

Current Debates on Natural and Engineering Sciences

1



All Rights Reserved

It may not be reproduced in any way without the written permission of the publisher and the editor, except for short excerpts for promotion by reference.

ISBN: 978-625-7799-27-0

1st Edition

2021

Current Debates on Natural and Engineering Sciences

Bilgin Kùltür Sanat Yayın Dağıtım Pazarlama Ltd. Şti. pursuant to the law of intellectual and artistic works, it may not be quoted, copied, reproduced or published in any way without written permission.

Editors

Cengiz GÜLER

Zeynel KARACAGİL

Publisher

Engin DEVREZ

Bilgin Kùltür Sanat Yayınları

Certificate No: 20193

Selanik Cd. No: 68/10 06640 Kızılay / Ankara

Phone: 0 (312) 419 85 67 – Fax: 0 (312) 419 85 68

www.bilginkultursanat.com

bilginkultursanat@gmail.com



Contents

Improvement Suggestions for Industrial IoT Security Issues.....	8
<i>Fatih TOPALOĞLU</i>	8
FaceRecog-Net: Development of Real Time Manufacturing Employee Tracking System with Face Recognition Feature Based on Deep Learning Algorithms for Android Mobile Systems.....	15
<i>Çağlar Gürkan</i>	15
<i>Merih Palandöken</i>	15
Investigation of Collagenase and Elastase Inhibitory Potential of the Novel Coordination Compound	26
<i>Dursun KISA</i>	26
<i>Nursena YÜKSEL</i>	26
<i>Nesrin KORKMAZ</i>	26
Convergence vs. Phylogeny: Micro-Structures on Lizard Scales	33
<i>Melodi Yenmiş</i>	33
The proliferative and antioxidant effects of aqueous extracts from the edible mushroom <i>Pleurotus ostreatus</i> on healthy cells	47
<i>Salim Cerig</i>	47
Serpentine Flora of Bursa Province (Northwest Anatolia, Turkey).....	60
<i>Gülşah BAĞÇIVAN</i>	60
<i>Ruziye DAŞKIN</i>	60
Investigation of Enzyme (β -Glucosidase) Inhibitor Obtained from Marine Biofilm Bacteria	77
<i>Burcu OMUZBÜKEN</i>	77
<i>Ash KAÇAR</i>	77
<i>Sibel AVUNDUK</i>	77
<i>İdil ERDEN PAZI</i>	77
Mobil Cihazlardan İzlenebilir Pulse Oksimetre Cihazı	87
<i>Mehmet Erhan ŞAHİN</i>	87
Analysis and Assessment of Driving Behavior of Public Transportation Drivers Using Machine Learning.....	94
<i>Hüseyin KURT</i>	94
<i>Hasan Hüseyin ÇELİK</i>	94
3D Yazıcı Teknolojisiyle Bio-Benzetim Robot El.....	106
<i>Coşgun Atıl Emre</i>	106

A Multi-Objective Multi-Period Mathematical Model for the Location Problem of Temporary Emergency Treatment Facilities: A Case Study from Bakirkoy, Istanbul	111
<i>Nezir AYDIN</i>	111
<i>Zeynep ÇETİNKALE</i>	111
COVID-19 Pandemi Sürecinde Tıbbi Atık İşleme Tesislerinde Talep ve Kapasite Paylaşım Kararları	124
<i>Abmet Eray BÜLTER</i>	124
<i>İbrahim YILMAZ</i>	124
<i>Hakan ÇERÇİOĞLU</i>	124
Peyzaj Şehirciliği Kapsamında Değerlendirme: Bolu Kent Merkezi Örneği.....	135
<i>Ferhat ÖZDEN</i>	135
<i>Mihriye ÇAKMAK</i>	135
<i>Gözde OK</i>	135
<i>Merve AKKAYA</i>	135
<i>Büşra ALTAY</i>	135
<i>Emine İLKE</i>	135
Seçilmiş Çeşitli Türk Susamlarında Sesamin'in Tespiti ve Kantitatif Analizi.....	163
<i>İbrahim Seyda Uras</i>	163
Isıl İşlem Uygulanmış Süt ve Süt Ürünlerinde Lisinoalanin İçeriği	175
<i>Ezgi EDEBALI</i>	175
<i>Salih ÖZDEMİR</i>	175
<i>Cihat ÖZDEMİR</i>	175
Yapılarda Tuğla Duvarların Kaldırılmasının Düşey Düzensizliğe Etkisi.....	185
<i>Ömer Fatih SAK</i>	185
Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizine Göre Tasarım Sonuçlarının Tbdy 2019 Kapsamında Değerlendirilmesi	199
<i>Mehmet Fatih ALTAN</i>	199
<i>Osman KAYA</i>	199
<i>İsmail Çağatay TURNA</i>	199
Süneklik Düzeyi Yüksek Moment Aktaran Çelik Çerçevesel Taşıyıcı Sistemin Deprem Performansinin Değerlendirilmesi	224
<i>Sepanta NAIMİ</i>	224

<i>Eray KESKİN</i>	224
Vibratörün Ürettiği Harmonik, Sweep Sinyali Olarak Kullanılır mı ?.....	242
<i>Orban Güreli</i>	242
Günümüz Koşullarında Türkiye Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu ve Orta Asya Devletlerinin Orta Asya Bölgesindeki Sosyo-politik Gelişimi Çerçevesinde Hedef Alma Entegrasyon Eylemleri	257
<i>Moskalenko Valentin A.</i>	257
Comparison of Lead, Zinc and Copper Equilibrium Adsorption Capacities of Nano-Structured Calcium Silicate, Rice Hull Ash and Activated Carbon	270
<i>Onur Y. Özcan</i>	270
<i>Ozgul Taspinar</i>	270
Bir Dizel Enjektör Gövdesinin Alın Yüzeyinde Taşlama YanığındanKaçınmak İçin Taşlama Proses Parametrelerinin Optimizasyonuna Yönelik Deneysel Bir Çalışma	275
<i>Hasan Melih Kınacı</i>	275
<i>Mehmet Atak</i>	275
<i>Şevki Turmuş</i>	275
<i>Cemil Günhan Erbuğ</i>	275
Investigating the Loading Abilities of Pistachia Sporopollenin Exine Capsules for Drug Delivery .294	
<i>Ayşe Asiye Culum</i>	294
<i>Funda Ersoy Atalay</i>	294
<i>Harun Kaya</i>	294
<i>Emel Yigit</i>	294
Savaş Gemilerindeki Su Geçirmez Perde Yapısının Sualtı Patlama Yüklerine Karşı Optimizasyonu	299
<i>Mert Ayaz</i>	299
<i>Özgür Demir</i>	299
Volatil Composition of Ginger (<i>Zingiber Officinale</i>) in Relation to Different Cultivation Practices	321
<i>Bala Mimoza</i>	321
<i>Bujar Seiti</i>	321
<i>Dritan Topi</i>	321
Gideros Koyu (Cide-Kastamonu) Kıyı Peyzaj Tasarım Projesi.....	328
<i>Nurban Koçan</i>	328
<i>Zebra Tuğçe Öksüz</i>	328

<i>Ömer Lütfü Çorbacı</i>	328
Evaluation of Re-functioning in Terms of Conservation: The Case of Çukurhan	337
<i>Filiz KARAKUŞ</i>	337
Mor Reyhan Genotiplerinde Hasat Sayılarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi.....	351
<i>Musa TÜRKMEN</i>	351
Mikrodalga Kurutma Yöntemi ile Toprak Nem İçeriğinin Farklı Toprak Tekstürü Koşullarında Belirlenmesi.....	358
<i>Ramazan Meral</i>	358
<i>Yasin Demir</i>	358
<i>AzizeDoğan Demir</i>	358
<i>Hasan Er</i>	358
<i>Abdurrabman Şimşek</i>	358
Yeşil Reyhan Genotiplerinde Farklı Biçim Sayılarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi	364
<i>Musa TÜRKMEN</i>	364
Spatial Distribution of Soil Penetration Resistance under Long Term Apple Orchard Cultivation .	372
<i>Pelin ALABOZ</i>	372
<i>Orhan DENGİZ</i>	372
<i>Fikret SAYGIN</i>	372
Farklı Tasarım Parametrelerinin Hidrolik Kaplin Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi	381
<i>Aydın Tekerek</i>	381
<i>Şafak Akgünlü</i>	381
<i>Metin Kemal Gökçe</i>	381
<i>Alper Altınışık</i>	381
Transgenik Bitkiler İle Fitoremediasyon Üzerine Bir Araştırma.....	398
<i>İbrahim Ertan ERKAN</i>	398
<i>Özlem ARAS AŞCI</i>	398
Precise Estimation of Eddy Current Losses in Distribution Transformer Windings Using FEM....	414
<i>Osamah Al-dori</i>	414
<i>Atilla Dönük</i>	414
An innovative method about measuring moisture change of gunpowders	426
<i>Ramazan Hamza KARAKAYA</i>	426
<i>Murat ŞAHİN</i>	426

Ülkelerin Dış Borç Düzeylerine Göre Sınıflandırılmasında Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Başarısı Ve Rastgele Orman Algoritması Uygulaması	447
<i>Khanım KHALILLI</i>	447
<i>Canser BOZ</i>	447
<i>Emrah ÖNDER</i>	447
<i>Balash BABAYEVA⁴</i>	447

Improvement Suggestions for Industrial IoT Security Issues

Fatih TOPALOĞLU¹

Introduction

IIoT is one of the most important and common applications of the IoT ecosystem. The integrated application of IoT and industrial automation systems is called IIoT (Lin et al., 2015). Rapid developments in IoT have attracted the attention of companies trying to increase production quality and efficiency (Li et al., 2014). IIoT devices retrieve and analyze data from connected entities, locations, and people, processing insights based on the industrial edge.

While the security issues for IoT have not been solved yet, the penetration of IoT into the industry and the naturally uncontrollable growth of end to end interactive production networks have confronted us with even greater security challenges. In addition, factories will have to use Industry 4.0's processes and principles related to smart products and production, such as interoperability, modularity, autonomy, virtualization, real-time operation and featured internet services, in order to solve the production problems they will encounter (Hermann et al., 2015).

These challenges are the lack of security frameworks and the breadth of security issues, and are major obstacles to improving IoT security. Today, there is no common approach to cybersecurity in IoT, which leaves the door open for device manufacturers to use their approach, resulting in undeveloped or underdeveloped standards in adopting IoT security measures.

In many cases, manufacturers designing IIoT devices are forced to integrate effective security controls into product design, resulting in devices that are inactive or have little or no encryption to secure the data being transmitted. Since security is not included in the device initially, users have difficulty securing them after it is applied, they can constantly leave the door open to potential cyberattacks, causing operational downtime and loss of customer data.

The rest of the work is organized as follows. In the second part, information about Iot architecture and its properties is given. In the third part, IIoT security challenges are identified. In the fourth chapter, a set of improvement suggestions for IIoT security problems consisting of ten criteria is presented. The study is summarized in the last section.

2. IoT Architecture and Features

¹ Fatih TOPALOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi, Malatya Turgut Ozal University, Department of Computer Engineering, fatih.topaloglu@ozal.edu.tr

IoT platform is a multi-layered technology that enables direct monitoring, management and automation of connected devices in the IoT ecosystem. Basically, it connects hardware to the cloud using flexible connectivity options, enterprise-class security mechanisms, and extensive data processing powers. A platform offers a number of out-of-the-box features for developers that greatly speed up the development of applications for connectable devices, dealing with scalability and cross-device compatibility.

IoT architecture basically consists of three layers. This architecture has been widely used to describe the IoT approach (Desai et al., 2015; Ning & Hu, 2012; Romero et al., 2016; Tsai et al., 2014; Yun & Yuxin, 2010). Three layered architecture consists of perception, network and application layers given in Figure 1. The perception layer is considered as the hardware or physical layer and is used to perform the information gathering process. The middle layer is the network layer. By connecting the network layer to the application layer with the perception layer, objects can move from the perception layer to the application layer, while systems, applications and services can switch from the application layer to the perception layer. The application layer provides services and applications by analyzing and integrating the information received from the other two layers.

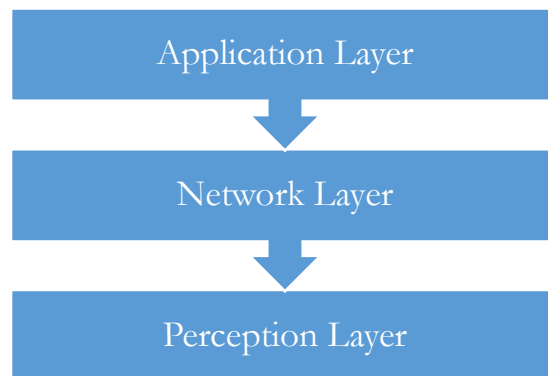


Figure 1. IoT architecture

The number of objects connected in the IoT structure is much higher than the number of computers connected in the traditional internet structure (Mattern & Floerkemeier, 2010). In addition to being scalable, an IoT platform must be flexible enough to keep pace with rapidly changing technologies, protocols or features. As security on an IoT platform, there should be concrete plans to update security, including device to cloud network security, user to application wireless network security, cloud security, device security, application authentication, data encryption, data protection, secure session initiation, and wireless communication. Data analytics and data ownership, the value of IoT is in data. Data can provide actionable information about operations or simple daily activities to reduce inefficiencies or improve experiences.

3.Industrial IoT Security Challenges

We can count the tasks of IoT in the industry as real-time monitoring and control of processes, assigning smart machines, smart sensors, smart controllers with special communication and internet

technologies, and maximizing security, reliability and reliability through high-precision automation and control.

The object management process is complex, it includes many different processes such as opening and closing objects, configuring devices, updating software, troubleshooting, monitoring devices, and collecting data and connection statistics (Borgia, 2014).

Failure to Provide Uninterrupted Network Service, many objects in production such as machinery, equipment, sensors, control units are connected to each other and to the cloud, and when instantaneous data collection and processing capabilities are considered as parts of the organism, interruptions in any or all of the network disrupt the functioning of the network.

Objects may not always be fixed, in fact many services are expected to be distributed by mobile users, so the mobile has taken its place among other challenges. Connection and service disconnection problems may arise, especially when users or moving objects are in motion (Al-Fuqaha et al., 2015).

Problems in the Software Development Life Cycle, old software that did not add security to the development process, devices communicating at lower levels, have problems connecting systems that do not have or are incompatible with security protocols. It is not always easy to securely connect structures where there is no common standard.

Inadequate Change Management Practices, it is important for security that every change made at endpoints is made in a controlled manner. A company that cannot record, analyze and manage changes endangers its production line with its own hands.

Inadequate Risk Management Practices, it is impossible to determine and follow the path in an environment where the risks of every step taken are not calculated, especially in a technology that does not have a solid foundation such as IIoT security.

Traceability of Endpoints Although there are systems that can monitor endpoints and provide security up to a certain level, the difficulties of digitalization without making these investments are increasing day by day due to the unconsciousness of manufacturing companies.

IIoT platforms can differ significantly due to the different needs of the applications. However, despite the large variance in IoT applications, there are some common elements to consider when evaluating the best IoT Platform for implementation.

4.Industrial IoT Security Improvement Recommendations

Safety is no longer a secondary issue in IIoT devices. On the contrary, it is one of the most fundamental elements of sustainable success in industry practices. A robust IoT security system enables developers to protect devices from all types of vulnerabilities while deploying the level of security that best suits application needs. The criteria and recommendations set within the scope of IIoT security improvements in the article are as follows:

Preferring devices that prioritize security: Some devices were designed before the IoT era and it is not even possible to connect with them. These devices are not at all powered to identify and eliminate or mitigate vulnerabilities. Many other legacy devices are cheap or not designed specifically with IoT security in mind. Therefore, despite the manufacturer's good faith, IoT does not have cybersecurity features.

There are some simple security precautions that all IoT manufacturers should follow. These minimum requirements are; Enforcement SSL / TLS encryption for secured connections, encryption for sensitive static data on the device, and providing a secure channel to the device for direct firmware updates.

Performing Software Updates: One of the biggest IoT mistakes companies make is that they don't update their devices with the latest software and security patches. This is a major mistake made for a lot of IoT devices in use, which can costly motivate hackers to exploit vulnerabilities to their advantage.

It is an important precaution to choose an IoT device from a manufacturer that provides security fixes automatically without the need to search for updates or install them manually. Un updated devices are targeted because they rely on users to delay loading the latest system software versions. Even if automatic updates are not available for your IoT device, it needs to be updated manually, users should make this a habit to make sure the operating system is up to date.

Regular Penetration Tests: One of the biggest security actions companies can take is to strengthen their networks cautiously. One of the most important steps in this is penetration testing, which is a systematic study to identify security vulnerabilities of an organization. Penetration testing is a comprehensive way to find cyber vulnerabilities in an organization and ethically test the quality of organizations' defense mechanisms.

More specifically, it is a kind of test that will reveal vulnerabilities in potential attack surfaces such as local network, internet or web application that an attacker can exploit, or weaknesses and risks in a software application. The general purpose of all of these is to find the vulnerabilities of the tested system and to make a full risk assessment.

Of course, it would not be entirely correct to associate this test with only finding vulnerabilities. At the same time, a real world attack is simulated to determine how the defense against a breach will proceed. There are basically three types of penetration tests:

Blackbox penetration test: There is no preliminary information about the system to be tested. In this type of penetration test, only the target is clear. Attacks are organized with the malicious person's point of view, and the damage to be caused by a potential attacker is detected by collecting information about the target system.

Gray Box Leakage Test: There is some information about the system to be tested. It is a test between black box and white box. The adverse effects that can be created by unauthorized users on the internal network are simulated.

White Box Leakage Test: You have all the information about the systems to be tested. In this way, possible damages are detected.

Encrypting Devices: IoT devices are mostly defined either without default credentials or with extremely weak passwords. Encryption plays an important role in the security of network communications as well as IoT devices. Encryption, restriction of access and information filtering processes to strengthen these weak points reduce the possibility of access by third parties who will compromise the integrity of the information provided from the device to the network. One of the biggest mistakes network administrators can make to gain remote access to IoT devices is to use protocols such as http.

Strong passwords make it difficult to infiltrate IoT devices. The stronger, more detailed and complex the password is, the better the device can be protected from the inside out. For strong and reliable passwords; The principles of always using a combination of numbers, symbols, lowercase letters and uppercase letters, not using personal information, never using the same password for more than one account, and not recording all passwords electronically should be taken into account. If passwords need to be followed, a verified password manager must be used.

Real Time Device Monitoring: IoT devices need to be monitored to detect traffic, usual compromises, or unwanted traffic and activity. Unusual traffic patterns are a major sign of unauthorized access to the IoT device. Traffic volume on IoT devices should be studied in depth about network traffic including the most active devices, bandwidth consumption and high usage times. IoT devices should have a built in real time device monitoring feature that can be controlled with a central management server and generate reports on health status. This reporting mechanism can be used to monitor devices for infiltrations. However, real-time monitoring of the information gathered from production will provide an important advantage in terms of competition and cost (Snatkin et al., 2013).

Segmentation of the Network: Currently, many technology networks are still implemented as flat topology since they are not designed to connect to corporate networks and the Internet. There are many vulnerabilities for IoT devices in flat topologies. IoT devices must have a segmented, separate network access from critical infrastructure or sensitive information.

Dividing a network into secure segments helps separate IoT devices from core IT devices. Network segmentation increases IoT security by reducing the risk of one part of the network affecting other parts. In this way, a possible threat is kept in only one part of the network and other parts are secured. In this way, the threat can be limited to a single point and it can be prevented from affecting the whole network. At the same time, it is ensured that sensitive data are kept in a much more secure location. This makes it difficult to access these sensitive data in a cyber attack. Also, an important key to improving IoT security is to create zones around IoT endpoints and develop specific security policies based on business requirements.

Human Errors: Users choosing simple passwords in the configurations of objects connected to the Internet or not changing the default passwords that come with these devices create serious security vulnerabilities. In recent years, malware has taken advantage of these vulnerabilities to capture online objects and cause service interruptions, financial losses and reputation damage, which are used as attack elements in distributed denial of service attacks.

Scenarios and tools should be used to alleviate human error. Human error is one of the most vulnerable points for companies and IoT is no exception. Security should be woven from customer experience to minimize human error that can lead to violations. This includes automated digital certificate configuration and distribution, where things like data encryption, secure boot and authentication are planned.

Hardware Approach: While software-based security solutions are required to protect IoT data, another solution is to start the protection level at the device level. The semiconductor industry has begun providing hardware-based security solutions throughout the IoT ecosystem. Micro control

chips and embedded software in the device hardware enable more and more functions to be performed more reliably (Atzori et al., 2010).

Chip level security features will be useful for establishing a rooted trust between device and network. Currently, problems with chip-based security arise from the fact that not all IoT devices have a chip that ensures their security due to the low cost and low functionality of the device.

New Generation Firewalls: The new generation firewalls, which are a hardware or software based network security system, can detect and prevent attacks by applying security principles at application, door and protocol levels. Next generation firewalls provide critical services such as an intrusion prevention system to detect and block IoT usage without interfering with devices network access. IPS constantly examines network traffic flows to detect and prevent vulnerability exploits.

Generation Firewall can control package content, source-target and user behavior without compromising performance. The most obvious and important difference between the new generation firewall and the traditional architecture is that the next generation firewall has an architecture that can recognize the applications that generate the traffic. This enables the separation of applications and establishment of corporate policies determined according to business rules. Thanks to the ability to examine data packets in great detail in new generation firewalls, data packets do not need to be checked in a second product, and this situation is recovered in terms of performance and cost.

Some basic functions in the new generation firewall; application control, intrusion prevention system, anti virus protection, zero-day protection on-site or in the cloud, application recognition and control system, virus / malicious content control, URL category and content filtering, anti-bot protection, anti-spam protection and bandwidth management.

Identity Management: Provides mechanisms for authentication, authorization and control of identities to provide access privileges for users and devices. In computer security, it is the security and operation discipline that enables the right people to access the right resources at the right time for the right purposes. It also contains descriptive information about the user and who can access and change this information. Managed items often include users, hardware and network resources, and even applications. It targets the need for access to appropriate resources in an increasingly multi-element technology environment and the increasingly stringent compliance requirements.

5. Conclusion

Standards regarding IoT are still discussed, the production of devices is done quickly and without adequate security measures, and moreover, they are not aware of the health gaps. Therefore, industrial organizations have an obligation to face the IoT security issue and take a proactive stance. This set of security recommendations we have listed can be considered as a part of the proactive security stance.

With the improvement suggestions set out in the article, it is aimed to establish a standard for IIoT safety studies of an industrial organization. The correct perception of the recommendations made in the study will contribute to the security of IoT systems, the security of other systems with which these systems interact, and corporate security.

REFERENCES

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M. & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- Atzori, L., Lera A., Morabito, G. (2010). Internet of things: A survey. *Journal of Computer Networks*, 54, 2787-2805.
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1-31.
- Desai, P., Sheth, A., Anantharam, P. (2015). Semantic gateway as a service architecture for IoT interoperability. *2015 IEEE International Conference on Mobile Services*, New York, NY, 27 June-2 July 2015.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Working Paper*, Technische Universitat, Dortmund.
- Li, D.X., Wu, H., Shangang, H. (2014). Internet of things in industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10, 2233-2243.
- Lin, K., Wang, W., Bi, Y., Qiu, M., Hassan, M.M. (2015). Human localization based on inertial sensors and fingerprint in industrial of things. *Computer Networks*, In press.
- Mattern, F. & Floerkemeier, C. (2010). From the internet of computers to the internet of things. Editors: Sachs K, Petrov I. *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, Berlin, Germany, Springer, Berlin, Heidelberg, 242-259.
- Ning, H., Hu, S. (2012). Technology classification, industry, and education for future internet of things. *International Journal of Communication Systems*, 25(9), 1230-1241.
- Romero, C.D.G., Barriga, J.K.D., Molano, J.I.R. (2016). Big data meaning in the architecture of IoT for smart cities. *Data Mining and Big Data: First International Conference*, Bali, Indonesia, 25-30 June, 2016.
- Snatkin, A., Karjust, K., Majaki, J., Aruvali T. & Eiskop, T. (2013). Real time production tracking system in SME. *Estonian Journal of Engineering*, 19, 32-75.
- Tsai, C.W., Lai, C.F., Athanasios, V.V. (2014). Future internet of things: open issues and challenges. *Wireless Networks*, 20(8), 2201-2217.
- Yun, M., Yuxin, B. (2010). Research on the architecture and key technology of internet of things (IoT) applied on smart grid. *In Proceedings of the International Conference on Advances in, Energy Engineering*, Beijing, China, 19-20 June 2010.

FaceRecog-Net: Development of Real Time Manufacturing Employee Tracking System with Face Recognition Feature Based on Deep Learning Algorithms for Android Mobile Systems

Çağlar Gürkan¹
Merih Palandöken²

1. Introduction

Face recognition is one of the often used biometrics methods. Biometrics are defined as the physiological (such as face, iris, and finger geometry) or behavioral (such as signature and gait) characteristics of a person (Hamdan & Mokhtar, 2018). Particularly, face recognition has become a popular research subject in recent years. Face recognition systems are used in the field of security in addition to their commercial use. This is because face recognition systems are fast and easy to use and gives result in a high success rate. However the faces are similar, so face recognition needs to be done with more precise algorithms (Aburomman & Reaz, 2017). Factors that make face detection difficult includes age, undetectable of part of the face, change of the human pose, glare of the face, complex background, human skin color and distance between person and camera (Lal et al., 2018). In order to overcome these difficulties, machine and deep learning based algorithms have been proposed by researchers.

In this paper, real time personnel control and tracking system based on convolutional neural network (CNN) have been focused. For this reason, we have created own dataset which includes face images of 6 different people. CNN and haar cascade classifier algorithm have been used to perform face recognition. In this context, we have proposed four different state-of-the-art CNN architecture designs. CNN architecture design 1, also called FaceRecog-Net has achieved the highest predictive performance with accuracy of 95.27% and F1-score of 95.08%. The weight files of FaceRecog-Net have been conjunction with the haar cascade classifier algorithm. The entrance and leaving time of personnel and the information about which personnel entered and exited have been transferred to the Firebase Real Time Database, followed by these information transferred to the developed Android based mobile application. As a result, a personnel control and tracking system supported by Android and artificial intelligence (AI) algorithms has been developed.

The contributions of this proposed research are outlined as follows:

- a) Personnel control and tracking system supported by Android and AI has been developed for Industry 4.0 digital transformation.
- b) Four different CNN architecture designs have been proposed and contributed to the literature.

¹Çağlar Gürkan, M.Sc., Izmir Katip Celebi University, Electrical Electronics Engineering, caglar.gurkan@outlook.com

² Merih Palandöken, Assoc. Prof. Dr, Izmir Katip Celebi University, Electrical Electronics Engineering, merih.palandoken@ikcu.edu.tr

c) The design, called FaceRecog-Net, have been presented. FaceRecog-Net is likely to perform effectively in other face recognition or analysis (age, gender, and emotion) applications.

The presented paper is organised as follows. In Section 2, the related works on face recognition have been reviewed. In Section 3, the utilized methods have been presented. In Section 4, the experimental procedure and results have been reported. Lastly, in Section 5 concluding remarks have been presented.

2. Related Works

Research in the literature on the face recognition using machine and deep learning algorithms are presented in this section.

Mamak et al. used three different algorithm, such as fisherface, eigenface, and local binary pattern histogram (LBPH) for the purpose of developed the real time face recognition based personnel control and tracking system (Mamak et al., 2020). Selvi et al. used principal component analysis (PCA) for student attendance marking system in university (Selvi et al., 2014). Aksoy et al. proposed four different methods, namely PCA, latent dirichlet allocation (LDA), local binary pattern (LBP), and singular value decomposition (SVD) to developed face recognition system using face images of 41 people (Aksoy, 2019). Banerjee and Das used generative adversarial networks (GANs) for developed the face recognition system, and the GANs has achieved accuracy of 90% (Banerjee & Das, 2018).

3. Methodology

In this section, the utilized methodology in the study is presented under the subtitles data collection and preprocessing, CNN models and training phase, performance evaluation metrics, haar cascade classifier algorithm, and personnel tracking via android based application.

3.1. Data Collection and Preprocessing

In this study, we have created own dataset for personnel control and tracking system. To develop this system, we have obtained face images of six different people via a 12 MP phone camera. While collecting the images of these people, attention has been to taken photos by focusing on the face. In addition, the close distance between the face and the camera has been taken into account, and the photos have been taken different angle. The dataset consists of total 736, 588, 338, 852, 467, and 379 images for personnel 1, personnel 2, personnel 3, personnel 4, personnel 5, and personnel 6, respectively. Images in dataset have been resized to 224x224 pixels. 80%, 10%, and 10% of the dataset have been used for training, validation, and testing, respectively.

3.2. CNN Models and Training Phase

In this paper, four different CNN architecture designs have been proposed to real time face recognition. Details of each layer of proposed CNN architecture designs are represented below:

The block called block A have been used in all CNN architecture designs. The design of block A comprised of convolution layer with the number of filters 32, kernel size of 3, strides of 1, padding of 'same', and activation function of 'ReLU' has been used with batch normalization layer at the last stage. After the batch normalization layer, max pooling layer with the pool size of 2, strides of 2, and padding of 'valid' has been used. Then, the convolution layer with the number of filters 64, kernel size of 3, strides of 2, padding of 'valid', and activation function of 'ReLU' has been used with the batch normalization at the last stage. After, max pooling layer with the pool size of 2, strides of 2, and padding of 'valid' has been used. In the last three layers of Block A, convolution layer with the number

of filters 128, kernel size of 3, strides of 3, padding of ‘valid’, and activation function of ‘ReLu’ has been used with the batch normalization at the last stage. After the batch normalization layer, max pooling layer with the pool size of 2, strides of 2, and padding of ‘valid’ has been used. The design of block A is shown in Figure 1. The strides hyperparameter used in second and third convolution layers have been set to 2 and 3, respectively, and padding hyperparameter have been used as valid in these convolution layers hence the output image size has been reduced and the training of CNN models have been accelerated.

CNN Architecture Design 1: Images have been given as input to two parallel block A, and outputs of feature maps obtained by these two parallel block have been concatenated followed by flattened. This architecture design is shown in Figure 2.

CNN Architecture Design 2: Images have been given as input to three parallel block A, and outputs of feature maps obtained by these three parallel block have been concatenated followed by flattened. This architecture design is shown in Figure 3.

CNN Architecture Design 3: Images have been given as input to two parallel block A, and outputs of feature maps obtained by these two parallel block have been concatenated. Then, convolution layer with the number of filters 128, kernel size of 3, strides of 1, padding of ‘same’, and activation function of ‘ReLu’ followed by batch normalization layer, and max pooling layer with the pool size of 2, strides of 2, and padding of ‘valid’ have been used. This architecture design is shown in Figure 4.

CNN Architecture Design 4: Images have been given as input to three parallel block A, and outputs of feature maps obtained by these three parallel block have been concatenated. Then, convolution layer with the number of filters 128, kernel size of 3, strides of 1, padding of ‘same’, and activation function of ‘ReLu’ followed by batch normalization layer, and max pooling layer with the pool size of 2, strides of 2, and padding of ‘valid’ have been used. This architecture design is shown in Figure 5.

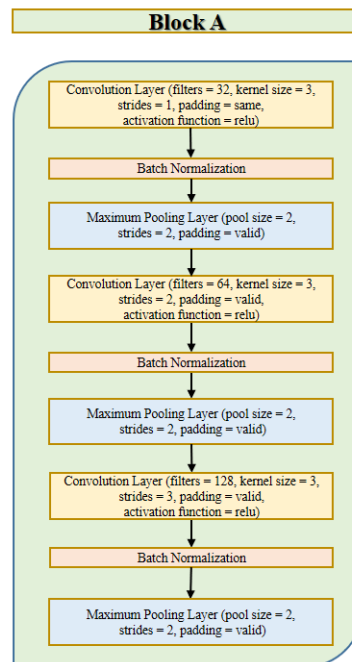


Figure 1. The design of Block A.

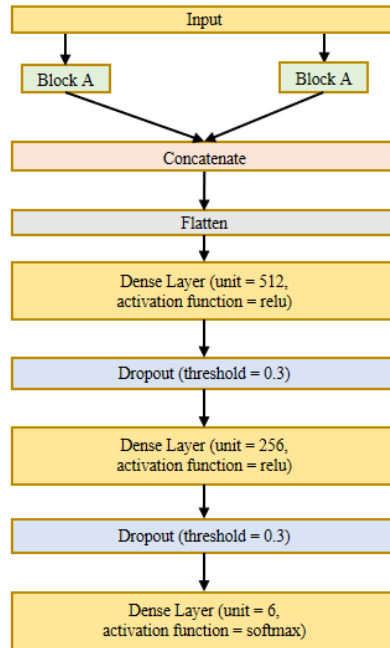


Figure 2. The structure of the proposed CNN architecture design 1, called FaceRecog-Net.

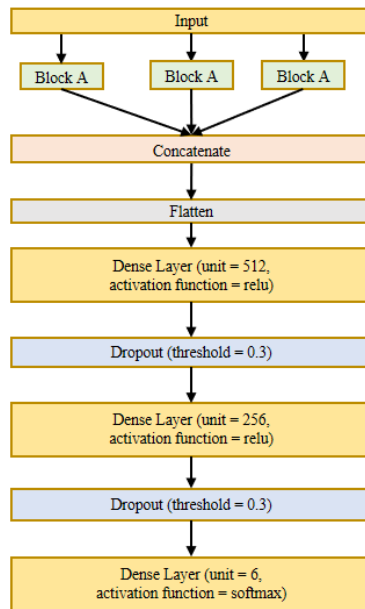


Figure 3. The structure of the proposed CNN architecture design 2.

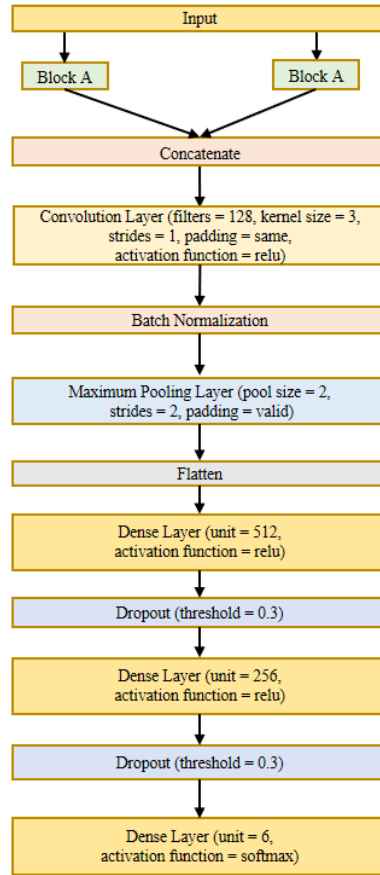


Figure 4. The structure of the proposed CNN architecture design 3.

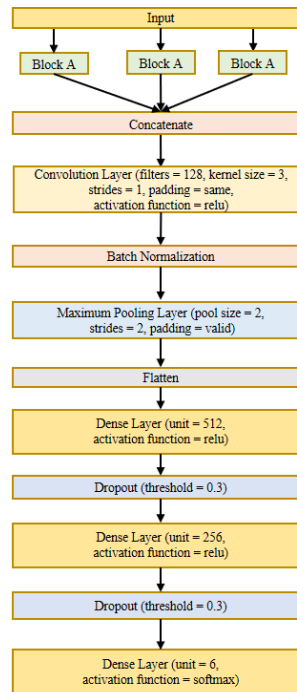


Figure 5. The structure of the proposed CNN architecture design 4.

Training phase belong to proposed CNN architecture designs are as follows:

Optimizer, loss function, and learning rate have been used as Adam, sparse categorical cross entropy, and 1e-3, respectively. CNN architecture designs have been trained along 100 epoch while batch size has been chosen 32. The last three layers consists of dense layers for all CNN architecture designs, and the number of neurons of these dense layers are 512 with activation function of ReLu, 256 with activation function of ReLu, and 6 with activation function of Softmax, respectively. Dropout layers have been used with the threshold of 0.3 between dense layers. Weight files for CNN architecture designs have been saved for use in the real time analysis stage. In experimental analysis, Keras library and Spyder integrated development environment (IDE) have been used in NVIDIA GeForce GTX 950M graphics card.

3.3. Performance Evaluation Metrics

For evaluate the performance of CNN models, accuracy and F1-score metrics have been used in this research. The accuracy and F1-score values are computed as given below formulas:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (3)$$

$$\text{F1-score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

TP, TN, FP, and FN defines the number of true positive, true negative, false positive, and false negative, respectively. The results obtained by accuracy and F1-score metrics, and comparative analysis are demonstrated in section 4.

3.4. Haar Cascade Classifier Algorithm

Haar cascade is an effective classifier used to solve face detection problems (Landesa-Vázquez & Alba-Castro, 2010). The main purpose of face detection algorithms are to determine whether there is any face or not in image, video or real time camera view (Chen et al., 2011). In this study, haar cascade classifier algorithm has been used for face detection in real time camera view.

3.5. Personnel Tracking via Android Based Application

In this stage, label information (i.e. employee 1, employee 2, employee 3, employee 4, employee 5, and employee 6) using CNN's weight files and haar cascade classifier, and information about when the employee has appeared in a real time camera view, has been transferred to Firebase Real Time Database using firebase, time, and datetime libraries with Python programming language in Spyder IDE. Finally, entrance/leaving time and label information have been transferred to the mobile application developed in the Android Studio IDE in Java programming language using Firebase Real Time Database query methods. The obtained results are shown in Section 4.

4. Results and Discussion

The accuracy, F1-score, and number of total parameters values have been obtained by proposed CNN architecture designs in the experimental analysis and are shown in Table 1.

2.418.822, 3.561.542, 879.366, and 1.120.966 total parameters have been examined by CNN architecture design 1, architecture design 2, architecture design 3, and architecture design 4

respectively. The accuracy values of 95.27%, 94.67%, 94.75%, and 94.38% have been achieved by CNN architecture design 1, architecture design 2, architecture design 3, and architecture design 4 respectively. The F1-score values of 95.08%, 94.30%, 94.57%, and 93.79% have been achieved by CNN architecture design 1, architecture design 2, architecture design 3, and architecture design 4 respectively.

The predictive performances of proposed CNN models respectively; the highest predictive performance with accuracy of 95.27% and F1-score of 95.08% has been achieved by CNN architecture design 1. The second best predictive performance with accuracy of 94.75% and F1-score of 94.57% has been achieved by CNN architecture design 3. The third best predictive performance with accuracy of 94.67% and F1-score of 94.30% has been achieved by CNN architecture design 2. The fourth best predictive performance with accuracy of 94.38% and F1-score of 93.79% has been achieved by CNN architecture design 4. It has been named CNN architecture design 1 the FaceRecog-Net, where the best result has been achieved. However, when the accuracy and f1-score have been considered together with the number of total parameters examined by models, the usability of CNN architecture design 3 is also acceptable.

Table 1. Accuracy and F1-score results obtained by proposed CNN architecture designs.

Models	Accuracy	F1-score	Total Parameters
CNN Architecture Design 1 (FaceRecog-Net)	0.9527	0.9508	2.418.822
CNN Architecture Design 2	0.9467	0.9430	3.561.542
CNN Architecture Design 3	0.9475	0.9457	879.366
CNN Architecture Design 4	0.9438	0.9379	1.120.966

Note: The highest performance obtained by among to proposed CNN architecture designs has been indicated by bold.

In general analysis, CNN architecture designs (FaceRecog-Net and CNN Architecture Design 3) consisting of two parallel blocks have achieved better predictive performance than CNN architecture designs (CNN Architecture Design 2 and CNN Architecture Design 4) consisting of three parallel blocks. The use of convolution, batch normalization, and maximum pooling layers after concatenated of feature map significantly have reduced the number of examined parameters, but have not cause a serious decrease in the accuracy rate and F1-score. The reason for the decrease in the number of examined parameters is the convolution layer with the number of filters as 128 used after the concatenate layer and maximum pooling layer with the pool size of 2 and strides of 2.

