lower, and no correlation is 0.20 or lower (Turan and Aldemir, 2023).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of water quality was made according to the TSWQR, 2015 by looking at the average values of the parameters. The results of descriptive statistics which were made with the Minitab are shown in Table 1. The results were compared with the TSWQR and deviation, variance, skewness,

kurtosis/agglomeration, and mean squares of differences (MSSD) values were determined. Considering the descriptive statistics results in Table 1 and according to TSWQR Karasu Stream has class I water quality with most of the parameters which are nitrate, ammonium, sulphate, chloride, fluoride, sodium, pH, EC, temperature and PI, class II for phosphate, dissolved oxygen, saturated oxygen, BOD, color) and class III for nitrite. DO and pH values used in this study are thought that the contaminating effect is low and the negative effect of these parameters on surface water creatures is negligible (Ate and Mutlu, 2006; Serdar et al., 2005). As in similar studies, even if surface water is not drinking water, irrigation and so on. It can be said that it can be used for different purposes (Gedik et al., 2010; Mutlu 2013). As a result of basic statistical calculations, it has been observed that the Karasu stream is Class I water quality for the most of parameters without any important pollution problem.

Multivariable statistical analyzes were used to evaluate the status of water quality parameters (Oujidi et al., 2020). The water quality assessment of Karasu Stream pH, temperature, conductivity, ammonium and nitrate nitrogen, fluoride parameters were found to be great importance Class I and dissolved oxygen, oxygen saturation, biochemical oxygen demand (BOD₅), color, sulphate, chloride, sodium, TDS and SS were found to be Class II. The pH values of the stream water exhibited a neutral characteristic around 7.5 on average. The average values of the calcium and magnesium parameters of hard water due to its characteristics higher than other regions of Turkey. The hard water characteristics are explained by the rock types of waterbed, geographic locations with climate changes, natural disasters, volcanic movements and season conditions (Lei et al., 2021; Stone et al., 2016). The water quality parameters (mg/L); TOC 2.77, TH 115.45, TA 154.21, PI 1.93, EC 33.3, Mg 9.1, and Ca 31.1 were determined as mean values. The contents

of some indicators, such as phosphate, ammonium, nitrate, nitrite, sulphate ions are high, which are demonstrated to agricultural activities.

Figure 2. Different views of Karasu Stream passing through for the related season



Figure 3. Time dependent indicator of water quality parameters for Karasu Stream

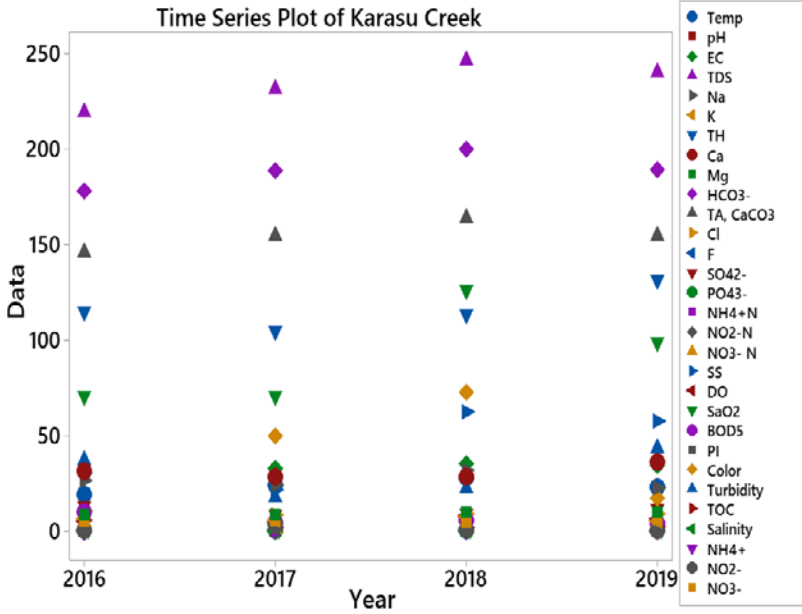
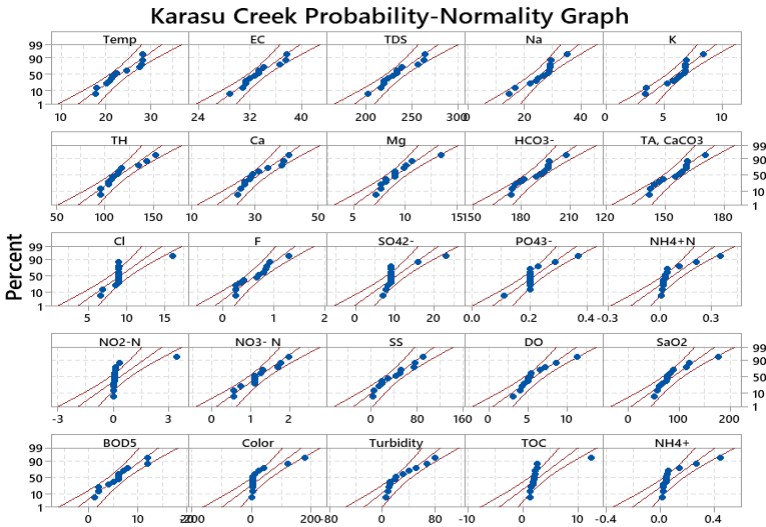


Figure 4. Probability-Normality outputs of water quality parameters for Karasu Stream



Trend analysis method is suitable for evaluated water quality, explain time related changes and identifying sources of pollution (Kar and Leblebici, 2020). Trend analysis that shows the distribution of time dependent parameters on the basis of annual time for Karasu Stream given in Figure 3. The distributions of TDS, bicarbonate, calcium carbonate, SO₂ and TA values were larger and clearer than other parameters which were not change much during the years. The results show that seasonal variations highly effect the TDS, TA, SO₂, calcium carbonate, concentrations for the surface water. Time-dependent indicators were showed that TDS concentration decreases due to precipitation in the winter in April an increase in TH, in the summer and autumn months, in October 2018, TDS and TH shows a decrease compared to the previous months. The SO₂ values in the dry season are low, with the PI measured at the same values as the highest average. The eutrophication values for surface waters and their effects were evaluated (Oujidi et al., 2020; Li et al., 2018; Njuguna et al., 2020). But in this research evaluation of the eutrophication values were not exceeded based on the standart values (TSWQR, 2015) for Karasu Stream.

Table 1. The basic statistics of parameters for Karasu Stream

Variable	Mean	StDev	Variance	Skewness	Kurtosis	MSSD
Temperature (°C)	23.16	4.00	16.00	0.12	-1.52	14.61
pH (23 °C)	7.5358	0.3322	0.1104	1.93	5.00	0.0772
Conductivity, (mS/m)	33.300	2.785	7.756	0.41	-0.67	6.284
Total Dissolved Solid, (mg/L)	233.10	19.50	380.06	0.41	-0.67	307.92
Sodium, (mg/L)	25.78	5.79	33.54	-0.69	0.34	33.56
Potassium, (mg/L)	6.076	1.454	2.114	-0.88	0.63	2.293
Total Hardness (CaCO ₃), (mg/L)	115.45	18.38	337.69	0.98	-0.05	247.42
Calcium, (mg/L)	31.17	5.64	31.79	0.71	-1.00	25.74
Magnesium, (mg/L)	9.134	1.725	2.976	1.49	2.89	2.068
Bicarbonate, (mg/L)	188.13	11.06	122.42	0.09	-0.97	110.82
Total Alkalinity (CaCO ₃), (mg/L)	154.21	9.07	82.25	0.09	-0.97	74.45
Chloride, (mg/L)	9.162	2.335	5.454	2.51	8.15	4.428
Sulphate, (mg/L)	10.41	4.58	20.95	2.42	5.77	14.27
Ammonium, (mg/L)	0.1006	0.1368	0.0187	2.02	3.64	0.0233
Nitrite, (mg/L)	1.197	3.178	10.098	3.41	11.71	11.162
Nitrate, (mg/L)	5.532	2.283	5.213	0.42	-1.36	6.169
Phosphate, (mg/L)	0.2167	0.0623	0.0039	1.24	3.42	0.0061
Fluoride, (mg/L)	0.6275	0.3361	0.1130	0.43	-0.41	0.1469
Suspended Solids, (mg/L)	39.58	29.95	896.81	0.43	-1.15	743.95
Dissolved Oxygen, (mg/L)	6.865	2.284	5.218	1.39	2.04	3.252
Oxygen Saturation, (%)	87.0	35.3	1242.8	1.67	3.08	846.0
Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	5.92	3.55	12.63	0.52	-0.25	8.55
Permanganate Index, (mgO ₂ /L)	1.933	1.090	1.189	0.17	0.27	0.742
Color (Pt-Co)	33.50	57.1	3260.8	2.08	3.57	3754.9
Turbidity, (NTU)	29.83	25.01	625.61	1.03	-0.14	465.82
Total Organic Carbon, (mg/L)	2.772	3.075	9.454	3.33	11.33	5.179
Ammonium Nitrogen, (mg/L)	0.0746	0.1038	0.0108	2.17	4.33	0.0117
Nitrate Nitrogen, (mg-N/L)	1.194	0.462	0.214	0.27	-0.56	0.231
Nitrite Nitrogen, (mg-N/L)	0.365	0.967	0.934	3.41	11.71	1.032
Carbonate, (mg/L)	0.750	2.598	6.750	3.46	12.00	7.364
Hydrogen sulphur, (mg/L)	3.39	4.31	18.60	1.73	*	27.90