The final algorithm of face recognition created is as follows;

The OpenCV library has been used to take as input the real time camera view. The weight files of FaceRecog-Net and the haar cascade classifier algorithm have been used together. The label informations have been dictated. The input camera view frame has been normalized and resized to 224x224 pixels. The reason for the resizing is that the input images have been used in CNN architecture designs are 224x224 pixels. Bounding boxes have been created and their color is set to

green, while the label information set to white. As a result, it has been determined belongs to which personnel the face in the real time camera view, and the obtained real time results are shown in Figure 6. In this stage, the camera has been time broken for 10 seconds after the first detection of the personnel, so that the same entrance or leaving time information belonging to the personnel has not been sent more than once, as the camera received continuous view. Then, the entrance and leaving time of personnel and the information about which personnel entered and exited have been transferred to the Firebase Real Time Database. Finally, an Android based mobile application has been developed to facilitate the personnel control and tracking process.

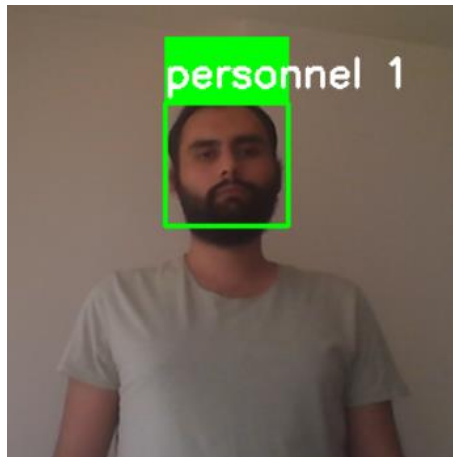


Figure 6. Real time face recognition result.

The layout details and algorithm of Android based app are as follows;

CardView has been used for denote personnels, and is shown in Figure 7 (a). ScrollView has been used to adapt this layout to different phone screen sizes. If any of these CardView are clicked, the layout shown in Figure 7 (b) is passed. This layout includes two buttons, such as entrance and leaving time. If either of these two buttons is clicked, the layouts shown in Figure 7 (c) and Figure 7 (d) are passed. In these layouts, RecyclerView have been used together with CardView. For in this layout, the CardView has been designed as an adapter in a different xml file. These Cardviews include two TextViews for obtaining personnel and time information from the database. Finally, personnel and time information have been transferred to these TextViews using database query methods.

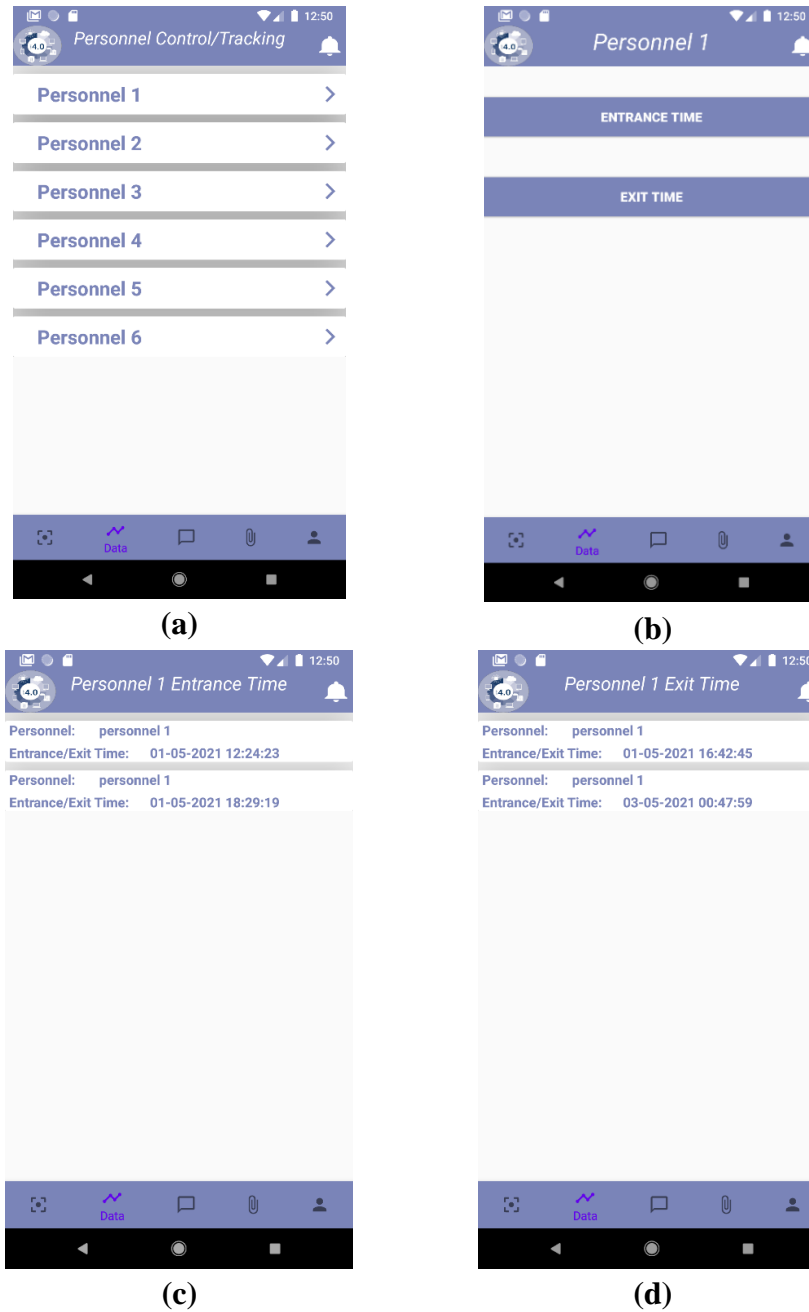


Figure 7. User interface of the mobile application developed as are shown in the (a), (b), (c), and (d) for personnel control and tracking system.

5. Conclusion

In this paper, an end-to-end real time personnel control and tracking system has been developed. The system has been developed using CNN, haar cascade classifier algorithm, Firebase Real Time Database, and Android based technologies. For this reason, four different state-of-the-art CNN architecture designs have been proposed. The highest predictive performance with accuracy of 95.27% and F1-score of 95.08% has been achieved by FaceRecog-Net. The obtained results using FaceRecog-Net and haar cascade classifier algorithm, such as entrance/leaving time and personnel

information have been transferred to Firebase Real Time Database. The informations in Firebase Real Time Database can be controlled and tracked in the developed android based mobile app. As a result, Real-time personnel control and tracking system with high reliability, fast and suitable for health conditions has been developed in this study.

Acknowledgment

This work has been supported by the of Izmir Katip Celebi University of Scientific Research Projects Coordinatorship, Grand no: 2021-TYL-FEBE-0009

References

Aburomman, A. A., & Reaz, M. B. I. (2017). Ensemble of binary SVM classifiers based on PCA and LDA feature extraction for intrusion detection. *Proceedings of 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference, IMCEC 2016*. <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2016.7867287>

Aksoy, B. (2019). Yüz Tanıma Sistemlerinde Doğruluk Performanslarının Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(4). <https://doi.org/10.21923/jesd.559887>

Banerjee, S., & Das, S. (2018). LR-GAN for degraded Face Recognition. *Pattern Recognition Letters*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.10.034>

Chen, S., Ma, X., & Zhang, S. (2011). AdaBoost face detection based on haar-like intensity features and multithreshold features. *Proceedings - 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011*, 1, 251–255. <https://doi.org/10.1109/CMSP.2011.58>

Hamdan, B., & Mokhtar, K. (2018). Face recognition using Angular Radial Transform. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* (Vol. 30, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.006>

Lal, M., Kumar, K., Arain, R. H., Maitlo, A., Ruk, S. A., & Shaikh, H. (2018). Study of face recognition techniques: A survey. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(6). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090606>

Landesa-Vázquez, I., & Alba-Castro, J. L. (2010). The role of polarity in haar-like features for face detection. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2010.109>

Mamak, U., Konyar, M. Z., Solak, S., & Uçar, M. H. (2020). Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Tabanlı Personel Kontrol ve Takip Sistemi Tasarımı. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.727768>

Selvi, K. S., Chitrakala, P., & Jenitha, A. A. (2014). Face Recognition Based Attendance Marking System. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(2).

Investigation of Collagenase and Elastase Inhibitory Potential of the Novel Coordination Compound

Dursun KISA¹
Nursena YÜKSEL²
Nesrin KORKMAZ³

1. Introduction

The body tissues and organs contain a mixture of cells and non-cellular components, which regulates the cellular functions. The well-organized networks that provides the essential biochemical, biomechanical and physical environment required for tissue morphogenesis, differentiation, homeostasis and cellular components is called extracellular matrix (ECM) (Frantz et al., 2010; Kusindarta & Wihadmadyatami, 2018). ECM has a complex and dynamic structure, comprise various proteins and polysaccharides secreted by some cells in a multicellular organism, filling between cells and functioning as binding agents that hold cells in a defined area (Şen, 2012; Üçgül et al., 2018; Uslu & Dengizek Eltas, 2015; Wong, 2009). ECM consist of a large variety of matrix macromolecules including collagens, elastin, fibronectin (FN), laminins, glycoproteins, proteoglycans (PGs), and glycosaminoglycans (GAGs) whose composition and specific structure vary from tissue to tissue (Theocharis et al., 2016). The main role of ECM is to maintain the integrity and strength of organs, and tissues with specific mechanical and biochemical properties. Additionally, it acts as a primary barrier to prevent the spread of the tumor cells because is a major component of the cellular microenvironment (Jabłońska-Trypuć et al., 2016). The ECM was initially considered an inert scaffold whose main role is provide mechanical strength to the tissue and organs but nowadays it is accepted as a three-dimensional structure that facilitates the survival of cells by playing an active role in regulating biologic processes, this macromolecules, providing physical protection and signals, directing and facilitating cell behaviours such as proliferation, orientation, gene expression, migration and differentiation (Järveläinen et al., 2009; Onofri, 2016). The most abundant substance in ECM is collagen, which is the main component of skin and bone, and it makes up approximately 30% of the total mammalian protein mass (Onofri, 2016; Pereira et al., 2011). Collagen; It is a protein composed of fibrous and non-fibrous proteins synthesized by connective tissue cells such as fibroblasts, chondroblasts, osteoblasts and odontoblasts, and secreted into the ECM through exocytosis (Pereira et al., 2011). Collagen is responsible for the tensile strength in cells, the regulation of cell adhesion and the management of tissue growth (Onofri, 2016; Rozario & Desimone, 2009). Another important

¹ Associate Professor, Bartın University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, drsn57@hotmail.com

² Bartın University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, nursenayuksel98@hotmail.com

³ Assistant Professor, Yozgat Bozok University, Hemp Institute, Department of Basic Sciences and Health, nesrinokumus@gmail.com

ECM protein, elastin, is an extracellular matrix (ECM) protein that provides flexibility and elasticity to tissues and organs. Elastin is roughly 1000 times more flexible than collagen; Therefore, the main function of elastin is the elasticity of tissues. It is the predominant protein in expandable tissues and is found mainly in the lungs, aorta, and skin (Kristensen & Karsdal, 2016).

ECM is distinctly modified in tissue pathologies including atherosclerosis, autoimmune and inflammatory diseases, and cancer. Healthy microenvironment of cells prevents the cancerous outgrowth of epithelial cells, whereas perturbation of homeostasis enables the initiation and progression of malignancy as well as the emergence of resistance (Theocharis et al., 2016). The degradation of ECM involves different types of matrix metalloproteases (MMPs) called matrixins such as collagenase, elastase, gelatinase and hyaluronidase. These enzymes have very important roles regulation and dysregulation, and MMPs play a role in the development, morphogenesis, tissue remodeling, and repair. However, irregularities in physiological conditions in the cell microenvironment raises its dysregulation, and degradation of ECM involved with different types proteases is among the causations of various diseases including cancer, rheumatoid arthritis, chronic ulcers, and fibrosis (Jabłońska-Trypuć et al., 2016).

Collagen and elastin as an extracellular component are necessary to the skin which play major role for the plumpness, flexibility, integrity, and elasticity keeping skin youthful and healthy. However, MMPs involved in degradation of ECM such as collagenase and elastase break down and damage collagen and elastin, respectively (Jiratchayamaethasakul et al., 2020). Also, it is necessary to break down the ECM components that are physical barriers to cell migration because it acts as a primary barrier to prevent the growth of the tumor tissue and the spread unhealthy cells. Malignant tumors use MMPs to overcome this barrier, which cause degradation of ECM and basement membrane components to invade the surrounding tissue (Itoh & Nagase, 2002; Öncel, 2009; Roy et al., 2009).

The chemical and natural molecules can decrease the degradation of ECM by inhibiting MMPs such as collagenase, elastase and gelatinase. Inhibitors of MMPs can prevent breakdown of the ECM and they can be useful in preventing degradation of ECM. Although extensive research has been conducted on enzyme inhibition related to various diseases, new candidate molecules are still needed due to side effects, low efficacy, and limited number of present inhibitors (Genc et al., 2020). Coordination complexes have been used in medicine for their therapeutic properties (Korkmaz et al., 2014, 2017). In the present study, it was aimed to evaluate the inhibitory effect of dicyanidoglylene (DSG) complex against collagenase and elastase activities. The complex was previously synthesized for biological applications, but inhibition potency for collagenase and elastase was studied first time with current study.

2. METHOD

2.1 Collagenase inhibition assay

The inhibitory effect of $[\text{Ni}(\text{edbea})\text{Ag}_3(\text{CN})_5]$ (DSG) on collagenase (MMP-8) was determined by reading spectrophotometrically at 340 nm. For the measurement of collagenase (ChC) enzyme activity, 20 μL ChC from *C. histolyticum* prepared in tricine buffer (50 mM, pH = 7.5) and 25 μL of test compound was added to each well. The plate left for incubation at 25°C for 15 min. Then 0.8 mM

substrate solution (FALGPA) was added to reaction medium and absorbance was measured in 5 minutes by using a microplate reader (Multiskan GO, Thermo Scientific, Ezgi Ersoy, 2019; Özbilgin, 2015; Thring et al., 2009).

2.2 Elastase inhibition assay

The inhibitory potency of the compound on elastase activity was evaluated according to the method previously described with some modifications (Ezgi Ersoy, 2019; Özbilgin, 2015; Süntar, 2011; Thring et al., 2009). The reaction mixture was created by adding 0.2 mM (pH = 8.0) 70 μ L Tris-HCl buffer, 10 μ L elastase and 10 μ L of test compound. The plate was incubated at 25 ° C for 20 min. then 4.4 mM STANA (N-succinyl-Ala-Ala-Ala-Val-pnitroanilide substrate) was added to each well, and the increasing change in absorbance was read for 5 min.

The IC₅₀ value of enzymes was calculated using the equation obtained from the linear cut of the curve drawn by entering the substance concentration and % activity data. Collagenase and Elastase enzyme activities were calculated using the following equation (\mathcal{E} = 0.53 and 8.8 for collagenase and elastase, respectively, df = dilution factor).

$$\text{Unite/ml enzyme} = ([\Delta A_{340/410}/\text{min test} - \Delta A_{340/410}/\text{min blank}] * \text{Total volume} * \text{df}) / (\mathcal{E} * \text{enzyme volume})$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the inhibition effects of novel compound ([Ni(edbea)Ag₃(CN)₅]) on the activity of elastase and collagenase were investigated. IC₅₀ and Ki values of the complex for collagenase and elastase enzyme are shown in the Table [1] below.

Compounds	IC ₅₀ (μ M)				Ki (μ M)	
	Collagenase	r ²	Elastase	r ²	Collagenase	Elastase
DSA	10.66 μ M	0.991	49.5 μ M	0.9872	16.73±1.07 μ M	42.81 ± 9.62 μ M

As a result of spectrophotometric measurements of [Ni(edbea)Ag₃(CN)₅], it was exhibited that the compound has inhibitory potency on collagenase and elastase activity on collagenase compared to the control group. IC₅₀ values of the DSG were calculated as 10.66 μ M and 49.5 μ M collagenase and elastase, respectively. Inhibition constant (Ki) of DSG for both enzymes was obtained from drawn Lineweaver Burk (LB) plots. The Ki values of the compound for collagenase and elastase enzymes were calculated as 16.73 ± 1.07 μ M and 42.81 ± 9.62 μ M, respectively. According to present results, it is understood that these chemical compounds are effective on the mentioned enzymes at micromolar level and LB graphs for collagenase and elastase were shown below in Fig. 1 and Fig. 2. In addition, inhibition type of the compound was competitive against to collagenase, but it exhibited

noncompetitive inhibition against to elastase. According to the results of the work, it has been seen that the inhibitory property of the $[\text{Ni}(\text{edbea})\text{Ag}_3(\text{CN})_5]$ is higher on the collagenase enzyme activity compared to the elastase enzyme activity.

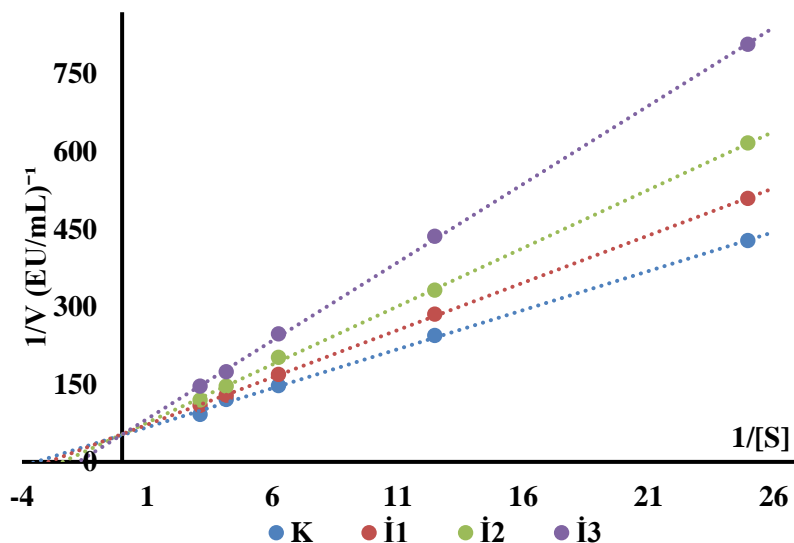


Figure 1. Effect of the $[\text{Ni}(\text{edbea})\text{Ag}_3(\text{CN})_5]$ on collagenase (MMP-8) activity

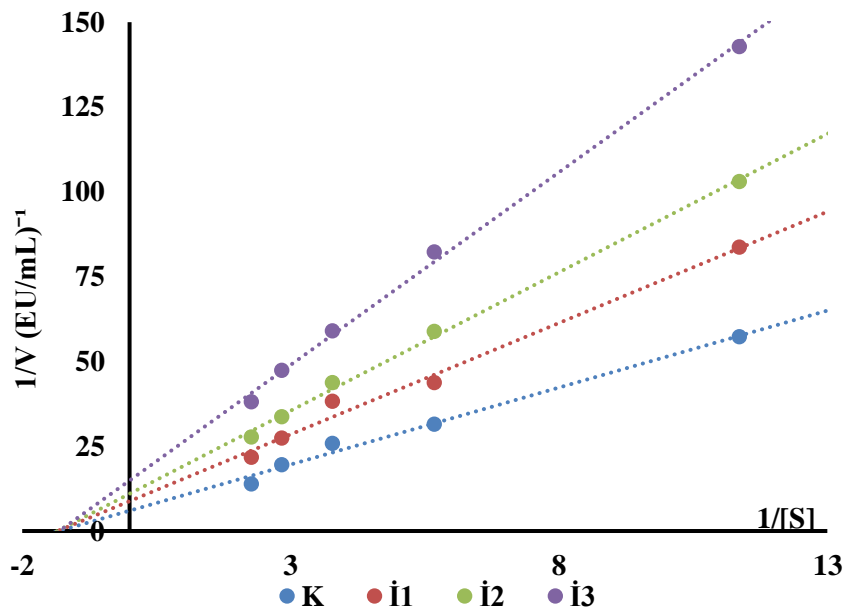


Figure 2. Effect of the $[\text{Ni}(\text{edbea})\text{Ag}_3(\text{CN})_5]$ on elastase enzyme activity

The results indicate that coordination polymers containing dicyanidoglylene have inhibition effects and the work is one of the first report on inhibition of the collagenase and elastase.

Coordination complexes have remarkable therapeutic properties due to their biological activities. Their pharmacological properties involved in biochemical reactions, which are important reactions for human quality of life (Kısa et al., 2020). Previously studies have reported that chemical and plant-based compounds inhibit enzymes (Bahadır Acıkara et al., 2019; Korkmaz et al., 2021; Lee et al., 2020). Genç et al. recorded that constituents of *Plantago major subsp. major* L. exhibited the inhibition against collagenase enzyme (Genc et al., 2020). The another study related with halophyte plants reported that the extracts of *Salicornia europaea* and *Rosa rugosa* showed the highest anti-elastase and anti-collagenase effect, respectively (Jiratchayamaethasakul et al., 2020).

According to the obtained results of present work, DSG have anti-collagenase and anti-elastase activity, suggesting that this compound could be used for the prevent breakdown of the ECM to support the struggle against various diseases such as including cancer, rheumatoid arthritis, and fibrosis. Various therapeutic interventions and medical approaches can affect different processes involved in the progression of disease processes related with MMPs (Boran et al., 2018). The inhibition of these enzymes leading to degradation of ECM can provide to prevent the unhealthy cells from spreading to other medium. The disorders in collagen and elastin metabolism and degradation are important in the course of osteoarthritis, osteoporosis, and oncogenesis. Extensive knowledge of the properties of different enzymes that participate in ECM degradation is very important due to their possible therapeutic use (Jabłońska-Trypuć et al., 2016). The results offered an acceptable inhibitory effect of both ECM-deteriorated enzymes and presumably recommended that DSG may contribute an effective anti-degradation compound by interrupting the activity of collagenase and elastase. According to the obtained results, this study is an important pre-screening for new and effective inhibitor trials. In the future, the inhibitory effect of the molecule on ECM-degrading enzymes can be investigated in cell cultures and animal experiments for beneficial effects and the result may lead to designing potent new inhibitors.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by TÜBİTAK 2209-A University Students Research Projects Support Program (Project no: 1919B011901997).

REFERENCES

Bahadır Acıkara, Ö., İlhan, M., Kurtul, E., Šmejkal, K., & Küpeli Akkol, E. (2019). Inhibitory activity of *Podospermum canum* and its active components on collagenase, elastase and hyaluronidase

- enzymes. *Bioorganic Chemistry*, 93(August), 103330. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103330>
- Boran, R., Ugur, A., & Sarac, N. (2018). Investigation of Hyaluronidase, Collagenase and Elastase Inhibitory Potentials and Comparative Evaluation of the Antimicrobial, Antioxidant and Homeostatic Activities of Two Natural Polysaccharides. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 22(3), 1182–1189. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.471994>
- Ezgi Ersoy. (2019). Uludağ'da Yetişen Üç *Hypericum* Türünün Kimyasal Bileşikleri Ve Biyolojik Aktiviteleri Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Frantz, C., Stewart, K. M., & Weaver, V. M. (2010). The extracellular matrix at a glance. *Journal of Cell Science*, 123(123), 4195–4200. <https://doi.org/10.1242/jcs.023820>
- Genc, Y., Dereli, F. T. G., Saracoglu, I., & Akkol, E. K. (2020). The inhibitory effects of isolated constituents from *Plantago major* subsp. *major* L. on collagenase, elastase and hyaluronidase enzymes: Potential wound healer. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(1), 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.11.011>
- Itoh, Y., & Nagase, H. (2002). Matrix metalloproteinases in cancer. *Essays in Biochemistry*, 38, 21–36. <https://doi.org/10.1042/bse0380021>
- Jabłońska-Trypuć, A., Matejczyk, M., & Rosochacki, S. (2016). Matrix metalloproteinases (MMPs), the main extracellular matrix (ECM) enzymes in collagen degradation, as a target for anticancer drugs. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31, 177–183. <https://doi.org/10.3109/14756366.2016.1161620>
- Järveläinen, H., Sainio, A., Koulu, M., Wight, T. N., & Penttinen, R. (2009). Extracellular matrix molecules: Potential Targets in Pharmacotherapy. *Pharmacological Reviews*, 61(2), 198–223. <https://doi.org/10.1124/pr.109.001289>
- Jiratchayamaethasakul, C., Ding, Y., Hwang, O., Im, S. T., Jang, Y., Myung, S. W., Lee, J. M., Kim, H. S., Ko, S. C., & Lee, S. H. (2020). In vitro screening of elastase, collagenase, hyaluronidase, and tyrosinase inhibitory and antioxidant activities of 22 halophyte plant extracts for novel cosmeceuticals. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00149-8>
- Kısa, D., Korkmaz, N., Taslimi, P., Tuzun, B., Tekin, Ş., Karadağ, A., & Şen, F. (2020). Bioactivity and molecular docking studies of some nickel complexes: New analogues for the treatment of Alzheimer, glaucoma and epileptic diseases. *Bioorganic Chemistry*, 101(June), 104066. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2020.104066>
- Korkmaz, N., Akar, K. B., İmamoğlu, R., Kısa, D., & Karadağ, A. (2021). Synthesis of silver nanowires in a two-phase system for biological applications. *Applied Organometallic Chemistry*, November 2020, 1–9. <https://doi.org/10.1002/aoc.6213>
- Korkmaz, N., Aydın, A., Karadağ, A., Yanar, Y., Maaşoğlu, Y., Şahin, E., & Tekin, Ş. (2017). New bimetallic dicyanidoargentate(I)-based coordination compounds: Synthesis, characterization, biological activities and DNA-BSA binding affinities. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 173, 1007–1022. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.10.035>
- Korkmaz, N., Karadağ, A., Aydın, A., Yanar, Y., Karaman, İ., & Tekin, Ş. (2014). Synthesis and Characterization of Two Novel Dicyanidoargentate(I) Complexes Containing N-(2-hydroxyethyl)ethylenediamine Exhibiting Considerable Biological Activity. *New Journal of Chemistry*, 38, 4760–4773. <https://doi.org/10.1039/x0xx00000x>
- Kristensen, J. H., & Karsdal, M. A. (2016). Chapter 30 - Elastin. In *Biochemistry of Collagens, Laminins and Elastin*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809847-9.00030-1>
- Kusindarta, D. L., & Wihadmadyatami, H. (2018). The Role of Extracellular Matrix in Tissue Regeneration. In *Tissue Regeneration*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75728>

- Lee, J. H., Moon, S. H., Hong, Y., Ahn, D. U., & Paik, H. D. (2020). Anti-elastase and anti-hyaluronidase activity of phosvitin isolated from hen egg yolk. *British Poultry Science*, 61(1), 17–21. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686124>
- Öncel, M. (2009). Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanserinde Matriks Metalloproteinazlar ve İnhibitörleri [Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Biyokimya]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Onofri, F. (2016). Development of an Extracellular Matrix Hydrogel For Intestine Tissue Engineering. *Università Degli Studi Di Padova*.
- Özbilgin, S. (2015). Türkiye’de Halk Arasında Yara İyileştirici Olarak Kullanılan Bazı Euphorbia L. Türleri Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar. *Ankara Üniversitesi*.
- Pereira, O., Barbosa, M., & Jose, O. M. (2011). Design and construction of a decellularization cell (Issue July). *University of Porto*.
- Roy, R., Yang, J., & Moses, M. A. (2009). Matrix metalloproteinases as novel biomarkers and potential therapeutic targets in human cancer. In *Journal of Clinical Oncology* (Vol. 27, Issue 31, pp. 5287–5297). <https://doi.org/10.1200/JCO.2009.23.5556>
- Rozario, T., & Desimone, D. W. (2009). The Extracellular Matrix In Development and Morphogenesis: A Dynamic View. *Regenerative Medicine*, 341(1), 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2009.10.026>
- Şen, F. (2012). Matriks Metalloproteinaz-3 (MMP-3) ve Matriks Metalloproteinaz-9(MMP-9) Gen Polimorfizminin Akut Miyokard İnfarktüsüne Olası Etkileri. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi*.
- Süntar, İ. (2011). Türkiye’de Halk Arasında Yara İyileştirici Amaçla Kullanılan Bazı Bitkilerin Aktiviteleri Üzerinde Araştırmalar. *Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Theocharis, A. D., Skandalis, S. S., Gialeli, C., & Karamanos, N. K. (2016). Extracellular matrix structure. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 97, 4–27. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2015.11.001>
- Thring, T. S. A., Hili, P., & Naughton, D. P. (2009). Anti-collagenase, anti-elastase and anti-oxidant activities of extracts from 21 plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-9-27>
- Üçgül, İ., Aras, S., & Elibüyük, U. (2018). Ekstraselüler Matris Yapısı Ve Görevleri. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(1), 295–310. <https://doi.org/10.17482/uumfd.327376>
- Uslu, M. Ö., & Dengizek Eltas, Ş. (2015). Periodontol Hatalıklarda MMP-8’in Rolü. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 12, 80–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.17567/dfd.75960>
- Wong, E. (2009). *Cells: Molecules and Mechnisms*. Axolotl Academic Publishing Company, 271 p., Louisville, Kentucky/USA.

Convergence vs. Phylogeny: Micro-Structures on Lizard Scales

Melodi Yenmiş⁷

Introduction

Skin is the envelope of the body having various and vital functions. It prevents mechanical lacerations, microbial diseases, and chemical influences as well as help to regulate body temperature, movements, water and mineral balance, waste elimination and oxygen intake. It has accessory structures like sensory organs, glands of different kinds and coloring elements which help to interact with and react to the surrounding environment since it is the continuous line of action in immediate contact with the outer world.

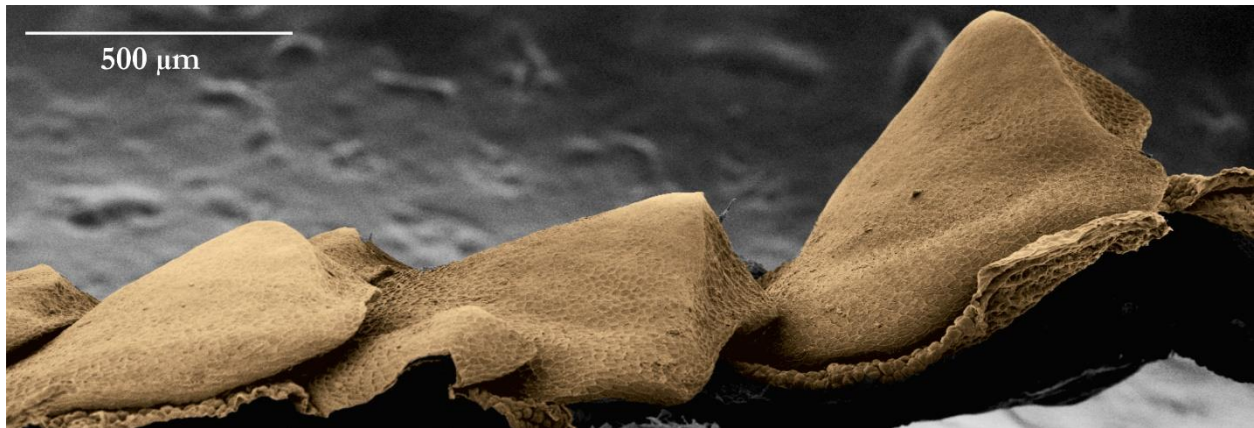


Figure 1. A general SEM (Scanning Electron Microscope) image of the lizard skin with imbricated scales that forms semi-tubular interscalar channels in between (artificially colored).

There are special features on reptile integument like micro-structures that are thought to play an important role for some behavioral aspects. Specifically, lizards have honeycomb like micro-structures on their scale surfaces which were tried to be associated with “rain-harvesting behavior”. Here we wish to argue whether these features arise depending on phylogenetic relations or a totally opposite phenomenon, convergent evolution. Firstly, some notions need to be clarified including (1) integument structure of a reptile, (2) results of having a scaly skin with imbricate positioning, (3) special importance of the Oberhautchen layer, (4) variety of micro-structures on reptile scales and (5) rain-harvesting behavior.

⁷ Melodi Yenmiş, Research Assistant, Ege University, Biology Department, melodi.yenmis@ege.edu.tr

Integument structure of a reptile

The skin is composed of two main layers: the ectodermal, superficial epidermis and the mesodermal dermis beneath. These two layers are in close relation but have distinct structural features. The epidermis is epithelial and thin in nature while the dermis is fibrous and thick. The epidermis consists of live cells of *stratum germinativum* and dead keratinized cells on top, *stratum corneum*. The outer keratinized cells tend to be lost during daily activities due to friction or injuries. Yet they are constantly renewed by the cells coming from the deep germinative layer. These cornified layers create special features like warts of toads, scales of reptiles, claws of birds and nails, horns, and hornlike structures of mammals. Scales are surrounded by the epidermis and padded with the dermis. The epidermis is composed of four layers: (1) the outermost Oberhautchen and (2) the protein rich beta (β)-layer, (both containing β -keratins), (3) the lipid rich mesos (μ)-layer and (4) the inner alpha (α)-layer. The epidermis is shed regularly: The layers of the epidermis is doubled to form an outer generation. This part consists of the same layers as the inner generation but with an extra layer, clear layer specific to shedding. These two generations start to separate right from the middle level which is called the shedding plane. After that the outer generation is lost and the inner epidermal generation goes into a resting period. The fibrous dermis consists of two layers: loose *stratum laxum* and dense *stratum compactum*. Dermis may contain mucous and/or serous glands, special chromatophores like melanophores, iridophores and xantophores, feather follicles or hair roots depending on the taxon.

Having a Scaly Skin

The integument of the reptiles is specialized to be the barrier for water loss with the pressure of terrestrial life driven by the evolutionary path. Additionally, the scaly structure brought a new dimension to protection and enhancing movement tasks. They cover the whole body of the reptiles, yet their size, shape, and relative positions vary. As an example, they are bigger on the dorsal head than the other body parts. They can be carinated in some lizard and snake families and they are imbricated in most of the species. However, some have non-imbricated scales separated with gaps from all quarters, as in Lacertidae members (Figure 2).

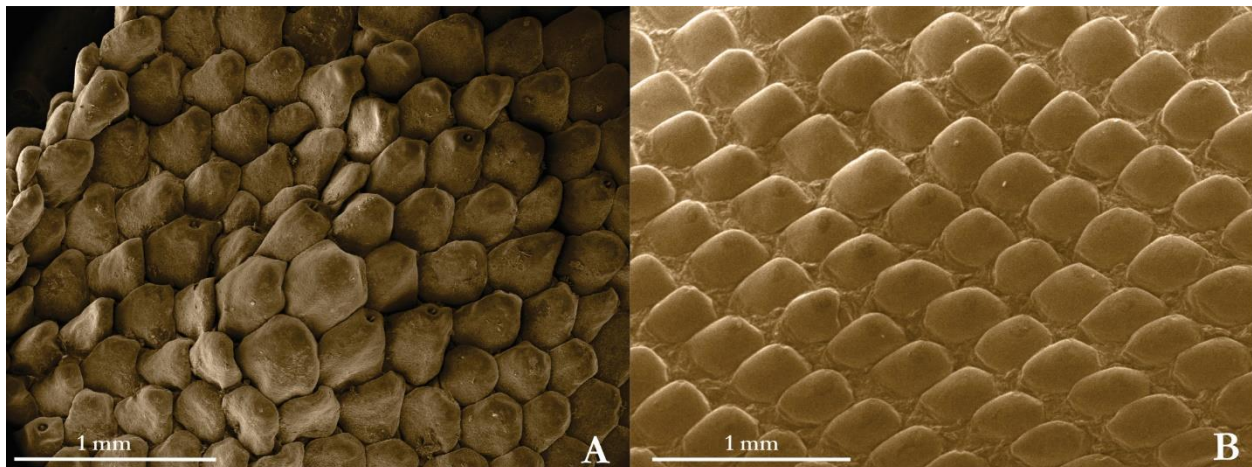


Figure 2. Two different scale positioning in lizards (artificially colored). **A.** Imbricated scales in the members of family Agamidae (Caucasian Agama, *Paralandakia caucasica*). **B.** Non-imbricated, separated scales in some members of family Lacertidae (Strauch's Racerunner, *Eremias strauchi*).

Imbricate positioning of the scales is a common feature among lizards. The tip of one scale lays on the base of the adjacent scale. This pattern is the key to semi-tubular interscalar channels: the gaps between the bases of the scales are covered with the tips. Therefore, channels are formed in both longitudinal and latitudinal directions of the skin. This feature is not just a variety; it was realized to be important for a special behavior called the rain-harvesting behavior. We will come to that after explaining another integumental feature also involved in this behavior which is the Oberhautchen layer.

The Oberhautchen and the Micro-ornamentations

The Oberhautchen compose of a particular β -cells type and with the β -layer, they are qualified as an unique layer in the mature epidermis. The Oberhautchen is very thin in nature, it is the thinnest layer of the skin and it has micro-ornamentations -also called microdermatoglyphics- covering the surface in many reptiles. The morphology and the functions of these micro-ornamentations is variable among taxa. For example, in snakes there are triangular β -keratin accumulations and micro-pores. The β -keratin accumulations form an elevated line on the scales. Their pointed tips are positioned in parallel with the scale tips. They are known to decrease the friction between the skin and the substrate during reptational movements of the snake. β -keratin accumulates in multifarious shapes to form those elevated lines. In 1982 Price categorized them in major and submajor types some of which are cristate, echinate, verrucate, lophate, papillate, reticulate, canaliculate, foveate and plicate.

Micro-pores can be various even within one individual. This difference is caused by the location of the pores: the size and shape difference depend on whether they are placed on scale surface, between the elevated β -keratin triangles or on the epidermal folds of the scale hinges.

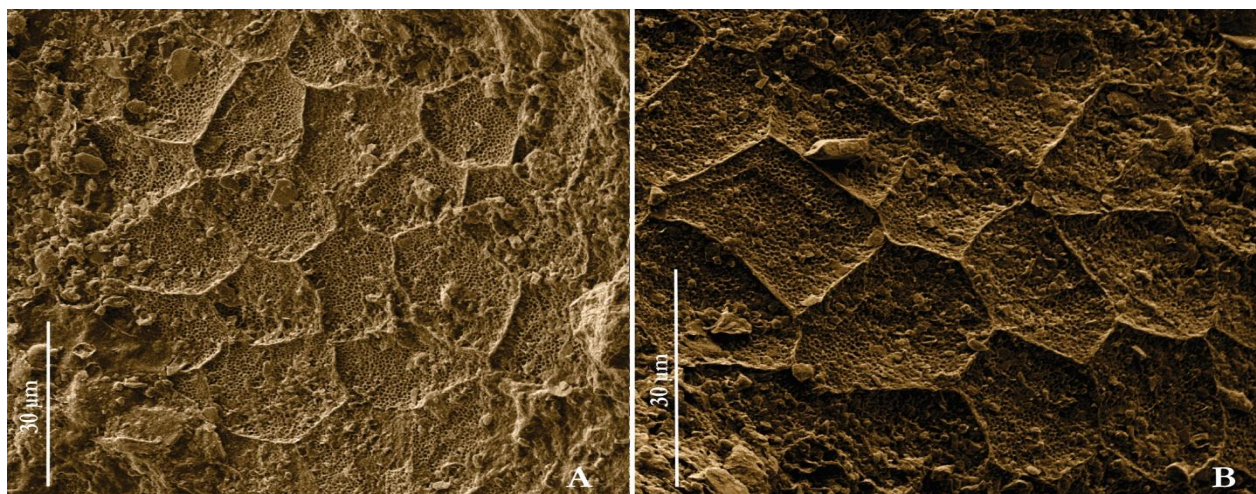


Figure 3. Different positioning of honeycomb like micro-ornamentations in Agamids (artificially colored). **A.** At the center of the scale. **B.** Covering whole scale surface.

In lizards that have micro-ornamentations, the β -keratins form a quite different shape than in snakes. There are honeycomb like structures on the Oberhautchen layer. These adjacent hexagonal shapes either cover all the scale surface or some parts of it: sometimes the tip, sometimes the central or close parts (Figure 3).

Their edges are slightly elevated. These honeycomb like micro-ornamentations have smaller hexagonal structures within them, i.e. they are nested: bigger hexagons are filled with small ones that have elevated edges as well. Big ones are 10 μm in diameter on average while the small ones are 0.5 μm and they look like small pits because of the elevated edges and deep-set center (Figure 4).

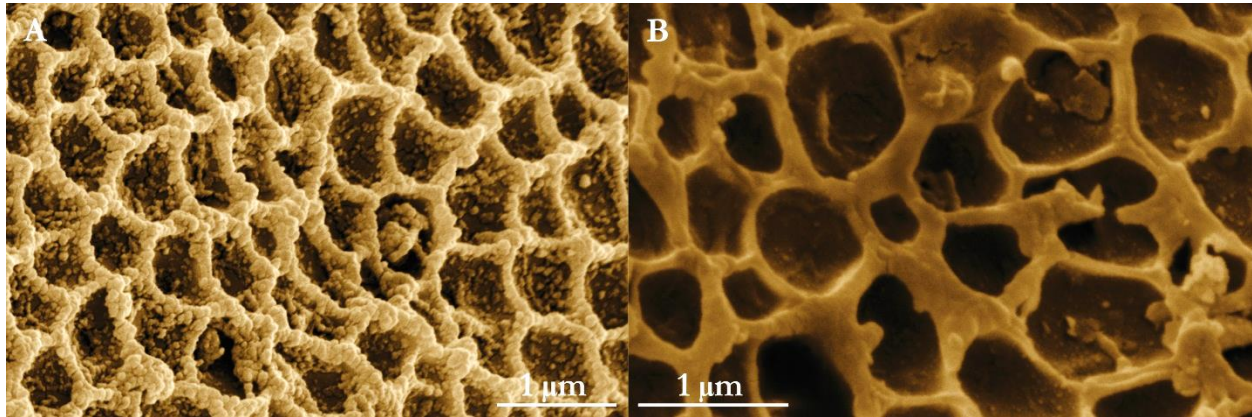


Figure 4. Small hexagonal micro-ornamentations within big ones covering the scale surface in Agamids from Anatolia. Elevated edges, pointy corners and deep-set center make them look like small pits (artificially colored). **A.** From rain-harvesting Agamidae member, Horvat's toadhead agama, *Phrynocephalus horvathi*. **B.** From non rain-harvesting Agamidae member, Caucasian Agama, *Paralaudakia caucasica*.

Since they exist on the Oberhautchen layer, it is possible to see them around the skin sense organs. Sense organs in the skin are a distinctive feature of squamate integument. Their structure projects the typical upended differentiation of the epidermis. Even though the bigger hexagons do not exist around them due to the morphological changes caused by dimpling, smaller honeycomb like micro-ornamentations cover the walls of these dimples (Figure 5).

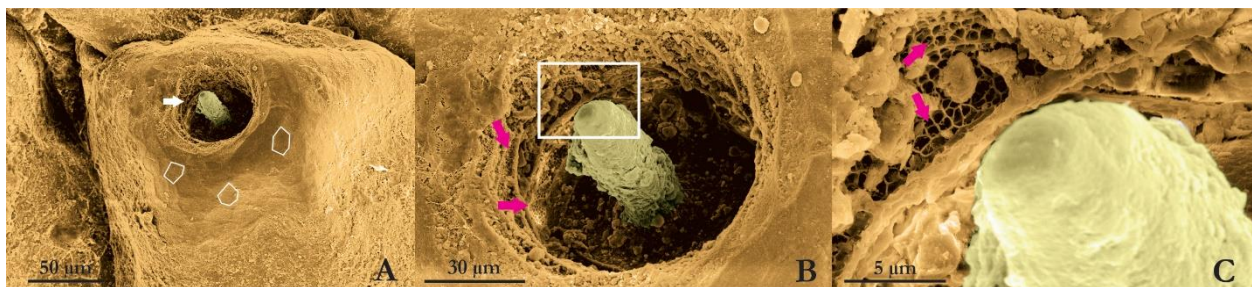


Figure 5. Skin sense organ of an Agamid and the micro-structures around (artificially colored). **A.** Skin sense organ (white arrow) on top of a scale. Big hexagonal ornamentations cover the scale surface some of which are marked with white contour for a better view. **B.** From a closer look: smaller hexagons (pink arrows) can be seen at the periphery of the sense organ. **C.** Magnified image of the white box in B shows the smaller hexagons (pink arrows).

These special micro-structures are thought to enhance the water uptake during rain-harvesting behavior.

“Rain-harvesting” as a Special Water Taking Behavior

Rain-harvesting (rain-drinking, moisture-harvesting) behavior is an adaptation for water uptake. It is different from “drinking” behavior as we know it. This behavior was first discovered by Boxtton in 1923 on an Australian Agamid, Thorny Devil (*Moloch horridus*). He first discovered the peculiar body posture: Elevated tail base, head lowered to the ground. After research Boxtton said:

a repulsive animal that bears tubercles and circles has the ability to absorb water through its skin after raining

After that, the skin of *Moloch* was likened to a blotting paper. It was observed that the water droplets could be seen on the skin for nearly five minutes and after that jaw movements start. This is called “rain-harvesting posture”. Some reptiles that distribute in arid or semi-arid habitats have this special adaptation. There is no or little waterbodies around to go and drink from. Therefore, every droplet is vital. Main water source is the rare rains. After raining, water goes down from the dune substrate or it evaporates so fast. This harsh environment necessitates a special way to survive from drought. The way would have been drinking directly the pouring rain drops. However, the position of the mouth and being unable to lift the head up due to the shape of a tetrapod’s vertebral column made it impossible.

Against all these disadvantages, some lizards have one feature that made a new way of water taking possible: Imbricated scales enable the semi-tubular interscalar channels laying in between to be connected to each other like a water supply network of a city. Raindrops hit the dorsal skin and instead of elpasing, they fill these channels. To collect the water, all the animal needs to do is changing its position: lowering the head, lifting the tail base, and let the water flow down to head with the help of the gravity. When water comes to the edge of the mouth, jaw movements start and the animal drinks rainwater that came from all over the body.



Figure 6. A rain harvester Agamid lizard, *Phrynocephalus horvathi* from Anatolia. **A.** Normal posture during an intermission of nest building. **B.** Rain-harvesting posture with elevated back, lowered head and jaw movements.

Table 1. Rain-harvesting and two non rain-harvesting lizards that have honeycomb like micro-ornamentations.

Rain-harvesting Lizards				
Family	Species	Location	Habitat	Reference
Agamidae	<i>Trapelus mutabilis</i>	North East Africa, North of Red Sea (Djibuti, Egypt, Israel)	Open arid areas, semi-deserts, dry grasslands	Vesely and Modry, 2002
	<i>Trapelus flavimaculatus</i>	Arabian Peninsula (Oman, Saudi Arabia, Yemen)	Stable sand, gravelly surfaces with bushes or shrubs	Vesely and Modry, 2002
	<i>Trapelus pallidus</i>	North East Africa, North of Red Sea (Djibuti, Egypt, Israel)	Open arid areas, semi-deserts, dry grasslands	Vesely and Modry, 2002
	<i>Moloch horridus</i>	Australia	Arid, semi-arid areas, sand and spinifex deserts, shrublands	e.g., Buxton, 1923; Withers, 1993; Sherbrooke, 1993; Sherbrooke et al., 2007; Comanns et al., 2016
	<i>Phrynocephalus helioscopus</i>	Iran, Kazakhstan, Mongolia, Russia, Turkmenistan, Uzbekistan	Clay and stony desert, semi-desert areas, desert steppe with short vegetation	Schwenk and Greene, 1987
	<i>Phrynocephalus arabicus</i>	Arabian Peninsula, Iran	Shrubland, Desert	Comanns et al. 2011
	<i>Phrynocephalus borvathi</i>	Turkey, Armenia, Azerbaijan	Semi-desert with sparse vegetation, weakly-stabilized sandy soils	Yenmiş et al., 2016
Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma cornutum</i>	North east Mexico, South east USA	Open arid areas, semi-arid deserts	Sherbrooke, 1990; Sherbrooke, 2004; Sherbrooke et al., 2007
	<i>Phrynosoma modestum</i>	North east Mexico, South east USA	Open arid areas, semi-arid deserts	Sherbrooke, 2002
	<i>Phrynosoma platyrhinos</i>	Southwest USA, North east Mexico	Open arid areas, semi-arid deserts	Peterson, 1998
Non Rain-harvesting lizards with honeycomb like micro-ornamentations				
Agamidae	<i>Stellagama stellio</i>	East Europe, Asia minor, Northeast Africa, Arabian Peninsula	Shrubland, Grassland, Rocky areas, arid, semi-arid areas	Yenmiş et al., 2016
	<i>Paralaudakia caucasica</i>	Afghanistan; Armenia; Azerbaijan; Georgia; Iran, Islamic Republic of; Pakistan; Russian Federation; Tajikistan; Turkey; Turkmenistan	Forest, Shrubland, Rocky areas, arid, semi-arid areas	Yenmiş et al., 2016

Convergence in Rain Harvesters: How are they related?

Rain-harvesting lizards belong to two families: Phrynosomatidae and Agamidae. Their distribution is quite multifarious all around the world (Table 1, Figure 7). What they have in common are:

- ❖ **Habitats:** Desert, semi-desert areas with restricted water sources and very few, xeric vegetation like bushes, shrubs, spinifex etc.
- ❖ **Scale positions:** They all have imbricated scales letting semi-tubular interscalar channels to form as a water carrying network.
- ❖ **Posture:** They share a rain-harvesting posture with some little variations. In most, it is as head bowing and tail lifting. In some, as in Thorny Devil, *Moloch horridus*, the forelimbs are stretched, the head goes up and hindlimbs are lowered towards the ground. This posture is a result of water taking from the ground instead of pouring rain. *Moloch* can take the liquid from a pond through the channels by means of adhesion and cohesion forces.
- ❖ **Micro-ornamentations:** They all have honeycomb like hexagonal micro-structures on their skin even though their number, size, and position vary.



Figure 7. Distribution and general looks of rain-harvesting Agamid and Phrynosomatid lizards around the world. (*P. horvathi* image belongs to M. Yenmiş. For the rest, please see the references.)

Convergent evolution is the change of similar or analogous features in numerous structures. This means that some features do not have to share a homology -or ancestor-. As in the case of micro-structures, the similarity may be based on the phenotype, i.e., the lineages cast in an explicit trait, but their genotype would be different. Therefore, convergent evolution is based on similarity: ecological niches and selective pressures would be similar; so the adaptations would occur in similar ways as a response. The arising traits would be the opposite of homologous structures.

This seems to be the case in rain-harvesting behavior: Similar problems can be solved with similar solutions; here the problem is drinking water in an arid environment and the solution is to use the channel network in the skin for collecting rain drops. Yet, it is a bit more complicated when it comes to the micro-ornamentations. At first glance, they seem to be another feature that rain harvesters share; so, they must have an effect on the behavior itself. Some studies tried to explain this effect by measuring the water droplet angle on a smooth surface and compared it with a scale that carry micro-structures. They found that these ornamentations can help the droplet to adhere efficiently to the surface. These results basically show that micro-ornamentations must have evolved convergently in rain-harvesting species. However, that was not entirely true.

Phylogenetic Relationship in Skin morphology

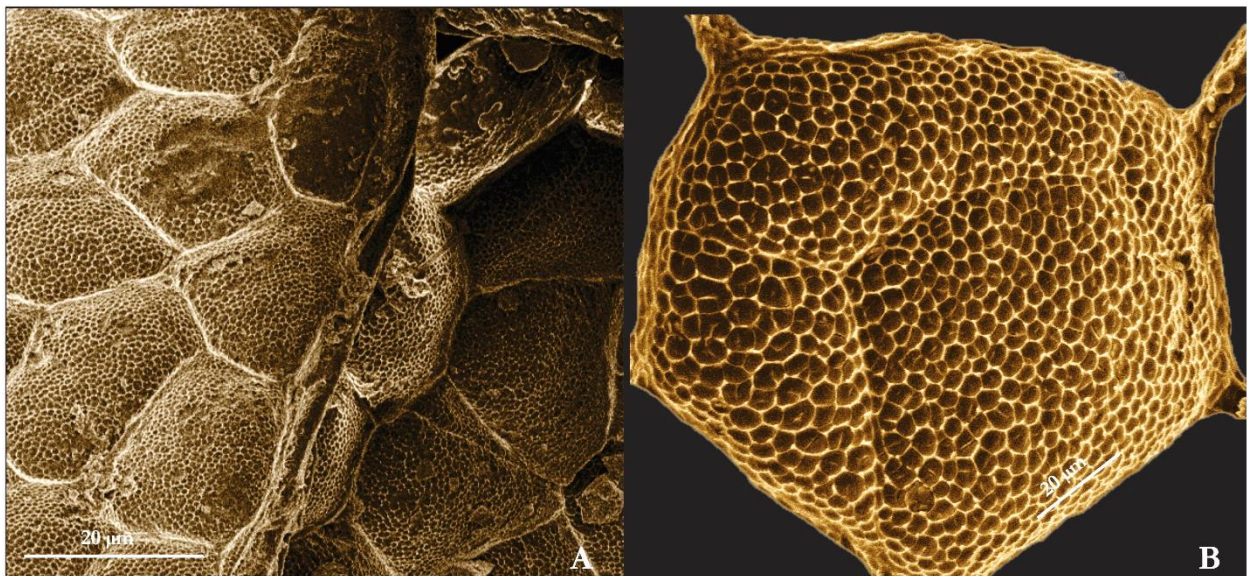


Figure 8. Scale structure of non rain-harvesting Agamid lizard, Hardun, *Stellagama stellio* (artificially colored). **A.** Imbricated scales have both bigger and smaller hexagonal micro-ornamentations nested. **B.** Closer look to one big hexagon and smaller ones within.

Imbricated scales are the effective component for interscalar channels. All the harvesters must have them. However, having these networks does not necessarily mean to show rain-harvesting behavior as the channels are a natural result of the scale positioning and there are many species with imbricated scales which do not harvest rain. Likewise, some non rain-harvesting lizards have micro-ornamentations on their scale surfaces. This phenomenon throws convergent evolution into question: As an instance, all the members of Phrynosomatidae family have micro-ornamentations but only three

of them harvest rain. Anatolian Agamids are another example: There are four Agamids distributed in Anatolia but only *Phrynocephalus horvathi* is a rain-harvester. Yet, all the species have interscalar channels as a family trait and micro-ornamentations (Table 1) on their scales (Figure 8).

Conclusion

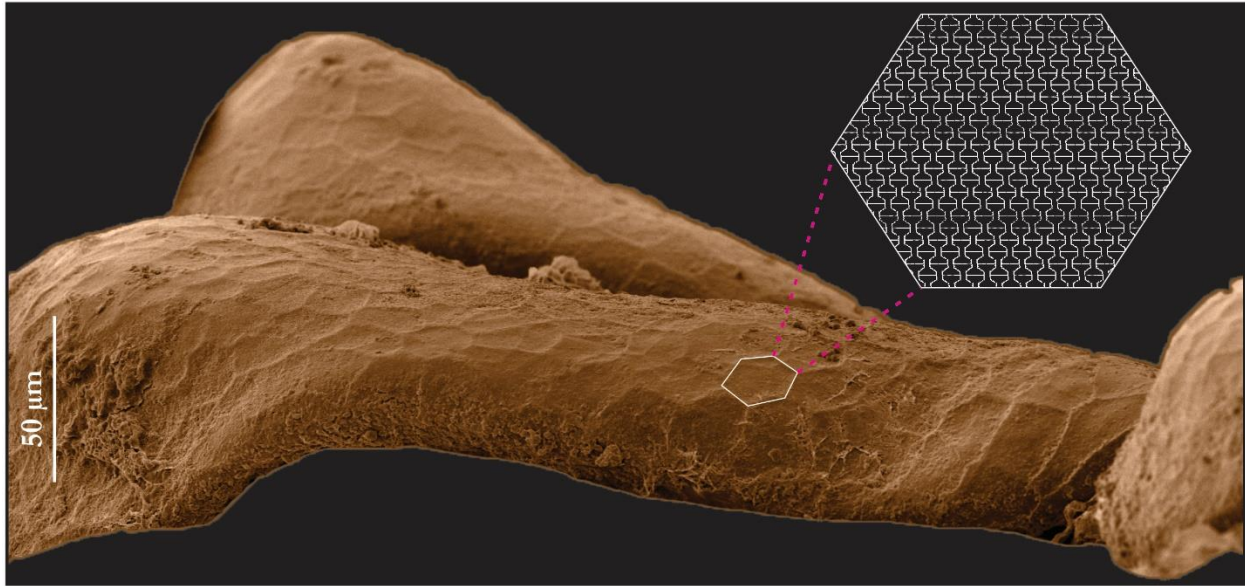


Figure 8. SEM of the epidermis of an Agamid lizard (artificially colored). One of the many honeycomb like micro-ornamentation is shown in white contour and nested smaller structures brought out in the schematic hexagone.

Hexagonal honeycomb like micro-structures on lizard scales are not a common feature and yet it is a family feature in some which has imbricated scales as in Phrynosomatidae and Agamidae (Figure 8). These families are also the ones that include rain-harvesting species. However, members of these families have micro-ornamentations independent of having this special behavior. This shows that rain-harvesting behavior needs some preliminary morphological features in advance to emerge and evolve convergently i.e., analogous features shared among species like the channels and the micro-ornamentations.

This phenomenon provides data for the sustainability of the environment in the future by giving insight into a climate dependent adaptation for survival. Anthropogenic factors like habitat destruction, intensified agriculture and urbanization, mismanagement of the water sources etc. change the environment faster than we foresee. What is more, due to the climate change, desertification fastens at some parts of the world. In this changing, disrupted, and withering environment, lizards with imbricated scales and micro-ornamentations would have the advantage as they have all the abilities for rain-harvesting to adapt.

Acknowledgements

This study was financially supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) (Grant number: 114Z055; 218Z022). Special thanks to Prof. Dr. Dinçer Ayaz for academic and Melisa Avcı for linguistic proof reading.

References of Photos in Figure 7

Moloch horridus

<https://inhabitat.com/the-biomimicry-manual-what-can-a-thorny-devil-teach-us-about-water-harvesting/thorny-devil/>

Phrynocephalus arabicus

https://www.naturalista.mx/check_lists/43336-Thumrait-Check-List

Phrynocephalus helioscopus

<http://iranreptiles.blog.ir/1399/03>

Phrynosoma cornutum

<http://www.californiaherps.com/noncal/southwest/swlizards/pages/p.cornutum.html>

Phrynosoma modestum

https://www.inaturalist.org/taxa/36306-Phrynosoma-modestum/browse_photos

Phrynosoma modestum

https://www.naturalista.mx/taxa/36306-Phrynosoma-modestum/browse_photos

Phrynosoma platyrhinos

<https://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Phrynosoma&species=platyrhinos>

Trapelus flavimaculatus

https://en.wikipedia.org/wiki/Yellow-spotted_agama

Trapelus flavimaculatus

https://en.wikipedia.org/wiki/Yellow-spotted_agama

Trapelus mutabilis

https://sv.wikipedia.org/wiki/Trapelus_mutabilis

World Map

<https://www.fonewalls.com/2880x2560-wallpapers/2880x2560-background-hd-wallpaper-265/>

References

Abdel-Aal, H. A. (2015). The structure of ventral scale textures in snakes in comparison to texturing of deterministic tribological surfaces. In *Processing Techniques and Tribological Behavior of Composite Materials* (pp. 268-315). IGI Global.

Adamson, A. W., Gast, A. P. (1997). *Physical chemistry of surfaces*, 6th edn. Wiley, New York

Alibardi, L. (1999). Formation of large micro-ornamentations in developing scales of agamine lizards. *Journal of Morphology*, 240:251–266.

Alibardi, L. (2001). Keratohyalin-like granules in lizard epidermis: evidence from cytochemical, autoradiographic, and microanalytic studies. *Journal of Morphology*, 248:64–79.

Alibardi L. (2003). Adaptation to the land: the skin of reptiles in comparison to that of amphibians and endotherm amniotes. *The Journal of Experimental Zoology -B: Molecular and Developmental Evolution*, 298:12–41.

Alibardi, L., Maderson, P. F. A. (2003.) Observations on the histochemistry and ultrastructure of the epidermis of the tuatara, *Sphenodon punctatus* (Sphenodontia, Lepidosauria, Reptilia): a contribution to an understanding of the lepidosaurian epidermal generation and the evolutionary origin of the squamate shedding complex. *Journal of Morphology*, 256:111–133.

Aliabadi, M., Zarkesh, A., & Mahdavinejad, M. (2018). Bioware fog collectors: the Texas horned lizard as a model for a biomimetic fog-harvesting. *Materials Research Express*, 5(11), 115502.

Arrigo, M. I., Vilaca, L., Fofonjka, A., Srikanthan, A. N., Debry, A., & Milinkovitch, M. C. (2019). Phylogenetic mapping of scale nanostructure diversity in snakes. *BMC Ecology and Evolution*, 19(1), 91. 019).

Baum, M. J., Heepe, L., & Gorb, S. N. (2014). Friction behavior of a microstructured polymer surface inspired by snake skin. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 5(1), 83-97.

Bentley, P. J., Blumer, W. F. C. (1962). Uptake of water by the lizard, *Moloch horridus*. *Nature* 194:699–700

Benz, M. J., Kovalev, A. E., & Gorb, S. N. (2012). Anisotropic frictional properties in snakes. In *Bioinspiration, Biomimetics, and Bioreplication* (Vol. 8339, p. 83390X). International Society for Optics and Photonics.

Buxton, P. A. (1923). *Animal life in deserts—a study of the fauna in relation to the environment*, 176 p. London, UK: Edward Arnold & Co.

Comanns, P. (2018). Passive water collection with the integument: mechanisms and their biomimetic potential. *Journal of Experimental Biology*, 221(10).

Comanns, P., Buchberger, G., Buchsbaum, A., Baumgartner, R., Kogler, A., Bauer, S., & Baumgartner, W. (2015). Directional, passive liquid transport: the Texas horned lizard as a model for a biomimetic ‘liquid diode’. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(109), 20150415.

Comanns, P., Effertz, C., Hischen, F., Staudt, K., Böhme, W., & Baumgartner, W. (2011). Moisture harvesting and water transport through specialized micro-structures on the integument of lizards. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 2(1), 204-214.

Comanns, P., Winands, K., Arntz, K., Klocke, F., & Baumgartner, W. (2014). Laser-based biomimetic functionalization of surfaces: from moisture harvesting lizards to specific fluid transport systems. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9(3), 206-215.

Comanns, P., Withers, P. C., Esser, F. J., & Baumgartner, W. (2016). Cutaneous water collection by a moisture-harvesting lizard, the thorny devil (*Moloch horridus*). *Journal of Experimental Biology*, 219(21), 3473-3479.

Comanns, P., Esser, F. J., Kappel, P. H., Baumgartner, W., Shaw, J., & Withers, P. C. (2017). Adsorption and movement of water by skin of the Australian thorny devil (Agamidae: *Moloch horridus*). *Royal Society open science*, 4(9), 170591.

During, M. von, Miller, M. R. (1979). Sensory nerve endings of the skin and deeper structures. In: Gans C, Northcutt RG, Ulinski P (eds) *Biology of the Reptilia*, vol 9. Academic, London, pp 407–441.

Frost, D. R., Etheridge, R. (1989). A phylogenetic analysis and taxonomy of iguanian lizards (Reptilia: Squamata). University of Kansas publications, Museum of Natural History, 81:1–65.

Gabora, L. (2013). Convergent Evolution. In: *Brenner's Encyclopedia of Genetics* (Second Edition). Maloy, S., Hughes, K. (eds.) Elsevier, 178-180.

Gans, C., Baic, D. (1977). Regional specialization of reptilian scale surfaces: relation to texture and biological role. *Science*, 195:1348– 1350.

- Gans, C., Merlin, R., Blumer, W. F. C. (1982). The water-collecting mechanism of *Moloch horridus* re-examined. *Amphibia-Reptilia*, 3:57–64.
- Glaudas, X. (2009). Rain-harvesting by the southwestern speckled rattlesnake (*Crotalus mitchellii pyrrhus*). *The Southwestern Naturalist*, 54(4), 518-521.
- Gower, D. J. (2003). Scale microornamentation of Uropeltid snakes. *Journal of Morphology*, 258, 249–268.
- Gurera, D., & Bhushan, B. (2020). Passive water harvesting by desert plants and animals: lessons from nature. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2167), 20190444.
- Harvey, M. B. (1993). Microstructure, ontogeny, and evolution of scale surfaces in xenosaurid lizards. *Journal of Morphology*, 216:161–177.
- Harvey, M. B., Gutberlet, R. L. Jr. (1995). Microstructure, evolution, and ontogeny of scale surfaces in cordylid and gerrhosaurid lizards. *Journal of Morphology*, 226:121–139.
- Hermens, U., Kirner, S. V., Emonts, C., Comanns, P., Skoulas, E., Mimidis, A., ... & Bonse, J. (2017). Mimicking lizard-like surface structures upon ultrashort laser pulse irradiation of inorganic materials. *Applied Surface Science*, 418, 499-507.
- Irish, F. J., Williams, E. E., Seling, E. (1988). Scanning electron microscopy of changes in epidermal structure occurring during the shedding cycle in squamate reptiles. *Journal of Morphology*, 197:105–126.
- Joel, A. C., Buchberger, G., & Comanns, P. (2017). Moisture-harvesting reptiles: a review. *Functional surfaces in biology III*, 93-106.
- Klein, M. C. G., & Gorb, S. N. (2012). Epidermis architecture and material properties of the skin of four snake species. *Journal of The Royal Society Interface*, 9(76), 3140-3155.
- Lillywhite, H. B., Maderson, P. F. A. (1982). Skin structure and permeability. In: Gans, C., Pough, F. H. (eds) *Biology of the Reptilia*, vol 12. Academic, New York, pp 397–442.
- Lillywhite, H. B., (2006). Water relations of tetrapod integument. *Journal of Experimental Biology*, 209, 202- 226.
- Maderson, P. F. A. (1964). The skin of snakes and lizards. *British Journal of Herpetology*, 3, 151-154.
- Maderson, P. F. (1985). Some developmental problems of the reptilian integument. *Biology of the Reptilia*, 14, 525-598. In: Gans, C., Pough, F. H. (eds) *Biology of the Reptilia*, vol 12. Academic, New York, pp 397–442.
- Mayhew, W. W., & Wright, S. J. (1971). Water impermeable skin of the lizard *Phrynosoma m'calli*. *Herpetologica*, 8-11.
- McGhee, G. R. (2011). *Convergent evolution: limited forms most beautiful*. MIT Press.
- Pauwels, O. S. G. (2013). The status of the dorsal snake scale lophate microdermatoglyphic pattern. *Hamadryad Notes*. Vol. 36 no.2 pp171-174
- Peterson, C. C. (1998). Rain-harvesting behavior by a free-ranging desert horned lizard (*Phrynosoma platyrhinos*). *The Southwestern Naturalist*, 391-394.
- Peterson, J. A. (1984). The microstructure of the scale surface in iguanid lizards. *Journal of herpetology*, 437-467.

Pianka, E. R., & Parker, W. S. (1975). Ecology of horned lizards: a review with special reference to *Phrynosoma platyrhinos*. *Copeia*, 141-162.

Pianka, E. R., & Pianka, H. D. (1970). The ecology of *Moloch horridus* (Lacertilia: Agamidae) in western Australia. *Copeia*, 90-103.

Price, R. (1982). Dorsal snake scale microdermatoglyphics: ecological indicator or taxonomic tool?. *Journal of Herpetology*, 294-306.

Price, R. (1983). Microdermatoglyphics: the Liodytes- Regina problem. *Journal of Herpetology*, 17: 292–294.

Price, R. (1990). Microdermatoglyphics: an appeal for standardization of methodology with comments on recent studies of North American natricines. *Journal of Herpetology*, 24: 324–325.

Price, R., & Kelly, P. (1989). Microdermatoglyphics: basal patterns and transition zones. *Journal of Herpetology*, 23: 244–261.

Schwenk, K., & Greene, H. W. (1987). Water collection and drinking in *Phrynocephalus helioscopus*: a possible condensation mechanism. *Journal of Herpetology*, 134-139.

Sherbrooke, W. C. (1990). Rain-harvesting in the lizard, *Phrynosoma cornutum*: behavior and integumental morphology. *Journal of Herpetology*, 302-308.

Sherbrooke, W. C. (1993). Rain-drinking behaviors of the Australian thorny devil (Sauria: Agamidae). *Journal of Herpetology*, 270-275.

Sherbrooke, W. C. (1999). Thorny Devils and Horny Toads. *Nature Australia*, 26(6), 54-63.

Sherbrooke, W. C. (2002). *Phrynosoma modestum* (round-tailed horned lizard). Rain-harvest drinking behavior. *Herpetol Rev*, 33, 310-312.

Sherbrooke, W. C. (2003). Introduction to horned lizards of North America (No. 64). Univ of California Press.

Sherbrooke, W. C. (2004). Integumental water movement and rate of water ingestion during rain harvesting in the Texas horned lizard, *Phrynosoma cornutum*. *Amphibia-Reptilia*, 25(1), 29-39.

Sherbrooke, W. C., Nagle, R. B. (1996). A dorsal intraepidermal mechanoreceptor in horned lizards (*Phrynosoma*; Phrynosomatidae; Reptilia). *Journal of Morphology* 228:145–154

Sherbrooke, W. C., Scardino, A. J., de Nys, R., & Schwarzkopf, L. (2007). Functional morphology of scale hinges used to transport water: convergent drinking adaptations in desert lizards (*Moloch horridus* and *Phrynosoma cornutum*). *Zoomorphology*, 126(2), 89-102.

Sun, W., Tang, L., Hong, W., Zhan, Y., Yang, B., & Liu, J. (2019). A novel microstructure inspired from *Nepenthes alata* and lizard skin and its enhanced uni-directional liquid spreading property. *RSC advances*, 9(14), 7842-7848.

Veselý, M., & Modrý, D. (2002). Rain-harvesting behavior in agamid lizards (*Trapelus*). *Journal of herpetology*, 36(2), 311-314.

Withers P (1993) Cutaneous water acquisition by the thorny devil (*Moloch horridus*; Agamidae). *J Herpetol* 27:265–270

Yenmiş, M., Ayaz, D., Sherbrooke, W. C., & Veselý, M. (2016). A comparative behavioural and structural study of rain-harvesting and non-rain-harvesting agamid lizards of Anatolia (Turkey). *Zoomorphology*, 135(1), 137-148.

The proliferative and antioxidant effects of aqueous extracts from the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* on healthy cells

Salim Cerig¹

Introduction

The value of reactive oxygen species (ROS) and free radicals in the ageing process and cellular damage has attracted much attention in the last quarter-century (Liochev 2013). ROS containing superoxide anion (O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2), and hydroxyl radical ($\cdot OH$) are often by-products of exogenous agents or biological reactions (Khachatryan *et al.*, 2011). Oxidative breakage originated by free radicals may be associated with ageing and disorders, such as cancer, atherosclerosis and rheumatoid arthritis (Phaniendra *et al.*, 2015). Additionally, these free radicals induce lipid peroxidation, prompting the corruption of foods, induce oxidation of DNA and lipids, produce membrane injury, reduce membrane mobility, and reason alterations that lie behind cancer via DNA mutation (Halliwell 1994). Even though other organisms and humans have antioxidant defence mechanisms that preserve them against oxidative damage, such mechanisms are declared only partially to intercept such injury (Simic 1998). Legislative rules limit the frequently used synthetic antioxidants like butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole because they are suspected of having some toxic impacts and potential carcinogens (Wang and Kannan 2019; Felter *et al.*, 2021). Such advances in synthetic antioxidants as dietary supplements to protect from oxidative damage and contribute to human body components are worrisome. Therefore, it has become even more essential to obtain compounds from natural sources with antioxidant potential. Phenolic matters involving phenolic acids and flavonoids have antioxidant activity (Proestos *et al.*, 2006). Phenolic compounds have diverse biological impacts on enzymatic activity, metal chelation, and free radical scavenging (Mustafa *et al.*, 2010; Zhang and Tsao 2016). Phenolic substances have excited much consideration in current times owing to their role in preventing many diseases (Rodríguez-Morató *et al.*, 2015). Mushrooms are very effective in scavenging peroxy radicals because they contain many phenols (Barros *et al.*, 2007). Flavonoids have influential antioxidant qualities (Borges Bubols *et al.*, 2013). The presence of flavonoids in fungi may be due to their absorption of various nutrients and compounds by forming mycorrhizae or spreading hyphae from neighbouring plants or substrates where they grow (Grotewold 2006). Flavonoids are frequently found in plants and, presently, edible mushrooms appear to be good candidates as a potential source (Garicochea 2012).

Mushrooms constitute a complementary part of the average human regime, as they are high in minerals, vegetable proteins and vitamins, and low in calorie, fat, and essential fatty acid (Rai *et al.*, 2005). Onwards ancient times, many mushrooms have been used in public health and medicine around the world. Numerous medicinal features have been attributed to mushrooms, including lowering of

¹ First and Emergency Aid Program, Medical Services and Techniques Department, Vocational School of Health Services, Ibrahim Cecen University, Ağrı, Turkey, scerig@agri.edu.tr

blood cholesterol doses (Jeong *et al.*, 2010), inhibition of platelet aggregation (Hyun *et al.*, 2006), stopping or mitigation of heart diseases (Guillamón *et al.*, 2010), and degradation of blood glucose levels (Jeong *et al.*, 2010). Many species, including edible mushrooms, have also shown the alleviation or prevention of infections caused by parasitic, fungal, viral, and bacterial pathogens (Crum-Cianflone 2008). Simultaneously, many mushrooms have different anti-thrombotic, anti-tumour, antiallergic, cytostatic, antiatherogenic, hypoglycemic immunomodulating, anti-inflammatory and hepatoprotective (Chaudhry 2019; Zugasti-Cruz *et al.*, 2020). Edible mushrooms are thoroughly using as human food for ages. Furthermore, they are admired for their taste and texture and some therapeutic properties (Valverde *et al.*, 2005). The genus *Pleurotus* are frequently called "oyster mushrooms" and includes about forty species. These fungi are recently recognized as the second most cultivated mushrooms worldwide and can be found in tropical and temperate regions (Sánchez 2010). Oyster mushrooms are decent welding of dietary fiber and other valued nourishments. *Pleurotus* species have been used by different human societies worldwide for their nutritional significance, medicinal characteristics, and many other valuable impacts. They also include many biologically active compounds with curative activities (Patel *et al.*, 2012).

Pleurotus mushroom has high nutritional values and involves various bioactive compounds and seconder metabolites, including alkaloids, phenols, flavonoids, terpenoids, nucleotides, lectins and steroids (Jose and Radhamany 2012). This oyster mushroom, which is isolated in many ways from the fruit bodies of the fungi, mycelium and the culture broth, has many remarkable biological effects (Carrasco-González *et al.*, 2017). Due to all these ingredients and nutritional values, oyster mushrooms have essential activities such as antimicrobial, antioxidant, hypoglycemic, antithrombotic, inhibit inflammation and tumour growth, prevent atherosclerosis and high blood pressure, and lower blood lipid concentrations in terms of human health (Sudha *et al.*, 2012; Abidin *et al.*, 2017). *P. ostreatus* is a popular cultivated edible mushroom with medicinal characteristics. It is a traditional Chinese therapeutic and edible fungus, a Tricholomataceae fungus belonging to the Basidiomycetes and is also called "Pinggu" in China (Sánchez 2010). Its main components contain amino acid, polypeptide, polysaccharides, lectin, and phenoloxidase. In addition to the *Pleurotus* genus' public benefits, this species stands out with its immunoregulation, antioxidant, antitumor, and blood fat reduction functions (Sun and Liu 2009).

Many investigations attest that regular consumption of mushrooms and bioactive constituents derived from mushrooms is beneficial for wellness. Antioxidants located in various mushrooms used as food sources stand out as possible protective agents to reduce oxidative damage in the human body. For this reason, the usage of mushrooms as functional and supplemental foods and their possible impacts on human health is growing more value day by day (Kozarski *et al.*, 2015). Mycelia culture and hot water extracts have multiple advantages to the production of bioactive compounds. This method promotes the extraction and purification of compounds, developing mushrooms' commercial value. This submerged liquid culture method developed for long years has interested entrepreneurs and scientists (Elisashvili 2012). Its multiple benefits involve economical cost, quick preparation, rapid colonization, the convenient utilization of automatic inoculation, and simplifying homogeneous distribution in the substrate (Zhang *et al.*, 2019). Investigation of the proliferative activity and

antioxidant capacity of hot water mycelium extracts of *P. ostreatus* on human blood plasma and lymphocyte cells make an essential contribution to both the literature and human health. In this research, extracts were primarily used to evaluate their total phenolic and flavonoid content. Next, 40, 80, 160, 240, and 320 mg/L doses were applied to whole blood cultures for 2 h and lymphocyte cultures 24 and 48 h periods. At the end of the incubation periods, total antioxidant capacity (TAC) and total oxidant status (TOS) assays were practised to circumscribe the serum's antioxidant effects. Additionally, proliferative effects on lymphocytes were evaluated using the in vitro WST-1 analysis.

MATERIAL AND METHODS

Culture and storage conditions

P. ostreatus strain was stored on potato dextrose agar (PDA), and malt extract agar (MEA) slants at 4 °C. The microorganisms were subcultured at regular periods (15 days) to maintain viability.

Media preparation and fermentation conditions

P. ostreatus was primarily grown on PDA medium for 10 days at 25 °C. Submerged fermentation was performed in 250 ml Erlenmeyer flasks, including 100 ml of liquid medium (MgSO₄ 0.5 g/L, KH₂PO₄ 1 g/L, yeast extract 3 g/L, peptone 2 g/L and glucose 20 g/L). Each flask was inoculated with five 5-mm agar plugs. The inoculated flasks remained on a shaker at 150 rpm and 25 °C. After 10 days of development, the mycelium was redeemed from the liquid medium by centrifugation at 3,500 × g for 10 min. The acquired mycelia were washed 4 times with distilled water. Cultured mycelia were then dried using an oven until stable mass (Ozdal *et al.*, 2009).

Preparation of *P. ostreatus* extract

5 g dry and powdered micellar biomass was heated with 100 ml of deionized water for 30 minutes to achieve hot water extraction. The cooled solution was centrifuged at 5000 g-forces for 15 min and filtered through Whatman No. 1 filter paper. The filtered solution was allowed to evaporate in the oven to obtain a dried extract (55 °C). The dried extract was used directly for total phenolic and flavonoid analysis. Also, some of this extract was re-dissolved in water to a concentration of 100 mg/ml and stored at 4 °C for further studies.

Total phenolic and flavonoid contents

Total phenolic and flavonoid quantities of hot water extracts were evaluated using GAE (Vamanu, 2012) and QE (Turkoglu *et al.*, 2007) as standards respectively.

TAC and TOS analysis

Heparinized whole blood examples were gathered voluntarily from six healthful male and female people between 18 and 33 years old, none of whom was under any medication until at least four weeks or was a smoker. Volunteers were notified concerning the local ethics committee rules. Cultures were treated with 10 µm L-ascorbic acid (C₆H₈O₆) and 25 µm hydrogen peroxide (H₂O₂) for TAC and TOS analyzes, respectively, and were considered as positive controls. Conversely, cultures

that have not been exposed to any agent were regarded as negative control groups. Subsequently, cultures were exposed to varying doses of *P. ostreatus* extracts in doses of 40, 80, 160, 240, and 320 mg/L over a 2 h period for biochemical studies. For the 2 h incubation of the cultures, sterile conditions were set at 5% CO₂ and 37 °C. Whole blood cultures were centrifuged for 10 min at 1500 x g to obtain serum and were run instantly. The tests were run three times separately, and preferences were presented as means ± standard deviation (Cerig 2021).

Oxidant status and antioxidant capacity values were obtained in blood serum samples taken from the negative control, positive control, and whole blood cultures exposed to mushroom extract for 2 h. Oxidative changes at the tissue and cellular level were identified by an automated test method, and the Rel Assay Diagnostics kit was used to characterize the levels of the parameters. TAC values were described as mmol Trolox equivalent/L (Erel 2004). TOS assay was calibrated with H₂O₂, and the consequences were explained in terms of µm H₂O₂ equivalent/L (Erel 2005). TAC and TOS activity was evaluated spectrophotometrically by the manufacturer's instructions and with a Multiskan GO (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA).