Figure 5. Boxplots of low, mid and high concentrations for Karasu Stream

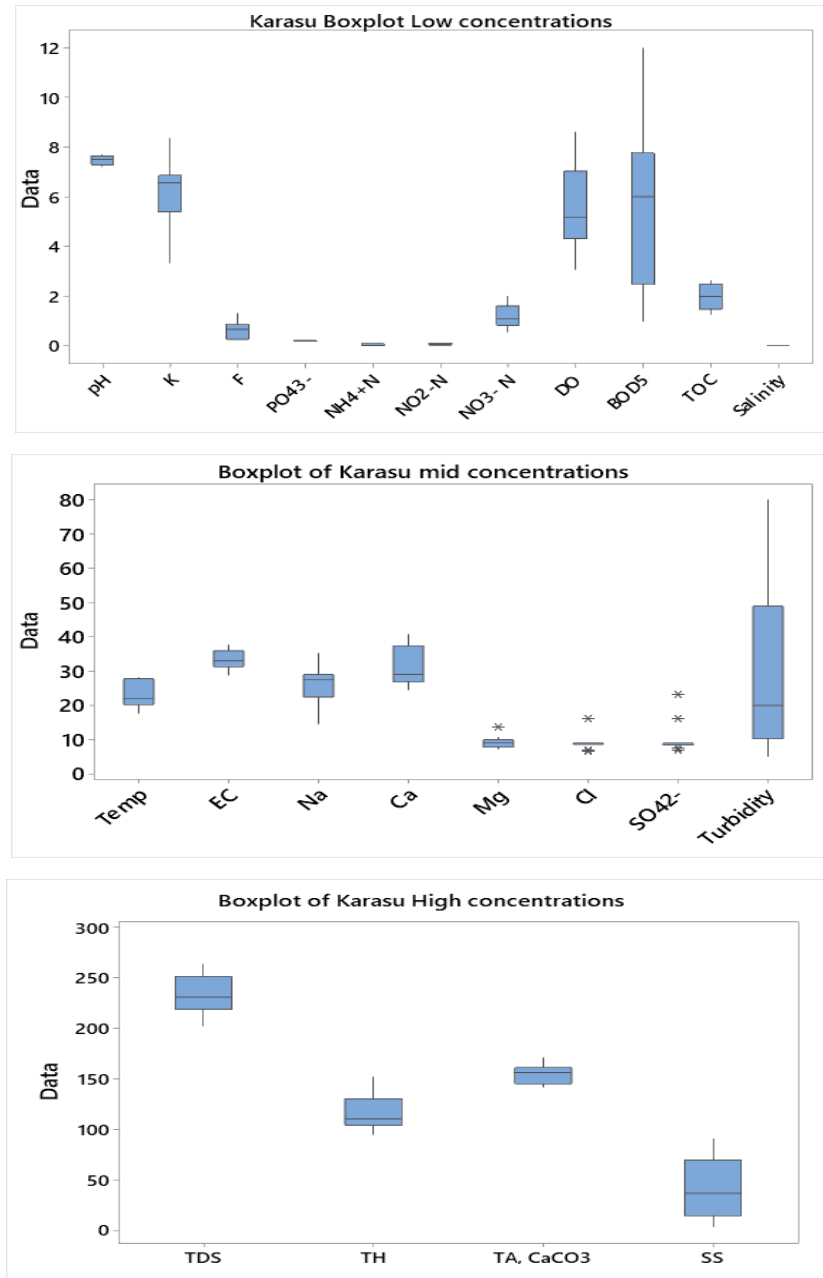
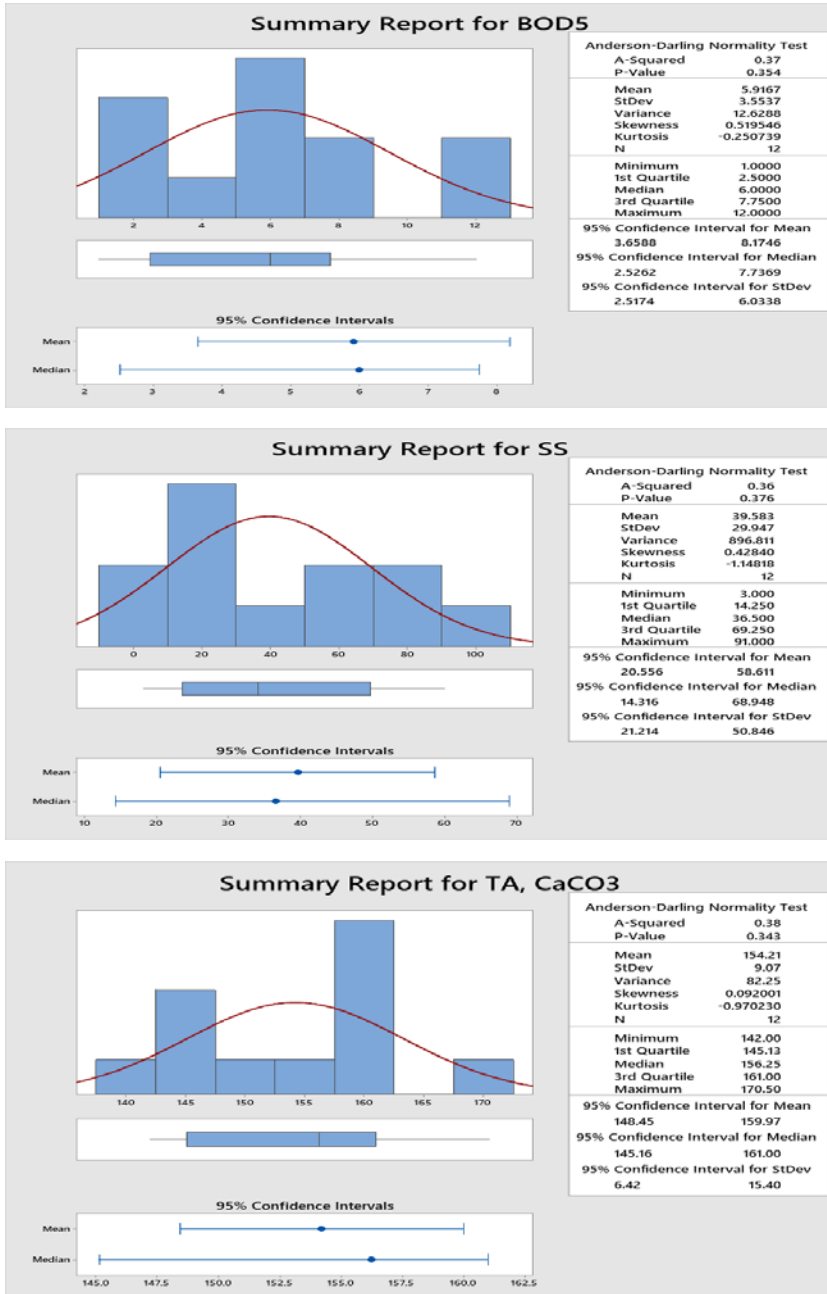


Figure 6. Summary report of BOD₅, SS, TA and calcium carbonate parameters



The summary reports of BOD₅, SS, TA and calcium carbonate parameters are examined the most visible differences based on the results of trend analysis, and their support the distribution histogram, Box & Whisker plot and Anderson-Darling normality results and with the distribution curves are given in Figure 6. The summary reports in Figure 6, it is seen that the concentrations of TA and calcium carbonate have the same outputs and the monthly sample data are show a normal distribution in the histogram of all data. Outlier test was carried out by examining normality and probability distribution charts and the most of data were distributed normally. The outlier values were removed the data for the extraction of values due to any errors caused by different effects such as sampling, experimental or instrumental analysis, seasonal and climatic changes. The regression analysis performed after the outlier values were removed from the data and the normally distribution parameters were used to ensure the reliability.

The normality outputs which are given in Figure 7, calcium carbonate which is parameter that has an effect on hardness are in normal distribution, and Cl is in non-normal distribution. The distribution of data was examined by the normal curve from the figure and compare the parameters according to the $p < 0.005$ values. The turbidity concentrations in the surface waters of Karasu Stream are generally high and Cl shows a non-normal distribution, which is, shown an irregular distribution. There have been changes due to precipitation in season transitions which were shown in Figure 7. Due to the proximity of Karasu Stream to domestic areas, it is estimated that some mixed substances effected the water turbidity. Outlier parameters were determined because of eliminate the errors from the data in the continuation of the analysis. Since it will not give healthy results for unnormal parameters, it will not be used in equation regression analysis. BOD₅, pH, sodium, potassium, calcium,

magnesium, flouride, dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solids, turbidity, suspended solids are normal and other parameters are unnormal distributed.

Pearson correlation analysis was performed to determine the relationships between water quality (Alam et al., 2021; Deng, 2019). It was seen that the interrelated parameters with high correlation values are given in Table 2. Pearson's correlation coefficient which is given in Eq. (1) was calculated for determine the relationship between parameters (Howladar et al., 2021; Zanotti et al., 2019);

$$r_{xy} = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

n is sample size and x, y values are sample points. The results in Table 2 which is given below, the positive correlation analysis was made in the range of 0.70-1.0, and the highest correlation between total dissolved solid-electrical conductivity $r = 1.00$, total alkalinity-bicarbonate $r = 1.00$, potassium-sodium $r = 0.988$ and dissolved oxygen-oxygen saturation $r = 0.977$, calcium-total hardness $r = 0.938$, total organic carbon-chloride $r = 0.918$. The obtained highest correlation between TDS and EC can be explained by the sources of materials in TDS and EC come from nature for example geological conditions with seawater and from human activities caused from different wastes (Rusydi, 2017). The high correlation between Ca and hardness can be explained by the regions with high altitude, which depend on geographic location, have hard waters. In addition, it is known that Ca, Mg hardness causes formation of diseases such as calcification and blockages in the lime layer formed in the pipes or transmission lines. The obtained results were showed that the

DO has a high correlation with SO₂. The negative correlation values between 0.6-1.0; nitrite-color $r = -0.72$ and SO₂-K, $r = -0.74$ parameters. The negative correlation of K with SO₂ is predicted to be caused by the chemical reactions of the mineral. The parameters with high correlations were selected and used for studies in regression analyzes. The R^2 values which are calculated with Eq. (2) showed the square of correlation coefficient through the x and y values. Table 2 represents the interactive correlations between water quality metrics based on high R^2 values (0.7 - 1.0) that were generated by MS Excel.

$$R^2 = (r_{xy})^2 = \left(\frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \right)^2 \quad (2)$$

The highest results of Table 2; total dissolved solid-electrical conductivity $R^2 = 1.00$, total alkalinity-bicarbonate $R^2 = 1.00$, potassium-sodium $R^2 = 0.976$ and dissolved oxygen-oxygen saturation $R^2 = 0.954$, calcium-total hardness $R^2 = 0.879$, total organic carbon-chloride $R^2 = 0.843$. The results of the analysis that R^2 values of chloride-phosphate and magnesium-total hardness relations decrease-increase in direct proportion to the correlation table (Table 2).