WST-1 assay

Blood patterns were taken, avoiding all the effects of nutrition agents stated in the previous analysis and considering the fundamental ethical circumstances. The time between taking blood samples and placing the cultures was set to be less than 3 h. Histopaque-1077 reagent (Sigma Aldrich, Germany) was utilized to isolate lymphocyte cultures from whole blood (Thorsby and Bratlie 1970). Initially, cells were seeded into 96-well plates (ThermoFisher, Massachusetts, USA) at a density of 2.5×10^4 cells per well. The plates were then incubated at 37 °C, 5% CO₂, and 95% humidified air for 24 h. After incubation, the cells were washed with PBS (pH: 7.4), followed by cultures were first exposed to 10 µm mitomycin-c as the positive control group for WST-1 assay (Biovision, CA, USA). Subsequently, cultures without any mushroom treatment were considered as the negative control group. As a final and primary study, cell cultures were treated with *P. ostreatus* extracts in the range of 40-320 mg/L before 24 and 48 h incubation. The separated lymphocyte samples were taken in the process for WST-1 assay (Biovision, CA, USA).

The in-vitro cell proliferation of lymphocytes was tested using a WST-1 assay (Ahmed *et al.*, 2015). Lymphocyte cells were cultured for the WST-1 test in 100 µL/well culture medium and humidified incubation conditions (37 °C and 5% CO₂). WST-1 reagent was added to the cultures at a volume of 10 µL/well at 24th and 48th hours and incubated for 4 h. After washing the cells gently with PBS (pH 7.4) at least three times, the WST-1 dye solution was added to each well. Plates were incubated under dark conditions for one hour. Then the absorbance changes were measured at a wavelength of 460 nm (620 nm was used as a reference wavelength) using a Multiskan GO plate reader. Percentage values indicating cell viability were obtained by dividing the values of cells treated with fungal extracts by the values of negative control group cells.

Statistical analysis

The negative control, positive control, and treated groups values were presented as the mean (± SD values) from three tests. One-Way ANOVA and Fischer's least substantial differentiation tests were applied to specified whether any treatment significantly altered from controls or each other

(Fisher 1918). Statistical descriptions were made with a fundamental grade of 0.05. The statistical computations were implemented using IBM SPSS Statistics 22 (Chicago, IL, US).

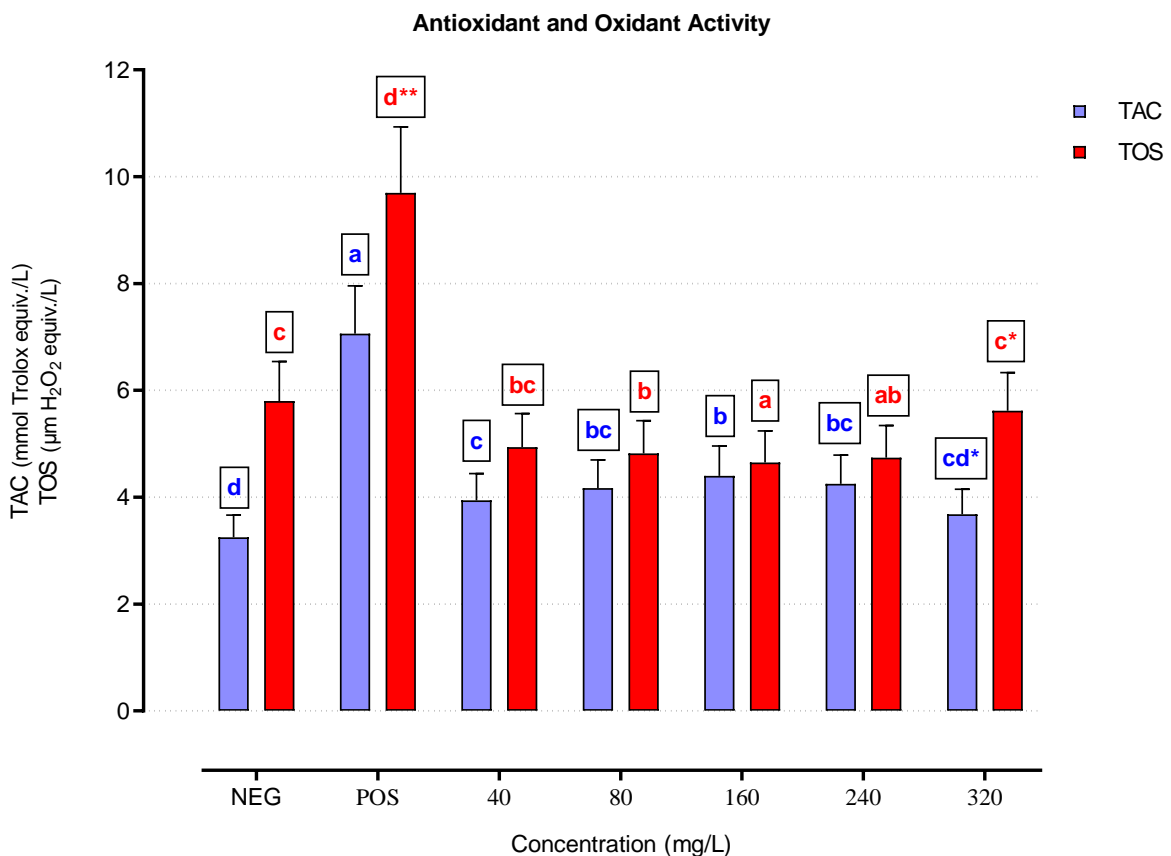
RESULTS

Antioxidant and oxidant activity of healthy whole blood cells

Serum TAC and TOS values of hot-water extracts from mycelium of the oyster mushroom *P. ostreatus* at diverse concentration ranges are demonstrated in Figure 1 by comparing them with positive and negative control sets. Serum TAC rates improved in all groups cured. Considerable increments in TAC rates were sighted at doses of 80, 160, and 240 mg/L. Though there was a statistically slight increase in antioxidant capacity was observed in 40 and 320 mg/L extract administrations compared to the control group.

Serum TOS rates were determined to be significant reduced at doses, improving antioxidant capacity in all groups treated with extracts (Figure 1). Significant reductions were sighted in TOS levels at concentrations of 80, 160, and 240 mg/L, while no influential alteration in oxidative stress rates was determined in the applications of 40 and 320 mg/L extracts compared to the control group.

Figure 1. TAC and TOS results in serum treated with *P. ostreatus* mycelia extracts

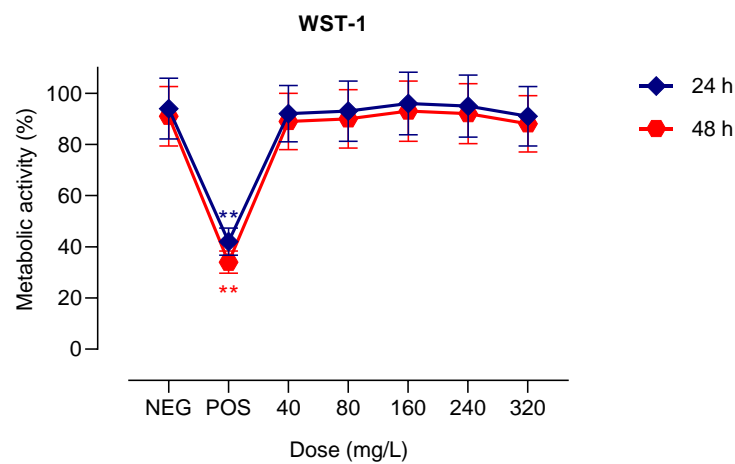


TAC, total antioxidant capacity; TOS, total oxidant status; NEG, negative control (untreated samples); POS, positive control (10 μ M C₆H₈O₆ in TAC and 25 μ M H₂O₂ in TOS) and SD, standard deviation. Values are mean \pm SD (n=6); means in the figure followed by different letters (a, b, c, d) present considerable differences. * = p < 0.05 and ** = p < 0.01 compared with control groups.

Proliferation activity of healthy lymphocyte cells

The WST-1 assay was used to measure metabolic activity and cell proliferation in response to hot water extracts of *P. ostreatus* on lymphocytes at exposure times of 24 and 48 hours and a dose range of 40-320 mg/L (Figure 2). No significant cytotoxicity caused by metabolic activity and proliferation was observed after 24 and 48 hours of exposure with any dose of fungus administered compared to the negative control.

Figure 2. WST-1 proliferation assay of lymphocytes treated with different concentrations (40-320 mg/L) of *P. ostreatus* mycelial extracts at 24 and 48 h time periods.



Mitomycin-c (10 μ m) and untreated cultures were included as the negative control (NEG) and positive control (POS), respectively. * = p < 0.05 and ** = p < 0.01 compared with control groups; n = 6.

DISCUSSION

Multiform convenient compounds rich in operational matters are being formulated to heal various illnesses combined with traditional prescriptions. Both mycelia and fruiting bodies of edible mushrooms maintain active substances that affect the host's immune regularity (Wasser 2014). Accordingly, the modulation of the immune system by mushroom extracts or isolated ingredients may emerge as essential maneuvering to battle some immunopathologies (Llauradó Maury *et al.*, 2021). Medicinal and edible mushrooms provide composites without cytotoxicity, involving proteins and polysaccharides, and realize a source for exploring novel organic drugs. Rich reserves exist in these medicinal fungi that maintain multiple biological activities (Ngai and Ng 2003; Wang and Ng 2004). The genus *Pleurotus* includes the fascinating edible fungi due to their affirmative healing and organoleptic features, robust growth, and simple cultivation circumstances. It can be cultivated on the log and an

extensive diversity of agroforestry weeds, wastes, and products to produce therapeutic composites, feed, enzymes, food, or waste detoxification and degradation (Gregori *et al.*, 2007).

In this research, firstly, the total phenolic content of hot water extracts of *P. ostreatus* mycelium was investigated, and it was estimated as 7.8 ± 0.22 mg GAE/g extract. Phenolic substances are the main constituents of the mushroom extract, and especially species belonging to the *Pleurotus* genus have different total phenolic contents ranging from ~ 2 to > 30 mg/g extract (Vieria *et al.*, 2013; Babu *et al.*, 2014). Phenolic compounds in mushrooms have strong antioxidant capacities (Islam *et al.*, 2016). Phenolic compounds stand out as potent chain-breaking antioxidants (Wang *et al.*, 2009), and they have scavenging capacity due to the advantage offered by hydroxyl groups (Villaño *et al.*, 2007). In addition, these compounds found in dietary and medicinal plants have been reported to inhibit oxidative stress with their antioxidant mechanisms (Zhang and Tsao 2016). In a study by Gasecka *et al.*, total phenolic content for *P. ostreatus* and *Pleurotus eryngii* species was determined as 9.64 ± 0.33 and 7.91 ± 1.02 mg/g extract, respectively. (Gasecka *et al.*, 2016). *Pleurotus florida* and *Pleurotus eous*'s total phenolic content was estimated as 3.125 mg GAE/g of dry extract and 2.725 mg GAE/g of dry extract (Mohamed Imran *et al.*, 2011).

Secondly, in this research, the total flavonoid content of *P. ostreatus* mycelium hot water extracts was investigated and estimated as 1.75 ± 0.1 mg QE/g extract. Another phenolic compound that occurs naturally in plants is flavonoids. Flavonoids are also known to have powerful antioxidant properties (Procházková *et al.*, 2011). The total flavonoid ingredient in varied *Pleurotus* kind was discovered at the level from 1.2 to 2.9 mg/g of the extract (Babu *et al.*, 2014) even to 7.79 mg/g (Sudha *et al.*, 2012). Flavonoids have been reported to scavenge active oxygen fragments (Cavia-Saiz *et al.*, 2010) and inhibit lipid peroxidation (Miura *et al.*, 1998). Besides, flavonoids have been circumscribed to scavenge ROS produced in cell-free systems (Cimanga *et al.*, 2001). The total flavonoid content of *Pleurotus florida* and *Pleurotus eous* was estimated as 4.4 mg QE/g and 3 mg QE/g, respectively (Mohamed Imran *et al.*, 2011). The total flavonoid content in *P. ostreatus* and *Pleurotus eryngii* was 2.11 ± 0.19 and 1.26 ± 0.17 mg/g of extract, respectively (Gasecka *et al.*, 2016). The comparative studies support this research in terms of both phenolic and flavonoid content and its effect on the antioxidant capacity assessed in the third stage. The correlation between the total phenolic ingredient and antioxidant efficiency in mushrooms was determined (Puttaraju *et al.*, 2006). In another study, high concentrations of flavonoids such as rutin (31.2 mg/100 g) and crisin (40 mg/100 g) were determined in *Pleurotus ostreatus* extract. It has been stated that this flavonoid ratio contributes to the antioxidant properties of the extract.

In this research, thirdly, the biochemical effects of hot water extracts of *P. ostreatus* mycelium on blood serum were evaluated using TAC and TOS analyses. The tension between the antioxidation and oxidation processes is crucial to sustaining healthful natural systems (Bouayed and Bohn 2010). Some natural compounds are candidates for antioxidants that trigger cytotoxic processes contingent on the dose taken and exposure times (Sznarkowska *et al.*, 2017). Most of the nutritionally valuable and medicinally important fungi species may exhibit many adverse effects in vivo and in vitro, including possible absorption impairment effects of the digestive system. The antioxidative effects of fungus extracts may differ depending on the type of fungus, the experiment, and the dose used (Aprotosoai *et al.*, 2017). Mycelium extracts of *P. ostreatus* mushroom were utilized at a 40-320 mg/L concentration range in this work. All doses applied enhanced the antioxidant potential of the blood serum to certain levels and again produced effective decreases in oxidative stress grades. However, 80, 160, and 240 mg/L extract treatments were more effective in increasing antioxidant capacity and reducing oxidative stress than other 40 and 320 mg/L treatments. Different researches confirm this study's conclusions that the *P. ostreatus* mycelium extracts have a crucial act in inhibiting oxidative stress. Raised ROS rates can defeat the strength formed by the intracellular antioxidant protection mechanism, which induces harm at the

cellular grade and may happen in death. Accordingly, the primary assessment of *P. ostreatus* concerning oxidative destruction and antioxidant capability will present a foundation for measuring cell viability in the subsequent experiments. Jose and Janardhanan reported that methanol extracts of *Pleurotus florida* showed antioxidant and antitumor effects with intense lipid peroxidation inhibition activities and hydroxyl radical scavenging segments (Jose and Janardhanan 2000). Lin described that *P. ostreatus* has ferric ion reducing power. The same investigator determined that *P. ostreatus* showed antioxidant potential in an in vivo model of experimentally influenced oxidative balance (Lin, 1999). Ethanolic extract of oyster mushroom *P. ostreatus* has intense antioxidant action in vivo and in vitro conditions. The ethanolic extract exhibits in vitro antioxidant activity by reducing power on ferric ions, inhibiting lipid peroxidation, and scavenging superoxide and hydroxyl radicals (Jayakumar *et al.*, 2010). Yunxia Zhang *et al.*, determined that the two polysaccharide fractions separated from the fruiting body of *P. ostreatus* showed more powerful superoxide anion radical scavenging action in parallel with increasing concentration but less effective in scavenging the hydroxyl radical (Zhang *et al.*, 2012).

In the fourth and final stage of this research, the proliferative effects of hot water extracts of *P. ostreatus* mycelia on healthy lymphocytes were evaluated. The purpose of this analysis is to appraise these mushrooms' possible to be beneficial nutritions concerning exposure period and dose for human curative with the support of the cytotoxicity assays. The proliferative effects of extracts on lymphocytes were determined by WST-1 assay. As a result of the application, it was determined that the treatment in the 40-320 mg/L concentration range did not give rise to any cytological detriment in lymphocyte cells and did not have a statistically negative effect on cell viability compared to negative control groups. The present study is the first to appraise the effects of hot water extracts of *P. ostreatus* mycelium on lymphocytes. Many works assistance plenty of aspects, bearing the regions from which *P. ostreatus* fungi are obtained, preparation techniques, different body parts, and different applied cultures and analyzes, including their contents. In a study conducted by Choi *et al.*, cytotoxicity and vitality effects of hot water extracts obtained from fruit body and mycelium of *Pleurotus ferulae* mushroom and ethanol extracts obtained from fruit bodies in different concentrations on lung and cervical carcinoma cells were investigated. They determined that hot water extract obtained from *P. ferulae* mycelium at a dose of 100 µg/mL decreased cell viability in all cancer cultures. In addition, they determined that ethanol extracts obtained from fruit bodies at a concentration of 40 µg/mL and above showed potent cytotoxicity on cervical carcinoma cell lines (Choi *et al.*, 2004). In another study, the immune-activating effect of aqueous extracts produced from *P. ostreatus* mycelium on macrophage functions was investigated. The researchers noted that 100 and 500 µg/mL dose treatments did not show cytotoxicity in murine macrophages, and the extracts significantly increased in vitro phagocytic ability (Llauradó Maury *et al.*, 2021). A study investigating the anticancer efficiency of the water-soluble extract of *P. ostreatus* against human prostate cancer cells determined that these extracts had a cytotoxic effect and induced apoptosis dose-related way (Gu and Sivam 2006). Lavi *et al.*, explained in their study that an aqueous polysaccharide extract from the edible fungus *P. ostreatus* stimulates pro-apoptotic effects and anti-proliferative impacts on colon cancer cell cultures (Lavi *et al.*, 2006). Another study stated that hot water extract of *P. ostreatus* subdued the increase of human breast cancer cells (Martin and Brophy 2010). Gu and Sivam investigated the anticancer action of *P. ostreatus* against human prostate cancer cells in their study. They applied a water-soluble extract prepared from fresh *P. ostreatus* to the cells at concentrations of 150 and 200 µg/mL and found that it exerted significant cytotoxic effects and prompted apoptosis in prostate cancer cells in a dose-dependent manner. In addition, they stated that 60 and 120 µg/mL doses significantly decreased the tumor colony formation efficiency (Gu and Sivam 2006).

CONCLUSION

The oyster mushroom *P. ostreatus* is an edible mushroom that is widely grown, contains a high nutritional value, and has a solid potential to prevent and cure diseases. In this research, the impacts of hot water mycelium extracts of *P. ostreatus* on human health were evaluated, proliferative and antioxidative effects on whole blood and lymphocyte cultures. In order to fully explore the potential and effects of this fungus species, which has come a long way with different in vivo and in vitro works, clinical studies are required, especially in 80, 160, and 240 mg/L doses, the practical effects of extract applications in increasing antioxidant power, reducing oxidative stress and on vitality. This oyster mushroom, which will be obtained using different methods and body parts, can be an excellent supplementary food candidate in increasing body resistance against diseases, drug development processes, and improving nutritious diets.

REFERENCES

- Abidin, M. H. Z., Abdullah, N., Abidin, N. Z. (2017). Therapeutic properties of *Pleurotus* species (oyster mushrooms) for atherosclerosis: A review, *International Journal of Food Properties*, 20(6), 1251-1261.
- Ahmed, F. R., Shoaib, M. H., Azhar, M., Um, S. H., Yousuf, R. I., Hashmi, S., Dar, A. (2015). In-vitro assessment of cytotoxicity of halloysite nanotubes against HepG2, HCT116 and human peripheral blood lymphocytes, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 135, 50-55.
- Aprotosoiaie, A. C., Zavastin, D. E., Mihai, C. T., Voichita, G., Gherghel, D., Silion, M., Miron, A. (2017). Antioxidant and antigenotoxic potential of *Ramaria largentii* Marr and DE Stuntz, a wild edible mushroom collected from Northeast Romania, *Food and Chemical Toxicology*, 108, 429-437.
- Babu, D. R., Pandey, M., Rao, G. N. (2014). Antioxidant and electrochemical properties of cultivated *Pleurotus* spp. and their sporeless/low sporing mutants, *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3317-3324.
- Barros, L., Ferreira, M. J., Queiros, B., Ferreira, I. C., Baptista, P. (2007). Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities, *Food Chemistry*, 103(2), 413-419.
- Borges Bubols, G., da Rocha Vianna, D., Medina-Reimon, A., von Poser, G., Maria Lamuela-Raventos, R., Lucia Eifler-Lima, V., Cristina Garcia, S. (2013). The antioxidant activity of coumarins and flavonoids, *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 13(3), 318-334.
- Bouayed, J., Bohn, T. (2010). Exogenous antioxidants-double-edged swords in cellular redox state: health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 3(4), 228-237.
- Carrasco-González, J. A., Serna-Saldívar, S. O., Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient, *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 69-81.
- Cavia-Saiz, M., Busto, M. D., Pilar-Izquierdo, M. C., Ortega, N., Perez-Mateos, M., Muñoz, P. (2010). Antioxidant properties, radical scavenging activity and biomolecule protection capacity of flavonoid naringenin and its glycoside naringin: a comparative study, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1238-1244.
- Cerig, S. (2021). A safety assessment of hot aqueous mycelium extracts from *Trametes versicolor* and *Lepista nuda* as a food supplement, *Biologia*, 1-11.
- Chaudhry, B. (2019). *A Handbook of Common Medicinal Plants Used in Ayurveda*, *Kojo Press*.

- Choi, D., Cha, W. S., Kang, S. H., Lee, B. R. (2004). Effect of *Pleurotus ferulae* extracts on viability of human lung cancer and cervical cancer cell lines, *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 9(5), 356.
- Cimanga, K., Ying, L., De Bruyne, T., Apers, S., Cos, P., Hermans, N., Vlietinck, A. J. (2001). Radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activity of phenolic compounds from *Bridelia ferruginea* stem bark, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53(5), 757-761.
- Crum-Cianflone, N. F. (2008). Bacterial, fungal, parasitic, and viral myositis, *Clinical Microbiology Reviews*, 21(3), 473-494.
- Elisashvili, V. I. (2012). Submerged cultivation of medicinal mushrooms: bioprocesses and products. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 14(3).
- Erel, O. (2004). A novel automated method to measure total antioxidant response against potent free radical reactions, *Clinical Biochemistry*, 37(2), 112-119.
- Erel, O. (2005). A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status, *Clinical Biochemistry*, 38(12), 1103-1111.
- Felter, S. P., Zhang, X., Thompson, C. (2021). Butylated Hydroxyanisole: Carcinogenic food additive to be avoided or harmless antioxidant important to protect food supply, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 104887.
- Fisher, R. A. (1919). XV. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance, *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 52(2), 399-433.
- Garicochea, A. V. (2012). Flavonoids in mushrooms: Occurrence, properties and role of their antioxidant activity.
- Gasecka, M., Mleczek, M., Siwulski, M., Niedzielski, P. (2016). Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with selenium and zinc, *European Food Research and Technology*, 242(5), 723-732.
- Gregori, A., Švagelj, M., Pohleven, J. (2007). Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp, *Food Technology and Biotechnology*, 45(3), 238-249.
- Grotewold, E. (2006). The science of flavonoids, *Springer-Verlag, New York*.
- Gu, Y. H., Sivam, G. (2006). Cytotoxic effect of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on human androgen-independent prostate cancer PC-3 cells, *Journal of Medicinal Food*, 9(2), 196-204.
- Guillamón, E., García-Lafuente, A., Lozano, M., Rostagno, M. A., Villares, A., Martínez, J. A. (2010). Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases, *Fitoterapia*, 81(7), 715-723.
- Halliwell, B. (1994). Free radicals and antioxidants: a personal view, *Nutrition Reviews*, 52(8), 253-265.
- Hyun, K. W., Jeong, S. C., Lee, D. H., Park, J. S., Lee, J. S. (2006). Isolation and characterization of a novel platelet aggregation inhibitory peptide from the medicinal mushroom, *Inonotus obliquus*, *Peptides*, 27(6), 1173-1178.
- Islam, T., Yu, X., Xu, B. (2016). Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China, *LWT-Food Science and Technology*, 72, 423-431.
- Jayakumar, T., Thomas, P. A., Geraldine, P. (2009). In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 102, 28-234.
- Jayakumar, T., Thomas, P. A., Isai, M., Geraldine, P. (2010). An extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, increases catalase gene expression and reduces protein oxidation during aging in rats, *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 8(8), 774-780.

- Jeong, S. C., Jeong, Y. T., Yang, B. K., Islam, R., Koyyalamudi, S. R., Pang, G., Song, C. H. (2010). White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rats, *Nutrition Research*, 30(1), 49-56.
- Jose, G. S., Radhamany, P. M. (2012). Identification and determination of antioxidant constituents of bioluminescent mushroom, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S386-S391.
- Jose, N., Janardhanan, K. K. (2000). Antioxidant and antitumour activity of *Pleurotus florida*. *Current Science*, 79(7), 941-943.
- Khachatryan, L., Vejerano, E., Lomnicki, S., Dellinger, B. (2011). Environmentally persistent free radicals (EPFRs). 1. Generation of reactive oxygen species in aqueous solutions, *Environmental Science and Technology*, 45(19), 8559-8566.
- Kozarski, M., Klaus, A., Jakovljevic, D., Todorovic, N., Vunduk, J., Petrović, P., Van Griensven, L. (2015). Antioxidants of edible mushrooms, *Molecules*, 20(10), 19489-19525.
- Lavi, I., Friesem, D., Geresh, S., Hadar, Y., Schwartz, B. (2006). An aqueous polysaccharide extract from the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* induces anti-proliferative and pro-apoptotic effects on HT-29 colon cancer cells, *Cancer Letters*, 244(1), 61-70.
- Lin, H.C., (1999). Evaluation of taste quality and antioxidant properties of edible mushrooms, *Master's Thesis, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan*.
- Liochev, S. I. (2013). Reactive oxygen species and the free radical theory of aging, *Free Radical Biology and Medicine*, 60, 1-4.
- Llauradó Maury, G., Morris-Quevedo, H. J., Heykers, A., Lanckacker, E., Cappoen, D., Delputte, P., Cos, P. (2021). Differential induction pattern towards classically activated macrophages in response to an immunomodulatory extract from *Pleurotus ostreatus* mycelium, *Journal of Fungi*, 7(3), 206.
- Martin, K. R., Brophy, S. K. (2010). Commonly consumed and specialty dietary mushrooms reduce cellular proliferation in MCF-7 human breast cancer cells, *Experimental Biology and Medicine*, 235(11), 1306-1314.
- Miura, Y. H., Tomita, I., Watanabe, T., Hirayama, T., Fukui, S. (1998). Active oxygens generation by flavonoids, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 21(2), 93-96.
- Mohamed Imran, M., Mohamed Mahroop Raja, M., Abdul Basith, J., Asarudeen, A. (2011). Determination of total phenol, flavonoid and antioxidant activity of edible mushrooms *Pleurotus florida* and *Pleurotus eous*, *International Food Research Journal*, 18(2).
- Mustafa, R. A., Hamid, A. A., Mohamed, S., Bakar, F. A. (2010). Total phenolic compounds, flavonoids, and radical scavenging activity of 21 selected tropical plants, *Journal of Food Science*, 75(1), C28-C35.
- Ngai, P.H. Ng, T.B. Lentin, a novel and potent antifungal protein from shitake mushroom with inhibitory effects on activity of human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and proliferation of leukemic cells, *Life Sciences*, 2003, 73, 3363-74.
- Ozidal, M., Gulmez, O., Ozdal, O. G., Algur, O. F. (2019). Antibacterial and antioxidant activity of mycelial extracts of different *Pleurotus* species, *Food and Health*, 5(1), 12-18.
- Patel, Y., Naraiyan, R., Singh, V. K. (2012). Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): a review, *World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1), 1-12.
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases, *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26.
- Procházková, D., Boušová, I., Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids, *Fitoterapia*, 82(4), 513-523.

- Proestos, C., Boziaris, I. S., Nychas, G. J., Komaitis, M. (2006). Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity, *Food Chemistry*, 95(4), 664-671.
- Puttaraju, N. G., Venkateshaiah, S. U., Dharmesh, S. M., Urs, S. M. N., Somasundaram, R. (2006). Antioxidant activity of indigenous edible mushrooms, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 9764-9772.
- Rai, M., Tidke, G., Wasser, S. P. (2005). Therapeutic potential of mushrooms.
- Rodríguez-Morató, J., Xicota, L., Fitó, M., Farré, M., Dierssen, M., De la Torre, R. (2015). Potential role of olive oil phenolic compounds in the prevention of neurodegenerative diseases, *Molecules*, 20(3), 4655-4680.
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321-1337.
- Simic, M. G. (1988). Mechanisms of inhibition of free-radical processes in mutagenesis and carcinogenesis, *Mutation Research*, 202, 377-386.
- Sudha, G., Vadivukkarasi, S., Shree, R. B. I., Lakshmanan, P. (2012). Antioxidant activity of various extracts from an edible mushroom *Pleurotus eous*, *Food Science and Biotechnology*, 21(3), 661-668.
- Sun, Y., Liu, J. (2009). Purification, structure and immunobiological activity of a water-soluble polysaccharide from the fruiting body of *Pleurotus ostreatus*, *Bioresource Technology*, 100(2), 983-986.
- Sznarkowska, A., Kostecka, A., Meller, K., Bielawski, K. P. (2017). Inhibition of cancer antioxidant defense by natural compounds, *Oncotarget*, 8(9), 15996.
- Thorsby, E., Bratlie, A. (1970). A rapid method for preparation of pure lymphocyte suspensions, *Histocompatibility Testing*, 1970, 655-656.
- Turkoglu, A., Duru, M. E., Mercan, N., Kivrak, I., Gezer, K. (2007). Antioxidant and antimicrobial activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Food Chemistry*, 101(1), 267-273.
- Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life, *International Journal of Microbiology*, 2015.
- Vamanu, E. (2012). In vitro antimicrobial and antioxidant activities of ethanolic extract of lyophilized mycelium of *Pleurotus ostreatus* PQMZ91109, *Molecules*, 17(4), 3653-3671.
- Vieira, P. A. F., Gontijo, D. C., Vieira, B. C., Fontes, E. A., de Assunção, L. S., Leite, J. P. V., Kasuya, M. C. M. (2013). Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in *Pleurotus ostreatus* mushrooms enriched with iron, zinc or lithium, *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 421-425.
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M. S., Moyá, M. L., Troncoso, A. M., García-Parrilla, M. C. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical, *Talanta*, 71(1), 230-235.
- Wang, H. X., Ng, T. B. (2004). Purification of a novel low-molecular-mass laccase with HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activity from the mushroom *Tricholoma giganteum*, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 315(2), 450-454.
- Wang, T., Jonsdottir, R., Ólafsdóttir, G. (2009). Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds, *Food Chemistry*, 116(1), 240-248.
- Wang, W., Kannan, K. (2019). Quantitative identification of and exposure to synthetic phenolic antioxidants, including butylated hydroxytoluene, in urine, *Environment International*, 128, 24-29.
- Wasser, S.P. (2014). Medicinal mushroom science: Current perspectives, advances, evidences and challenges, *Biomedical Journal*, 37, 345-356.

- Zhang, H., Tsao, R. (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects, *Current Opinion in Food Science*, 8, 33-42.
- Zhang, W. R., Liu, S. R., Kuang, Y. B., Zheng, S. Z. (2019). Development of a novel spawn (block spawn) of an edible mushroom, *Pleurotus ostreatus*, in liquid culture and its cultivation evaluation, *Mycobiology*, 47(1), 97-104.
- Zhang, Y., Dai, L., Kong, X., Chen, L. (2012). Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(3), 259-265.
- Zugasti-Cruz, A., Rodríguez-Herrera, R., Sierra-Rivera, C. A. (2020). Polyphenols: An Overview of Food Sources and Associated Bioactivities, *Plant Metabolites: Methods, Applications and Prospects*, 465-496.

Serpentine Flora of Bursa Province (Northwest Anatolia, Turkey)

Gülşah BAĞÇIVAN¹
Ruziye DAŞKIN²

Introduction

Flora of Turkey includes about 12.000 plant taxa, of which approximately 3.700, are endemic to Turkey. Therefore, Anatolia is one of the richest areas of the temperate zone in terms of floristic diversity and endemism. One of the reasons for its floristic richness is edaphic diversity. The high rate of endemism in serpentine, gypsiferous and salty soils in our country shows the contribution of edaphic diversity to plant diversity.

Serpentine rocks are named after the word **serpentinus**, which means serpent in Latin, because of their olive green color, mottled and scaly appearance. They were also called "**ophiolite**" (**snakestone**) in ancient Greek. Since serpentinites are easily processed, they have been used by various civilizations throughout history in making tools and jewelry, in ceremonial carvings, in decoration, as well as in the production of amulets and in protection from snake bites (Özdeniz et al., 2017).

Serpentine soils come from the erosion of ultramafic (igneous or metamorphic) rocks. Ultramafic rocks contain high amounts of minerals such as Mg, Fe, olivine and pyroxene. The formation of serpentine comes with the reaction of olivine, the main material in the structure of these rocks, with water (Kruckeberg, 2002). At least 70% of ultramafic rocks consists of ferromagnesian silicate. The common ultramafic rocks are peridotite and secondary formations that are formed as a result of their hydration and contain serpentinite.

Serpentine rocks whose main ingredient is olivine (iron, magnesium silicate) can appear bright green, bluish-green or black. Although the soils consisting of serpentine bedrock are greenish black at first, they lose their Mg and Fe after washing with the effect of the rain and undergo color changes, this change causes the soil color to first turn into reddish and then gray.

The soils that develop from the serpentine bedrock are shallow and stony soils because they hardly decompose. They contain high levels of Mg and Fe. They are rich in heavy metals such as Ni, Co, Cr. On the other hand, they are poor in minerals such as Ca, K, P necessary for the growth of plants. This situation causes unfavorable conditions for plant growth. These extreme edaphic conditions are called **edaphic island** or **geological island**. The high level of endemism in these soils is explained by "geological isolation". Plants that can live on these islands are thought to be able to hold on to these extreme conditions through a genetic change. These plants are locally adapted to

¹ Dr., Bursa Uludağ University, Büyükşehir Vocational High School, Department of Forestry, glshbagcivan@uludag.edu.tr

² Prof. Dr., Bursa Uludağ University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, ruzyieg@uludag.edu.tr

serpentine soils by forming “soil ecotypes”. Formation of soil ecotypes in serpentine endemism is thought to be a stage. (Kruckberg et al., 1999; Reeves et al., 1999; Anacker, 2014; Adıgüzel and Reeves, 2002). Serpentine soils have shown remarkable levels of plant endemism in some regions of the world. For example, 215 taxa in California, 854 taxa in Cuba and 1150 taxa in New Caledonia are grown only on serpentine areas (Brooks, 1987; Kruckeberg, 2002).

The arid structure of serpentine soils is less organic materials, weak physical structure, high concentration of heavy metals, causing these soils to be unsuitable for many plant species and poor vegetation. Weak vegetation causes increase in soil temperature and erosion. Serpentine soils are particularly susceptible to erosion as they are steep, rocky and shallow soils. For this reason, plants that can grow in these soils have to adapt to both the stress conditions arising from the physical and chemical properties of the soil and drought. However, endemism and high plant diversity in these areas are associated with adaptations to these adverse conditions (Proctor and Woodell, 1975; Brooks, 1987; Kruckeberg et al., 1999; Brady et al., 2005; Adamidis et al., 2014).

Although serpentine soils are challenging habitats for plants, the ecology of the serpentine areas, how the plants adapt to these conditions, the high endemism and species diversity, the morphological characteristics of the plants specific to these areas, their unique species compositions have always been interesting and have been the subject of many research and modeling. Serpentine soils have been used as model system for many studies on plant adaptation, plant speciation, plant diversity and climatic change, due to their unique chemistry and their high levels of plant endemism (Kruckeberg, 1984; Kruckeberg, 2002; Brooks, 1987).

Studies show that the species growing in the serpentine accumulate more heavy metals compared to the species that grow in normal soils. One of the reasons that plants grown in these areas can survive is hyperaccumulation. Hyperaccumulator species are indicated to be found in serpentine soils. The presence of these species in soil is generally considered as an indicator of high metal content. These plants can accumulate more than 1000mg/g of Ni, Co, Cu, Cr in their tissues. Hyperaccumulative plants can accumulate these heavy metals at high rates through their vacuoles. In studies conducted in serpentine areas in Turkey, it has been shown that genera such as *Alyssum*, *Thlaspi*, *Cochlearia* accumulate Ni in their structures (Kruckeberg et al., 1999; Reeves et al., 2001). It is assumed that about 500 taxa are hyperaccumulators for one or more metals. The majority of taxa (more than 450) known as hyperaccumulators are nickel hyperaccumulators, usually formed in serpentine soils (Van der Ent et al., 2013).

Some families well represented in the serpentine flora are Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae and Euphorbiaceae. The number of hyperaccumulator species is the highest in the Brassicaceae family. The most characteristic genus is the *Alyssum* L. Other nickel accumulating genera are *Thlaspi* L., *Bornmuellera* Hausskn., *Pseudosempervivum* (Boiss.) Grossh. and *Centaurea* L (Altınözlu et al., 2012; Reeves and Adıgüzel, 2004; Reeves et al., 2001).

The ultramafic rocks are common in Turkey except for east and southeast provinces. When the distribution areas of serpentine rocks in our country are taken into consideration, it has been revealed that it is concentrated on especially “**Anatolian Diagonals**” that geological isolation is

another reason of the endemism on the diagonal. Serpentine areas occur around Kütahya, Balıkesir and Bursa, with locally around Çanakkale provinces in Northwestern Turkey. Serpentine areas extend from Muğla to Hatay provinces in Mediterranean region and are extend from Kahramanmaraş to Erzincan in northeastern region. The smaller serpentine area also occur around Ankara province (Adıgüzel and Reeves, 2012).

Serpentine areas occur locally around Soğukpınar, east of Mustafakemalpaşa district, north of Orhaneli district, north and south of Harmancık district in Bursa. There are a few facilities that are processing chrome, nickel and olivine mines in Orhaneli district and there are old chrome mines that are not active today in Harmancık district. Although the flora of some regions including serpentine areas in Bursa province has been studied (Daşkın and Kaynak 2010 a, b, Bağcıvan and Daşkın 2019, 2020), especially the plants growing on the serpentine have not been studied. Therefore, it was aimed to determine the plants growing on the serpentine substrate in Bursa province and to group them according to their serpentine affinities in this study.

2. Material and Methods

These study consists of the plant specimens were collected from totally 20 serpentine areas, mainly determined on the basis of our field expeditions carried out between 2011 and 2018 years, in the study area (Figure 1). The locations, altitudes and coordinates of these areas were given in Table 1.

Some researchers divided the plants growing on serpentine soils into two large groups according to their serpentine affinities, those growing in serpentine areas as mandatory = **obligate** are defined as **serpantinophyte** and can grow in both serpentine and non-serpentine edaphic conditions-**facultative** or **serpantinovag** (Kurt et al., 2013; Pollard et al., 2014).

Flora of Turkey volumes 1-11 (Davis, 1965-1985; Davis et al.,1988; Güner et al., 2000) and related literatures were used in the identification of the plant specimens. At the end of this study, 172 plant taxa were identified belong to 104 genera and 36 families and their locations, life forms, serpentine affinities (**serpantinophyte or serpantinovag**), IUCN categories and phytogeographical regions were presented in Table 2. General appearance and the vegetation of the serpentine areas and some species grown on serpentine substrates were photographed in their habitats and their habitat characteristics were noted (Figures 2, 3, 4, 5, 6).

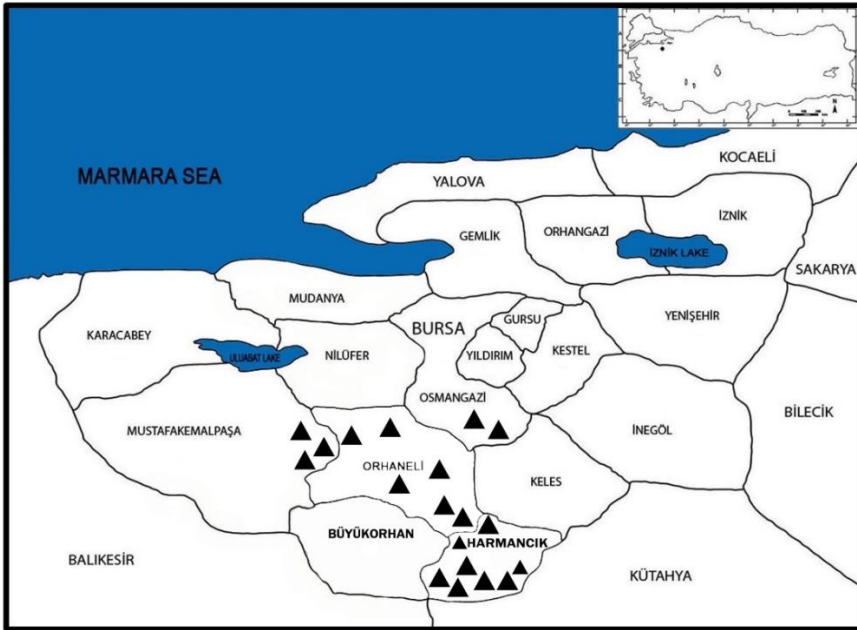


Figure 1. Serpentine (▲) areas of Bursa province.



Figure 2. Fragile serpentine rocks and reddish soil around Soğukpınar (on the left). Blackish serpentine stones and its poor vegetation around Çınarcık Dam (on the right)



Figure 3. Blackish and reddish serpentine rocky and stony areas and serpentine vegetation on the Harmancık road



Figure 4. *Alyssum dudleyi*, on the left; *Bolanthus spergulifolius* , on the right)



Figure 5. *Dianthus goekayi* Kaynak, Yılmaz & Daşkın, on the left; *Astragalus coodei*, on the right)



Figure 6. *Centaurea drabifolia* subsp. *floccosa*, on the left; *Verbascum basivelatum*, on the right

Table 1. Studied serpentine areas in Bursa province

Loc No	Location	Altitude (m)	Coordinates
L1	Osmangazi: on Keles road, 2 km to Soğukpınar	930	35T 681686 E/443398 N
L2	Osmangazi: Soğukpınar Karasılah fork road to Keles road, 5. km,	990	35T 681686 E/4433985 N
L3	M.kemalpaşa: between Çınarcık and Eskikızılelma	435	40.029888 N/28.769877 E
L4	M.kemalpaşa: between Eskikızılelma and Şehriman		
L5	M.kemalpaşa: between Şehriman and Çaltılıbük	227	39° 57' N / 28° 36' E
L6	M.kemalpaşa: entrance of Ömeraltı to Çınarcık	686	
L7	Orhaneli: Çınarcık Dam and its environments	446	35T 650977 E/4432753 N
L8	Orhaneli: 2 km after Yörücekler road fork	392	35S 6633228 E/4424277 N
L9	Orhaneli: around Akçabük	385	35S 664509 E/ 4424010 N
L10	Orhaneli: around Çörelers road fork	355	35S 665742 E/ 2243203 N
L11	Orhaneli: between Topuk road fork and Topuk, 4. km	536	35S 671018E/ 4427911 N
L12	Orhaneli: around Çeki Sırlı road fork	965	35S 675482 E/ 4404612 N
L13	Harmancık: 14 km to Harmancık	972	35S 676896 E/4401689 N
L14	Harmancık: 12 km to Harmancık	992	35S 676916 E/4399251 N
L15	Harmancık: on Harmancık road, 2 km to Çamoğlu Çakmak road fork	1029	35S 676856 E/ 4399302 N
L16	Harmancık: between Ilıcaksu and Delicegüney	620	30° 39' N / 29° 01' E
L17	Harmancık: between Kışmanlar and İshaklar	777	35S 683630 E /4389937 N
L18	Harmancık: south of Kozluca		
L19	Harmancık: between Gökçeler and Kocapınar	563	35S 673212 E/ 4385334 N
L20	Harmancık: above Balatdanışment, around Küplü Hill	1127	35S 692294 E/ 4387892 N

3. Results and Discussion

172 plants were identified growing on the serpentine substrate in the study area. 35 of these taxa are endemic, endemism ratio was found as 20%. The distribution of 35 endemic taxa according to IUCN threatened categories are as follows Least Concern (LC) 24, Critically Endangered (CR) 3, Near Threatened (NT) 2, NE 1, Vulnerable (VU) 3, Endangered (EN) 2 (Ekim et al., 2000). 14 taxa were identified as serpentinophyte, 158 taxa were identified as serpentinovag.

The distribution of 172 taxa according to the life forms of Raunkier was found to be 6 Phanerophyte,, 5 Chamaephyte, 104 Hemicryptophyte, 20 Cryptophyte, 37 Therophyte. The distribution of 172 taxa according to phytogeographical elements are as follows: 34 taxa in Mediterranean, 20 taxa in Irano-Turanian, 18 taxa in Euro-Siberian and 100 taxa are multiregional or unknown originated (Figure 7).

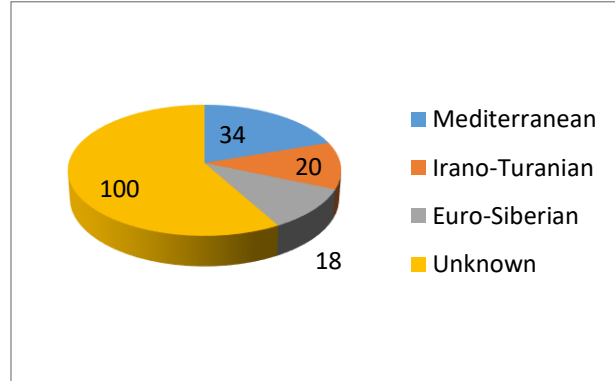


Figure 7. Distribution of taxa determined in the study area according to phytogeographic regions

Table 2. Plant taxa growing on serpentine sites in the study area

Family	Taxon	Locations	Life form	Serpentine affinity	IUCN category	Phyt. Ele.
Pteridaceae	<i>Cheilanthes marantae</i> (L.) R. Br.	L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Cupressaceae	<i>Juniperus excelsa</i> M. Bieb. subsp. <i>excelsa</i>	L12, L16	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Cupressaceae	<i>Juniperus foetidissima</i> Willd.	L12, L14, L20	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Ephedraceae	<i>Ephedra major</i> Host	L9	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Pinaceae	<i>Pinus brutia</i> Ten	L3, L7, L8, L9, L11, L19	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Pinaceae	<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold subsp. <i>nigra</i> var. <i>caramanica</i> (Loudon) Rehd.	L13, L14, L15, L20	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Amaryllidaceae	<i>Allium hirtovaginatatum</i> Kunth	L20	Kri.	Serpentinovag		Med.
Amaryllidaceae	<i>Allium hycaonicum</i> Siehe ex Hayek	L2, L13, L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Amaryllidaceae	<i>Allium olympicum</i> Boiss.	L16	Kri.	Serpentinovag	LC	Euro.-Sib.
Amaryllidaceae	<i>Allium paniculatum</i> L. subsp. <i>paniculatum</i>	L16, L20	Kri.	Serpentinovag		Med.
Amaryllidaceae	<i>Allium scorodoprassum</i> L. subsp. <i>rotundum</i> (L.) Stearn	L12, L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Amaryllidaceae	<i>Allium stamineum</i> Boiss.	L20	Kri.	Serpentinovag		Med.
Amaryllidaceae	<i>Allium sibthorpiatum</i>	L11, L14, L15	Kri.	Serpentinovag		Med.
Asparagaceae	<i>Bellevalia speciosa</i> Woronow ex Grossh.	L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Asparagaceae	<i>Hyacinthella lineata</i> (Steud. ex Schult. & Schult f.) Chouard	L1, L2, L3, L5, L7, L8, L9, L13, L14, L15, L20	Kri.	Serpentinovag	LC	Med.
Asparagaceae	<i>Muscari armeniacum</i> Leichtlin ex Baker	L3, L7,	Kri.	Serpentinovag		Unkown

Asparagaceae	<i>Muscari neglectum</i> Guss. ex Ten.	L2, L12, L14, L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Asparagaceae	<i>Muscari tenuiflorum</i> Tausch	L20	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Asparagaceae	<i>Ornithogalum comosum</i> L.	L12	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Asparagaceae	<i>Ornithogalum montanum</i> Cirillo	L12	Kri.	Serpentinovag		Med.
Asparagaceae	<i>Ornithogalum sigmoideum</i> Freyn & Sint.	L13, L14,	Kri.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
İridaceae	<i>Iris kerneriana</i> Asch. & Sinth. ex Baker	L20	Kri.	Serpentinovag	LC	Euro.-Sib.
Iridaceae	<i>Iris suaveolens</i> Boiss. & Reut.	L12, L13, L20	Kri.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Liliaceae	<i>Fritillaria pinardii</i> Boiss.	L1, L2, L13	Kri.	Serpentinophyte		İr.-Tur.
Poaceae	<i>Aegilops geniculata</i> Roth	L7, L8, L12, L14	Ter.	Serpentinovag		Med.
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i> L. var. <i>capillaris</i>	L11	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds. var. <i>myosuroides</i>	L8	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Poaceae	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P. Beauv. (Sin: <i>Trachynia distachya</i> (L.) Link)	L10, L12	Hem.	Serpentinovag		Med.
Poaceae	<i>Briža media</i> L.	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Bromus sterilis</i> L.	L13, L14	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>	L20	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Poaceae	<i>Festuca callieri</i> (Hack.) Markgr. subsp. <i>callieri</i>	L10	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Melica ciliata</i> L. subsp. <i>ciliata</i>	L13, L14, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Orizopsis miliacea</i> (L.) Asch. & Schweinf. subsp. <i>thomasii</i> (Duby) K. Richt.	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Poa bulbosa</i> L.	L8, L9, L12	Kri.	Serpentinovag		Unkown
Poaceae	<i>Taenitherum caput-medusae</i> (L.) Nevski subsp. <i>crinitum</i> (Schreb.) Melderis	L10	Ter.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Poaceae	<i>Vulpia persica</i> (Boiss. & Buhse) Krecz & Bobrov	L10	Ter.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Apiaceae	<i>Falcaria falcarioides</i> (Bornm. & H. Wolff) H. Wolff	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Apiaceae	<i>Ferulago macrosciadia</i> Boiss. & Balansa	L1, L8, L11,	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Apiaceae	<i>Ferulago silajolia</i> (Boiss.) Boiss.	L9	Hem.	Serpentinovag	EN	Euro.-Sib.
Apiaceae	<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	L1, L11, L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Apiaceae	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.	L16	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Apocynaceae	<i>Vinca major</i> L. subsp. <i>major</i>	L13, L14	Hem.	Serpentinovag		Med.
Apocynaceae	<i>Vincetoxicum fuscatum</i> Rchb. f. subsp. <i>fuscatum</i>	L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Apocynaceae	<i>Vincetoxicum tmoleum</i> Boiss.	L20	Hem.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia pallida</i> Willd.	L11	Hem.	Serpentinovag		Unkown

Bağcıvan, Gülşah & Daşkın, Ruziye; Serpentine Flora of Bursa Province (Northwest Anatolia, Turkey)

Asteraceae	<i>Achillea coarctata</i> Poir.	L8	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Anthemis cretica</i> L. subsp. <i>anatolica</i> (Boiss.) Grierson	L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Asteriscus spinosus</i> (L.) Sch. Bip.	L10	Ter.	Serpentinovag		Med.
Asteraceae	<i>Carduus acicularis</i> Bertol.	L10	Ter.	Serpentinovag		Med.
Asteraceae	<i>Carthamus lanatus</i> L.	L13	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Centaurea drabifolia</i> Sibth. & Sm. subsp. <i>floccosa</i> (Boiss.) Wagenitz & Grauter	L14, L15	Hem.	Serpentinophyte	LC	Unkown
Asteraceae	<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	L4, L5, L10	Hem.	Serpentinovag	NE	Med.
Asteraceae	<i>Centaurea iberica</i> Trev. ex Spreng.	L10	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Centaurea olympica</i> (DC.) K.Koch	L4, L20	Hem.	Serpentinovag	LC	Unkown
Asteraceae	<i>Centaurea polyclada</i> DC.	L20	Hem.	Serpentinovag	VU	Med.
Asteraceae	<i>Centaurea virgata</i> Lam.	L16, L20	Hem.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Asteraceae	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	L16, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Cirsium canum</i> (L.) All.	L20	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Asteraceae	<i>Chondrilla juncea</i> L.	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Cota tinctoria</i> (L.) J.Gay ex Guss. var. <i>tinctoria</i>	L16, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Crepis sancta</i> (L.) Bornm.	L12, L15, L19	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Crepis setosa</i> Haller f.	L10	Ter.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Asteraceae	<i>Crepis zacintha</i> (L.) Babç.	L8, L9	Ter.	Serpentinovag		Med.
Asteraceae	<i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.	L12, L13, L16	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Cyanus triumfettii</i> Dostal ex A. Löve & D. Löve subsp. <i>triumfettii</i>	L12, L13	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Hieracium pannosum</i> Boiss.	L8	Hem.	Serpentinovag		Med.
Asteraceae	<i>Lapsana communis</i> L. ssp. <i>adenophora</i> (Boiss.) Rech. f.	L1	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Leontodon crispus</i> Vill. subsp. <i>asper</i> (Waldst. & Kit.) Röhl. var. <i>asper</i>	L12, L13	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Leontodon crispus</i> Vill. subsp. <i>asper</i> (Waldst. & Kit.) Röhl. var. <i>asper</i>	L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i> L. var. <i>recutita</i> (L.) Fiori	L10	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Picris hieracioides</i> L. subsp. <i>hieracioides</i>	L20	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.

Asteraceae	<i>Pilosella cymosa</i> (L.) F. W. Schultz & Sch. Bip.	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Pilosella piloselloides</i> (Vill.) Sojak subsp. <i>magyarica</i> (Peter) S. Braut. & Greuter	L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Pilosella procera</i> (Fr.) F. W. Schultz & Sch. Bip	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Scorzonera cana</i> (C. A. Mey.) Griseb. var. <i>jacquiniana</i> (W. Koch) D. F. Chamb	L12, L13, L15	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Scorzonera eriophora</i> DC.	L14	Hem.	Serpantinovag	LC	Unkown
Asteraceae	<i>Scorzonera mollis</i> M.Bieb. subsp. <i>mollis</i>	L1, L8, L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.	L8, L11, L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Asteraceae	<i>Taraxacum farinosum</i> Hausskn. & Bornm. ex Hand.-Mazz.	L20	Hem.	Serpentinovag	LC	İr.-Tur.
Asteraceae	<i>Taraxacum hellenicum</i> Dahlst.	L10, L12	Hem.	Serpentinovag		Med.
Asteraceae	<i>Taraxacum pseudobrachyglossum</i> Soest	L12, L20	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Boraginaceae	<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I. M. Johnst. subsp. <i>sibthorpiana</i> (Griseb.) R. Fern.	L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Boraginaceae	<i>Cynoglossis barrelieri</i> (All.) Vural & Kit Tan	L8, L12	Hem.	Serpentinovag		Med.
Boraginaceae	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	L8	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Boraginaceae	<i>Myosotis minutiflora</i> Boiss. & Reut.	L20	Ter.	Serpentinovag		Med.
Boraginaceae	<i>Neotostoma apulum</i>	L10	Ter.	Serpentinovag		Med.
Boraginaceae	<i>Onosma taurica</i> Willd. var. <i>taurica</i>	L1, L13, L14, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Boraginaceae	<i>Onosma thracica</i> Velen.	L8, L12	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Boraginaceae	<i>Paracaryum calycinum</i> Boiss. & Balansa	L1, L7, L13	Hem.	Serpentinophyte	LC	İr.-Tur.
Brassicaceae	<i>Aethionema arabicum</i> (L.) Adrz. ex DC.	L11, L12, L13	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Aethionema cordatum</i> (Desf.) Boiss.	L12, L13, L14, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum alyssoides</i> L.	L1	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum corsicum</i> Duby	L10, L13	Hem.	Serpentinophyte		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum dudleyi</i> Adıgüzel & R. D. Reeves	L13, L14, L15, L16, L20	Hem.	Serpentinophyte	VU	Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum murale</i> Waldst. & Kit. subsp. <i>murale</i> var. <i>murale</i>	L1, L3, L6, L7, L14, L16	Hem.	Serpentinophyte		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	L1, L7, L8, L10, L19, L20	Hem.	Serpentinophyte		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum minutum</i> Schlecht. ex DC.	L12, L17, L18	Ter.	Serpentinovag		Unkown

Brassicaceae	<i>Alyssum simplex</i> Rudolph	L8, L9, L17, L18	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Alyssum umbellatum</i> Desv.	L20	Hem.	Serpentinovag		Med.
Brassicaceae	<i>Chypeola jontblaspi</i> L.	L11, L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Erysimum smyrnaeum</i> Boiss. & Balansa	L1	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Iberis simplex</i> DC.	L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Brassicaceae	<i>Tblaspi jaubertii</i> Hedge	L1, L8, L12	Hem.	Serpentinovag	LC	Unkown
Brassicaceae	<i>Microthlaspi perfoliatum</i> (L.) F. K. Mey.	L1, L7, L12,	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Campanulaceae	<i>Azyneuma linifolium</i> (Boiss. & Heldr.) Bornm. subsp. <i>linifolium</i>	L3, L11, L14, L15	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Caprifoliaceae	<i>Valerianella lasiocarpa</i> Steven ex Betcke	L13	Ter.	Serpentinovag		İr.-Tur
Caprifoliaceae	<i>Valerianella pumila</i> (L.) DC.	L9, L10, L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Bolanthus spergulifolius</i> (Jaub. & Spach) Hub.-Mor.	L1, L14, L15, L20	Hem.	Serpentinophyte	VU	Unkown
Caryophyllaceae	<i>Dianthus goekayi</i> Kaynak, Yılmaz, Daşkın	L2, L9, L11, L13, L14, L15, L19, L20	Hem.	Serpentinophyte	CR	Unkown
Caryophyllaceae	<i>Dianthus leptopetalus</i> Willd.	L2, L4, L16	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Dianthus calocephalus</i> Boiss.	L3, L11	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Cerastium dubium</i> (Bastard) O. Schwarz	L1	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Cerastium gracile</i> Dufour	L13, L15	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Minuartia erythrosepala</i> (Boiss.) Hand.-Maz. Var. <i>erythrosepala</i>	L1	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Minuartia hirsuta</i> (M. Bieb.) Hand.-Mazz. subsp. <i>falcata</i> (Gris.) Mattf.	L10, L13	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Minuartia leucocephaloides</i> (Bornm.) Bornm.	L13, L14	Hem.	Serpentinovag	LC	Unkown
Caryophyllaceae	<i>Paronychia amani</i> Chaudhri var. <i>amani</i>	L14, L15, L20	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Paronychia chionaea</i> Boiss. subsp. <i>chionaea</i> var. <i>chionaea</i>	L2, L13, L15	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Caryophyllaceae	<i>Silene argentea</i> Ledeb.	L1, L11, L13	Hem.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Caryophyllaceae	<i>Silene compacta</i> Fisch. ex Hornem.	L6	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Cistaceae	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill. subsp. <i>nummularium</i>	L14, L15	Kam.	Serpentinovag		Unkown
Cistaceae	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	L1, L13	Kam.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Crassulaceae	<i>Prometheum chrysanthum</i> (Boiss.) 't Hart subsp. <i>uludaghense</i> Kaynak, Yılmaz & Daşkın	L14, L15	Hem.	Serpentinophyte	CR	Med.
Crassulaceae	<i>Sedum album</i> L.	L1, L11, L12, L13, L14, L15, L16	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Convolvulaceae	<i>Convolvulus cantabrica</i>	L12	Hem.	Serpentinovag		Med.
Convolvulaceae	<i>Convolvulus compactus</i> Boiss.	L1, L2, L4, L10, L14, L15, L20	Hem.	Serpentinovag		İr.Tur
Ericaceae	<i>Arbutus andrachne</i> L.	L3, L8	Fan.	Serpentinovag		Unkown
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia anacamperos</i> Boiss. var. <i>anacamperos</i>	L1, L8, L13, L15, L20	Hem.	Serpentinovag	LC	Unkown

Euphorbiaceae	<i>Euphorbia apios</i> L.	L8, L9, L10, L12, L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Med.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia taurinensis</i> All.	L1, L7, L10, L12, L20	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Fabaceae	<i>Astragalus coodei</i> D. F. Chamb. & V. A. Mathews	L1, L13, L20	Hem.	Serpentinovag	LC	İr.-Tur.
Fabaceae	<i>Astragalus vulnerariae</i> DC.	L13, L20	Hem.	Serpentinovag	LC	Unkown
Fabaceae	<i>Astragalus gaebobthrys</i> Boiss.& Bal.	L1, L2	Hem.	Serpentinovag	EN	Unkown
Fabaceae	<i>Astragalus prusianus</i> Boiss.	L16	Hem.	Serpentinovag		Med.
Fabaceae	<i>Cytisopsis dorycnifolia</i> Jaub. & Spach	L1, L2, L3, L7, L13, L20	Kam.	Serpentinovag		Unkown
Fabaceae	<i>Dorycnium graecum</i> (L.) Ser.	L1	Hem.	Serpantinovag		Unkown
Gentianaceae	<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.)Huds.subsp. <i>perfoliata</i>	L6	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Gentianaceae	<i>Centaurium erybraea</i> ssp. <i>turcicum</i> (Velen.) Melderis	L1, L6, L9	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Hypericaceae	<i>Hypericum aviculariifolium</i> Jaub. & Spach	L1, L2, L3, L7, L11, L12, L14, L15, L20	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Hypericaceae	<i>Hypericum bourgaei</i>	L15	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
	<i>Hypericum montbretii</i> Spach	L10,	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Hypericaceae	<i>Hypericum organifolium</i> Willd. var. <i>organifolium</i>	L12	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Lamiaceae	<i>Origanum siphyleum</i> L.	L5	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Lamiaceae	<i>Salvia frigida</i> Boiss.	L13	Hem.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Lamiaceae	<i>Stachys thirkei</i> K.Koch	L1, L11	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Lamiaceae	<i>Stachys tmolea</i> Boiss.	L1,	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Lamiaceae	<i>Teucrium polium</i> L. subsp. <i>polium</i>	L1, L10, L11, L12	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Linaceae	<i>Linum pamphylicum</i> Boiss. & Heldr. ex Planch subsp. <i>olympicum</i>	L1, L4, L5, L8, L11, L20	Hem.	Serpentinophyte	CR	Unkown
Linaceae	<i>Linum tenuifolium</i> L.	L1	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Polygalaceae	<i>Polygala pruinosa</i> Boiss. subsp. <i>pruinosa</i>	L1, L13	Hem.	Serpentinovag		Unkown
Plantaginaceae	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C. A. Mey.	L12	Hem.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Plantaginaceae	<i>Veronica thymoides</i> P. H. Davis subsp. <i>pseudocinerea</i> M. A. Fisch.	L20	Kam.	Serpentinovag	LC	İr.-Tur.
Plantaginaceae	<i>Linaria corifolia</i> Desf .	L14	Hem.	Serpentinovag	LC	İr.-Tur.
Plumbaginaceae	<i>Acantholimon acerosum</i> (Willd) Boiss. subsp. <i>brachystachyum</i> (Boiss.) Doğan & Akaydın	L15, L20	Kam.	Serpentinovag	LC	İr.-Tur.
Plumbaginaceae	<i>Armeria cariensis</i> Boiss. var. <i>cariensis</i>	L13, L20	Hem.	Serpentinovag		Med.
Ranunculaceae	<i>Ranunculus cadmicus</i> Boiss.	L1,L2, L13, L14	Hem.	Serpentinophyte		Unkown
Rosaceae	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	L1, L8	Hem.	Serpentinovag		Euro.- Sib.
Rosaceae	<i>Potentilla astranica</i> Jacq. subsp. <i>astranica</i>	L1, L13	Hem.	Serpentinovag		Avr.-Sib.
Rubiaceae	<i>Asperula arvensis</i> L.	L14	Ter.	Serpentinovag		Unkown

Rubiaceae	<i>Asperula lilaciflora</i> Boiss. subsp. <i>phrygia</i> (Bornm.) Schönb.-Tem.	L1, L4, L6, L10, L11, L12, L13, L15, L16	Hem.	Serpentinovag	LC	Med.
Rubiaceae	<i>Crucianella angustifolia</i> L.	L6	Ter.	Serpentinovag		Med.
Rubiaceae	<i>Galium fissurense</i> Ehrend. & Schönb.-Tem.	L6, L7	Hem.	Serpentinovag	LC	Euro.-Sib.
Rubiaceae	<i>Galium floribundum</i> Sm. subsp. <i>floribundum</i>	L12	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Rubiaceae	<i>Galium peplidifolium</i> Boiss.	L12	Ter.	Serpentinovag		Med.
Rubiaceae	<i>Galium tricornutum</i> Dandy	L13, L14	Ter.	Serpentinovag		İr.-Tur.
Rubiaceae	<i>Galium setaceum</i> Lam.	L14, L16	Ter.	Serpentinovag		Unkown
Rubiaceae	<i>Galium verum</i> L. subsp. <i>verum</i>	L4, L11, L16	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Scrophulariaceae	<i>Verbascum basivelatum</i> Hub.-Mor.	L1, L3, L4, L5, L7, L11, L16, L19, L20	Hem.	Serpentinophyte	NT	İr.-Tur.
Scrophulariaceae	<i>Verbascum ovalifolium</i> Donn ex Simas ssp. <i>thracicum</i> (Velen.) Murb.	L1, L11	Hem.	Serpentinovag		Euro.-Sib.
Scrophulariaceae	<i>Verbascum serratifolium</i> (Hub.-Mor.) Hub.-Mor	L2	Hem.	Serpentinophyte	NT	İr.-Tur.
Violaceae	<i>Viola parvula</i> Tineo	L14	Ter.	Serpentinovag		Unkown

The distribution of 172 taxa according to families and genera is given Figures 8 and 9. Families with the most taxa and the number of taxa they contain are Asteraceae (36 taxa), Brassicaceae (15 taxa), Caryophyllaceae and Poaceae (13 taxa), Rubiaceae (9 taxa), Boraginaceae and Asparagaceae (8 taxa), Amaryllidaceae (7 taxa) and Fabaceae (6 taxa). The distribution of taxa according to genera is *Alyssum* (8), *Allium* (7), *Centaurea* and *Galium* (6), *Astragalus* and *Hypericum* (4), *Muscari*, *Ornithogalum*, *Minuartia*, *Dianthus*, *Scorzonera*, *Taraxacum*, *Pilosella*, *Verbascum* and *Euphorbia* (3).

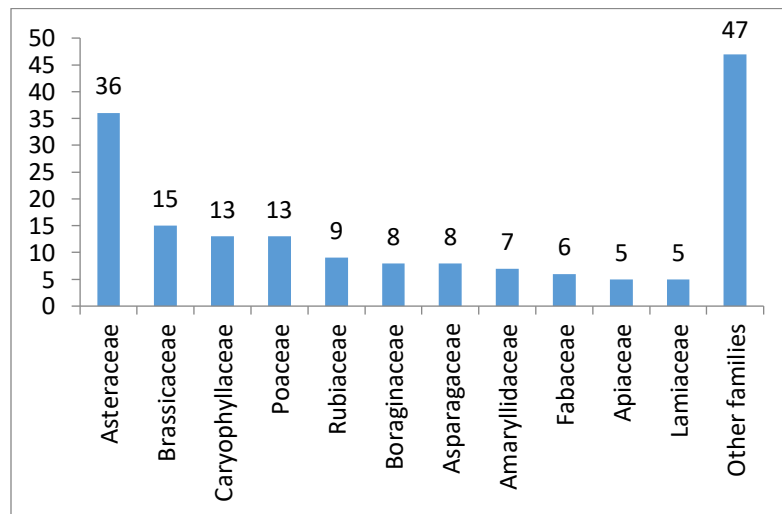


Figure 8. The distribution of taxa according to families

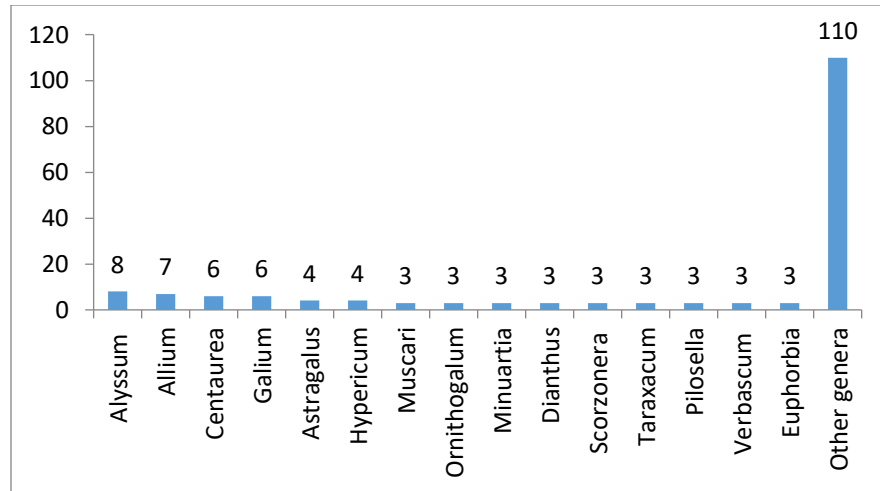


Figure 9. The distribution of taxa according to genera

Floristic studies on plants growing in serpentine areas in our country are very limited. Kurt et al. (2013) listed 223 taxa growing on the serpentine substrates based on Flora of Turkey volumes 1-11. 127 of these taxa are endemic, 97 of them are Serpentinophyte, 126 of them are Serpentinovag. Özdeniz et al. (2017) updated this list and increased this number to 248 by including 25 taxa from the serpentine areas in our country, which were introduced as a new species for the scientific world, after 2013. They reported that 152 of 248 taxa were endemic, 119 taxa were serpentinophyte and 129 taxa were serpentinovag.

A comparison of our study with the relevant literature in terms of phytogeographical elements, serpentine affinity, endemism and important families was given in Table 3. When other studies are examined, it is seen that Mediterranean elements are in the first place and Iran-Turan elements are in the second place. It is seen that the families represented by the most taxa in the serpentine flora are Asteraceae, Brassicaceae, Liliaceae and Caryophyllaceae. The findings obtained from our study are consistent with the results of the literature.

Table 3. Comparison of our study with other studies on serpentine flora

Phytogeographical elements	Bağcıvan & Daşkın 2021				Kurt et al. 2013				Özdeniz et al.2017			
	M	İT	ES	Unknown	M	İT	E S	Unknown	M.	İT	ES.	Unknow n
	34	20	18	100	96	42	3	82	103	47	3	13
Serpentine affinity	Obligate		Facultative		Obligate		Facultative		Obligate		Facultative	
	14		158		97		126		119		129	
Endemic taxa/Total taxa	35/172				127/223				152 / 248 (223+25 taxa)			
Endemism ratio	20 %				57 %				61 %			
Families with the most taxa	Asteraceae (36) Brassicaceae (15) Caryophyllaceae (13) Poaceae (13) Rubiaceae (9)				Asteraceae (36) Lamiaceae (21) Brassicaceae 20) Liliaceae (17) Caryophyllaceae (16)				Asteraceae (45) Liliaceae (23) Caryophyllaceae (22) Lamiaceae (21) Brassicaceae (21)			

4. Conclusions

Serpentine areas are the most important endemic regions in the world. The ecology of the serpentine system is of particular importance because of the adaptation of high endemism and serpentine expert species to morphological structures and extreme conditions (Brady et al., 2005).

Due to the high level of edaphic stress in these areas, the geological island concept, the plants grown in these areas have been used as model organisms for ecological differentiation and speciation. For this reason, serpentine systems are extremely important in order to protect and sustain the species that adapt to these extreme conditions and the plant diversity in these areas, as well as to understand the mechanisms of speciation and adaptation. Serpentine plants are very important in cleaning areas contaminated by heavy metals. By using their hyperaccumulative properties, these plants have the potential to be used in clearing heavy metal contaminated soils or remediation of mine sites.

References

- Adamitis, G.C. (2014). Species adaptive strategies and leaf economic Relationships across serpentine and non-serpentine habitats on Lesbos, Eastern Mediterranean. *PLOS One* 9: e96034.
- Adıgüzel, N., Reeves, R. D (2002). A new nickel-acumulating species of *Alyssum* (Cruciferae) from western Turkey, *Edinburgh Journal of Botany*, 59, 215-219.
- Adıgüzel, N., Reeves, R. D. (2012). Important serpentine areas of Turkey and distribution patterns of serpentine endemics and nickel accumulators, *Bocconea*, 24, 7-17.
- Altınözlü, H., Karagöz, A., Polat, T., Ünver, İ. (2012). Nickel Hyperaccumulation by natural plants in Turkish serpentine soils. *Turkish Journal of Botany*, 36, 269-280.
- Anacker, B. L. (2014). The Nature of Serpentine Endemism, *American Journal of Botany*, 101(2), 219-224.
- Bağcıvan, G., Daşkın, R. (2019). Büyükorhan ve Harmancık İlçelerinin (Bursa/Türkiye) Florası. *Biological Diversity and Conservation*, 12(2), 126–140.
- Bağcıvan, G., Daşkın, R. (2020). Vascular Plant Diversity of Orhaneli District (Bursa, Turkey), *KSU J. Agric Nat*, 23 (2):, 416-434.
- Brady, K.U., Kruckeberg, A.R., Bradshaw, H.D. (2005). Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 36, 243-266.
- Brooks, R. R. (1987). *Serpentine and its Vegetation: A Multidisciplinary Approach*. Dioscoride Press, Portland, OR.
- Daşkın, R., Kaynak, G. (2010 a). Vascular flora of the Uludag Mt (Bursa, Turkey)I. *Phytologia Balcanica*, 16(3), 369-384.
- Daşkın, R., Kaynak, G. (2010 b). Vascular flora of the Uludag Mt (Bursa, Turkey)II. *Phytologia Balcanica*, 16(3), 385-411.
- Davis, P. H. (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 1-9. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Davis, P. H., Mill, R. R., Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 10. Edinburgh: Edinburgh University Press
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (Eğreltiler ve Tobumlu Bitkiler)*. Ankara: Türkiye Tabiatını Koruma Deneği ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Yayınları.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K. H. C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 11. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Kruckeberg, A.R. 1984. *California serpentines: flora, vegetation, geology, soils, and management problems*. Berkeley: University of California Press.

- Kruckeberg, A.R., Adıgüzel, N., Reeves, R.D. 1999. Glimpses of the flora and ecology of Turkish (Anatolian Species), *The Karaca Arboretum Magazine*, 5 (2): 67-86
- Kruckeberg, A.R. 2002. *Geology and plant life: the effects of land- forms and rock types on plants*. Seattle /London: University of Washington Press.
- Kurt, L., Özbey, B.G., Kurt, F., Özdeniz, E., Bölükbaşı, A. (2013). Serpentine flora of Turkey, *Biological Diversity and Conservation*, 6(1), 134–152.
- Özdeniz, E., Özbey, B.G., Kurt, L., Bölükbaşı, A. (2017). Serpentine ecology and contributions to the serpentine flora of Turkey, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1): 22-33.
- Reeves RD, Kruckeberg AR, Adıgüzel N, Krimer U. (2001). Studies on the flora of serpentine and other metalliferous areas of western Turkey. *South African Journal of Sciences*, 97: 513-517.
- Reeves, R.D., Adıgüzel, N. (2004). Rare Plants and Nickel Accumulators from Turkish Serpentine Soils, with Special Reference to *Centaurea* Species, *Turkish Journal of Botany*, 28, 147-153.
- Pollard, A.J., Reeves, R.D., Baker, A.J.M. 2014. Facultative hyperaccumulation of heavy metals and metalloids, *Plant Science*, 217-218: 8-17.
- Proctor J, Woodell SRJ, 1975. The ecology of serpentine soils. *Advances in Ecological Research*, 9:255-366.
- Van der Ent, A., Baker, A. J. M., Reeves, R.D., Pollard, A.J., Schat, H. (2013). Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: facts and fiction, *Plant Soil*, 362: 319-334.

Investigation of Enzyme (β -Glucosidase) Inhibitor Obtained from Marine Biofilm Bacteria

Burcu OMUZZÜKEN¹
Aslı KAÇAR²
Sibel AVUNDUK³
İdil ERDEN PAZİ⁴

Introduction

The marine environment coats upwards of 70% of the surface of the earth. The microorganisms have substantial functions in marine environments, from biogeochemical cycles to providing substances and energy to the food chain (de Carvalho and Caramujo, 2012, Hawley et al., 2017). Additionally, the marine environment has confirmed the resource of highly strong compounds (Newman and Cragg, 2005; Gochfeld et al., 2003), so worldwide research indicates that a significant amount of pharmacological studies are conducted (Haefner, 2003). On the other hand, the studies about the determination of biodiversity of marine bacteria and the sophistication of their compounds have not been precisely investigated (Zhang et al., 2005). They have possessed of metabolic abilities, which possibly varied from their terrestrial equivalents. The marine bacteria have developed original life forms, called biofilms, where they improve their circumstances of tolerance to conditions that submitted to environmental pressures. In the marine environment, biotic communities frequently adhere to the surface. From these communities, bacteria are covered by the extracellular polymeric matrix that keeps protection towards; predation, changes of salinity, antimicrobial compounds, temperature, UV radiation, pH variations, and depletion of nutrients. Their achievement in marine environments allows them to colonize almost entire surfaces in contact with seawater (Rasmussen, 2000; Westall et al., 2001). Biofilm bacteria regulate their metabolic pathways in a reply to quorum sensing (de Carvalho, 2018; Krupke et al., 2016) and these bacteria, present importance to the health and flexibility of marine ecosystems via their crucial roles in biogeochemical cycling (Zhang et al., 2019).

Marine biofilm bacteria are the focal point of attention of researchers with regards to their products consisting of a lot of natural compounds. Especially enzymes and enzyme inhibitors are open to improvement in terms of areas to be discovered. One of them the glucosidase inhibitors are the enzyme that splits the glycosidic links and they are liable for degradation of the activity of glucosidase.

¹ Burcu Omuzbükten, Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, burcu.omuzbuketn@ogr.deu.edu.tr

² Aslı Kaçar, Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, asli.kacar@deu.edu.tr

³ Sibel Avunduk, Doç.Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Marmaris Sağlık Hizmetleri MYO, sibelavunduk@mu.edu.tr

⁴ İdil Erden Pazi, Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, idil.erden@deu.edu.tr

These glucosidase inhibitors are blocking or changing specific metabolic pathways, so they have participated in bringing out the efficient functions of glycosidases in organisms (Asano, 2003; Pandey et al., 2013a). The glucosidase inhibitors constitute their pharmaceutical importance in medicine because of their use in the treatment of diabetes. The drug explorations have focused on natural compounds chemistry (Zhang et al., 2005). The potency of natural compounds as a resource of suchlike chemical compounds has been discovered from natural sources for various glycosidase inhibitors (Kouam et al., 2006; Asano et al., 2001; Asano, 2000; Salazar and Furlan, 2007). Natural compounds reveal the resources and the revelation for a substantial amount of the novel small chemical molecules presented as drugs (Newman et al., 2003; Fenical and Jensen, 2006).

In our study focused on the investigation of β -glucosidase inhibitors from marine biofilm bacteria, and detection of their chemical profiles. For this purpose, we used an efficient procedure by the enzyme-agar plates and the marine microbial extract samples with a wide range of biological functions have determined. So, the current sources of the β -glucosidase inhibitors to therapeutic applications should be considered.

Material and Methods

Extraction of Inhibitors from Biofilm Bacteria

Eight species of marine biofilm bacteria were investigated for potential of producing β -glucosidase inhibitors in Table 1. The biofilm bacteria were isolated from panel systems of the İzmir Bay (Eastern Aegean Sea) (Kacar et al., 2009). The bacterial suspension was grown on Zobell marine medium (Difco) at 26°C within 48h.

The column chromatography method of extracts from biofilm bacteria has modified from Pandey et al., 2013a, and 2013b. According to this method, the biofilm bacteria were inoculated in 50 mL Zobell Broth prepared in 50% sterile seawater and incubated at 26°C in 200 rpm shaker for 48 hrs. The microbial culture was centrifuged at 6000 rpm for 30 min. at 20°C and the culture supernatant collected for the extraction of compounds. The collected culture supernatant was in a 250 mL flask with 5 g Diaion HP-20 (Sigma) mixed and shaken for 1 h on a magnetic stirrer. After the magnetic stirrer stage, the flask ingredients (Diaion HP-20 and culture supernatant) were poured in a sterile 125mL glass column and washed with 20 mL sterile distilled water. The compounds from marine bacteria on diaion were eluted with 30 mL methanol within 75 min. The methanol fractions of compounds were evaporated in a rotary evaporator (Büchi) below 40°C, dissolved in DMSO, and stored at - 20°C in sterile tubes.