Figure 7. Normal probability distribution with p-values for BOD₅, TDS and Cl

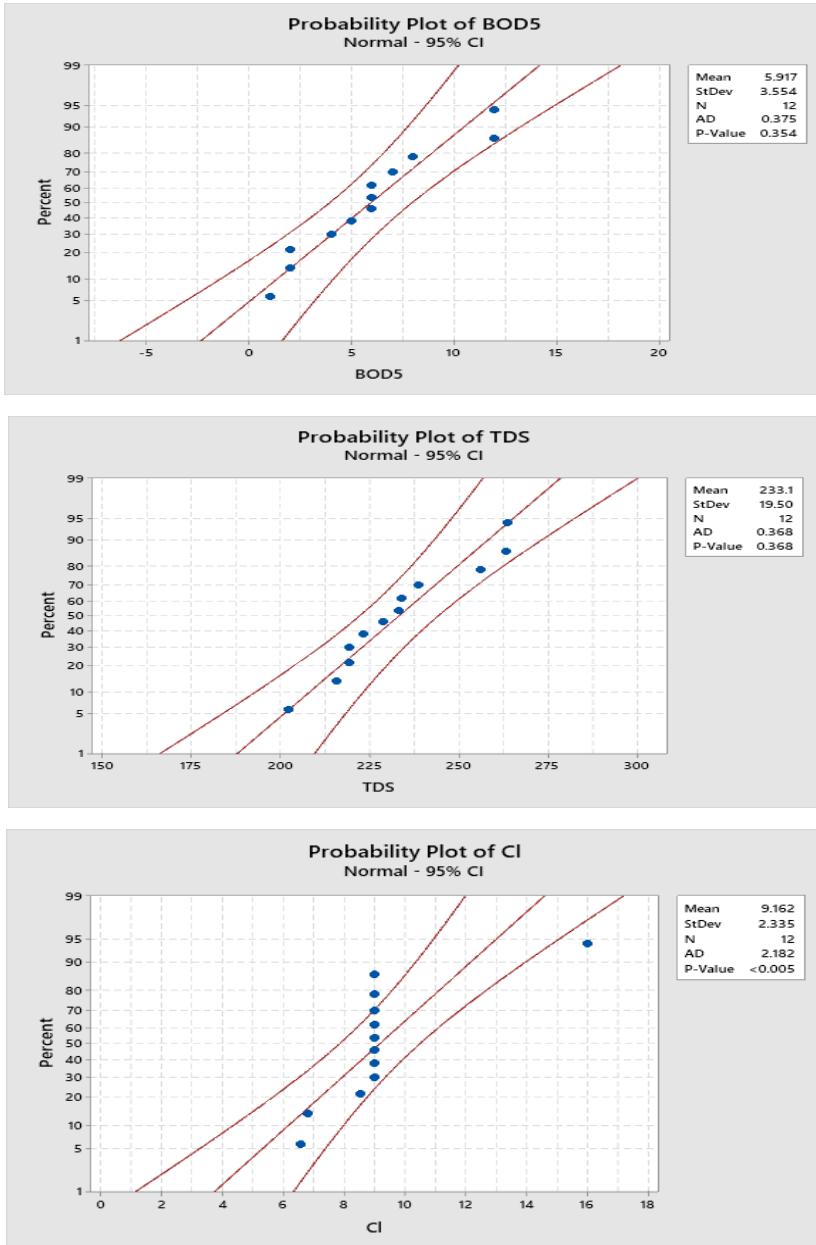


Table 2. Correlation analysis results for water parameters of Karasu stream (+) $r = 0.75-1.00$

	Temp	pH	EC	TDS	Na	K	TH	Ca	Mg	HCO ₃ ⁻
pH	0.126									
EC	0.541	0.114								
TDS	0.541	0.114	1.000							
Na	0.370	-0.224	0.679	0.679						
K	0.345	-0.183	0.688	0.688	0.988					
TH	-0.175	0.364	0.219	0.219	0.125	0.072				
Ca	-0.277	0.457	-0.056	-0.056	-0.168	-0.211	0.938			
Mg	0.096	0.036	0.676	0.676	0.657	0.605	0.727	0.445		
HCO ₃ ⁻	0.623	0.153	0.792	0.792	0.600	0.609	0.119	-0.086	0.478	
TA, CaCO ₃	0.623	0.153	0.792	0.792	0.600	0.609	0.119	-0.086	0.478	1.000
Cl	0.120	-0.044	0.038	0.038	0.261	0.296	-0.430	-0.507	-0.107	-0.168
F	0.029	-0.305	0.533	0.533	0.492	0.520	-0.085	-0.234	0.241	0.528
SO ₄ ²⁻	-0.056	-0.008	0.100	0.100	0.260	0.263	-0.096	-0.226	0.199	-0.228
PO ₄ ³⁻	-0.091	-0.254	0.111	0.111	0.029	0.131	-0.280	-0.282	-0.166	0.245
NH ₄ ⁺ N	0.272	-0.008	0.705	0.705	0.488	0.478	0.243	0.028	0.575	0.652
NO ₂ ⁻ N	0.171	-0.281	0.070	0.070	-0.150	-0.116	-0.356	-0.341	-0.245	0.301
NO ₃ ⁻ N	-0.005	0.129	0.409	0.409	0.451	0.514	-0.170	-0.305	0.165	0.251
SS	0.480	0.314	0.572	0.572	0.547	0.511	0.566	0.361	0.749	0.371
DO	0.179	0.303	0.214	0.214	0.079	0.099	0.058	0.070	0.011	0.293
SaO ₂	0.372	0.315	0.347	0.347	0.158	0.173	0.032	0.021	0.041	0.415
BOD	0.002	-0.269	-0.059	-0.059	0.358	0.374	0.044	0.035	0.045	-0.114
PI	-0.036	0.214	0.229	0.229	-0.111	-0.154	0.205	0.129	0.275	-0.035
Color	0.565	-0.313	0.303	0.303	0.184	0.158	-0.244	-0.318	-0.001	0.104
Turbidity	0.245	0.462	0.290	0.290	0.323	0.320	0.248	0.175	0.297	0.028
TOC	-0.093	-0.111	-0.277	-0.277	0.075	0.082	-0.312	-0.314	-0.183	-0.466

	SaO ₂	BOD ₅	PI	Color	Turbidity	TOC	Salinity	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻
BOD	-0.261								
PI	-0.476	-0.126							
Color	0.032	-0.126	-0.107						
Turbidity	0.081	0.444	0.403	-0.211					
TOC	-0.290	0.525	0.201	-0.171	0.608				
Salinity	*	*	*	*	*	*			
NH ₄ ⁺	0.549	-0.056	0.018	-0.229	0.183	-0.228	*		
NO ₂ ⁻	-0.261	0.182	0.140	-0.107	-0.264	-0.111	*	0.181	
NO ₃ ⁻	0.240	-0.500	-0.016	0.213	-0.281	-0.236	*	0.013	-0.206

The statistical analyzes, were showed that while seasonal transitions and climate changes as the main factor and anthropogenic activities affect the Karasu Stream as a factor. These effects change the chemical structure of the stream water established interaction between ions by rainfall which effect the natural balance of the water (Dimri et al., 2021; Fooladi et al., 2021; Han et al., 2020; S. Varol, 2020). The changes of water quality parameters are generally depend on dissolved and suspended solids, soluble salts, nutrients, organic substances. Also fertilizers and pesticides used in agriculture and household wastes have an effect on water pollution (Ustaoğlu, 2020; Alver and Baştürk, 2019; M. Varol, 2020b). The quality of water is effected by the changes of many parameters which given in the Table 2 (Colt, 2006; Delpla et al., 2009; Chang, 2008).

The last statistical outputs in this research, for development equation with regression analysis was applied between the relevant parameters for determine the relationships between these variables. Regression analysis generally examines the linear relationship between variables. In the regression equation, there is a coefficient (a) and slope values ($b_1, b_2 \dots$) that intersect the dependent variable and independent variables ($x_1, x_2 \dots$), which is an answer (y) as given in Eq. (3).

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots \quad (3)$$

Regression equations for water quality permit to the best estimate an output value as it is associated with different parameters. p and R² values were checked for the created equation. Since the p values are lower than 0.05 and the R² values are close to 100% give the highest trustworthy result with the lowest error with the higher p values were reduced. The best fits of the estimation was selected for the expresses the concentrations

of the parameters with the output value in the equation in terms of water properties (Kamal, 2018). The equations which have higher than 0.90 of the R² values determined with the regression analysis are given in Table 3. According to the regression analysis, it is understood by the support of the equation that magnesium affects the hardness together with calcium. The parameters of total hardness, calcium and magnesium equations are effected each other as shown in the previous studies (Soyaslan and Hepdeniz, 2020). In this study, it was possible to suspended solids represent with calcium, magnesium, potassium and conductivity. The equation of BOD was examined, and sodium, potassium, calcium, magnesium, parameters were obtained to the related with BOD. The equation of suspended solids, was related to the high total hardness, calcium and magnesium parameters found in the Karasu Stream. Along with the positive correlations between total hardness and calcium with magnesium parameters, they were determined that the highest dependent variables in the total hardness equation in Table 3 (Kamal, 2018). In other analysis results, the sodium, calcium, magnesium, sulphate, total hardness and conductivity parameters were effected the turbidity; temperature, conductivity, sodium, calcium, magnesium, total alkalinity, chloride and floride parameters were effected the total organic carbon; temperature, conductivity, sodium, potassium, total hardness, calcium, magnesium, total alkalinity, chloride and floride were effected the biochemical oxygen demand. It has been found that calcium is associated with magnesium most of the developed regression equations. DO is the best parameter for demonstrate water quality because aquatic life devolve on DO to metabolize nutrients. Turbidity is the most visible parameter of water quality which is used for explain the clarity and suspended solids in water come from erosion, sediments and algal blooms (Gholizadeh et al., 2016).