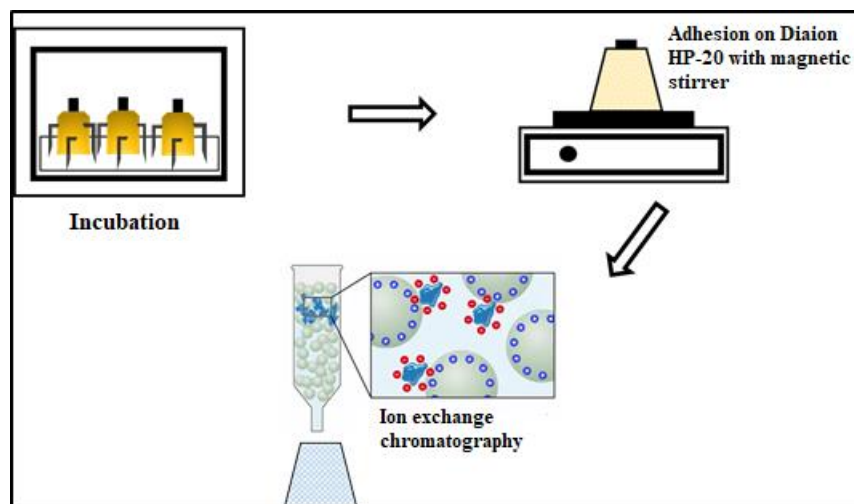


Figure 1. A schematic extraction procedure of marine biofilm bacteria

Agar-Plate Inhibition Experiments

The method of the determination of β -glucosidase inhibitors was applied with some modifications from Pandey et al., 2013a, and 2013b and Salazar and Furlan, 2007. This method contained an enzyme agar solution. For the preparation of this solution, the enzyme of β -glucosidase was prepared in 35 mL sodium acetate buffer (pH=5.0) with 3.5 g of agar powder dissolved at 85°C in a water-bath (Julabo). After the solution was cooled at 60 °C in another water bath, the addition of 9.8 mL of FeCl₃ solution was added in the flask. The acetate buffer of 5 mL and the enzyme β -glucosidase of 200 μ L was added at 40°C (0.01 U/mL). The final volume of enzyme agar solution has adjusted the aliquots of 10 mL and the solution was poured into Petri plates. After the air-dried of plates within 1 hour, the extract samples of 5 μ L were spotted on the surface of the enzyme-agar plate and dried in an incubator at 37°C for 45 min. Conduritol β -epoxide and 1-(3-Aminopropyl) imidazole were used as positive controls and DMSO without extract was used as a negative control. Finally, the esculin solution of 8 mL was covered on the surface of the enzyme agar plate and still incubated at 37°C for 1 h. for the enzyme-substrate reaction. The clear zones of inhibition were recorded by measuring the zone size.

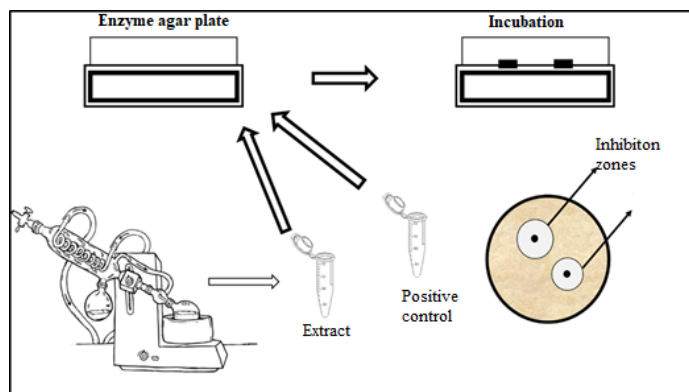


Figure 2. A schematic procedure of agar plate inhibition

The Chemical Profiles of the Extracts

The determination of total terpenoid content

The total terpenoid contents of microbial extracts were determined according to the method of Ghorai et al., 2012 with some modifications. Briefly, the microbial extract samples with distilled water of 2000 μ L were vortexed for 30 second at room temperature. Each tube was added 1.5 mL chloroform and was added extract samples of 200 μ L. Before the Linalool solution (200 μ L) in methanol was added into chloroform (1.5 mL) for preparing the standard curve. Sulfuric acid (H₂SO₄) was added in 100 μ L concentration to each 2 mL tube. The samples and the standard solution was measured by a UV Visible spectrophotometer. The total terpenoid concentration was calculated 3 replicate of analysis.

The determination of total alkaloid content

The total alkaloid contents of extracts were determined according to the methods of Shamsa et al., 2008 and Patel et al., 2015 with minor modifications. The bromocresol green solution was prepared with 5 mL distilled water and 69.8 mg bromocresol green in 3 mL of 2N NaOH. After the solution was completely dissolved, it was diluted to 100 mL with distilled water. The boldine standard solution was prepared by dispersed 1 mg boldine (Sigma Chemical, USA) with 10 mL distilled water. The boldine standard solutions and the phosphate buffer solution (pH 4.7) were used for the preparation of the standard curve. 5mL BCG solution and 5 mL phosphate buffer were added in the tube and shaken with 1, 2, 3, and 4 mL of chloroform. The samples and the standard solution was measured by a UV Visible spectrophotometer. The total alkaloid concentration was calculated 3 replicate of analysis.

The determination of total phenolic content

The total phenolic contents of microbial extracts were determined according to the method of Rohaeti et al., 2017 with some minor modifications. The microbial extracts of 200 μ L into 25 mL tubes. The standard solution of 0.9 mL (gallic acid) and the extract were added and vortexed by 4.5 mL reagent of Folin-Ciocalteu. Each solution was added with 3.6 mL of 7.5% Na₂CO₃ and incubated for 1 h. The samples and the standard solution was measured by a UV Visible spectrophotometer. The total phenolic content of samples was detected using a regression equation of standard gallic acid. The total phenolic concentration was calculated 3 replicate of analysis.

The determination of total flavanoid content

The total flavanoid contents of microbial extracts were determined according to the method of Rohaeti et al., 2017 with some minor modifications. The microbial extracts of 100 μ L into 10 mL tubes. Quarcetin used as a standard solution and the samples were added and vortexed by 600 μ L ethanol, 100 μ L 1M potassium acetate, 1.2 mL distilled water. Each solution incubated for 30 minutes. The samples and the standard solution was measured by a UV Visible spectrophotometer. The total flavanoid concentration was calculated 3 replicate of analysis.

Results and Discussion

Marine-derived natural compounds have fascinated the caution of scientists all over the world (Martins et al., 2018). The marine environment is a great resource of diverse bioactive compounds (Getachew et al., 2020). Marine organisms indicate an actually unused source for natural ingredients with the potency to contribute actively pharmaceuticals, enzymes, nutritional additives, agrochemicals, cosmetic products, and molecular products (Suleria et al. 2016).

Microorganisms can rapidly perceive, and reply to the marine environment and contest for defensive and stay alive by the strain of the special compounds. This kind of compounds are generated in reaction to the stress and also, many of them have indicated significance in the biotechnological implementations (Zhang et al., 2005). There are only a few scientific studies of β -glucosidase inhibitors from marine biofilm bacteria (Pandey et al., 2013a). Unlike the long-standing medical practices of terrestrial organisms, marine bacteria have a shorter history of usage in the therapy and/or protection of disease (Chin et al., 2006). Pandey et al. (2013a) were determined that methanol extracts of bacteria were analyzed with the agar-plate method, and they found 98 extracts include inhibitors. Our results of the study showed that biofilm bacteria have the potential to produce inhibitor compounds. The results (Table 1) showed us that five of them are able to produce inhibitors. For this reason, we determined the success obtained using this extraction method as 62.5%. The positive extracts demonstrated that the inhibition zones at sites where the extract specimens were spotted. The inhibition was enlisted by evaluating the zone diameters. (Figure 3).

Table 1. Agar plate results of the potential β -glucosidase inhibitory compounds from marine biofilm bacteria extracts

No	Organism	NCBI Code	Results of Inhibition	Zone diameters
1	<i>Exiguobacterium homiense</i>	FJ200652	Negative	-
2	<i>Vibrio lentus</i>	FJ200648	Positive	0.5 cm
3	<i>Alteromonas genoviensis</i>	FJ200641	Negative	-
4	<i>Pseudoalteromonas agarivorans</i>	FJ040187	Positive	0.2 cm
5	<i>Pseudoalteromonas haloplanktis</i>	FJ040185	Negative	-
6	<i>Pseudoalteromonas elyakovii</i>	FJ200649	Positive	1 cm
7	<i>Pseudoalteromonas porphyrae</i>	FJ200650	Positive	1 cm
8	<i>Pseudoalteromonas marina</i>	FJ200653	Positive	1 cm

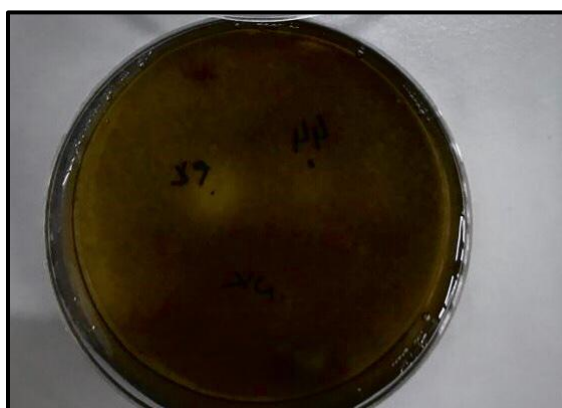


Figure 3. The agar-plate result of *Pseudoalteromonas ehyakovii* FJ200649.

Pseudoalteromonas ehyakovii FJ200649 that gave positive result, was chosen to determine of inhibitor profiles. We measured the amount of total terpenoid, total alkaloid, total phenolic, and total flavonoid ingredients with spectrophotometric analysis. So, we calculated the percentage of the chemical profiles of the extracts. According to these analyzes, it has been revealed that the *Pseudoalteromonas ehyakovii* has a high potential in terms of flavonoid content. In addition, the potential of this biofilm bacteria was found to be quite good compared to the previous studies (Zouaoui and Ghalem, 2017; Hemalatha et al., 2013; Messyasz et al., 2018; Prabakaran et al., 2018) with marine-derived organisms (Table 2).

Table 2. The chemical profiles of the extracts

Organism	%Total Terpenoid Concentration*	%Total Alkaloid Concentration*	%Total Phenolic Concentration*	%Total Flavonoid Concentration*	Reference
<i>Pseudoalteromonas ehyakovii</i>	0.457 \pm 0.029 g/mL	3.379 \pm 1.422 mg/mL	8.187 \pm 0.792 mg/mL	17.081 \pm 1.429 mg/mL	Present study
<i>Dictyota dichoyoma</i>			235.3 \pm 0.11 mg equiv. GA/100 g of dry alga powder		Zouaoui and Ghalem, 2017
<i>Corallina elongata</i>			206.22 \pm 0.13 mg equiv. GA/100 g of dry alga powder		Zouaoui and Ghalem, 2017
<i>Navicula clavata</i>			0.34 \pm 0.028 mg/g gallic acid equivalent		Hemalatha et al., 2013
<i>Chlorella marina</i>			0.78 \pm 0.032 and 0.63 \pm 0.031 mg/g gallic acid equivalent		Hemalatha et al., 2013
<i>Dunaliella salina</i>			0.17 \pm 0.024mg /g gallic acid equivalent		Hemalatha et al., 2013

Extract of mix of Baltic algae			20.32 \pm 0.63 and 41.73 \pm 1.80 (mg GAE/g)	1.51 \pm 0.03 and 1.12 \pm 0.08 (mg QE/g)	Messyasz et al., 2018
Extract of freshwater <i>Cladophora glomerata</i>			25.22 \pm 1.11 and 21.50 \pm 1.71 (mg GAE/g)	1.08 \pm 0.04 and 1.77 \pm 0.10 (mg QE/g)	Messyasz et al., 2018
<i>Chlorella vulgaris</i>	62.4 \pm 0.16 (μ g/mg)	71.6 \pm 0.16 (μ g/mg)		50.9 \pm 0.08 (μ g/mg)	Prabakaran et al., 2018

* concentrations % mean \pm standart deviation

Especially, phenolic compounds are secondary metabolites reproduced by microorganisms, algae, and terrestrial organisms. There are numerous hypotheses about why marine organisms reproduce phenolic compounds. The one of the most extensively agreed ideas that these compounds are reproduced as a defence mechanism to preserve from marine environment conditions (Getachew et al., 2020). Flavonoids are low molecular weight secondary metabolites, mostly found in terrestrial and marine sources (Kumar and Pandey, 2013). Latest investigations have exposed that marine-derived flavonoids show advantages in biological activities, and for this reason, the pharmaceutical products have drawn a great deal of caution (Martins et al., 2018). As another important group, marine alkaloids are a type of compound that were excreted from marine organisms. They have complicated and specific chemical structures, but at the same time, they indicate variety in biological activities. Marine alkaloids have great medicinal aspects and used as anti-fungal, anti-viral, and anti-tumor drugs. The restricted numbers of marine alkaloids that were obtained by separation, has limited the clinical investigate and industrial improvement of marine alkaloids (Zhou and Huang, 2020). On the other hand, terpenoids are the fundamental components of the essential oils of many organisms. These components belong to the isoprenoid group. The isoprene polymers, terpene hydrocarbons and their oxygen derivatives are much frequently available in grand amounts in different plant species (Ghorai et al., 2012). However, studies about phenolic, alkaloid, flavonoid and terpenoid compounds from microorganisms, especially marine bacteria, are in a small number of total investigations.

As a result, the high potential for chemical extract production of these biofilm strains was found that they were grown in a culture medium and were extracted by column chromatographic method. Inhibition experiments were performed under optimum conditions in the enzyme agar plates. It is indicated with our findings that this extract, which has effective inhibition, needs to be completely revealed by advanced chemical analysis, and its potential of medical importance can be evaluated.

Acknowledgement

The study is supported by the Scientific Research Project (2019.KB.FEN.034) of Dokuz Eylül University.

References

- Asano, N. (2003). Glycosidase inhibitors: updates and perspectives on practical use. *Glycobiology*, 13, 93R–104R.
- Asano, N., Kato, A., Watson, A.A. (2001). Therapeutic applications of sugar-mimicking glycosidase inhibitors. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 1, 145–154.
- Asano, N. (2000). Alkaloidal sugar mimetics: biological activities and therapeutic applications. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 15, 215–234.
- Chin Y-W., Balunas, M.J., Chai, H.B., Kinghorn, A.D. (2006). Drug Discovery From Natural Sources. *The AAPS Journal* 2006, 8 (2), Article 28 (<http://www.aapsj.org>).
- de Carvalho, C.C.C.R. (2018). Marine Biofilms: A Successful Microbial Strategy With Economic Implications. *Frontiers in Marine Science*, 5, 126. doi: 10.3389/fmars.2018.00126.
- de Carvalho, C. C. C. R., and Caramujo, M. J. (2012). Lipids of prokaryotic origin at the base of marine food webs. *Marine Drugs*, 10, 2698–2714. doi: 10.3390/md10122698
- Fenical, W., Jensen, P.R. (2006). Developing a new resource for drug discovery: marine actinomycete bacteria. *Nature Chemical Biology*, 2 (12), 666-673.
- Getachew, A.T., Jacobsen, C., Holdt, S.L. (2020). Emerging Technologies for the Extraction of Marine Phenolics: Opportunities and Challenges. *Marine Drugs*, 18, 389. doi:10.3390/md18080389.
- Ghorai, N.C.S., Gucchait, S., Kumar, S.S., Suman, B. (2012). Estimation of Total Terpenoids Concentration in Plant Tissues Using a Monoterpen, Linalool as Standard Reagent. *Protocol Exchange*, 2012, 005.
- Hawley, A. K., Nobu, M. K., Wright, J. J., Durno, W. E., Morgan-Lang, C. Sage, B., et al. (2017). Diverse Marinimicrobia bacteria may mediate coupled biogeochemical cycles along eco-thermodynamic gradients. *Nature Communications*, 8,1507. doi: 10.1038/s41467-017-01376-9.
- Hemalatha, A., Girija, K., Parthiban, C., Saranya, C., Anantharaman, P. (2013). Antioxidant properties and total phenolic content of a marine diatom, *Navicula clavata* and green microalgae, *Chlorella marina* and *Dunaliella salina*. *Advances in Applied Science Research*, 4(5), 151-157.
- Kacar, A., Kocyigit, A., Ozdemir, G., Cihangir, B. (2009). The Development of Biofilm Bacteria on Panels Coated by Different Antifouling Paints in the Marinas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18, 11.
- Kouam, S.F., Khan, S.N., Krohn, K., Ngadjui, B.T., Kapche, D.G.W.F., Yapna, D.B., Zareem, S., Moustafa, A.M.I., Choudhary, M.I. (2006). Glucosidase inhibitory anthranols, kenganthranols A–C, from the stem bark of *Harungana madagascariensis*. *Journal of Natural Products*, 69, 229–233.

- Krupke, A., Hmelo, L. R., Ossolinski, J. E., Mincer, T. J., and Van Mooy, B. A. S. (2016). Quorum sensing plays a complex role in regulating the enzyme hydrolysis activity of microbes associated with sinking particles in the ocean. *Frontiers in Marine Science*, 3, 55. doi: 10.3389/fmars.2016.00055.
- Kumar, S, Pandey, A.K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 1–16.
- Martins B.T., da Silva M.C., Pinto M., Cidade H., Kijjoa A. (2018). Marine natural flavonoids: chemistry and biological activities, *Natural Product Research*, 1-13. doi: 10.1080/14786419.2018.1470514.
- Messyasz. B., Michalak, I., Łęska, B., Schroeder, G., Górka B. Korzeniowska K., et al. (2018). Valuable natural products from marine and freshwater macroalgae obtained from supercritical fluid extracts. *Journal of Applied Phycology*, 30, 591–603.
- Newman, D.J., Cragg, G.M., Snader, K.M. (2003). Natural products as sources of new drugs over the period 1981–2002. *Journal of Natural Products*, 66, 1022–1037.
- Pandey, S., Sree, A., Dash, S.S., Sethi, D.P. (2013a). A novel method for screening beta-glucosidase inhibitors. *BMC Microbiology*, 13,55, 1471-2180.
- Pandey, S., Sree, A., Dash, S.S., Sethi, D.P., Chowdhury, L. (2013b). Diversity of marine bacteria producing beta-glucosidase inhibitors. *Microbial Cell Factories*, 12,35. doi:10.1186/1475-2859-12-35.
- Patel, R.K., Patel, J.B., Trivedi, P.D. (2015). Spectrophotometric Method For The Estimation of Total Alkaloids in the *Tinospora cordifolia* M. and Its Herbal Formulations. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7 (10), 249-251.
- Prabakarana, G., Moovendhana, M., Arumugam, A., Matharasia, A., Dineshkumara, R., Sampathkumar, P. (2018). Quantitative Analysis Of Phytochemical Profile in Marine Microalgae *Chlorella vulgaris*. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 8(2), 562-565.
- Rasmussen, B. (2000). Filamentous microfossils in a 3,235-million-yearold volcanogenic massive sulphide deposit. *Nature*, 405, 676–679. doi: 10.1038/35015063
- Rohaeti, E., Fauzi, M. R., Batubara, I. (2017). Inhibition of α -Glucosidase, Total Phenolic Content and Flavonoid Content on Skin Fruit and Flesh Extracts of Some Varieties of Snake Fruits. *Earth and Environmental Science*, 58, 012066.
- Salazar, M.O., Furlan, R.L.E. (2007). A Rapid TLC Autographic Method for the Detection of Glucosidase Inhibitors. *Phytochemical Analysis*, 18, 209–212. doi: 10.1002/pca.97.

- Shamsa, F., Monsef, H., Ghamooshi, R., Verdianrizi, M. (2008). Spectrophotometric Determination of Total Alkaloids in Some Iranian Medicinal Plant. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32, 17–20.
- Suleria, H.A.R., Gobe, G., Masci, P., Osborne, S.A. (2016). Marine bioactive compounds and health promoting perspectives; innovation pathways for drug discovery. *Trends in Food Science & Technology*, 44–55.
- Westall, F., de Wit, M. J., Dann, J., van der Gaast, S., de Ronde, C. E. J., Gerneke, D. (2001). Early Archean fossil bacteria and biofilms in hydrothermally-influenced sediments from the Barberton greenstone belt, South Africa. *Precambrian Research*, 106, 93–116. doi: 10.1016/S0301-9268(00)00127-3
- Zhang, W., Ding, W., Li, Y-X., Tam, C., Bougouffa, S., Wang, R., Pei, B., Chiang, H., Leung, P., Lu, Y., Sun, J., Fu, H., Bajic, V.B., Liu, H., Webster, N.S., Qian, P-Y. (2019). Marine biofilms constitute a bank of hidden microbial diversity and functional potential. *Nature*, 10, 517. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08463-z>.
- Zhang, L., An, R., Wang, J., Sun, N., Zhang, S., Hu, J., Kuai, J. (2005). Exploring novel bioactive compounds from marine microbes. *Current Opinion in Microbiology*, 8(3), 276 - 81. doi: 10.1016/j.mib.2005.04.008.
- Zhou, S., Huang, G. (2020). The synthesis and biological activity of marine alkaloid derivatives and analogues. *RSC Advances*, 10, 31909.
- Zouaoui, B., Ghalem, B.R. (2017). The Phenolic Contents and Antimicrobial Activities of Some Marine Algae from the Mediterranean Sea (Algeria). *Russian Journal of Marine Biology*, 43(6), 491-495.

Mobil Cihazlardan İzlenebilen Pulse Oksimetre Cihazı

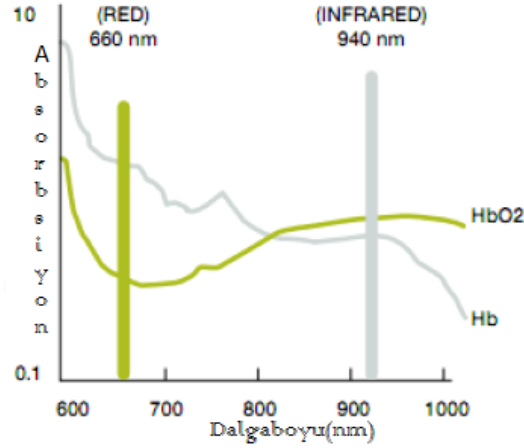
Mehmet Erhan ŞAHİN¹

Giriş

Oksijen; havada, suda, toprakta bir çok yerde yer almaktadır. Havada, hacim olarak %99, ağırlıkça %23,2, Suda, ağırlıkça %88,8, Yer kabuğunun ise %50'sinde oksijen bulunur (Oksijen, 2008). Canlılar oksijene ihtiyaç duyarlar. İnsanlar nefes alırken hava ile birlikte oksijeni akciğerlerine çekerler. Oksijen burada küçük dolaşım olarak adlandırılan çevrim sayesinde kana karışır. Büyük dolaşım kanda bulunan hücreler sayesinde vücudu dolaşır. Vücudu dolaşırken hücrelerdeki karbon ile birleşerek karbondioksit olarak dışarı atılırlar. Oksijen bu sayede vücuda enerji verir. Ayrıca vücut sıcaklık dengesini sağlar. Görüldüğü gibi oksijenin önemi büyüktür. Bundan dolayı oksijensizlik solunum durmasına yol açmaktadır. Bu durumla Covid-19 sürecinde de sıklıkla karşılaşmıştır.

Pulse oksimetre; atardamarlarda bulunan hemoglobinin farklı ışık emilimlerini algılayarak kandaki oksijen saturasyonunu (SPO₂) non-invaziv olarak ölçen bir yöntemdir. Parmak ucunun kızılötesi (Infrared=IR) ve LED (Light Emited Diode) ışık kaynağı ile fotodiyottan oluşan sensörün arasına yerleştirilmesi ile ölçüm yapılabilir (Ateş, 2012). İlk olarak 1900' lü yılların başlarında non-invaziv olarak oksijen saturasyon ölçümleri yapılmıştır. Squire 1940 yılında el oksimetresini, Millikan ise 1942 yılında portable kulak oksimetresini geliştirmiştir. 1970'li yıllarda Takua Aoyagi nabız oksimetresinin kanın kızılötesi ışığa karşı kırmızı ışığı nasıl emdiği arasındaki farkı fıkırini ortaya koymuştur. Nabız oksimetresi ve arterial hemoglobin oksijen saturasyonunun (SpO₂) ölçümü, oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin kırmızı ışınları ve kızıl ötesi ışınları farklı oranda absorpsiyonu ilkesine dayanmaktadır (Aoyagi, 1992). Bu farklı oranlardaki ışık soğurulması Lambert-Beer kanunu ile ifade edilmektedir (Ricci vd., 1994). Şekil 1'de dalga boyu absorpsiyon grafiğinde gösterildiği gibi kırmızı 660 nm ve kızılötesi 960 nm dalga boylarında ki ışınlar damar üzerine gönderilerek hemoglobin tarafından emilim miktarı değişimlerine bakılır. Deoksihemoglobinin kırmızı ışığı, Oksihemoglobin ise kızıl ötesi ışınları daha fazla absorbe eder. oksihemoglobin yüzdesi, kırmızı ışıkta absorpsiyon yüzdesi kızıl ötesi ışıkta absorpsiyon yüzdesine oranlanarak bulunabilir (Emiralioglu ve Özçelik, 2014).

¹ Mehmet Erhan Şahin, Öğr.Gör.Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Bölümü, erhansahin@isparta.edu.tr



Şekil 1. Dalgaboyu absorpsiyon grafiği (Hornberger Ch, 2002).

Vücuttaki oksijen saturasyonu seviyesi; oksijen doygunluğuna ulaşmış hemoglobin miktarını ifade etmek için kullanılır. Oksijence yükseltilmiş hemoglobin miktarının toplam hemoglobine oranı oksijen yüzdesini vermektedir. Sağlıklı bir insanda oksijen saturasyon seviyesi %95 ile %100 arasındadır. Denklem 1’de verildiği gibi SpO2 değeri doygunluğa ulaşmış hemoglobinin toplam hemoglobine oranı şeklinde bulunabilir (O’Driscoll vd.,2008).

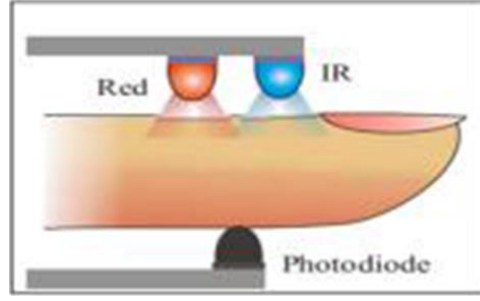
$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} * 100 \quad (1)$$

Geliştirilen ölçün düzeneği temel olarak üç kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak pulse oksimetre parmak probundan sinyal alma, ikinci olarak parmaktan alınan sinyali mikrodenetleyici yardımıyla işleyerek oksijen miktarını elde etme, son olarak ise elde edilen ölçüm sonucunu bluetooth modülü üzerinden Android işletim sistemli mobil cihazlara aktarmaktır. Kablosuz iletişimin gelişmesi ve birçok alanda kullanılması ile oksijen miktarının tespitinde kullanılması hipoksemi (kandaki oksijen seviyesi fazla düştüğünde nefes darlığının ortaya çıkması) gibi hastalıkların hem erken tanısında hem de teşhisinde büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

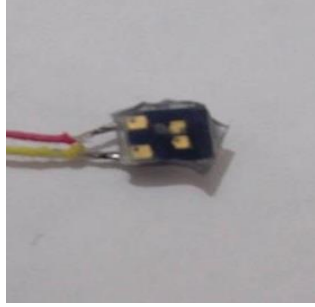
2.1. Pulse Oksimetre Probu

Pulse oksimetre probu Şekil 2’deki görüldüğü gibi iki adet ışık kaynağı kırmızı ve IR LED ve bir adet ışık dedektörü fotodiyotdan oluşan algılayıcı sensörün arasına parmak ucunun yerleştirilmesi ile ölçüm yapılmaktadır. Bu LED’lerden saçılan ışığın bir kısmı damarlardaki hemoglobin tarafından absorbe edilir. Absorbe edilmeyen ışığın miktarı dalga boyuna uygun pulse oksimetre probundaki fotodiyot tarafından algılanır ve RS232 bağlantısı ile mikrodenetleyiciye veri aktarılarak gerekli hesaplama işlemlerinin ardından SpO2 değeri elde edilir.



Şekil 2. LED'ler ve fotodiyodun yerleşimi (Jahan , 2014).

Şekil 3 (a)'da 660nm dalga boyunda kırmızı LED ve 940nm dalga boyunda infrared LED, Şekil 3 (b)'de prob içerisindeki fotodiyot gösterilmiştir.



(a)



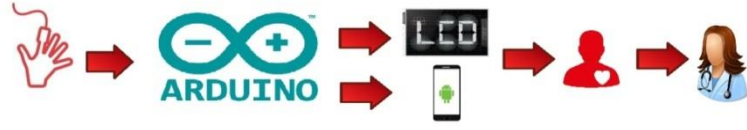
(b)

Şekil 3. (a) Kırmızı ve IR LED'ler (b) Prob içerisindeki fotodiyot

Prob içerisinde bulunana ışık kaynağı ve sensörlerin dışarıdan gelebilecek olası bir ışıktan etkilenmemesi için parmağın yerleştirildiği bu kısımda kauçuktan yapılmış bir kılıf bulunmaktadır. Bu tasarımda ölçüm sonuçlarının hatalı olmasını engellemektedir.

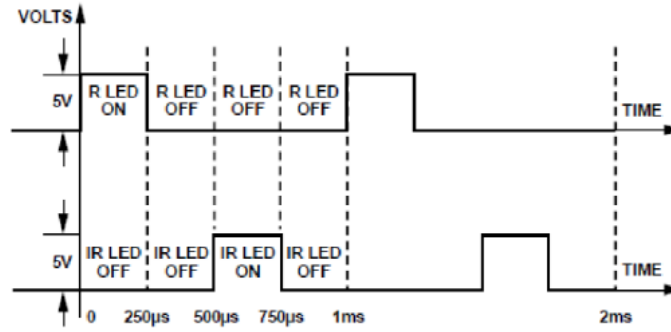
2.2. Ölçüm Sistemi Tasarımı

Şekil 4'de blok diyagramı gösterilen kandaki oksijen miktarının ölçülmesinde; SpO2 probundan gelen sinyal Arduino mikrodeneleyicisi yardımıyla değerlendirilip hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen oksijen miktarı tasarlanan prototip üzerinde ki LCD ekrandan anlık olarak izlenebilmektedir. Projenin ana amacı olan oksijen miktarının mobil cihazdan izlenebilmesi işlemi için HC-06 bluetooth modülü kullanılarak Android işletim sisteminde bir arayüz tasarlanmıştır. Ölçülen oksijen değerinin anlık olarak Android cihazdan izlenebildiği gibi yapılan prototip üzerine eklenen 16x2 LCD ekran ile de izlenebilmektedir. Bu arayüzde cinsiyet ve yaş kriterlerine göre oksijen yüzdesinin “normal” veya “zayıf” olduğu bilgisi kullanıcıya verilmektedir. Ayrıca Android arayüzünde sigara kullanıcıları için akciğer kapasitelerini arttırmaları amacıyla nefes egzersizi ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır.



Şekil 4. Blok şeması

Pulse oksimetrenin en önemli aşaması probda bulunan LED'lerin sürülmesidir. Şekil 5'de gösterildiği üzere Arduino da saniye bazında PWM üretip ilk olarak kırmızı LED 5V'luk bir gerilimle 250µs yanacak ardından sönecek ve 250µs bekleyip yine 250µs infrared LED yanacak ve aynı süre sönmek kalacaktır. Toplamda 1ms sürecek bu işlem düzenli periyotlar halinde tekrarlanacaktır (Shafique, 2011, Reddy vd., 2009).

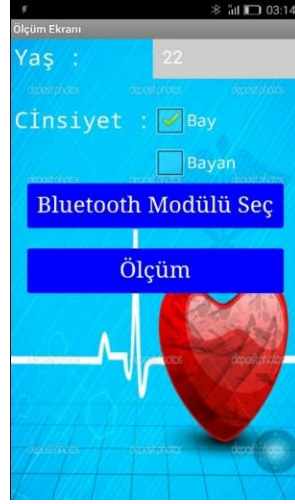


Şekil 5. LED'lerin çalışacağı zaman periyodları (Bagha and Shaw, 2011).

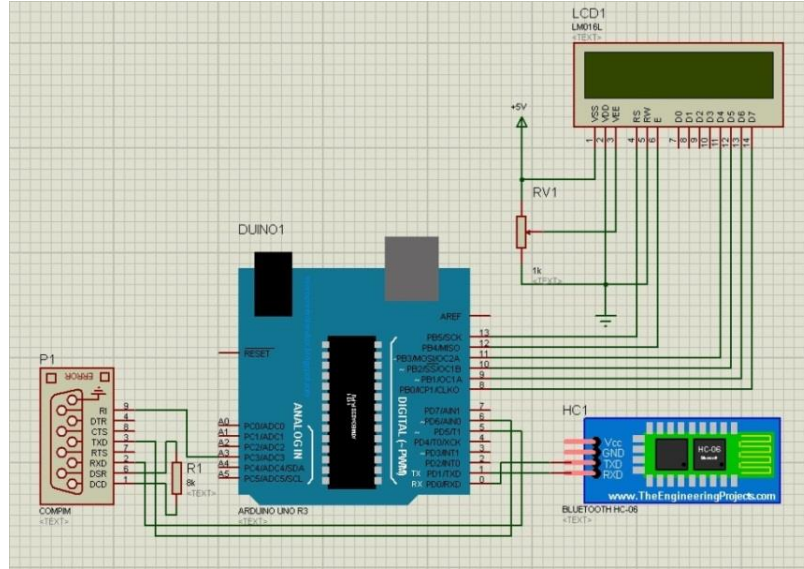
Probdan gelen sinyaller Arduino mikrodenetleyicisi tarafından hesaplamalar yapılmaktadır. Arduino açık kaynaklı elektronik donanım ve yazılım temelli bir geliştirme platformudur. İnteraktif nesnelere geliştirmek için kullanılabilir. Wiring tabanlı C, C++ a çok yakın bir programlama dili ile programlanır ve bu program Processing tabanlı Arduino Yazılım Geliştirme Ortamı (IDE) yardımı ile karta yüklenir. Arduino Uno ATmega328 işlemci kullanan 16 MHz kristal osilatörü ile çalışmaktadır (Badamasi, 2014).

Gerçekleştirilen sistemde veriyi mobil sistemde aktarmak için öncelikle bluetooth bağlantısı yapılması gerekmektedir. Şekil 6'da gösterilen Android ara yüzünden "Bluetooth Modülü Seç" sekmesinden bu yapılabilmektedir. Bluetooth; uluslararası standartlara uygun bir telsiz iletim sistemidir. Bluetooth ile birçok cihaz yönetir ve kontrol edilebilir. Bluetooth cihazları 2,4GHz ISM (Industrial Scientific Medical Band) bandında çalışırlar (Sevin vd., 2013). HC-05 Bluetooth modülü, Bluetooth SSP (Serial Port Standart) kullanımı ve kablosuz seri haberleşme uygulamaları için tasarlanmıştır. Master veya Slave mod olarak 2,4GHz'de çalışmaktadır (Bilgin ve Çamurcu, 2017).

Şekil 7'de kullanılan tüm donanım elemanları ile birlikte ölçüm sistemi bağlantı şeması gösterilmektedir.



Şekil 6. Android arayüzü



Şekil 7. Ölçüm sistemi bağlantı şeması

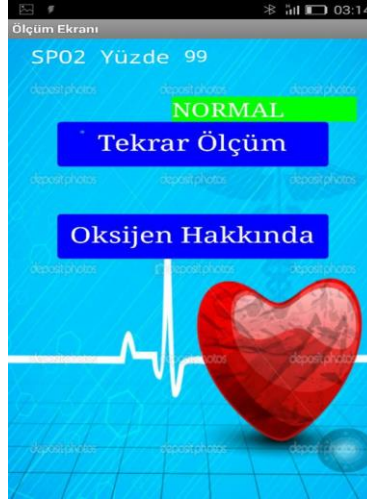
3. Tartışma ve Sonuç

Yapılan bu çalışmada insanların kanındaki oksijen doygunluğu yüzdesi non-invaziv olarak pulse oksimetre probu Arduino mikrodenetleyicisi kullanılarak ölçülüp bu değer çalışmanın ana amacı olan mobil cihazlardan izlenebilmesi sağlanmıştır. Şekil 8'de olduğu gibi ölçüm sonuçları cihaz üzerindeki LCD ekran üzerinde görülebilmektedir.



Şekil 8. Ölçüm sistemi görüntüsü

Şekil 9’de Android arayüzünde olduğu gibi mobil cihazda yaş, cinsiyet gibi kriterler girilerek elde edilen sonucun bu kriterlere göre normal veya zayıf bilgisi kullanıcıya sunulmuştur. Kullanıcılar sürekli oksijen yüzdelerini takip edebilecek bu sayede hipoksemi, uyku apnesi veya kalp ritim bozukluğu gibi hastalıkların erken tanı ve teşhisi sağlanmasına yardımcı olunacağı düşünülmektedir.



Şekil 9. Android uygulama sonuç ekranı

4. Kaynaklar

Aoyagi, T., (1992) . Nabız oksimetresi: Kökeni ve gelişimi. IEEE. sayfa 2858–2859. doi : 10.1109/iembs.1992.5761726 . ISBN0-7803-0785-2.

Ateş, G., (2012). “ Bulanık Mantık ve Hareketli Ortalamaya Dayanan Pals Oksimetre İle Kandaki Oksijen Satürasyonunun Ölçülmesi. “ TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2012/2, 18-19.

Badamasi, Y.A. (2014). The working principle of an Arduino. 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO) DOI: 10.1109/ICECCO.2014.6997578

Bagha, S., Shaw, L. (2011). A Real Time Analysis of PPG Signal for Measurement of SpO2 and Pulse Rate. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 36– No.11.

Bilgin, S.N., Çamurcu, A.Y., (2017). Kablosuz Ekg ve Pulse Oksimetre Uygulaması Sistem Tasarımı. 2. Ulusal Biyomedikal Cihaz Tasarımı ve Üretimi Sempozyumu.

Emiralioglu, N., Özçelik, U., (2014). Hipoksemi ve Oksijen Tedavisi. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi; 57: 50-60

Hornberger, Ch., (2002). A prototype device for standardized calibration of pulse oximeters II.J ClinMonit,17: pp.203-209.

Jahan, E., Barua, T., Salma, U., (2014). An overview on heart rate monitoring and pulse oximeter system. Int. J. of Latest Research in Science and Technology, Vol. 3, Issue 5, pp. 148-152.

O'Driscoll, B.R., Howard, L.S., Davison, A.G. (2008). BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. Thorax ; 63(Suppl): 1-68.

Reddy, K. A., George, B., Mohan, N. M., Kumar, V. J., (2009). A Novel Calibration-Free Method of Measurement of Oxygen Saturation in Arterial Blood”, IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement, 58(5), 1699-1705.

Ricci, W.R., Ditzler, M., Nestor, L.P., (1994). Discovering the Beer-Lambert Law. Journal of Chemical Education., 71 (11), page 983.

Shafique, M., (2011). Investigation of Photoplethysmography and Arterial Blood Oxygen Saturation During Artificially Induced Peripheral Hypoperfusion Utilising Multimode Photometric Sensors. City University London, International Journal of Computer Applications

Oksijen nedir? (2008) Erişim adresi <http://www.diyadinnet.com/YararliBilgiler-1194&Bilgi=oksijen>

Analysis and Assessment of Driving Behavior of Public Transportation Drivers Using Machine Learning

Hüseyin KURT¹

Hasan Hüseyin ÇELİK²

1. Introduction

Roads are parts of life and affect the lives of many people. Every year, about 1.35 million people die because of road traffic accidents worldwide according to reports of World Health Organization (WHO). The number of deaths in a year is more than the population of about 80 countries. It is a very important subject to protect the human life. Road environment consists of many parts like pedestrian, drivers, cars, public transportations, motorcycles etc. Importance of safety increases because road environment is a large and complex system and its impact on human life is great. Therefore, many disciplines are dealing with this like such as social sciences, health sciences, law, etc. The main factor in road safety is drivers. Controlling the driver's behavior on road leads to decrease the deaths.