Table 3. The equations of regression analysis results with $R^2 \geq 90\%$ values

Regression equations	R^2	$R^2(\text{adj})$	$R^2(\text{pred})$
Temperature (T) = -6.1 + 2.49 Potassium + 5.9 Total Hardness - 15 Calcium - 21 Magnesium - 86.6 Phosphate + 160.5 Ammonium nitrogen + 9.84 Nitrit nitrogen + 2.688 Dissolved oxygen - 187.6 Ammonium	93.17%	91.43%	90.86%
Total Organic Carbon (TOC) = 9.31 + 0.2436 Temperature - 0.7376 Conductivity - 0.1012 Sodium + 0.0842 Calcium + 0.767 Magnesium - 0.0671 Total Alkalinity + 1.5044 Chloride + 3.083 Floride	99.80%	99.28%	93.12%
Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) = 88.0 + 3.529 Temperature - 7.12 Conductivity - 6.44 Sodium + 18.66 Potassium + 410.5 Total Hardness - 1025 Calcium - 1680 Magnesium - 0.373 Total Alkalinity + 4.807 Chloride + 39.58 Floride	98.95%	88.44%	76.41%
Ammonium Nitrogen = -0.0007 - 0.000046 Total Hardness + 0.000142 Turbidity + 0.7858 Ammonium	99.35%	99.10%	99.02%
Nitrite Nitrogen = 25.31 + 1.2086 Temperature - 2.613 Conductivity - 2.667 Sodium + 6.675 Potassium + 151.76 Total Hardness - 379.0 Calcium - 620.4 Magnesium + 1.5697 Chloride + 14.220 Floride - 2.50 Phosphate	99.98%	99.79%	48.23%
Sulphate (SO₄²⁻) = -20.41 - 1.674 Potassium - 72.0 Total Hardness + 179.9 Calcium + 299 Magnesium + 2.250 Chloride + 5.52 Floride - 14.69 Ammonium nitrogen	98.80%	96.71%	78.94%
Sodium (Na⁺) = 10.70 + 2.852 Potassium + 0.1965 Total Hardness - 0.730 Calcium - 18.71 Phosphate - 41.8 Ammonium Nitrogen + 0.4148 BOD - 0.2688 TOC + 33.7 Ammonium	99.91%	99.67%	94.43%
Ammonium (NH₄⁺) = 0.0099 + 1.2726 Ammonium nitrogen + 0.00966 Dissolved oxygen - 0.000698 Oxygen Saturation (%) - 0.00130 TOC	99.44%	99.12%	94.22%
Total Hardness (TH) = 0.0022 + 2.49592 Calcium + 4.12137 Magnesium + 0.0859 Phosphate - 0.0947 Ammonium nitrogen + 0.000215 Turbidity - 0.00439 Total Organic Carbon	100.00%	100.00%	100.00%
Calcium (Ca²⁺) = -0.00831 + 0.400635 Total Hardness - 1.65108 Magnesium + 0.0282 Ammonium nitrogen + 0.001304 Total Organic Carbon	100.00%	100.00%	100.00%
Magnesium (Mg) = -0.00538 + 0.242653 Total Hardness - 0.605611 Calcium + 0.01825 Ammonium nitrogen - 0.000430 Biochemical Oxygen Demand + 0.001095 Total Organic Carbon	100.00%	100.00%	100.00%
Turbidity = -297.2 + 6.80 Conductivity + 2.886 Sodium - 438 Total Hardness + 1100 Calcium + 1786 Magnesium + 4.673 Sulphate	95.84%	90.85%	79.46%
Suspended Solids (SS) = 163.6 + 9.06 Conductivity + 24.14 Potassium - 661 Total Hardness + 1651 Calcium + 2709 Magnesium - 17.88 Chloride - 96.9 Floride + 5.48 Sulphate	98.96%	96.19%	68.86%
Dissolved Oxygen (DO) = 17.33 - 0.864 Sodium + 1.51 Potassium - 110.0 Total Hardness + 274.8 Calcium + 455.0 Magnesium + 3.560 Chloride + 6.815 Floride - 1.759 Sulphate - 20.25 Phosphate	99.13%	95.23%	56.49%

* Note: The units of WQ parameters are as shown in Table 1.

4. CONCLUSION

Karasu stream is one of the significant tributaries of the Fırat River and it is an important water source for irrigating the Muş plain. Karasu stream passes through residential areas, agriculture and husbandry activities are carried out around the flow line. In this research, twenty two physicochemical parameters data determined seasonally from a single station by

the Directorate of State Hydraulic Works (DSI, Van/Turkey). After determining the water quality class the relationships between these parameters were analyzed using statistical analysis. The result of research, it was determined that Karasu Stream has class I water quality for pH, temperature, EC, ammonium and nitrate nitrogen with fluoride parameters and DO, SO₂, BOD₅, SO₄, Cl, Na, TDS, SS and color were found to be class II. Individual-annual fluctuations of parameters were examined by trend analysis and it was understood from the results that four parameters that make up the highest fluctuations are BOD₅, SS, TA and calcium carbonate. BOD₅, pH, sodium, potassium, calcium, magnesium, fluoride, DO, EC, TDS, turbidity, SS have a normal distribution, and these parameters have shown a regular distribution throughout the year. Other parameters have shown that an non-normal distribution and sudden changes due to precipitation in seasonal transitions. It was determined by normality figures that phosphate, sulphate, color, total organic carbon, ammonium and nitrate nitrogen parameters show unnormal distribution and other parameters have normal distribution. Considering the regression analysis, it is understood as a result of the equation that sodium, total hardness, conductivity, and total dissolved solid matter in the turbidity equation are due to the high magnesium and calcium parameters in the Karasu Stream deposit. Turbidity and suspended solids connections with total hardness were seen in regression equations. It has been obtained that the water quality of Karasu Stream, is under the influence of anthropogenic pollutants which generally consist of agricultural activities in settlements. If this study is supported by data obtained from measurements and analyzes on samples taken montly on different regions of Karasu Stream, advanced analyzes such as clustering, factor, principal components can be made, and contributions can be made to pollutant estimation and water quality analysis by revealing associative equations in which parameters effect each other.

REFERENCES

- Akoto, O., Adopler, A., Tepkor, H.E., Opoku, F., (2021). A comprehensive evaluation of surface water quality and potential health risk assessments of Sisa river, Kumasi. Groundwater for Sustainable Development, 15, 100654.
- Alam, Md. J., Molla I., Muyen, Z., Mamun, M., Sirajul, I.Md., (2007). Water quality parameters along rivers. International Journal of Environmental Science and Technology, 4, 159-167.
- Alam, R., Ahmed, Z., Seefat, S.M., Nahin, K.T.K., (2021). Assessment of surface water quality around a landfill using multivariate statistical method, Sylhet, Bangladesh. Environmental Nanotechnology, Monitoring Management, 15, 100422.
- Alberto, W.D., del Pilar, D.M., Valeria, A.M., Fabiana, P.S., Cecilia, H.A., de los Ángeles, B.M., (2001). Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Suquía River Basin (Córdoba–Argentina). Water Research, 35 (12), 2881-2894.
- Alver, A., Baştürk, E., (2019). Evaluation of Karasu River water quality in terms of different water quality indices. Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences, 23(2), 488-497.
- Armah, F.A., Obiri, S., Yawson, D.O., Onumah, E.E., Yengoh, G.T., Afrifa, E.K.A., Odoi, J.O., (2010). Anthropogenic sources and environmentally relevant concentrations of heavy metals in surface water of a mining district in Ghana: a multivariate statistical approach. Journal of Environmental Science and Health Part A, 45(13), 1804-1813.

- Ate, A., Mutlu, E., (2006). Water quality of Hasan Stream (Erzin-Hatay) and its monthly variations. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1), 149–154.
- Atıcı, A.A., Elp, M., Sen, F., (2020). An investigation on systematic history and distribution areas of tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)). *Brazilian Journal of Biology*, 6984, 1–5.
- Atıcı, A.A., Gültekin, A., Şen, F., Elp, M., (2016). Drinking water quality properties of Ercis, Van-Turkey. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 26(4), 517–528.
- Bakan, G., Banu, Ş., (2000). Research on bottom sediment and water quality of Samsun-Mert Stream at the discharge into the Black Sea. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Science*, 24, 135–141.
- Barakat, A., El Baghdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B., Slassi, M., (2016). Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(4), 284–292.
- Bilotta, G.S., Brazier, R.E., (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota, *Water Research*, 4(12), 2849-2861.
- Brabec, E., Schulte S., Richards, P.L., (2002). Impervious surfaces and water quality: A review of current literature and its implications for watershed planning. *Journal of Planning Literature*, 16(4), 499-514.
- Bu, H., Tan, X., Li, S., Zhang Q., (2010). Water quality assessment of the Jinshui River (China) using multivariate statistical techniques. *Environmental Earth Science*, 60, 1631–1639.

- Çavuş, A., Atıcı, A.A., Şen, F., (2017). Investigation of water quality criteria of drinking waters in center of Van, Turkey. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Science*, 27(3), 326–336.
- Chang, H., (2008). Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. *Water Research*, 42(13), 3285-3304.
- Colt, J., (2006). Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 143-156.
- Deng, X., (2019). Correlations between water quality and the structure and connectivity of the river network in the Southern Jiangsu Plain, Eastern China. *Science of The Total Environment*, 664, 583–594.
- Delpla, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M., Thomas, O., (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35(8), 1225-1233.
- Dimri, D., Daverey, A., Kumar, A., Sharma, A., (2021). Monitoring water quality of River Ganga using multivariate techniques and WQI (Water Quality Index) in Western Himalayan region of Uttarakhand, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100375.
- Estevez E, Rodriguez-Castillo T, Gonzalez-Ferreras AM, Canedo-Arguelles M, Barquin J. (2019). Drivers of spatio-temporal patterns of salinity in Spanish rivers: a nationwide assessment. *Philosophical Transactions B*, 374: 20180022.
- Fooladi, M., Golmohammadi, M.H., Safavi, H.R., Mirghafari, R., Akbari, H., (2021). Trend analysis of hydrological and water quality variables to detect anthropogenic effects and

- climate variability on a river basin scale: A Case Study of Iran. *Journal of Hydro-environment Research*, 34, 11–23.
- Gad, M., Saleh, A.H., Hussein, H., Elsayed, S., Farouk, M. (2023). Water quality evaluation and prediction using irrigation indices, artificial neural networks, and partial least square regression models for the Nile River, Egypt. *Water* 15, 2244.
- Ganiyu, S.A., Badmus, B.S., Olurin, O.T., Ojekunle, Z.O., (2018). Evaluation of seasonal variation of water quality using multivariate statistical analysis and irrigation parameter indices in Ajakanga area, Ibadan, Nigeria. *Applied Water Science*, 8, 35.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E., Fevzioğlu, S., (2010). Determination of water quality of Fırtına Stream (Rize) in terms of physico-chemical aspects. *Ecology*, 19(76), 25–35.
- Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., Ploeg, M., Zee, S., E.A.T.M. Ritsema, C.J., (2015). Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(1), 57-65,
- Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., Reddi, L., (2016). Water quality assessment and apportionment of pollution sources using APCS-MLR and PMF receptor modeling techniques in three major rivers of South Florida. *Science of the Total Environment*, 566-567, 1552-1567.
- Goher, M.E., Hassan, A.M., Abdel-Moniem, I.A., Fahmy, A.H., El-sayed, S.E., (2014). Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(3), 225-233.