Many approaches have been developed to improve the driving behavior of drivers. Takeda et al. (2012) developed Self-Coaching system review drivers' own driving activities. They used Gaussian Mixture Modelling (GMM) algorithm to identify safe or risky behavior for driving. After drivers used proposed system, risky driving behavior of them reduced by half. Johnson and Trivedi (2011) used Dynamic Time Warping algorithm with MIROAD system to recognize driving style. The system provided that awareness of driver is increased for aggressive driving. Keeping the distance between two vehicles is very important to avoid collision. Niezgodna, et al. (2015) studied about time to collision (TTC). Svensson (1998) specifies relation between interdisciplinary for road safety theories. And Svensson described severity using Time to Accident and speed values for safety process. Sun et al. (2009) used machine learning and dynamical graphic to define driver behaviors. Rakotonirainy and Tay (2004) developed a I-VAITS system that analyses real time data from environment, car and driver. Bosse et al. (2008) developed a system used ambient agent-based model to assessment driver behavior. The system works with the data that it periodically obtains from sensors, in abnormal steering and throttle actions. Ericsson (2001) studied driving model to detect the main factor on emissions and fuel-use. Speed, acceleration, engine speed and gear-changing parameters was used to build the driving model. Öztürk and Erzin (2012) developed a driving behavior prediction system. The system performs temporal clustering with Hidden Markov Model (HMM). Qian et al. (2010) modeled human driving behaviors using Support Vector Machine (SVM) algorithm. With the development of sensor

¹ Hüseyin KURT, Araştırma Görevlisi, Marmara Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, huseyin.kurt@marun.edu.tr

² Hasan Hüseyin ÇELİK, Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, hcelik@marmara.edu.tr

technology, smartphones have been widely used in driving behavior analysis and assessment studies. Eren et al. (2012) modeled a system that uses smartphone sensors without external sensors to detect safe or risky behavior. They used Bayes Classification algorithm. Flach et al. (2011) designs and implements CarMa (Car Mobile Assistant) system that senses to vehicle parameters. It provides high-level abstractions. Hong et al. (2014) developed a model to detect the aggressive driving behaviors using smartphone sensors. Imkamon et al. (2008) modeled a system to detect the unsafe driving behavior using Fuzzy Logic method. Sensors of the system consists of three parts that are On-Board Diagnostic II (OBD-II) reader, accelerometer and camera. Martinez et al. (2015) developed an individualization driver assistance system to improve safety, security and comfort of the drive. They used Extreme Artificial Learning Machine (ELM) method. Fazen et al. (2012) developed a model to increase awareness of driver with real-time analysis. Android based smartphone sensors was used to analyze driving behavior of driver. Van et al. (2013) studied driver's acceleration, braking and turning behavior. Zhang et al. (2012) studied driving status and driving behavior of driver. Bergasa et al. (2014) studied acceleration, braking, turning, lane drifting and lane weaving behavior of driver. Dörr et al. (2014) studied for behavior of driver with fuzz logic. Fazeen et al. (2012) studied driver behavior using mobile phone accelerometer.

Public transportation driver affects to pedestrians, passengers, its vehicle and other vehicles with its driving in road environment. Effects of the driver can be divided in to two groups according to the danger it causes. The first group is pedestrians, the driver's vehicle and other vehicles called road and the second group is passengers. Passenger has two conditions to use public transportation, which are comfort and safety. In the sum of these, public transportation driver should ensure the passenger safety, passenger comfort and road safety. Analysis and assessment of passenger safety and road safety is considered in this study. Section 2 describes the theory and features of the modeled system. The system is designed and implemented in section 3. The results of analysis and assessment of the system are discussed in section 4. Section 5 is the conclusion of the study with accuracy of the modeled the system's algorithm.

2. System Theory

The system has three steps, such as obtaining data from vehicle, evaluating the data and showing the results to the driver.

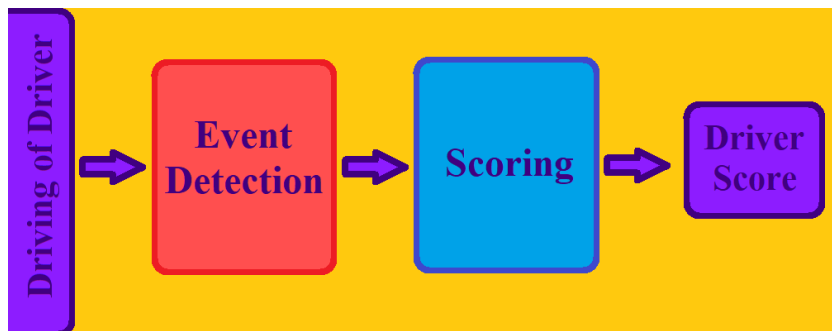


Figure 1: General schematic of the modeled system.

As seen in Figure 1, after obtaining the data in the driving of driver part, the evaluation of the data consists of two parts. These are the detection of the risky driving and the scoring of the driver depending on the frequency of the risky driving. Later, the driver was continuously warned about the result of the evaluation via a screen. Electronic Control Unit (ECU) reader and accelerometer sensor were used for obtaining the data from vehicle. Machine Learning algorithm was used to evaluate the data and to detect the risky driving behavior. Results of the driving was used for increasing awareness of driver in real time via application.

2.1. Obtaining Data

Vehicle has a lot of electronic control parts. CAN communication protocol is used to communicate with electronic control systems in vehicle. The connector is developed to monitor the flow of data in vehicle by SAE J1962 standard. CAN high and CAN low pins of the connector used to obtain the data from vehicle. CAN is low layer protocol. All data can be obtained from vehicle but it is difficult to understand. Because each vehicle manufacturer codes according to its own demand. Therefore, high layer protocols are developed to achieve common consensus such as OBD II, J1939. The high layer protocols have more understandable structure. OBD II standard has been developed for cars which can be monitored and diagnosed problems occurred in car (Sawant and Mane, 2018). SAE J1939 standard has been developed for communication and diagnosis electronic control units of heavy-duty vehicles such as trucks and buses (Prasad et al, 2019). But the protocol supports a limited data for studying on driving behaviour such as engine speed, vehicle speed, throttle position, engine load. Therefore, low layer protocol (CAN protocol) was used in this study to obtain steering angle and other data.

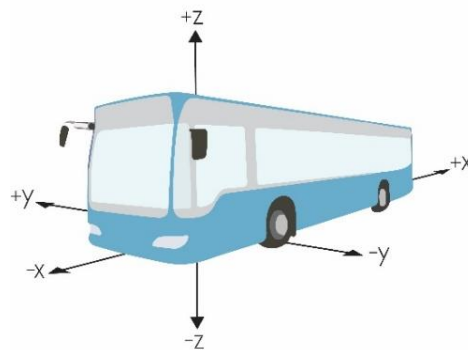


Figure 2: Direction of axis on vehicle.

Harsh acceleration and deceleration cause very dangerous situations in traffic. Also, harsh acceleration and deceleration has important knowledge of driver's psychology. Therefore, harsh movement is a very important parameter to evaluate the driving behaviour of the driver. Accelerometer measures acceleration acting on it. This acceleration can be the static (gravity) or dynamic (acceleration, deceleration). Output value of the accelerometer can be in $\frac{m}{s^2}$ or g-Force. Generally, g unit is used. If an object does not make any movement, 1 g will affect it on earth. Three-axis accelerometer has gravitational acceleration on three axes such as x-axis, y-axis and z-axis. When

the accelerometer stands parallel to the earth, all gravitational acceleration affects to z-axis. Three-axis accelerometer sensor is widely used in automotive applications to measure driver's harsh movement.

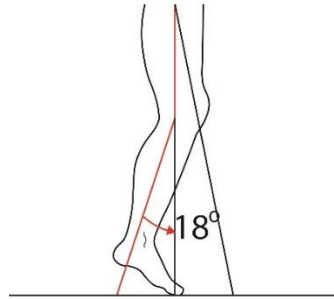


Figure 3: Stance of leg after oscillation.

Driver should ensure safety of passenger on bus. There are 18 degrees angle between human leg and normal of earth for stand person (Tez and Kuscu, 2017). It is angle that can be resisted.

$$a = g \tan 18 \quad (1)$$

The component of gravitational acceleration on the y-axis is calculated by the equation 1. It is approximately 0.325g, which is the upper limit that can be resisted. When the acceleration is above the limit, the person loses own control. The risky acceleration limit is considered to 0.2g for many automotive applications such as airbag. Driver encounter pothole and bump on the road while driving. Pothole and bump affect the driving quality of the driver. It causes lost the control of bus and injures to passenger. Driver should drive the bus slowly while passing through the pothole and bump. There are many algorithms developed to detect the pothole and bump such as Z-Thresh, STDEV(Z), Z-DIFF and G-ZERO. Z-DIFF has higher accuracy than other (Mednis et al., 2011). Z-DIFF algorithm is used in this study.

2.2. Machine Learning Algorithm

Machine learning is the use of algorithm to evaluate the existing data, thus the realization of learning by inferring from the data and then determining or predicting from the learned data. Machine learning very important, when the data to be learned is implicit. There are many algorithms for training of machine learning. Especially, Gaussian Mixture Model (GMM), Hidden Markov Model (HMM) Bayes Classification, Random Forest and Support Vector Machine (SVM) are used for analyzing and assessment driver's driving behavior. As mentioned above, the stage of evaluating the driver in this study consists of 2 steps. The first step is event detection in the driver's behavior as shown in figure 1. The second step is scoring to score the driver depending on the frequency of occurrence of the detected events. Convolutional Neural Network (CNN), which is the classification algorithm of deep neural networks, was used for event detection. In this way, it has been succeeded in determining which risky behavior of the driver made in a certain period of time. During the scoring step of the driver, the driving performance of the driver was scored using the Linear Regression algorithm.

2.3. Increase Awareness of Driver

While driving, public transportation driver's attention decreases over time. Therefore, driver should be warned periodically in order to not lose control. Based on the assessment of machine learning algorithm, the results should be shown to the driver. The result screen should have both the event and score of the driver's driving. The score is scaled between 0 to 100. The score is important to encourage the driver.

3. Design and Implementation

The theoretical part of the system was explained in the previous section. In this section, it will be mentioned about the system built using the theoretical part. The system is modelled due to the risk behaviors causing accidents. The modeled system will be explained under two headings. These are the variables of the model and the training the model.

3.1. Variables of the Model

Correct selection of independent variables of the model is very important for training the model and then evaluating the driver's driving. Driver's driving is classified the under 5 headings: Risky Crossing Bump, Harsh Acceleration (acceleration and deceleration), Risky Maneuver, Risky Following Distance and Good Driving. There is an acceleration sensor on the vehicle and an ECU reader that read the data with CAN communication connected to the OBD socket of the vehicle.



Figure 4: Step of Event Detection.

ECU reader obtains speed and steering angle and distance data from the vehicle. 3-Axis accelerometer is on the vehicle. It measures the acceleration of the vehicle in the x-axis, y-axis and z-axis. The frequency of the system is 50 Hz.

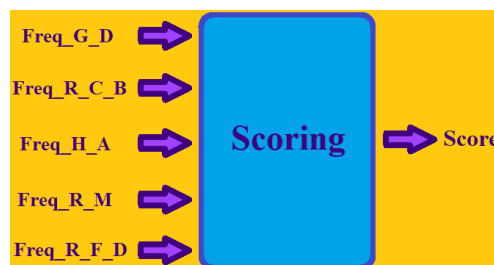


Figure 5: Step of the Scoring.

If a driver makes risky driving once in a long period, risky driving is not decided about the driver. However, if the driver makes risky driving more than once in a short period, risky driving is decided about the driver for passengers and road safety. For this reason, in this study, frequency of risky driving is evaluated for the driver's and scored the driver. Dangerous drivers should be warned while driving and the driver awareness should be increased by warning the driver about their risky driving. So, an application has been developed to show the risky driving of the driver. In the application, the driver's score and the event related to risky driving were visualized.

3.2. Training the Model

The samples of the events that were evaluated for the training of the model were obtained from the modeled vehicle. Training set was created according to the relevant values. In the training of the training set, CNN was used in event detection, which is first of two steps of the evaluation stage. CNN are an algorithm of deep neural networks commonly used in picture classification. It classifies it with the feature extraction method in the pictures and thus shows a very high success. This success used to evaluate the driving performance of the driver by converting into matrix. First of all, as a result of the data obtained in the system, 8-second data set clearly includes the event. The system frequency is 50 Hz. In other words, each study consists of a data set of 400 rows. Since the number of the data read in the system is 6, the matrix consisting of 400 rows and 6 columns.

The data was normalized to make CNN work faster. In the system, unit of axial inputs (x, y and z axis) is $\frac{m}{s^2}$ and range of the axial inputs are between 0 and 40. Speed value is between 0 and $120 \frac{km}{h}$. And the rotation angle of the vehicle is between 0 and 48 degrees. These values scaled between 0 and 1. The average reaction time of a person is 2 seconds. When the following distance is calculated according to this reaction time, the distance from head vehicle should be approximately half the value of the vehicle in km/hour. When the following distance value is less than the value, risky behavior is decided. In axial motion, accelerations that exceed 0.2g (approximately 2 m/second) are risky accelerations.

$$Freq_{Event} = \frac{Number_{Event}}{Number_{AllEvents}} \quad (2)$$

After the system determines the event with the knowledge above, the frequency for each of the 5 classes is calculated according to equation 2. Then, scoring was done using the trained model with linear regression.

4. Results

The system trained with 50 samples including 10 Good Driving samples, 10 Harsh Acceleration samples, 8 Risky Crossing Bump samples, 10 Risky Follow Distances samples and 12 Risky Maneuvers samples. Although it is normally 400 rows of data, it will be difficult to show in this study. So, 250 data including the beginning and end of the event have been included. In order to see the data visually more clearly, the normalization data was scaled from between 0 and 1 to between 0 and 100.

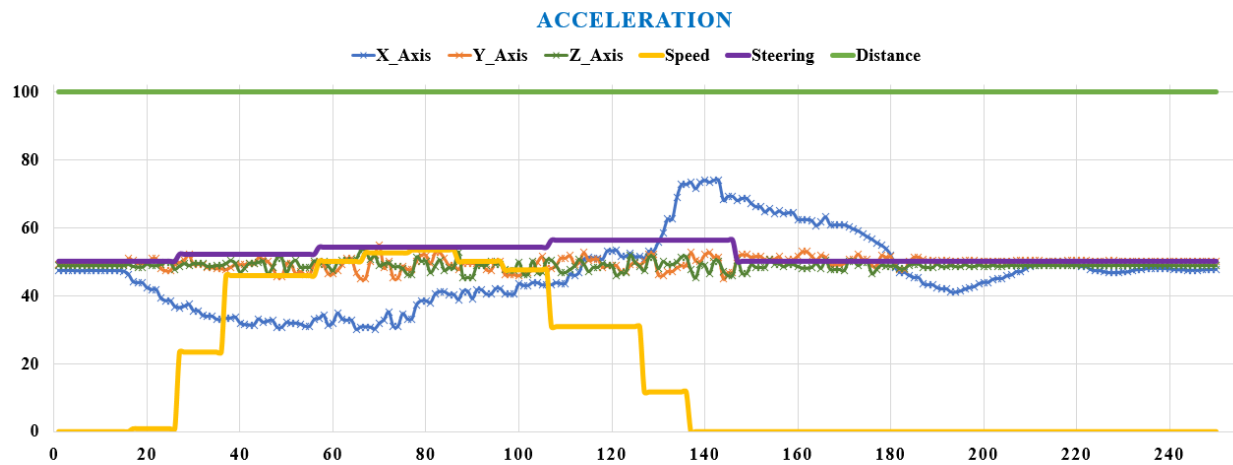


Figure 6: Graph of the Harsh Acceleration.

Figure 6 shows the graphical form of the data belonging to the Harsh Acceleration. The yellow line indicates speed. The blue line shows the acceleration on the x axis. When the speed starts to increase, the acceleration decreases because direction of the x axis is negative. When the speed decreases, the acceleration increases.

$$a = \frac{dv}{dt}(3)$$

As seen in the formula 3, the acceleration changes proportionally to the change in speed.

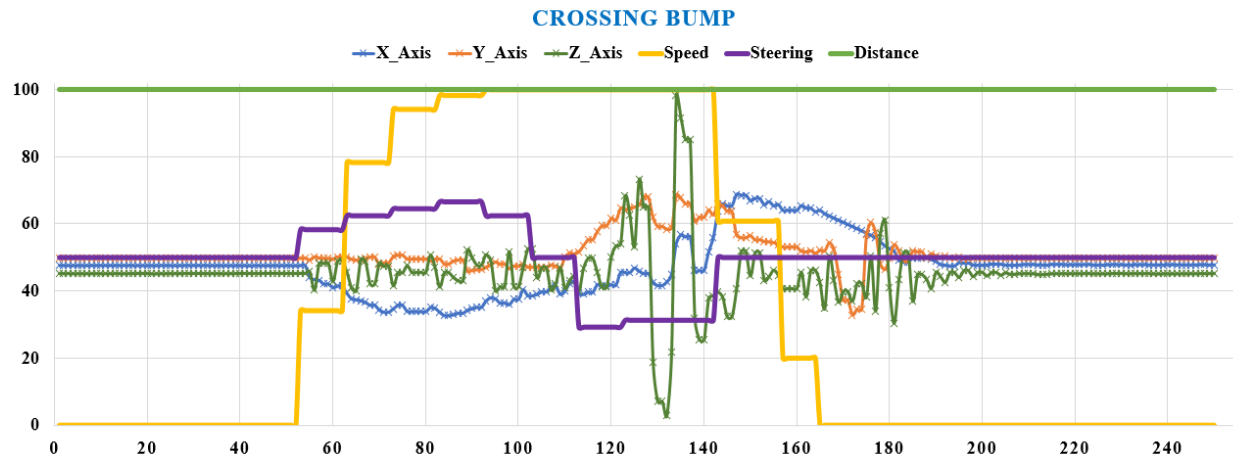


Figure 7: Graph of the Risky Crossing Bump.

In Figure 7, the data of the vehicle while passing over the bump are shown. Dark green with mark indicates the Z axis. From the data between 120 and 140, it is understood that the vehicle passed bumps, and high changes occurs in in that data range in the z-axis.

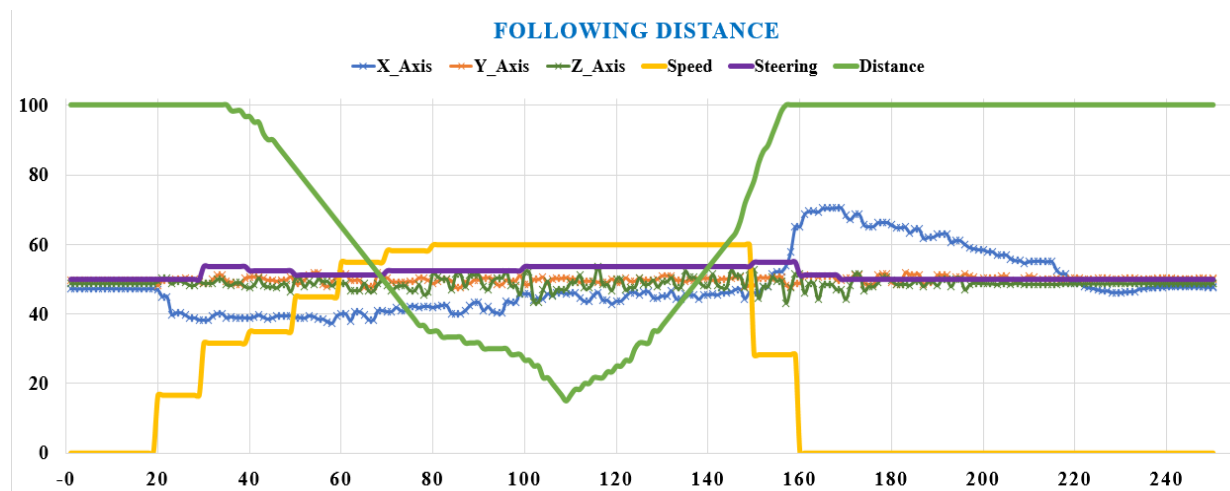


Figure 8: Graph of the Risky Following Distance.

In Figure 8, the data for the Risky Following Distance class is plotted. Light green indicates distance, yellow indicates speed. Unlike other graphics here, as mentioned above, the following distance should be half the speed value. So, to know more clearly, the velocity data is shown in the graph by multiplying the actual value by two. In this way, places where the distance value is smaller than the speed value can be decided that the driver is under risky following distance. In other words, approximately 70 to 140 drivers followed the vehicle on the risky distance value.

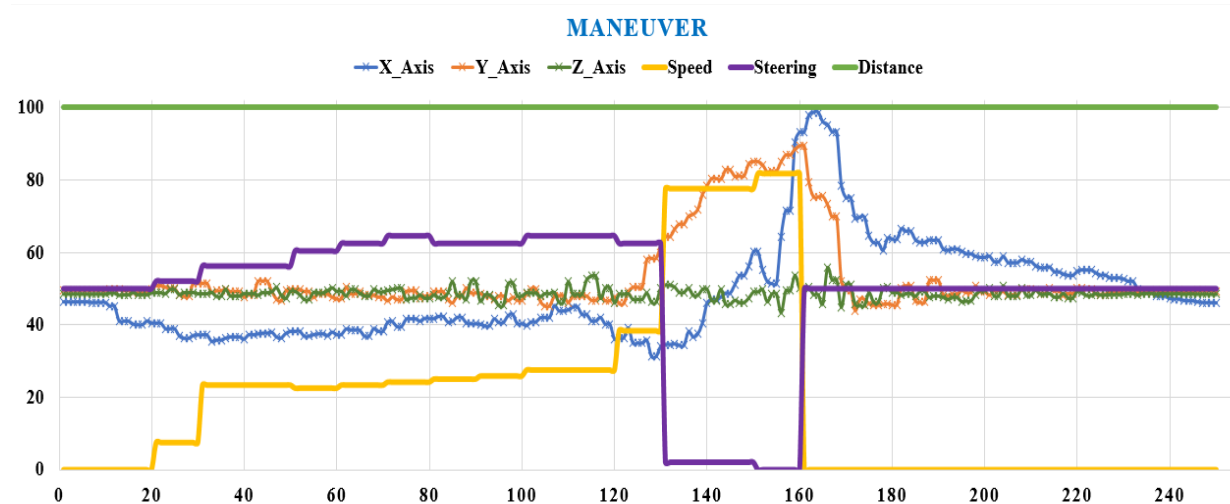


Figure 9: Graph of the Risky Maneuver.

The data of the maneuvers of the driver, as seen in Figure 9, is plotted. Since there are both speed and steering effects, there have been high changes in the x and y axes. The orange line shows the acceleration on the y-axis. While approximately 130 to 160 vehicle was turning, there was a high

acceleration value in the y-axis. At the same time, acceleration is observed in the x-axis with the change in velocity.

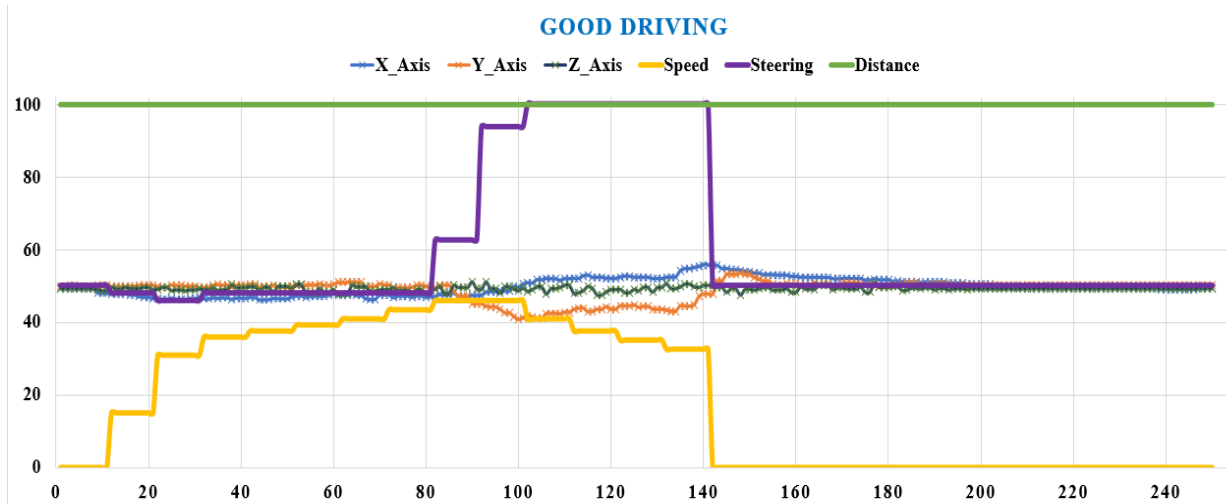


Figure 10: Graph of the Good Driving.

In Figure 10, the axial balance was maintained in the acceleration sensors despite the changes in the speed and steering values of vehicle. And the driver ensured both road safety and passenger safety and achieved a good driving.

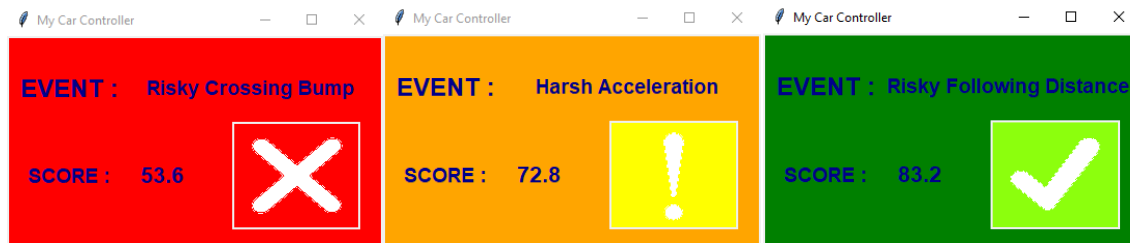


Figure 11: Application for increasing awareness of the driver.

As can be seen in Figure 11, an application has been developed to warn the risky behaviors of the driver. Continuous awareness of the driver was ensured with the application by showing the risky behavior driver performed and driver's score of overall driving performance.

5. Conclusion

Many people use public transport every day. It has a very active place in human life. For this reason, it is an important factor in deaths. Reducing the risky behavior of public transport drivers will significantly reduce the number of these deaths. In this study, dangerous behaviors of public transport drivers were analyzed and assessment. The assessment process was done with a machine learning algorithm. As a result of the training, 83% success was achieved. With the assessment, public transport drivers were ensured to drive a safer driving.

References

- Bergasa, L. M., Almeri, D., Almazán, J., Yebes, J. J. and Arroyo, R. (2014). DriveSafe: An app for alerting inattentive drivers and scoring driving behaviors, IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 2014, pp. 240-245, doi: 10.1109/IVS.2014.6856461.
- Bosse, T., Hoogendoorn, M., Klein, M. C. A. and Jan Treur (2008). A Component-Based Ambient Agent Model for Assessment of Driving Behaviour. In In: Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing. Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag.
- Dörr, D., Grabengieser, D. and Gauterin, F. (2014). Online driving style recognition using fuzzy logic, 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 1021-1026, doi: 10.1109/ITSC.2014.6957822.
- Eren, H., Makinist, S., Akin, E. and Yilmaz, A. (2012). Estimating driving behavior by a smartphone. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings. 234-239. 10.1109/IVS.2012.6232298.
- Ericsson, E. (2001). Independent Driving Pattern Factors and Their Influence on Fuel-Use and Exhaust Emission Factor. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 6. 325-345. 10.1016/S1361-9209(01)00003-7.
- Fazeen, M., Gozick, B., Dantu, R., Bhukhiya, M. and González, M. C. (2012). Safe Driving Using Mobile Phones, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 13, no. 3, pp. 1462-1468, Sept. 2012, doi: 10.1109/ITITS.2012.2187640.
- Flach, T., Mishra, N., Pedrosa, L., Riesz, C., and Govindan, R. (2011). CarMA: towards personalized automotive tuning. In Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '11). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 135–148. DOI: <https://doi.org/10.1145/2070942.2070957>
- Hong, J., Margines, B. and Dey, A. (2014). A smartphone-based sensing platform to model aggressive driving behaviors. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 4047–4056. DOI: <https://doi.org/10.1145/2556288.2557321>
- Imkamon, T., Saensom, P., Tangamchit, P. and Pongpaibool, P. (2008). Detection of hazardous driving behavior using fuzzy logic, 2008 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Krabi, Thailand, pp. 657-660, doi: 10.1109/ECTICON.2008.4600519.

Johnson, D. A. and Trivedi, M. M., (2011). Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform, 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Washington, DC, USA, 2011, pp. 1609-1615, doi: 10.1109/ITSC.2011.6083078.

Martinez, V., Campo, I., Echanobe, J. and Basterretxea, K., (2015). Driving Behavior Signals and Machine Learning: A Personalized Driver Assistance System. 10.1109/ITSC.2015.470.

Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs and L. Selavo, (2011). Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers, 2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS), pp. 1-6, doi: 10.1109/DCOSS.2011.5982206.

Niezgoda, M., Kaminski, T., and Kruszewski, M. (2015). Measuring driver behaviour - indicators for traffic safety. Journal of KONES, 19, 503-511.

Öztürk, E. and Erzin, E. (2012). Driver Status Identification from Driving Behavior Signals. In: Hansen J., Boyraz P., Takeda K., Abut H. (eds) Digital Signal Processing for In-Vehicle Systems and Safety. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9607-7_3

Prasad, B. V. P., Tang, J., and Luo, S. (2019). Design and Implementation of Data Collection and Driving Behaviour Analysis Based on SAE J1939, International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), Taipei, Taiwan, pp. 1-2.

Qian, H., Ou, Y., Wu, X., Meng, X. and Xu, Y. (2010). Support Vector Machine for Behavior-Based Driver Identification System, Journal of Robotics, vol. 2010, Article ID 297865, 11 pages, <https://doi.org/10.1155/2010/297865>

Rakotonirainy, A. and Tay, R. (2004). In-vehicle ambient intelligent transport systems (I-VAITS): towards an integrated research, Proceedings. The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE Cat. No.04TH8749), Washington, WA, USA, 2004, pp. 648-651, doi: 10.1109/ITSC.2004.1398977.

Sawant, P. R., and Mane, Y. B. (2018). Design and Development of On-Board Diagnostic (OBD) Device for Cars, Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, pp. 1-4.

Sun, J., Wu, Zh. and Pan, G. (2009). Context-aware smart car: from model to prototype. J. Zhejiang Univ. Sci. A 10, 1049–1059. <https://doi.org/10.1631/jzus.A0820154>

Svensson, Å. (1998). A method for analysing the traffic process in a safety perspective. Department of Traffic Planning and Engineering, Lund Institute of Technology.

Takeda, K. et al. (2012). Self-Coaching System Based on Recorded Driving Data: Learning from One's Experiences, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 13, no. 4, pp. 1821-1831, Dec. 2012, doi: 10.1109/TITS.2012.2205917.

Tez, T. and Kuscu. H. (2017). Experimental and theoretical research of biped walking robot dynamics, Council of Higher Education Thesis Center, (No. 459323), Retrived April 14, 2021, from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=DPYuy3wRPq_qvCPSqUB6-r6rwOdtK4ANfptl6TUs2spHBfeFwv1QVhQ5AU1fSPU.

Van Ly, M., Martin, S. and Trivedi, M. M. (2013). Driver classification and driving style recognition using inertial sensors, 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 1040-1045, doi: 10.1109/IVS.2013.6629603.

Zhang, X., Zhao, X. and Rong, J. (2012). A Study of Individual Characteristics of Driving Behavior Based on Hidden Markov Model. 19th Intelligent Transport Systems World Congress, ITS 2012. 167. AP-00306.

3D Yazıcı Teknolojisiyle Bio-Benzetim Robot El

Coşgun Atıl Emre¹

Giriş

Bio-Benzetim Robot El (BBRE), biyo-mekatronik bir sistem olup günümüzde teknolojinin hız kazanmasıyla popülerleşmiş teknolojik alt başlıklardan birisi olmuştur. 1980'li yıllardan günümüze kadar robot kol, robot el konularında yurt içi ve yurt dışında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Özellikle nesne kavrama, taşıma ve bırakma (Pick and Place) uygulamalarında robotik sistemlerin kesinlik arz etmesi ve güvenlik unsurlarını üzerinde barındırması sebebiyle endüstride, üniversitelerde, savunma sanayinde ve günlük yaşantımızda Bio-Benzetim Robot Elleri (BBRE) ön plana çıkarmıştır. Bu sebeplerle, 3D baskı ile üretimi gerçekleştirilen bir çok robotik el mevcuttur. 3D baskı teknolojisi, geleneksel işleme gibi eksiltici üretim metodolojilerinin aksine, 3D katı cisim model verilerinden nesnelere oluşturmak için malzemeleri birleştirme işlemi olarak tanımlanan bir eklemeli üretim sürecidir (Bikas et al., 2016),(Duda & Raghavan, 2016). 3D baskı teknolojisi ile karmaşık ve sofistike parçalar, hemen hemen hiç atık malzeme oluşturulmadan kompozit ve şekil hafızası gibi akıllı malzemeler de dahil olmak üzere çeşitli malzemeler ile üretimi gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, 3D baskı tasarımcıların ve mühendislerin benzersiz ürünler yaratmasına olanak sağlayan, kişiye "tasarım özgürlüğü" sunan bir teknolojidir, şekil1.0'da 3D baskının tasarımdan üretim aşamasına kadar geçen süreç verilmiştir (Gul et al., 2018). Sağlık, havacılık, askeri, günlük yaşam, mühendislik gibi hemen hemen her sektörde 3D üretim teknikleri kullanılmaktadır (Demir & Coşgun, 2019).





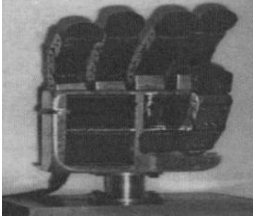
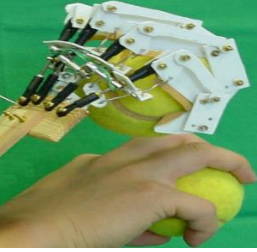

Şekil1.0 3D baskı süreci

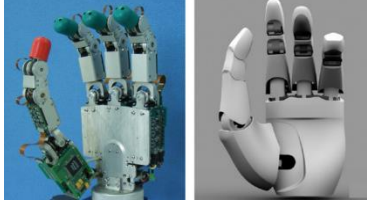


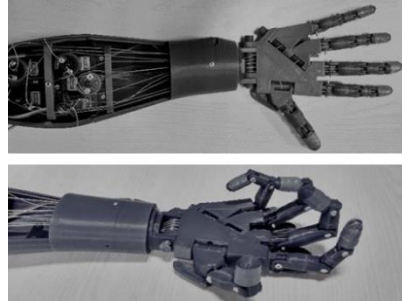
Bu çalışmada 3boyutlu yazıcı ile basılmış ,nesne kavrama, taşıma ve bırakma özelliklerine sahip, kullanıcı operatörün parmak hareketlerini taklit eden aynı zamanda açık alanda uzun bir menzile sahip olan bio-benzetim robot el'dir. Giyilebilir teknoloji olarak değerlendirilebilen bu çalışma kimya sanayinde, bomba imha robotlarında, tehlikeli olabilecek proseslerde kullanılabilir bir robotik ürün olduğu düşünülmektedir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen literatür taraması tablo halinde tablo1'de verilmiştir.

¹ Atıl Emre COŞGUN, Dr, Aksaray Üniversitesi, Ortaköy M.Y.O., Mekatronik Bölümü, atilcoşgun@gmail.com
Not: Bu çalışmamız 2209 Tübitak öğrenci projesi tarafından 2016-2017 yılları arasında desteklenmiştir.

Tablo1. Literatür özet

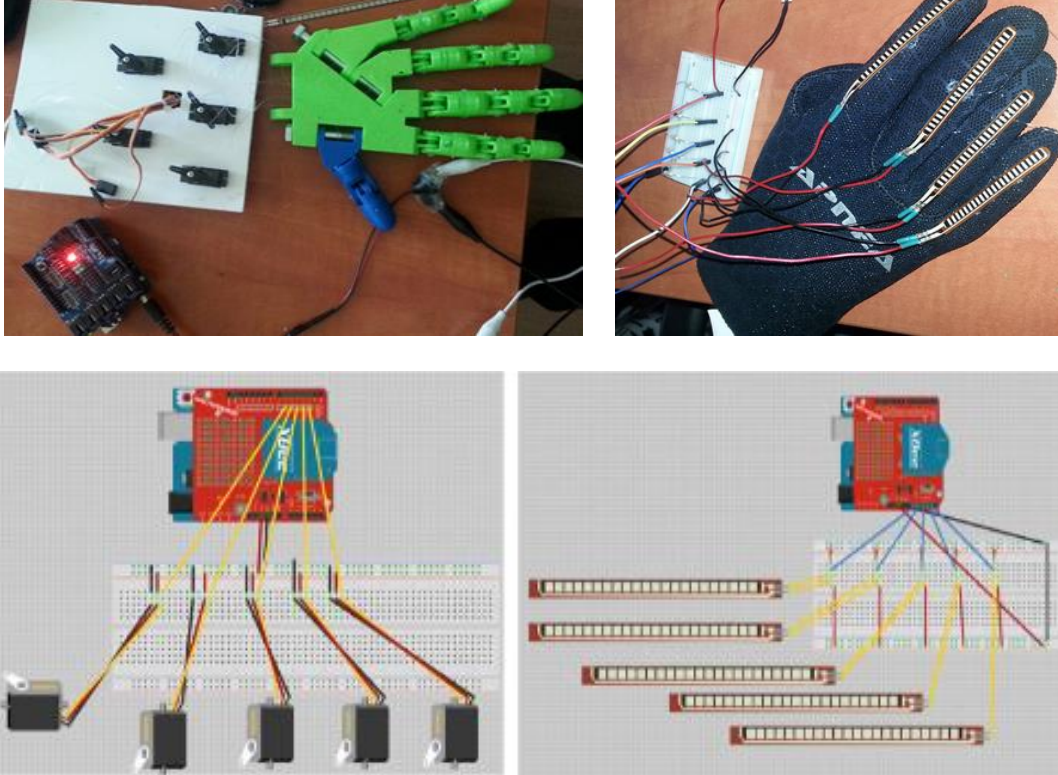
	Çalışma içeriği	Çalışma Görseli
(Salisbury & Roth, 1983)	El üç parmağa sahiptir, her bir parmağın üç serbestlik derecesi ve dört kontrol kablosu vardır, 12 DC servo motordan oluşan bir aktüatör paketi tarafından kontrol edilmektedir.	
(Jacobsen et al., 1986)	El, dört serbestlik derecesine üç parmak ve bir baş parmaktan oluşmaktadır. Elin geometrisi kabaca antropomorfiktir. Toplamda 16 serbestlik dereceli, 32 bağımsız polimerik tendon ve pnömatik aktüatörden oluşan bir sistem kullanılarak çalıştırılmaktadır.	
(Lin & Huang, 1998)	Bu çalışmada yeni bir beş parmak robot eli (on yedi serbestlik dereceli NTU el geliştirildi. Geleneksel tendonla çalışan robotların aksine, NTU eli, her parmak ve eklemin ayrı ayrı control edilebildiği bir konfigürasyona sahiptir	
(Fukaya et al., 2000)	TUAT / Karlsruhe İnsansı El, 20 DOF'a sahiptir ve elin içine veya etrafına yerleştirilebilen bir aktüatör tarafından çalıştırılır.	
(Röthling et al., 2007)	Shadow el'de 40 aktüatör ve 20 DOF bulunur. En yenilikçi özelliği ise toplam 186 kuvvet sensörünün sağlanmasıdır.	