- Gyimah, R.A.A., Gyamfi, C., Anornu G.K., Karikari A.Y., Tsyawo F.W., (2020). Multivariate statistical analysis of water quality of the Densu River, Ghana. *International Journal of River Basin Management*, 19(2), 189-199.
- Han, Q., Tong, R., Sun, W., Zhao, Y., Yu, J., Wang, G., Shrestha, S., Jin, Y., (2020). Anthropogenic influences on the water quality of the Baiyangdian Lake in North China over the last decade. *Science of The Total Environment*, 701, 134929.
- Howladar, M.F., Chakma, E., Koley, N.J., Islam, S., Numanbakth, M.A. Al, Ahmed, Z., Chowdhury, T.R., Akter, S., (2021). The water quality and pollution sources assessment of Surma river, Bangladesh using, hydrochemical, multivariate statistical and water quality index methods. *Groundwater for Sustainable Development*, 12, 100523.
- Igwe, P.U., Chukwudi, C.C., Ifenatuorah, F.C., Fagbeja, I.F., Okeke, C.A., (2017). A review of environmental effects of surface water pollution. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(12), 128-137.
- Jiang, W., Meng, Y., Wang, P., (2023). An insightful metric for evaluating perceived benefits from water quality enhancement in waterscape parks: A behavioral analysis approach. *Ecological Indicators*, 157, 111292,
- Kale, A., Bandela, N., Kulkarni, J., Raut, K., (2020). Factor analysis and spatial distribution of water quality parameters of Aurangabad District, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100345.
- Kamal, U.A., (2018). Surface water quality modeling by regression analysis and artificial neural network.

- Advances in Waste Management, Springer, Singapore. 215-230.
- Kar, M., Leblebici, Z., (2020). Using multivariate statistical techniques to evaluate the quality of water reservoirs: the example of Yamula Dam Lake, Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering Sciences 20(2), 189–195.
- Khatri, N., Tyagi, S., (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. Frontiers in Life Science, 8(1), 23-39.
- Lei, C., Wagner, P.D., Fohrer, N., (2021). Effects of land cover, topography, and soil on stream water quality at multiple spatial and seasonal scales in a German lowland catchment. Ecological Indicators. 120, 106940.
- Li, L., Wu, J., Lu, J., Li, K., Zhang, X., Min, X., Gao, C., Xu, J., (2022). Water quality evaluation and ecological-health risk assessment on trace elements in surface water of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau. Ecotoxicology and Environmental Safety, 241, 113775.
- Li, T., Li, S., Liang, C., Bush, R.T., Xiong, L., Jiang, Y., (2018). A comparative assessment of Australia's Lower Lakes water quality under extreme drought and post-drought conditions using multivariate statistical techniques. Journal of Cleaner Production, 190(20), 1–11.
- Mutlu, E., Yanık, T., Demir, T., (2013). Horohon Stream (Hafik-Sivas) water quality characteristics and monthly variations 25(B), 45–57.
- Mutlu, E., Uncumusaoğlu, A.A., (2016). Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology,

4(11), 991–998.

- Njuguna, S.M., Onyango, J.A., Githaiga, K.B., Gituru, R.W., Yan, X., (2020). Application of multivariate statistical analysis and water quality index in health risk assessment by domestic use of river water. Case study of Tana River in Kenya. *Process Safety & Environmental Protection*, 133, 149–158.
- Noori, R., Sabahi, M.S., Karbassi, A.R., Baghvand, A., Taati Zadeh, H., (2010). Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*, 260(1–3), 129-136.
- Oujidi, B., Tahri, M., Layachi, M., Abid, A., Bouchnan, R., Selfati, M., Bounakhla, M., El Bouch, M., Maanan, M., Bazairi, H., Snoussi, M., (2020). Effects of the watershed on the seasonal variation of the surface water quality of a post-restoration coastal wetland: The case of the Nador lagoon (Mediterranean sea, Morocco). *Regional Studies in Marine Science*, 35, 101127.
- Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., Shinde, D., Huang, C.H., (2006). Assessment of seasonal variations in surface water quality. *Water Research*. 40(20), 3800–3810.
- Peñas, F.J., Álvarez-Cabria, M., Sainz-Bariain, M., Mata-Campo, M.P., Pérez-Haase, A., Ventura, M., Polo-Gómez, M.J., Alonso, C., Granados, I., Morellón, M., Pérez-Martínez, C., Rubio-Romeo, A., Carrillo, P., Zamora-Muñoz, C., Valladolid-Martín, M., Camarero, L., Gacia, E., Puig, M., Buchaca, T., Barquín, J., (2023). An evaluation of freshwater monitoring programs in ILTER nodes and mountain national parks: identifying key variables to monitor global change effects. *Biodiversity and Conservation*, 32, 65-94.

- Rusydi, A.F., (2018). Correlation between conductivity and total dissolved in various type of water: A review. Global Colloquium on GeoSciences and Engineering, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 118. 012019.
- Sarda, P., Sadgir, P., (2015). Assessment of multi parameters of water quality in surface water bodies - A review. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 3(8), 331-336.
- Sasakova, N., Gregova, G., Takacova, D., Mojzisova, J., Papajova, I., Venglovsky, J., Szaboova T. and Kovacova S., (2018). Pollution of surface and ground water by sources related to agricultural activities. Frontiers in Sustainable Food Systems, 2, 1-11.
- Serdar, O., Turan, D., (2005). Determination of water quality in physico-chemical structure of the River Iyidere (Trabzon). Ecology, 15(57), 7-16.
- Shrestha, S., Kazama, F., (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software, 22(4), 464-475.
- Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., Kouimtzis, Th., (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Water Research, 37(17), 4119-4124.
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., Sinha, S., (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): A case study, Water Research, 38(18), 3980-3992.
- Soyalsan, İ.İ., Hepdeniz, K., (2020). Preparation of Bucak Basin groundwater hardness map by using geographical

- information systems (GIS) and interpretation of rock-water interaction. *European Journal of Science and Technology*, 18, 99-108.
- Stone, M.L., Roeske, K., Chintapenta, L.K., Phalen, L., Kalavacharla, V., Ozbay, G., (2016). Water quality analysis of agriculturally impacted tidal Blackbird Stream, Creek. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 1–7.
- Tiri, A., Belkhiri, L., Mouni, L., (2018). Evaluation of surface water quality for drinking purposes using fuzzy inference system. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 235-244.
- Ustaoğlu, F., Tepe, Y., Taş, B., (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, 113, 105815.
- Varol, M., (2020a). Spatio-temporal changes in surface water quality and sediment phosphorus content of a large reservoir in Turkey. *Environmental Pollution*, 259, 113860.
- Varol, M., (2020b). Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressors: A case study. *Environmental Pollution*, 266(3), 115417.
- Varol, S., Köse, İ., (2020). Investigation of seasonal changes of the hydrogeochemical properties and water quality of water resources within the Yazır Lake Basin (Çavdır/Burdur). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(3), 201–214.
- Van Griensven, A., Meixner, T., Grunwald, S., Bishop, T.,

- Diluzio, M., Srinivasan, R., (2006). A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. *Journal of Hydrology*, 324(1–4), 10–23.
- Venkatramanan, S., Chung, S.Y., Lee, S.Y., Park, N., (2014). Assessment of river water quality via environmentric multivariate statistical tools and water quality index: A case study of Nakdong River Basin, Korea. *Carpathian Journal of Earth Environmental Sciences*, 9(2), 125-132.
- Regulation, S., (2012). Official Gazette, in: Turkish Surface Water Quality Management Regulation, 30 November Friday, 28483, 1–26.
- Walker, D.B., Baumgartner, D.J., Gerba, C.P., Fitzsimmons, K., (2019). Chapter 16 - Surface Water Pollution, *Environmental and Pollution Science (Third Edition)*, Academic Press, 261-292.
- Zanotti, C., Rotiroti, M., Fumagalli, L., Stefania, G.A., Canonaco, F., Stefenelli, G., Prévôt, A.S.H., Leoni, B., Bonomi, T., (2019). Groundwater and surface water quality characterization through positive matrix factorization combined with GIS approach. *Water Research*, 159, 122–134.

EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMLERİ, KULLANIM ALANLARI VE TEKSTİL UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI

Kamile GÖK¹

Devrim SOYASLAN²

1. GİRİŞ

Eklemeli imalat yöntemleri, geleneksel bilgisayar destekli talaş kaldırma yöntemlerinin aksine malzemenin birleşerek katmanlar halinde üst üste eklenmesiyle oluşan imalat yöntemidir. Karmaşık yapı ve serbest formlu objelerin üretilmesini sağlayan pratik bir imalat yöntemidir. Eklemeli imalat yöntemleri son yıllarda oldukça önem kazanmış ve gelecekte de hayatımızın her alanında sıkça göreceğimiz önemli bir teknolojidir. Bu alanlar arasında uzay, havacılık, sağlık, inşaat, enerji ve tekstil gibi alanlar yer almaktadır. Bu çalışmada; eklemeli imalat yöntemleri, kullanılan teknolojiler, geleneksel yöntemlere göre avantajları, kullanım alanları ve tekstil uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

2. EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMLERİ

Literatür incelendiğinde çok sayıda eklemeli imalat yönteminin bulunduğu tespit edilmiştir. ASTM F42 standardına göre eklemeli imalat teknolojileri yedi alt gruba ayrılmaktadır. Bu

¹ Makine Mühendisliği Yüksek Lisans, Burdur Mehmet Akif Ersoy, Mühendislik-Mimarlık, Makine Mühendisliği, kamilegok_98@hotmail.com.

² Doç. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy / Mühendislik-Mimarlık / Makine Mühendisliği, dsayaslan@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5145-8551.

yöntemler Tablo 1’de verilmiş ve sonra ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

Tablo 1. Eklemeli İmalat Teknolojileri

ASTM Kategorisi	Çalışma Prensipleri	Örnek Teknoloji
Plaka Tabakalaştırma	Malzemelerin sac/folyoları yapıştırılmıştır.	Lamine Nesne İmalatı (LOM)
Malzeme Ekstrüzyonu	Malzeme, seçici olarak bir nozul veya orifisten (ağız) dışarı itilir.	Eriyik Yığarak Modelleme (FDM)
Foto polimerizasyon	Havuzdaki sıvı polimer lazerle sertleştirilir.	Stereolitografi (SLA) Dijital Işık İşleme (DLP)
Malzeme Püskürtme	İnşa malzemesinin damlacıkları biriktirilir.	Çoklu Püskürtme (PJ)
Toz Yataklı Birleştirme	Lazer enerjisi, tabladaki toz yatağındaki malzemenin birleştirilmesidir.	Seçmeli Lazer Sinterleme (SLS) Direk Metal Lazer Sinterleme (DMLS) Seçmeli Lazer Ergitme (SLM) Elektron Işınlı Ergitme (EBM)
Direkt Enerji Biriktirme	Odaklanmış lazer enerjisi ile malzemeler eritilir.	Lazerle Net Şekillendirme (LENS) Elektron Işınlı Eklemeli İmalat (EBAM)
Yapıştırıcı Püskürtme	Parçacıklar birbirine yapıştırılarak katman katman inşa edilir.	Bağlayıcı Püskürtme (BJ)

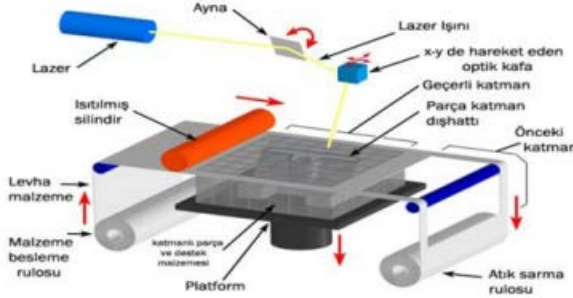
2.1. Lamine Nesne İmalatı (Laminated Object Manufacturing – LOM)

Lamine nesne imalatı (LOM) parçanın imalatında ekleme ve çıkartma işlemlerinin ortak kullanıldığı bir teknolojidir. Kullanılan hammaddeler sac formunda olup karbondioksit tabanlı lazer ile belirli programlarla elde edilen üç boyutlu geometrik veriye göre kesme işlemi yapılır. Kesme işleminden sonra platform belirli kalınlık kadar aşağı indirilir ve üzerine yeni hammadde sac getirilir. Katmanlar termal bir bağlayıcı ile basınç ve ısıtma işlemleriyle birbirine yapıştırılır ve üç boyutlu obje elde

edilir. (Ramya, 2016). Son işlem adımı, destek yapılara ihtiyacın olmaması ve düşük maliyet LOM teknolojisinin avantajlarından biridir. Kesilen malzemenin yeniden kullanılamamasıyla birlikte israf olmasıdır.

Şekil 1’de LOM teknolojisinin şematik gösterimi verilmiştir.

Şekil 1. LOM Teknolojisi Şematik Gösterimi



Kaynak: (Akgümüş Gök, Kılıçteke, Gök, & Necdet, 2023)

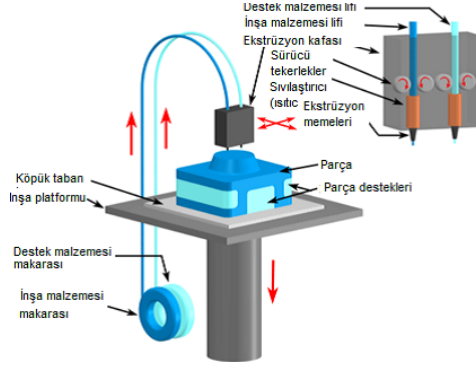
2.2. Eriyik Yığarak Modelleme (Fused Deposition Modeling – FDM)

FDM teknolojisi, üç boyutlu yazıcı teknolojilerinde ilk akla gelen eklemeli imalat teknolojisidir. Maliyetinin düşük olması ve FDM teknolojisi ile çalışan birçok masaüstü tipi yazıcı modelinin olması yaygın olarak kullanılmasında etkilidir. FDM teknolojisinde makaralara sarılmış, genelde PLA, ABS ve karbon fiber malzemelerden elde edilmiş filamentler kullanılır. FDM teknolojisinde, Şekil 2’de gösterildiği gibi filament ekstrüzyon kafasındaki yuvaya yerleştirilir ve ısıtılarak dilimleme programında elde edilen kodlara göre objeyi katman katman oluşturur (Wong & Hernandez, 2012).

FDM teknoloji ile üretim sonunda nesnenin dış yüzeyinde izler görülebilir ve bu pürüzler zımpara ile azaltılabilir. FDM

teknolojisinin diğer eklemeli imalat teknolojilerine göre avantajlı olmasının sebebi; yazıcı maliyetinin düşük olması, kullanım kolaylığı ve çevre dostu olmasıdır.

Şekil 2. FDM Şematik Gösterimi

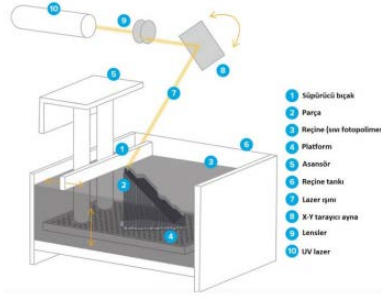


Kaynak: (Özsoy & Duman, 2017, s. 41)

2.3. Stereolitografi (SLA)

SLA teknolojisinin esasını, oda sıcaklığında sıvı haldeki reçine tabakasının ultraviyole lazer ışını vasıtasıyla belirli bölgelerinin katılaştırılması oluşturur. Lazer ışını parça geometrisine uygun olarak reçine üzerinde gezdirilir ve katılaşması sağlanır. Ardından iş parçasının bulunduğu platform katman kalınlığı kadar aşağı indirilir ve yeni fotopolimer sıvı alt katın üzerine sıvanır bu döngü nihai parça imal edilesiye kadar sürdürülür. SLA üretim teknolojisinin üretim maliyeti düşüktür. Bu yöntem ile karmaşık şekilli parçaların üretimi mümkündür. SLA yöntemi, karmaşık nanokompozitler üretmek için etkili bir yöntemdir. Fakat SLA teknolojisinde kullanılan reçine ve cihazların maliyeti fazladır. SLA eklemeli imalat teknolojisinin şematik gösterimi Şekil.3’de verilmiştir (Sürmen, 2019).

Şekil 3. SLA Şematik Gösterimi

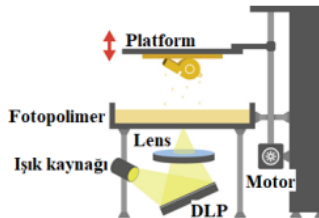


Kaynak: (Özer, 2020)

2.4. Dijital Işık İşleme (Digital Light Processing - DLP)

DLP ve SLA teknolojileri birbirine çokça benzeyen iki eklemeli imalat teknolojisidir. Aralarındaki fark ışık kaynaklarının farklı olmasıdır. DLP teknolojisinde içinde reçine bulunan havuzda bir projektör vardır. DLP tekniğinde projektör, tek seferde tüm katman yüzeyine etki ederek daha hızlı baskı hızlarına ulaşabilir. DLP teknolojisi ile üretilen objede projektörün yansıdığı tüm katmanlardaki imajlar piksellerden oluştuğu için katman kenarlarında küçük dörtgensel hacimler meydana gelebilir. Bundan dolayı yüksek çözünürlükte parça istenirse SLA teknolojisi daha uygundur. DLP baskı teknolojisinin şematik gösterimi Şekil 4’ de verilmiştir (Sürmen, 2019).

Şekil 4. DLP Şematik Gösterimi

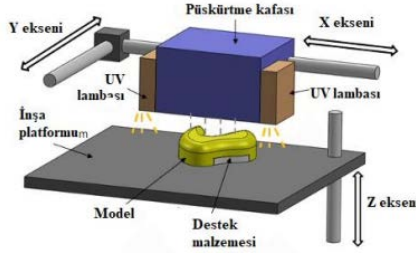


Kaynak: (Sürmen, 2019)

2.5. Çoklu Püskürtme (Polyjet – PJ)

Çoklu malzeme püskürtme yöntemi olan PJ, fotopolimer reçine malzemesini püskürterek 3B nesneler üretir. PJ teknolojisi renkli parçalar üretmek için kullanılır. Baskı hızı yüksek olan bu teknoloji ile basılacak nesnenin bazı kısımları yumuşak ve sert özellikli olarak ayarlanabilir. Böylece bir nesne üzerinde farklı mekanik özelliklere sahip kısımlar elde edilebilir. Tablaya püskürtülen reçine UV ışını ile kürleştirme işlemine maruz kalır. Katmanlar halinde işlem devam eder ve üç boyutlu nesne elde edilir. (Sürmen, 2019). PJ çalışma prensibi Şekil 5’de verilmiştir.

Şekil 5. PJ Çalışma Prensibi



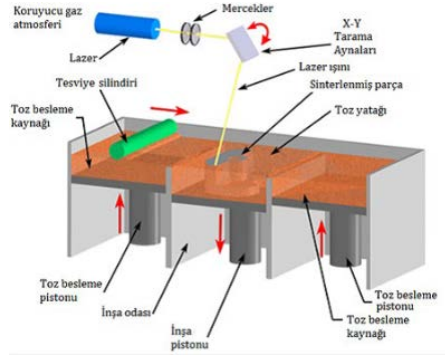
Kaynak: (Sürmen, 2019)

2.6. Seçmeli Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering-SLS)

SLS teknolojisinde obje, Şekil 6’da gösterildiği gibi lazer ışını ile toz halde bulunan hammadde sinterlenerek tozların birleşmesiyle nesne oluşturulur. Bu teknolojiye tozların tamamı eritilmeden birbirine yapıştırılır. Birbirine yapıştırılmayan tozlar ise destek görevi görürler ve imalatın sonunda nesne tozlardan temizlenerek çıkartılır. SLS teknolojisinde metal, seramik ve cam gibi malzemeler kullanılabilir. SLS teknolojisi ile üretilen nesnelerde iç gerilmeler oluşabilir ve bu da gerilme giderme tavlaması ile engellenebilir. Eklemeli imalat sektöründe popüler olan SLS teknolojiinde güçlü bir lazer kaynağına ihtiyaç

duyulduğundan dolayı teknolojinin maliyetini arttırmaktadır (Sürmen, 2019).

Şekil 6. SLS Çalışma Prensipli



Kaynak: (Özer, 2020)

2.7.Direkt Metal Lazer Sinterleme (Direct Metal Laser Sintering-DMSL)

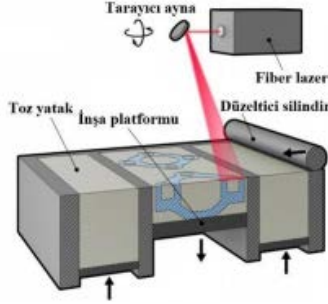
DMSL teknolojisi, seçmeli lazer sinterlemesi teknolojisinde yapılan değişikliklerle ortaya çıkmıştır. İnce yapıların üretiminde tercih edilen bir yöntemdir. Çoğu metal alaşımları için uygun olup metal parça üretiminde en etkili yöntemdir. Yüksek mukavemet, hızlı prototipleme avantajlarına sahip olup yüksek enerji ve yatırım maliyetinden dolayı dezavantaja sahiptir (Sürmen, 2019).

2.8.Seçmeli Lazer Ergitme (Selective Laser Melting-SLM)

SLM teknolojisi, SLS eklemeli imalat teknolojisinin özelliklerine benzer bir yöntemdir. SLS yönteminden farklı sinterleme yerine eritme yapılmaktadır (Sürmen, 2019). Tabla üzerine serilen metal tozlara lazer ışını yansıtılarak erime işlemi yapılır ve böylece üç boyutlu nesne oluşturulur (Oğuz, 2019).

Şekil 7’de SLM teknolojisinin şematik gösterimi verilmiştir.

Şekil 7. SLM Şematik Gösterimi



Kaynak: (Özer, 2020)

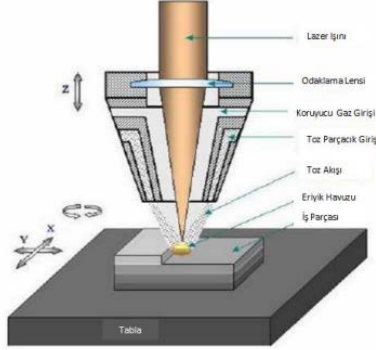
2.9. Elektron Işınlı Ergitme (Electron Beam Melting-EBM)

Elektron ışınlı eritme teknolojisinde, vakum ortamında tablaya serilmiş metal tozlarına elektron ışını tarafından tam ergitme yöntemi yapılarak üç boyutlu obje oluşturulmaktadır. Geometrik veriye göre birbirine kaynaştırılan tozlar katman oluşturur ve tabla seviye seviye aşağı indirilerek katman üzerine yeni katmanlar oluşturulur. EBM yüksek mukavemetli nesnelerin üretiminde çokça tercih edilen bir eklemeli imalat teknolojisidir (Sürmen, 2019).

2.10. Lazerle Net Şekillendirme (Laser Engineered Net Shape-LENS)

Şekil 8'de gösterildiği gibi argon gazıya doldurulmuş kapalı alan içerisinde lazerle eritilmiş havuz içerisine bir nozul toz malzeme püskürtülür. Püskürtülen malzeme soğuyarak katılaşır. Sıcaklık değişiminden dolayı gerilmeler oluşabilir ve dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Titanyum, alüminyum, takım çeliği ve bakır alaşımlı metaller için bu yöntem kullanılmaktadır (Sürmen, 2019).

Şekil 8. Lazerle Net Şekillendirme Şematik Gösterimi

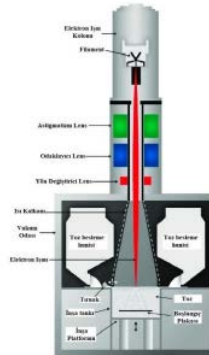


Kaynak:(Çelik & Özkan, 2017)

2.11. Elektron Işınlı Eklemeli İmalat (Electron Beam Additive Manufacturing-EBAM)

Elektron ışınlı eklemeli imalat teknolojisi, LENS teknolojiye çok benzemektedir. Farkı EBAM teknolojisinde lazer yerine, elektron ışını kullanılması ve işlemin vakum altında yapılmasıdır. Elektron ışını ile metal toz veya metal kablo malzemeleri kaynatarak birleştirme yapılarak metal malzeme elde edilir (Sürmen, 2019). Şekil 9’da EBAM teknolojisinin şematik gösterimi verilmiştir.

Şekil 9. Elektron Işınlı Eklemeli İmalat Şematik Gösterimi



Kaynak:(Özer, 2020)

2.12. Bağlayıcı (Yapıştırıcı) Püskürtme (Binder Jetting-BJ)

BJ eklemeli imalat teknolojisinde toz malzeme üzerine sıvı bağlayıcı ekleyerek katı cisimler elde edilir. Platform aşağı indirilerek toz malzeme önceden oluşturulmuş katman üzerine serilir. Bu işlem üç boyutlu cisim oluşuncaya kadar devam eder. BJ eklemeli imalat teknolojisinde metal, seramik, kum malzemeler kullanılabilir ve boyutu büyük parçalar üretilebilmektedir. Isıtma işlemi olmadığı için boyutsal distorsiyonların olmaması ve geniş malzeme seçeneğinden dolayı renkli parçaların üretilebilmesi BJ teknolojinin avantajlarındanıdır.

3. EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMLERİNİN AVANTAJLARI

Literatür taraması incelendiğinde, geleneksel yöntemlere kıyasla eklemeli imalat yöntemlerinin bazı avantajları karşımıza çıkmaktadır. Bu avantajlardan bazıları şunlardır.

Geleneksel imalatın aksine eklemeli imalat yöntemleri hammaddenin doğrudan kullanılmasını içerdığı için atık üretimini minimumda tutmaktadır (Tezel, Topal, & Kovan, 2018).

Geleneksel imalat yöntemleriyle karmaşık geometrili tasarımların üretim sürecinde zorluklar yaşanabilir. Eklemeli imalat yöntemleriyle bu karmaşık geometrili tasarımlar daha az maliyetle ve daha hızlı bir şekilde üretilebilir.

Eklemeli imalat teknolojilerinde üretim aşamasında özel kalıplar vb. gerek duyulmamasından dolayı kalıp tasarımında ve işçilik, maliyet kazancı gibi avantajlara sahiptir.

4. EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMLERİNDE SON TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Eklemeli imalat yöntemleri günümüzde yenilikçi üretim teknolojisi olup, havacılık, uzay, tıp, enerji, inşaat ve tekstil gibi alanlarda kullanılmaktadır. Teknolojinin her geçen gün hızla gelişmesiyle birlikte bu alanlarda eklemeli imalat yöntemleriyle üretilen ürünlerde gelişmektedir.

4.1. Tıp Alanında Eklemeli İmalat

Tıp alanında eklemeli imalat teknolojilerinin kullanımına dair yapılan literatür taramasında son on yılda tıbbi ekipmanların üretiminde eklemeli imalatın önemli rol oynadığı görülmektedir. Tıbbi ekipmanlarda ki karmaşık tasarımlı parçalar bu yöntemle üretilmektedir. Öte yandan eklemeli imalat yöntemleri ile kişiye özel implant, protez ve yapay organ üretebilmekte ve çalışmaları halen devam etmektedir. Eklemeli imalat teknolojisinin yakın zamanda tıbbi ekipmanları düşük maliyetle ve yüksek hızda üretebilmesiyle devrim niteliğinde yenilikler getireceği öngörülmektedir (Bozkurt, Gülsoy, & Karayel, 2021).

Şekil 10. Eklemeli İmalat Yöntemiyle Üretilen Biyonik Kulak ve Yüz Siperliği



Kaynak: (Bozkurt, Gülsoy, & Karayel, 2021)

4.2. Havacılık-Uzay Alanında Eklemeli İmalat

Diğer alanlarda olduğu gibi eklemeli imalat yöntemlerinin kullanımı havacılık-uzay alanında da hızla artmaktadır. Havacılıkta jet motor parçaları, iniş takım parçaları ve karmaşık tasarımlı parçaların üretimi günümüzde eklemeli imalat yöntemleriyle yapılabilmektedir. Havacılık alanında son

zamanlarda yoğun çalışmalar yapan BAE Systems, 3B yazıcıları askeri uçakların içine yerleştirerek ihtiyaç durumunda insansız hava araçlarının üretilebileceğini öngörmektedir (Katmanlı İmalat Teknolojileri ve Havacılık Uygulamaları, 2016).

Havacılıkla birlikte uzay alanında da eklemeli imalat teknolojileri hızla gelişmektedir. 2015 yılında NASA'nın düzenlemiş olduğu 3D Baskılı Habitat Yarışması düzenlenmiş ve 3D teknolojisi ile Mars'ta eklemeli imalat ile üretilabilen habitat alanları tasarlanmıştır. 2019 yılında tasarlanan bu yapılar 3D yazıcılarla üretilmiş ve belirlenen testlerden geçerek olumlu sonuçlar göstermiştir (Kırıcı & Dinç Kalaycı, 2024). Böylece 3D baskı ile Mars yüzeyinde habitat alanları oluşturulabilecektir.

Şekil 11. Team LavaHive Tarafından Hazırlanan Mars Habitat Tasarımı



Kaynak: (Kırıcı & Dinç Kalaycı, 2024).

Şekil 12. Al. Spacefactory Tarafından Tasarlanan Marsha Tasarımı



Kaynak: (Kırıcı & Dinç Kalaycı, 2024).

4.3. Mimarlık-İnşaat Alanında Eklemeli İmalat

Mimari yapılarda gün geçtikçe artan karmaşık tasarımlı ve boşluklu yapıların tasarlanması eklemeli imalat teknolojilerine ilgiyi arttırmaya başlamıştır. Yapı inşaatında kullanılan kalıpların üretimi de eklemeli imalat yöntemleri ile yapılabilmektedir. SLS teknolojisi ile primecast malzemesinden kalıp, SLS ve DMLS teknolojileri ile üretilen mikro soğutuculu etkin enerjili kalıplar üretilmektedir (Özer, 2020).

4.4. Otomotiv Alanında Eklemeli İmalat

Otomotiv endüstrisi dünya çapında en rekabetçi endüstrilerden biridir. Sürekli olarak yeni tasarımlar ve trendler ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı otomotiv endüstrine uyum sağlamak için yeni üretim teknolojilerinden olan eklemeli imalat yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Eklemeli imalat, ürün tasarımında esneklik sağlayarak talep üzerine özelleştirilmiş araç ürünleri üreterek otomotiv alanında rekabet avantajı sağlar (Özer, 2020). Aynı zamanda kalıp sektöründe eklemeli imalat yöntemleri önemli bir yerdedir. Örneğin, otomotiv sektöründen olan Ford firması FDM eklemeli imalat teknolojisi kullanılarak montaj kalıpları üretmiştir. Eklemeli imalat teknolojisi ile üretilen fiktür geleneksel muadilden %50 daha az maliyetli ve ağırlığı daha hafiftir (Doruk, 2021).

Şekil 13. FDM ile Üretilen Montaj Kalıbı



Kaynak: (Doruk, 2021)

4.5. Tekstil Alanında Eklemeli İmalat

Teknolojinin ilerlemesi ve kişisel beklentilere de yanıt verebilmesinden dolayı birçok sektörde eklemeli imalat yöntemlerinin aktif kullanılması istenmektedir. Bu sektörlerden biri de tekstil sektörüdür. Son 20 yıldır eklemeli imalat sistemleri ile tekstil ürünlerinin üretimi üzerine çalışılmaktadır (Avcı, Sezer, & Eren, 2019). Eklemeli imalat yöntemleri ile üretilen bazı teknik tekstiller arasında otomotiv, havacılık, askeri, spor ve tıbbi tekstiller yer almaktadır.

4.5.1. Eklemeli İmalat Yöntemleri İle Spor Tekstilleri

Son yıllarda eklemeli imalat yöntemleri kullanılarak spor malzemeleri üretilmeye başlanmıştır. 2023 yılında NBA resmi basketbol topu markası Wilston, 3B yazıcılar ile havasız basketbol topu prototipi üretmiş ve tanıtmıştır (Yığman, 2023). 3D baskı yöntemi ile üretilen havasız basketbol topunun patlama riski olmadan normal bir basketbol topu ile benzer seviyede performans sunabildiği aktarılmıştır (Tunçer, 2023).

Şekil 14. Wilson Havasız Basketbol Topu



Kaynak:(Yığman, 2023)

3D baskı teknolojilerinin gelişmesi devam ederken 3D teknolojilere akıllı malzemelerin eklenmesiyle 4D baskı kavramı ortaya çıkmıştır. 4D baskı yöntemleri 3D baskı yöntemleri ile çok benzerdir. 4D baskı teknolojilerinin kullanımı tekstil alanında da yavaş yavaş artmaktadır. Pauline Van Dongen Stüdyosu'nda uzun atlama sporcuları için 4D baskı teknolojisi ile fizyolojik stres ve zorlanma ile ilişkili olarak şekil ve biçim

değiştirebilme özelliğine sahip giysi üretmiştir. Giysinin tasarımında yan taraflarında yusufluk kanatlarından esinlenilmiştir. Koşma halinde kanatçıklar kapalı, atlama sırasında kollar dönüp bacakların açılmasıyla kanatçıklar açılmaktadır. Böylece havada kalma süresi artarak sporcunun performansını arttırmaktadır (Erdem Akgün, 2022).

Şekil 15. Uzun Atlama Sporcuları İçin Yüksek Performans Giysisi



Kaynak: (Erdem Akgün, 2022)

Spor tekstillerinin üretiminde günümüzde Adidas, Nike ve New Balance gibi ayakkabı üreten firmalar eklemeli imalat yöntemlerinden olan SDM, SLS ve SLA yöntemleriyle ayakkabı üretmektedir. Geleneksel yöntemlerle tek bir çift ayakkabı 1 saat 20 dakika gibi bir sürede üretilirken eklemeli imalat yöntemleri ile bu süre 20 dakikalara kadar düşmüştür (Alan, 2021).

Şekil 16. Eklemeli İmalat Teknolojisi ile Üretilen Adidas Spor Ayakkabı



Kaynak: (Doruk, 2021).

4.5.2. Eklemeli İmalat ile Tıbbi Tekstiller

Sağlık sektöründe eklemeli imalat ile üretilen tıbbi ekipmanların gelişmesi ile birlikte tıbbi tekstiller de üretilmeye başlanmıştır. Eklemeli imalat ile tekstil üzerine yumuşak ve sert malzemelerin bir arada kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Böylece eklem hareketini desteklemek ve eski haline getirmek için kişiselleştirilebilir ortopedik ekipmanların üretilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca eklemeli imalat ile eklem yaralanmalarından sonra hareket kısıtlaması amacıyla, örme kumaşlar ile kombinasyon oluşturabilecek parçalar da üretilmektedir (Sitotaw, Ahrendt, Kyosev, & Kabish, 2020).

Şekil 17. Eklemeli İmalat ile Üretilmiş Ortopedik Sargı



Kaynak: (Sitotaw, Ahrendt, Kyosev, & Kabish, 2020)

4.5.3. Eklemeli İmalat ile Otomotiv Tekstiller

Eklemeli imalat ile üretilen malzemelerden biri de otomotiv tekstilleridir. Eklemeli imalat teknolojileri ile tasarım esnekliğine sahip ve kişiselleştirilmiş ürünlerin üretilmesi mümkündür. Buna örnek olarak Mart 2020 yılında otomotiv sektörünün popülerlerinden olan Porsche, 3B baskı ve kafes tasarımından yararlanılarak üretilen yeni bir spor arabası koltuğu konseptini tanıtmıştır. Eklemeli imalat yöntemleri ile üretilen koltuklar, müşterinin özel vücut hatlarına göre kişiselleştirilip üretililecektir (Doruk, 2021).

Şekil 18. Porsche 3B Baskılı Özel Koltuklar

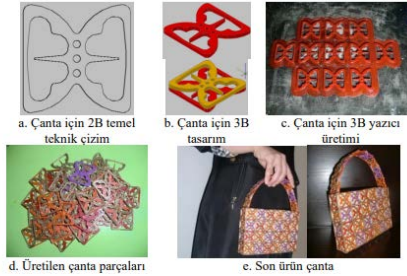


Kaynak: (Doruk, 2021)

4.5.4. Eklemeli İmalat ile Aksesuar Tekstiller

3B yazıcıların kullanımının artmasıyla birlikte moda ve tekstil endüstrisinde üretim yelpazesi genişlemiştir. 3B baskı ile üretilen giysilerle birlikte bedene takılan kişiye özgü tekstil aksesuarları da üretilmeye başlanmıştır. 3B baskı ile üretilen Şekil 19’da temel bir desen oluşturulmuştur. Farklı renklerde 3B baskı ile üretilen parçalar birleştirilerek obje elde edilmiştir. Eklemeli imalat yöntemi ile üretilen çanta an için 33 saatte 142 parça üretilmiş (Can & Arabacı, 2021).

Şekil 19. Eklemeli İmalat ile Çanta Üretimi



Kaynak: (Can & Arabacı, 2021).

2019 yılında İngiliz tasarımcı Catherine Wales, Hollanda’daki Arnhem Mode Bienali’nde 3B baskı ile üretilmiş Project DNA koleksiyonunu tanıtmıştır. Wales ayrıca koleksiyondaki aksesuarları müşterilerinin kullanımına sunmuş ve istek üzerine kişiye özgü ölçülere uygun aksesuarların basılmasını sağlamıştır. 8 adet parçadan oluşan ve 3B yazılar ile

üretilen koleksiyon; tüylü omuz aksesuarı, maske, bel aksesuarları ve iskelet korseden oluşmaktadır (Demir & Kozbekçi Ayranpınar, 2024).

Şekil 20. Project DNA Koleksiyonu 3B Aksesuarları



Kaynak: (Demir & Kozbekçi Ayranpınar, 2024)

5. SONUÇ

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte imalat yöntemlerinde yeni teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de eklemeli imalat yöntemleridir. Bu çalışmada eklemeli imalat yöntemleri, avantajları, kullanım alanları ve son teknolojik gelişmelerden bahsedilmiştir.

Üretilmek istenilen objenin hammaddesine bakılarak eklemeli imalat yöntemi seçilmekte ve objenin üretimi gerçekleştirilmektedir. Eklemeli imalat yöntemleri ile geleneksel yöntemlere kıyasla daha az maliyetle, daha hızlı ve daha az atıkla üretim gerçekleştirilmektedir. Bu sayılan avantajlarından dolayı eklemeli imalat yöntemlerinin pek çok sektörde kullanımı artmaktadır. Bu sektörler arasında; havacılık, uzay, inşaat ve mimari, tıp, otomotiv ve tekstil sektörleri önde gelmektedir. Bu avantajlarının yanı sıra eklemeli imalat yöntemleri, sunduğu geniş tasarım olanakları nedeniyle, kişiselleştirilmiş nesnelerin üretiminde çokça kullanılmaktadır. Böylece kişiye özel tıbbi ekipmanlar ve organlar, spor ekipmanları, otomotiv ekipmanları ve tekstil ürünleri gibi çok farklı endüstriye hitap edecek ürün, eklemeli imalat yöntemleri ile üretilmektedir.

Eklemeli imalat yöntemlerinde geleneksel yöntemlere kıyasla atık oluşmaması, bu yöntemlerin çevreci yönünü de ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca kalıplama maliyetlerinin olmaması ve işçilik maliyetlerinin en aza inmesi, parça üretim maliyetini de azaltarak parça başına düşen karbon ayak izini de minimize etmektedir.

Tasarımda sınırların kalkması ve az maliyetle daha fazla parça üretimi nedeniyle yakın gelecekte eklemeli imalat yöntemleriyle üretimin artacağı ve her alanda devrim niteliğinde yenilikler getireceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Sitotaw, D. B., Ahrendt, D., Kyosev, Y., & Kabish, A. K. (2020). Additive Manufacturing and Textiles-State-of-the-Art. *Applied Sciences*, 9.
- Akgümüş Gök, D., Kılıçtek, S., Gök, S., & Necdet, Y. (2023, Nisan 24). Katmanlı imalat teknolojilerinin karşılaştırılmasına yönelik bir araştırma. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, s. 521.
- Alan, M. A. (2021). Gelecekte Geleceğe: 3B Yazıcılar ile Ehram Kumaşa Desen Uygulamasının İncelenmesi. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 7.
- Avcı, G., Sezer, H. K., & Eren, O. (2019). Tekstil Sektöründe Eklemeli İmalat Yaklaşımı: 3B yazıcılar ile deneysel çalışma. *Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu*, s. 2.
- Can, Ö., & Arabacı, H. (2021, Kasım 9). 3 Boyutlu yazıcıların moda aksesuarları üretiminde kullanılması. *Uluslararası 3B yazıcı teknolojileri ve dijital dönüşüm dergisi*, s. 450.
- Çelik, K., & Özkan, A. (2017). Eklemeli İmalat Yöntemleri İle Üretim ve Onarım Uygulamaları. *Düzce üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi*, s. 111.
- Demir, E., & Kozbekçi Ayrancı, S. (2024, Şubat 27). 3B Yazıcıların Tekstil ve Moda Sektöründe Kullanımına Örnek Bir Çalışma. *Araştırma Makalesi*, s. 31-32.
- Doruk, H. (2021, Ocak). *Markut*. <https://markut.net> adresinden alınmıştır
- Erdem Akgün, D. (2022). 4D Baskı Teknolojileri ve Tekstilde Kullanım Alanları. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1123.

- Oğuz, (2019, 11 19). eklemeliimalat.net: <https://eklemeliimalat.net/eklemeli-imalat-teknolojileri-nelerdir/> adresinden alınmıştır
- Özer, G. (2020). Eklemeli üretim teknolojileri üzerine derleme. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimleri Dergisi*, s. 613-617.
- Özsoy, K., & Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanabilirliği. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, s. 41.
- Ramya, V. (2016). 3D printing technologies in various . *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 396-409.
- Sürmen. (2019). Eklemeli İmalat (3b Baskı): Teknolojiler Ve. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 378-386.
- Tezel, T., Topal, E. S., & Kovan, V. (2018). Hibrit İmalat: Eklemeli İmalat İle Talaşlı İmalat. *Uluslararası 3B Yazıcı Teknolojileri ve Dijital Endüstri Dergisi*, 61-62.
- Tunçer, C. (2023, Şubat 21). Log: <https://www.log.com.tr/> adresinden alınmıştır
- Vasco, J. (2021). *Additive Manufacturing*.
- Wong, & Hernandez. (2012). A review of additive manufacturing. *ISRN*, 217.
- Yığman, A. (2023, Mart 14). 3dörtgenblog: <https://blog.3dortgen.com/> adresinden alınmıştır

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com