<p>(Liu et al., 2007)</p>	<p>El, dört özdeş parmağa ve avuç içi için ekstra serbestliğe sahiptir. Her parmakta veri toplama, fırçasız DC motor kontrolü ve noktadan noktaya seri iletişim için FPGA vardır. Objelerin iyi kavranma özelliği ile uzaktan çalıştırılma fonksiyonuna sahiptir.</p>	
<p>(Hand et al., 2013)</p>	<p>UB Hand IV robot el işlevsellik açısından insan eline çok yakın olarak tasarlanıp üretilmiştir.</p>	
<p>(Xu & Todorov, 2016)</p>	<p>Bu çalışmada, biyomimetrik robotik el ile farklı geometrik şekillere sahip nesnelerin kavranması ve el taksonomisine dayalı çeşitli doğal el duruşları ile manipüle etmek için teleoperasyon yapılabileceğini başarılı bir şekilde gösterilmiştir.</p>	
<p>(Conker & Karaca, 2019)</p>	<p>3 boyutlu yazıcı ile 5 parmaklı robot el üretilerek, hassas nesnelerin kavranması için kuvvet geri beslemesi ile bulanık mantık kontrolcü tasarlanmıştır ve nesnelerin kavranması için başarılı bir şekilde uygulanmıştır.</p>	

Robot Elin Elektromekanik Yapısı

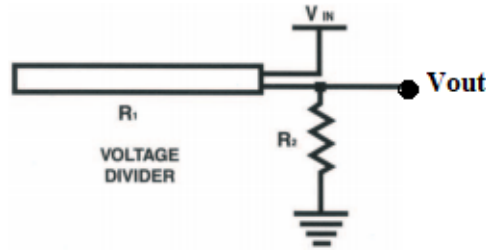
3D baskısı gerçekleştirilen robotik elin, teknik çizim ve baskı dosyalarına açık kaynak erişime sahip <http://inmoov.fr/> adresinden ulaşılmıştır. 3D baskısı için PLA filament tercih edilmiştir. Bio-Benzetim Robot El çalışmamızın resimleri Şekil2de verilmiştir. Çalışmamızda 5 parmaklı robot el

kullanılmıştır. Toplamda 17 serbestlik derecesine sahiptir. İşaret ve orta parmak ileri geri yönde hareket gerçekleştirebilen, her bir eklem yeri için oynar bağlantı yapısı bulunan üç serbestlik derecesine sahip yapıdadır. Yüzük ve serçe parmaklar, avuç iç kısmına doğru kısmen hareket edebilen dört'er serbestlik derecesinde ve baş parmak ise kısmen içe doğru hareketi ile birlikte üç serbestlik derecesine sahiptir. Herbir parmak uzuvları, iç tarafından misina ile beş adet servo motor millerine bağlanmış, motorların sağa sola hareket ettirilmesi ile parmak hareketleri sağlanmıştır. Elin boyutu ve yapısı, insan eli ile benzer yapıdadır.



Şekil2.0 Bio-benzetim robot el ve esnek sensor kullanımı

Kullanıcı operatörünün parmak hareketleri esnek sensörler aracılığıyla algılanarak, Xbee modülleri ile kablosuz bir şekilde bio-benzetim robot el'e aktarılarak robotun kontrolü gerçekleştirilmiştir. Şekil3'de Esnek sensör'ün gerilim bölücü ile kullanımı verilmiştir. Sistem yazılım çalışmaları açık kaynak kodlu kontrolcü platformları (Arduino, XCTU) ile bilgisayar üzerinden programlama yapılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil3.0 Esnek sensörün gerilim bölücü ile kullanımı

Kaynakça

- Bikas, H., Stavropoulos, P., & Chryssolouris, G. (2016). Additive manufacturing methods and modeling approaches: A critical review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1–4), 389–405. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7576-2>
- Conker, Ç., & Karaca, A. (2019). Bulanık Mantık Esaslı Karar Destek Sistemi ile Robot Elin Kuvvet Kontrolünün Sağlanması. *Deniz Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik*, 21(62), 433–447. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2019216210>
- Demir, H., & Coşgun, A. E. (2019). Comparison of PLA and ABS on Robot Arm Model and 3D Technology. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 6(8), 38–44. <http://www.ejaet.com/PDF/6-8/EJAET-6-8-38-44>
- Duda, T., & Raghavan, L. V. (2016). 3D Metal Printing Technology. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.111>
- Fukaya, N., Toyama, S., Asfour, T., & Dillmann, R. (2000). Design of the TUAT/Karlsruhe humanoid hand. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 3(February), 1754–1759. <https://doi.org/10.1109/IROS.2000.895225>
- Gul, J. Z., Sajid, M., Rehman, M. M., Siddiqui, G. U., Shah, I., Kim, K. H., Lee, J. W., & Choi, K. H. (2018). 3D printing for soft robotics—a review. *Science and Technology of Advanced Materials*, 19(1), 243–262. <https://doi.org/10.1080/14686996.2018.1431862>
- Hand, B., Work, R., & Hand, R. (2013). *Overview of Design Solutions and Enabling Technologies*. May.
- Jacobsen, S. C., Iversen, E. K., Knutti, D. F., Johnson, R. T., & Biggers, K. B. (1986). *Design of the Utah/M. I. T. Dextrous Hand*. 1520–1532.
- Lin, L. R., & Huang, H. P. (1998). Ntu hand: A new design of dexterous hands. *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*, 120(2), 282–292. <https://doi.org/10.1115/1.2826970>
- Liu, H., Meusel, P., Seitz, N., Willberg, B., Hirzinger, G., Jin, M. H., Liu, Y. W., Wei, R., & Xie, Z. W. (2007). The modular multisensory DLR-HIT-Hand. *Mechanism and Machine Theory*, 42(5), 612–625. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2006.04.013>
- Röthling, F., Haschke, R., Steil, J. J., & Ritter, H. (2007). Platform portable anthropomorphic grasping with the Bielefeld 20-DOF Shadow and 9-DOF TUM Hand. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2951–2956. <https://doi.org/10.1109/IROS.2007.4398963>
- Salisbury, J. K., & Roth, B. (1983). Kinematic and force analysis of articulated mechanical hands. *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*, 105(1), 34–41. <https://doi.org/10.1115/1.3267342>
- Xu, Z., & Todorov, E. (2016). Design of a highly biomimetic anthropomorphic robotic hand towards artificial limb regeneration. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2016-June*, 3485–3492. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2016.7487528>

A Multi-Objective Multi-Period Mathematical Model for the Location Problem of Temporary Emergency Treatment Facilities: A Case Study from Bakirkoy, Istanbul

Nezir AYDIN¹
Zeynep ÇETİNKALE²

1. Introduction and literature review

The United Nations (UN) defines a disaster as "a serious disruption of the functioning of a community or society involving widespread human, material, economic or environmental losses and impacts, which exceeds the ability of the affected community or society to cope using its own resources" (UN, 2021). Even though there is no way to prevent a sudden devastating incident, an effective management approach enables to reduce fatalities, injuries and damages. Disaster management deals with such extreme events mentioned above and aims to keep undesirable impacts of disasters under control. It has four main pillars: mitigation, preparedness, response and recovery. Mitigation and preparedness cover pre-disaster operations, in which proactive actions are taken to eliminate or minimize the possible threats. Response and recovery phases indicate post-disaster operations and deal with undesirable situations.

Turkey encountered many devastating earthquakes, yet the most fatal one occurred in the last half of the century was the 1999 Marmara earthquake. According to the official records, it had a magnitude of 7.8 on the Richter scale, and run down the functionality of the most developed and crowded part of the country, killed 18,373 people, and affected more than 50 thousand lives severely. Besides, almost 350 thousand residences and facilities were crushed (BBC, 2019). According to several studies addressed to the 1999 Marmara earthquake, demand surge was one of the most challenging problem during the first 48 hours (Keskin & Kalemoglu, 2002; Bulut et al., 2005). Marmara earthquake victims were suffered by the deficiency of responsive emergency services. For instance, approximately 20 percent of the admitted casualties were transported to another hospital after their first treatment due to the capacity insufficiency. Further, a study done by Alkan et al. (2001) demonstrates that 3.9% of the death was emerged while transporting rescued victims. To run successful response operations,

¹ Nezir Aydın, Assoc. Prof., Yildiz Technical University, Department of Industrial Engineering, nzraydin@yildiz.edu.tr

² Zeynep Cetinkale, Yildiz Technical University, Department of Industrial Engineering, zeynepcetinkale@gmail.com

healthcare services are expected to be rapidly accessible. Thus, temporary healthcare facilities have critical role in mitigating the impact of calamitous events by supporting the existing hospitals in capacity and decreasing the traveling time of casualties.

In last decades, the facility location problems related to humanitarian logistics are studied for the Metropolitan city of Turkey, Istanbul. The related issue is taken into account by notable researches in order to reduce the impact of the earthquake expected in Istanbul in near future. We briefly reviewed facility location methodologies suggested for Istanbul earthquake plan. A two-stage multi objective location problem methodology for relief material storage in pre-disaster and post-disaster stages is suggested by (Gormez, Koksalan & Salman, 2011) for the city of Istanbul. (Salman & Yucel, 2015) maximize expected demand covered for the placement of disaster response facilities. Similarly, (Renkli & Duran, 2015) present a facility location model in term of storing relief commodities, and the suggested model is applied to the European side of Istanbul. (Erbeyoglu & Bilge, 2020) provide a case study on Anatolian Side of Istanbul. They present robust mix integer programming methodology. Different than general relief material logistic problems, (Yenice & Samanlioglu, 2020) deal with the logistics of shelters for Kadikoy, Istanbul while performing a multi-objective stochastic model. The conducted model consists of three objectives: minimizing total distance, damage risk factor and unmet demand. Bayram and Tansel (2015) and Bayram and Yaman (2018) propose mathematical methodologies for locating shelter sites to minimize the evacuation time of casualties, and they perform a case study for Istanbul. Different than deterministic modelling approach of (Bayram & Tansel, 2015), (Bayram & Yaman, 2018) develop a two-stage stochastic optimization model. A mixed integer programming methodology for shelter settlement in a district of Istanbul, Kartal, is provided by (Kilci, Kara & Bozkaya, 2015). The single source capacitated facility location model maximizes the minimum weight of candidate location. Independent and multiple utilization of operating shelters, distance between candidate locations and destroyed districts, proximity of facilities to main roads and hospitals are taken into consideration. (Ozbay, Cavus & Kara, 2019) take the same problem introduced by (Kilci, Kara & Bozkaya, 2015) into account and develop a multi-stage optimization methodology. They determine the location of shelters and victim allocation after the main and secondary shock of an earthquake. 1999 Marmara earthquake is an instance for the cases where existing healthcare facilities were insufficient in capacity due to the extraordinary patient influx. Facility location methodologies for temporary medical services is suggested by (Yi & Ozdamar, 2007; Salman & Gul, 2014; Aydın, 2016; Oksuz & Satoglu, 2020). While (Yi & Ozdamar, 2007; Salman & Gul, 2014) present a real-life

case study covering larger framework for Istanbul, Aydın (2016) and Oksuz and Satoglu (2020) suggest two-stage stochastic optimization models for different districts of the city. Another stochastic programming approach for emergency medical services in large-scale disasters is presented by Acar and Kaya (2019). Different than others, they suggest providing healthcare services by establishing mobile hospitals.

The aim of our study is to enhance the responsiveness of post disaster operations for Bakirkoy, Istanbul. We develop a multi-objective multi-period mixed integer programming model to determine the appropriate number and location of temporary treatment facilities. Moreover, supplying medical services to casualties with major and minor injuries under the capacity restrictions of both existing and candidate temporary treatment facilities are considered. Sensitivity analysis is conducted in order to reflect the unpredictable nature of disasters on capacity during the most acute period of post-disaster.

In this section, the general knowledge about disasters and a brief literature review are presented. Problem definition, assumptions and model formulations are introduced by section 2. Section 3 presents a case study for an earthquake in a subdistrict of Istanbul, Bakirkoy. The conclusion of this study and the statements about future research are given in section 4.

2. Problem definition and mathematical model

The system imitated in our study is described as follows. Injured victims are the entities of the model, and they are classified into two different types in terms of their injury scores. Basically, victims with serious injury are described as heavily wounded victims, and victims with minor injury are described as slightly wounded victims. Entities have different attributes with respect to the resource requirements. At the beginning of each time period, the state of the system changes in terms of new arrivals, departures and the current available capacity. Victims arrive to healthcare facilities from neighborhoods. The capacity of existing and temporary treatment facilities is determined by the number of medical teams assigned. The number of medical teams remain the same, and they are equally experienced. Another assumption is made based on the time spent by disaster victims at healthcare facilities. We adopt the idea of (Salman & Gul, 2014), suggesting a value, distributed between 0 and 1, for the departures in each period in order to reflect the average departure rate. Herein, the release rate is assigned for heavily and slightly wounded victims separately rather than conducting various service rate to medical service suppliers. It should be highlighted that the proposed mathematical model is not allowed to remain unserved casualties with major injuries due to the great

importance of on time intervention. On the other hand, victims with minor injuries do not require medical examination in a timely manner, so our model is not restricted by a constraint which services to all slightly wounded patients on time. In order to avoid underestimating hidden traumas, the backordered demands of slightly wounded victims can be satisfied in farther time periods.

2.1. Mathematical model

Sets and Indexes

I, i : Set and index of sub-districts, $i \in I$

E, e : Set and index of existing hospitals (EH), $e \in E$

J, j : Set and index of candidate temporary treatment facility, $j \in J$

T, t, g : Time period, $t, g \in T$

Parameters

$dis_{i,e}$: District between sub-district i and existing hospital e

$dis_{i,j}$: District between sub-district i and candidate temporary treatment facility j

$w_{i,t}$: Number of heavily wounded victims in sub-district i at the beginning of time period t

$v_{i,t}$: Number of slightly wounded victims in sub-district i at the beginning of time period t

β : Unit capacity seized by heavily wounded victims in a period

α : Unit capacity seized by slightly wounded victims in a period

rw : Release rate of heavily wounded victims in a period

rv : Release rate of slightly wounded victims in a period

ceh_e : Initial capacity of PH e

ctf_j : Initial capacity of candidate temporary treatment facility j

Decision variables

$y_{i,e}^t$: Number of heavily wounded victims sent to existing hospital e from sub-district i at the beginning of time period t

$r_{i,e}^t$: Number of slightly wounded victims sent to existing hospital e from sub-district i at the beginning of time period t

$x_{i,j}^t$: Number of heavily wounded victims sent to temporary treatment facility j from sub-district i at the beginning of period t

$u_{i,j}^t$: Number of slightly wounded victims sent to temporary treatment facility j from sub-district i at the beginning of time period t

$octf_j^t$: Occupied capacity of temporary treatment facility j at the beginning of time period t

$oche_e^t$: Occupied capacity of existing hospital e at the beginning of time period t

rtf_j^t : Released capacity of temporary treatment facility j at the beginning of time period t

reh_e^t : Released capacity of existing hospital e at the beginning of time period t

cf_j^t : Available capacity of temporary treatment facility j at the beginning of time period t

che_e^t : Available capacity of existing hospital e at the beginning of time period t

o_j : $\begin{cases} 1, & \text{if temporary treatment facility } j \text{ is allowed to be open} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

Formulation

Minimize

$$f_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{e=1}^E \text{dish}_{i,e} (y_{i,e}^t + r_{i,e}^t) + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \text{dist}_{i,j} (x_{i,j}^t + u_{i,j}^t) \quad (\text{obj1})$$

$$f_2 = \text{cost} \sum_{j=1}^J o_j \quad (\text{obj2})$$

s.t

$$\sum_{e=1}^E y_{i,e}^t + \sum_{j=1}^J x_{i,j}^t = w_i^t, \quad \forall i \in I, \quad \forall t \in T \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{e=1}^E r_{i,e}^t + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J u_{i,j}^t = \sum_{t=1}^T v_i^t, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^g \sum_{e=1}^E r_{i,e}^t + \sum_{t=1}^g \sum_{j=1}^J u_{i,j}^t \leq \sum_{t=1}^g v_i^t, \quad \forall i \in I, \quad \forall g \in T \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I (\beta x_{i,j}^t + \alpha u_{i,j}^t) = octf_j^t, \quad \forall j \in J, \quad \forall t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I (\beta y_{i,e}^t + \alpha r_{i,e}^t) = oceph_e^t, \quad \forall e \in E, \quad \forall t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{g=1}^t \beta x_{i,j}^g rv (1 - rv)^{t-g} + \alpha u_{i,j}^g rv (1 - rv)^{t-g} = rtf_j^{t+1}, \forall j \in J, \quad \forall t \in T - 1 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{g=1}^t \beta y_{i,e}^g rv (1 - rv)^{t-g} + \alpha r_{i,e}^g rv (1 - rv)^{t-g} = reh_e^{t+1}, \forall e \in E, \quad \forall t \in T - 1 \quad (7)$$

$$cf_j^{t+1} = cf_j^t - octf_j^{t+1} + rtf_j^{t+1}, \quad \forall j \in J, \quad \forall t \in T - 1 \quad (8)$$

$$ceh_e^{t+1} = ceh_e^t - oceph_e^{t+1} + reh_e^{t+1}, \forall e \in E, \quad \forall t \in T - 1 \quad (9)$$

$$cf_j^0 = o_j ctf_j, \quad \forall j \in J, \quad (10)$$

$$ceh_e^0 = icp_e, \quad \forall e \in E, \quad (11)$$

$$octf_j^t \leq o_j ctf_j, \quad \forall j \in J, \quad \forall t \in T \quad (12)$$

$$oceph_e^t \leq icp_e, \quad \forall e \in E, \quad \forall t \in T \quad (13)$$

$$o_j \in \{1,0\}, \quad \forall j \in J \quad (14)$$

$$y_{i,e}^t, r_{i,e}^t, x_{i,j}^t, u_{i,j}^t, octf_j^t, oceph_e^t, rtf_j^t, reh_e^t, cf_j^t, cp_e^t \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall e \in E, \forall t \in T \quad (15)$$

The objective functions of the proposed bi-objective mathematical model provide the appropriate locations for temporary treatment facilities by minimizing the total travel time of heavily and slightly wounded victims (*obj1*) and the cost of opening temporary treatment facilities (*obj2*). Constraints in (1) guarantee that all heavily wounded victims are allocated to healthcare facilities on time. Constraints in (2) allow delay in demand satisfaction for slightly wounded victims. Constraints in (3) prevent any facility serve slightly wounded victims before demand occur. Constraint in (4) and (5) calculate the capacity unit occupied by disaster victims at existing hospitals and temporary treatment facilities. In contrast, the capacity unit released by heavily and slightly wounded victims are calculated by constraints in (6) and (7). Constraints in (8) and (9) update the available capacity of healthcare facilities. Constraints in (10) are used to assign the initial capacity of a temporary treatment facilities if it is selected. Constraints in (11) assign the initial capacity of existing hospitals. Constraints in (12) and

(13) are capacity restrictions. Constraints in (14) state that the decision of opening temporary treatment facilities is a binary assignment. Constraints in (15) are non-negativity constraints. We want to highlight that integrity constraint is not applied decision variables due to the fact that the parameter, called exit ratio, causes rational updates on capacity.

3. Computational studies and results for Bakirkoy, Istanbul Case

3.1. Data collection

In this section, an earthquake case study with the data of Bakirkoy, Istanbul is used to test the applicability of the proposed mathematical model. Briefly, Bakirkoy is one of the 39 districts of Istanbul, Turkey. Its surface area is 5,313 square kilometers, and it has 15 neighborhoods with approximately 221,000 residents (Karabacak, 2018; IMM & BU-KOERI, 2020). The official neighborhood authority departments are considered as the center of each neighborhood. We assume that six existing hospital will be operating aftermath of an earthquake at Bakirkoy. The limited capacity of existing hospitals can be extended by establishing temporary healthcare facilities. Regarding the location advantages of emergency assembly points of Bakirkoy (Bakirkoy Manucipality, 2019), we select 32 appropriate candidate location for temporary treatment facilities. The distances between neighborhoods and healthcare facilities are gathered from Google Maps (Google Maps, 2020). Medical teams are the resources of existing hospitals and temporary healthcare facilities. The number of medical team at emergency units is identified according to the minimum standard rule of emergency services, given by the MoH of Turkey (MoH Turkey, 2018). Herein, we assume that five medical teams will be assigned to temporary treatment facilities. According to (Ciplak, 2007), we assume that a medical team has nine-unit capacity. A slightly wounded victim only seizes one-unit capacity; on the other hand, a heavily wounded victim seizes three-unit of the capacity. In the earthquake hazard and risk assessment of Bakirkoy (IMM & BU-KOERI, 2020), the potential damages and losses aftermath of an earthquake is projected by considering the latest earthquake hazard information, current population, building and infrastructure inventories. Accordingly, 581 heavily wounded casualties, 4,601 slightly wounded casualties and 2,701 hospitalization are expected in the worst earthquake scenario. The set of time periods is defined as 24 intervals, corresponding to the first 72 hours aftermath of a disaster. Considering the data of large-scale earthquakes recorded in Turkey (Kurt et al., 2001; Bulut et al., 2005; Keskin & Kalemoglu, 2005; Dursun, Gormeli & Gormeli, 2012; AFAD, 2020), we perform Monte Carlo Simulation to generate the number of injured victims arrived in each time period.

3.2. Results

In this section, the results for both single-objective and multi-objective versions of the proposed mathematical programming model developed to select the location of temporary treatment facilities in Bakirkoy/Istanbul are provided. Mathematical models are programmed by using GAMS, and the MIP are solved by using CPLEX.

Single objective version of the proposed mathematical model

First and foremost, we analyze the single-objective version of the proposed mathematical model. We only consider the first objective function (*obj1*) and disregard the second objective function (*obj2*). Further, we add the constraints in (16) as follows.

$$\sum_{j=1}^J o_j \leq q \quad (16)$$

Herein, q is the total number of temporary treatment facility allowed to be opened. Please note that an un-capacitated artificial hospital which is located outside Bakirkoy are introduced and the distance between this hospital and any neighborhood are set to a large number. We generate six scenarios where the release rate of heavily and slightly wounded victims are varied. Besides, the total number of temporary treatment facility allowed to be opened is set 1 to 32 for each of these scenarios. Figure 1 represents that when eight or more facilities are opened in all scenarios, the improvement in total distance travelled by injured victims got slower. Also, it is demonstrated that no improvement is attained in the total distance travelled after a certain number of temporary treatment facilities are open.

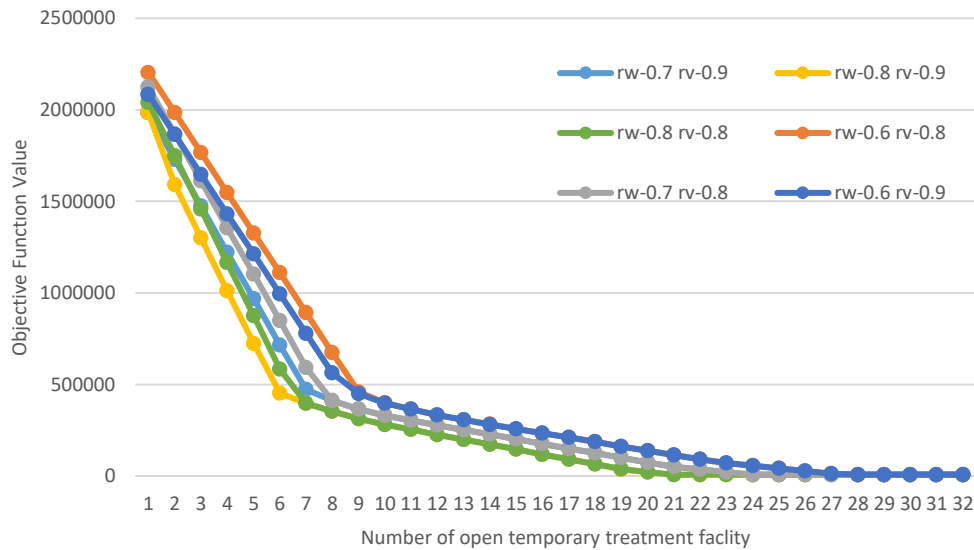


Figure 1: Objective function value under different scenarios

Table 1 demonstrates that the optimal solution of each generated scenario. Herein, it is seen that as the objective function value decreases, the utilization of existing hospitals decreases as well.

Table 1: The optimal solution of each generated scenario

	Number of opened TTF	Objective Function value	Hospital utilization
rw-0.6 rv-0.8	28	7565,299519	66%
rw-0.6 rv-0.9	28	7503,696516	65%
rw-0.7 rv-0.8	26	7408,87182	62%
rw-0.7 rv-0.9	26	7352,079103	60%
rw-0.8 rv-0.8	21	7292,597517	58%
rw-0.8 rv-0.9	24	7222,773502	56%

TTF: Temporary treatment facility

Bi-objective version of the proposed mathematical model

In the previous section, we only consider the distance minimization and disregard cost-driven function whereas the budget will be a significant parameter in real-life. In this section, we represent the results and analysis of multi-objective, multi-period mix integer mathematical programming model.

In this approach, we adapt the weighted-sum method, where the results provide the decision makers various choices related to the appropriate number and location of temporary emergency units by considering trade-off between two conflicting objective functions. In this part, we assume that the opening cost of the temporary field hospitals is \$10,000 (85,000 Turkish Liras). In the base case, where the weight of first and second objective functions are assigned as 0.5 and 0.5, six temporary treatment facilities are established. In particular, the locations are selected at the neighborhoods called Atakoy 1. kısım, Atakoy 7-8-9-10. kısım, Kartaltepe, Osmaniye and Senlikkoy. In this case 441 heavily wounded patients, corresponding to 6% of total number of injured victims, are sent to dummy hospitals. Besides, the capacity of existing hospitals at Bakirkoy are utilized 100%.

4. Conclusion

The latest earthquakes, Aegean (2020) and Elazığ (2020) Earthquakes, which left 119 and 41 dead and thousands of affected people behind respectively, in Turkey has been an important reminder for the awaited Istanbul earthquake. Our motivation in this study is to improve medical response operations aftermath of a disaster. Khayal et al. (2015) state that the models conducted based on short distribution terms provide more effective plans for emergency response phase. In particular, we focus on the term containing the most chaotic patient circulation, which leads rapid changes in demand and supply capacity. In this study, we provide a multi-objective, multi-period mixed integer mathematical programming model to determine the number and location of temporary treatment facilities. Specifically, the suggested model considers the distance travelled by infected patients (1) and the cost of opening temporary treatment facilities. First, we analyze the results of single-objective mathematical model, and then we introduce the outputs of multi-objective optimization model. The performance of the suggested mathematical model is analyzed with a case study based on the data of Bakirkoy Istanbul, Turkey.

Acknowledgement

Special thanks to Sema Karderin for her help in the data collection. This work was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: FBA-2020-3942.

References

- Acar, M., & Kaya, O. (2019). A healthcare network design model with mobile hospitals for disaster preparedness: A case study for Istanbul earthquake. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 130, 273-292. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.09.007>.
- AFAD. (2020). İzmir Seferihisar Depremi-Duyuru. Retrieved from <https://www.afad.gov.tr/duyurular>. Accessed on January 10, 2020.
- Alkan, N., Elmas, I., Karakus, M., & Akkay, E. (2001). Problems encountered during natural disasters: a questionnaire study. *Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery*, 7(3), 195-200.
- Gormez, N., Koksalan, M., & Salman, F. S. (2011). Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1239-1252. <https://doi.org/10.1057/jors.2010.67>.
- Aydın, N. (2016). A stochastic mathematical model to locate field hospitals under disruption uncertainty for large-scale disaster preparedness. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications*, 6(2), 85-102. <https://doi.org/10.11121/ijocta.01.2016.00296>.
- Bakirkoy Manucipality. Bakirkoy ilçesi toplanma alanları. Retrieved from <https://www.bakirkoy.bel.tr/guncel/duyuru/154-bakirkoy-ilcesi-deprem-toplanma-alanlari.html>. Accessed September 27, 2019.
- Bayram, V., & Tansel, B. Ç. (2015). Compromising system and user interests in shelter location and evacuation planning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72, 146-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2014.11.010>.
- Bayram, V., & Yaman, H. (2018). A stochastic programming approach for shelter location and evacuation planning. *RAIRO Operations Research*, 52(3), 779-805. <https://doi.org/10.1051/ro/2017046>.
- Bulut, M., Fedakar, R., Akkose, S., Aksoz, S., Ozguc, H., & Tokyay R. (2005). Medical experience of a university hospital in Turkey after the 1999 Marmara earthquake. *Emergency Medical Journal*, 22, 494-498.
- BBC. (2019). 17 Ağustos Depremi: 1999 ve sonrasında neler yaşandı, kaç kişi hayatını kaybetti?. Retrieved from <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-49322860>. Accessed April 21, 2021.
- Cıplak, S. K. (2007). Acil servis mimarisi (Doctoral dissertation, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Dursun, R., Gormeli, CA, & Gormeli, G. (2012). Evaluation of the cases who applied to Van Region Training and Research Hospital after 2011 Van earthquake. *National Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 18 (3), 260-264.

Erbeyoglu, G., & Bilge, U. (2020). A robust disaster preparedness model for effective and fair disaster response. *European Journal of Operational Research*, 280(2), 479-494. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.029>.

Google Maps. (2020). Retrieved from <https://www.google.com/maps>. Accessed on January 10, 2020.

Görmez, N., Köksalan, M., & Salman, F. S. (2011). Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1239-1252.

IMM & BU-KOERI. (2020). Bakırköy olası deprem kayıp tahmin kitapçığı. Retrieved from <https://deprezmemin.ibb.istanbul/guncelcalismalarimiz/#olasi-deprem-kayip-tahminler-le-ktapiklari>. Accessed on November 28, 2020.

Karabacak, R. (2018). Geographical survey of Bakirkoy district. *Bilim Armonisi*, 1(1), 55-64.

Keskin, O., & Kalemoglu, M. (2002). Earthquake and triage. *Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery*, 8(2), 108-111.

Kilci, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B. (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.035>.

Kurt, N., Kucuk, H. F., Celik, G., Demirhan, R., Gul, O., & Altaca, G. (2001). Evaluation of the earthquake victims: August the 17th ,1999 our Experience in the Marmara Earthquake. *Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery*, 7(1), 49-51.

Khayal, D., Pradhananga, R., Pokharel, S., & Mutlu, F. (2015). A model for planning locations of temporary distribution facilities for emergency response. *Socio-Economic Planning Sciences*, 52, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.09.002>.

Oksuz, M. K., & Satoglu, S. I. (2020). A two-stage stochastic model for location planning of temporary medical centers for disaster response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101426>.

Ozbay, E., Cavus, O., & Kara, B. Y. (2019). Shelter site location under multi-hazard scenarios. *Computers and Operations Research*, 106, 102-118. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.02.008>.

Renkli, Ç., & Duran, S. (2015). Pre-positioning disaster response facilities and relief items. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(5), 1169-1185. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.957940>.

Republic of Turkey Ministry of Health. (2018). yataklı sağlık tesislerinde acil servis hizmetlerinin uygulama usul ve esasları hakkında tebliğde değişiklik yapılmasına dair tebliğ. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180220-4.htm>. Accessed on January 12, 2020.

Salman, F. S., & Gul, S. (2014). Deployment of field hospitals in mass casualty incidents. *Computers & Industrial Engineering*, 74, 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.04.020>

Salman, F. S., & Yucel, E. (2015). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case. *Computers & Operations Research*, 62, 266-281. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.07.015>.

United Nations (UN). Risks and Disasters. Retrieved from <https://un-spider.org/risks-and-disasters>. Accessed April 21, 2021.

Yenice, Z. D., & Samanlioglu, F. (2020). A multi-objective stochastic model for an earthquake relief network. *Journal of Advanced Transportation*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1910632>.

Yi, W., & Ozdamar, L. (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177-1193. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.03.077>.

COVID-19 Pandemi Sürecinde Tıbbi Atık İşleme Tesislerinde Talep ve Kapasite Paylaşım Kararları

Ahmet Eray BÜLTER¹
İbrahim YILMAZ²
Hakan ÇERÇİOĞLU³

Giriş

Tüketimin hızla arttığı ve küreselleşmenin fiziki sınırları aştığı günümüzde mal ve hizmet sunucuları kar edebilmek ve varlıklarını sürdürebilmek için çok ciddi bir rekabet savaşı vermektedir. Rekabet edebilmek için ise sermaye yapıları güçlü olmalı, kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmeli, müşteri taleplerine kaliteli, yenilikçi ürün ve hizmetlerle hızlı bir şekilde cevap verebilmelidirler. Herhangi bir duruş, arıza, bakım veya talebin kapasiteden fazla olması gibi bir nedenden dolayı müşteri taleplerine cevap veremediklerinde ve talebin ötelenemediği durumlarda müşteriyi kaybetme riski söz konusudur. Bu yüzden ya stok tutmalılar ya da doğru işbirlikleri yaparak bu riski bertaraf etmelidirler.

Kayıp satış riskini ve müşteriyi kaybetme riskini azaltmaya çalışan işletmeler genelde ikili işbirlikleri yapmaktadırlar. Yapılan bu ikili işbirlikleri çıkar çatışmaları veya aynı dönemde arıza, duruş gibi nedenlerden dolayı etkinliğini kaybedebilmektedir. Dağıtık Karar Verme yönteminde ise, birbirinden bağımsız olan işletmeler bireysel ve ortak amaç ve faydalarını gerçekleştirmek üzere ortak bir ağ yapısı içinde bir arada bulunurlar. Dağıtık Karar Verme (DKV) ortak amaçları nedeniyle birbirinden bağımsız karar vericileri bir araya getiren, karşılıklı fayda sağlayan kararların tasarımı ve koordinasyonu olarak tanımlanabilir (Schneeweiss, 2003).

Tıbbi atıklar çeşitli bulaşıcı hastalıkların yayılmasına, enfeksiyona dayalı hastalıkların oluşmasına ve bunlardan başka çeşitli fiziksel ve kimyasal hasarlara yol açabilen atıklar olup, toplum ve çevre sağlığı için uygun bir yöntemle bertaraf edilmesi gereken son derece önemli bir atık türüdür. Bertaraf edilmeyen atıkların insan ve çevre sağlığı açısından büyük riskleri olduğu için, tıbbi atık bertaraf tesislerinin kendisine gelen tüm atıkları bertaraf etme yükümlülüğü 'Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilmiştir.

Covid-19 pandemisi nedeniyle yalnız sağlık kuruluşlarında değil günlük hayatın her anında tıbbi atık üretilmektedir. Kullanılan maske, eldiven, koruyucu kıyafet ve donanımlar doğrudan virüs ile temas riski taşımakta ve toplanıp, uygun yöntemle bertaraf edilmediğinde çok ciddi sonuçlara yol açabilmektedir. Tüm bu risklerden dolayı tıbbi atıkların uygun bertaraf yöntemi ile mümkün olan en kısa sürede bertaraf edilmesi son derece önemlidir.

¹ Ahmet Eray Bülter, Öğr. Gör., Hitit Üniversitesi, Tasarım Bölümü, ahmeteraybulter@hitit.edu.tr

² İbrahim Yılmaz, Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, iyilmaz@ybu.edu.tr

³ Hakan Çerçioğlu, Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, cercioglu@gazi.edu.tr

Tıbbi atık işleme tesisleri herhangi bir arıza, duruş, bakım çalışması ya da talebin kapasiteyi aşabileceği pandemi dönemi gibi durumlarda atıklarını bireysel işbirliği yaptığı başka bir tesise gönderebilmektedir. Ancak hali hazırda yaptıkları ikili işbirlikleri çoğu zaman toplam talebe cevap verebilse de, yapılan bu çalışma ve önerilen ağ modeli ile daha etkin kapasite-talep paylaşımı yapılarak talep karşılama oranları ve kapasite kullanım oranlarındaki değişiklikler analiz edilmiştir.

Literatür Taraması

Covid-19 pandemisi öncesine kadar sağlık kuruluşlarında üretilen tıbbi atıklar, pandemi ile birlikte hayatın her alanında üretilir hale gelmiştir. Tıbbi atıkları toplama, taşıma ve uygun yöntemle bertaraf etme görevi belediyelerin yükümlülüğünde olup, belediyeler bu ödevi kendisi yapabileceği gibi lisans ve diğer yükümlülüklerini yerine getiren bir işletme vasıtasıyla da yaptırabilir.

Ülkemizde ve dünyada üretilen tıbbi atık miktarları yıllara göre artış göstermekte ve özellikle pandemi döneminde atık miktarlarının kullanılan koruyucu ekipman ve Covid-19 virüsü nedeniyle hastaneye yatan hasta sayısındaki artışa bağlı olarak daha da çok artacağı düşünülmektedir. TÜİK verilerine göre ülkemizdeki toplam tıbbi atık miktarları ile ilgili en son veri 2019 yılına ait olup Tablo 1’ de verilmiştir. İlerleyen raporlama dönemlerinde bu etkiyi daha net görme imkanı olacaktır.

Tablo 1: Tıbbi atık miktarı (Tıbbi Atık İstatistikleri, TÜİK, 2020)

Tıbbi atık miktarı (kg)						
Yıllar	2012	2014	2016	2017	2018	2019
Toplam	68.928.799	74.495.046	81.024.269	85.986.804	89.454.403	90.920.082

Tıbbi atık bertaraf tesisine gelen atık talep olarak tanımlandığında, talebin mutlaka karşılanması yani bertaraf edilerek insan ve çevre sağlığı açısından zararsız hale getirilmesi gerekmektedir. Tıbbi atık bertarafında ülkemizde yaygın olarak kullanılan yöntemler yakma, sterilizasyon ve düzenli depolama şeklindedir. 2019 yılı itibarıyla ülkemizde 60 adet sterilizasyon tesisi bulunmaktadır (Delioğlan, 2019)

Küçük, (2013) uygun bertaraf yöntemi ve teknolojilerini karşılaştırarak bunların finansal boyutlarını ele almış, bertaraf tesisi maliyetleri ve bertaraf ücretlerini karşılaştırmalı olarak sunmuştur.

Güvez, Dege ve Eren (2012) çalışmalarında Kırıkkale ilinde faaliyet gösteren tıbbi atık bertaraf tesisi işletmesi için atıkların kaynağından toplanmasına yönelik bir araç rotalama problemi üzerine çalışmışlardır.

Varınca, Esmen ve Avşar (2011) ise Sakarya’ da inşa edilen ve Bolu ve Düzce ile birlikte üç ilin tıbbi atıklarını bertaraf eden tesisin toplama, taşıma ve bertaraf adımlarını analiz etmişlerdir. Birim atık başına düşen bertaraf maliyetinin, o ildeki atık miktarı az olduğunda artacağını ve Sakarya’ da kurulan bu tesis ve diğer illerle oluşturulan birliktelik ile sistemin sürdürülebilirliğinin olumlu yönde etkileneceğini belirtmişlerdir.

Tıbbi atık tesisleri bertaraf ettiği atığın tehlikeli olması nedeniyle stok tutma gibi bir politika benimseyememekte ve yönetmelikte de bu duruma ilişkin zaruri durumlarda en fazla bir haftalık atığın depolanabileceği belirtilmektedir (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

Tıbbi atık bertaraf tesislerinde bir haftayı geçen arıza, bakım ya da duruş olması durumunda atıklarının en yakın ve kapasitesi uygun olan başka bir tesise göndermesi gerekmektedir. Aynı şekilde coğrafi uygunsuzluk ya da kapasitenin yetmediği durumlarda da atığın gönderileceği ilin il müdürlüğü ve mahalli çevre kurulunun onayı ile birlikte ilgili belediye ile sözleşme yapılması gerekmektedir (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

Bu çalışma kapsamında atıkların bertaraf edilemediği yani talebin karşılanamadığı durumlarda, atığın gönderilmesi gereken tesisin belirlenmesi için önerilen işbirlikçi ağ yapısında talep ve kapasite paylaşım kararları Dağıtık Karar Verme yöntemi ile modellenerek karşılanamayan talep sorunu oluştuğunda alınacak kararlar optimize edilmeye çalışılmıştır.

DKV organizasyon içindeki karar alma süreçlerinde hiyerarşik yapıya uygunluğundan dolayı kullanıldığı gibi, birbirinden bağımsız işletmeler tarafından kapasite-talep paylaşımı gibi kararların alınması süreçlerinde de kullanılmaktadır. Bu süreçlerdeki kararlar çoğu zaman birbiri ile rekabet ederler ve bu sayede optimum denge noktasına ulaşmaya çalışırlar. Bu noktada önemli olan konular bilginin durumu ve ağ yapısının homojen ya da heterojen olmasıdır.

Ağ yapısındaki üyelerin hepsi aynı derecede bilgiye sahipse bu yapıda bilgi simetrisinden bahsedilebilir. Bu ağ yapısında merkezde bir karar verici yoktur ve sistem alt sistemler aracılığıyla karar verir. Bilgiye sahip olma durumunun tüm üyeler için eşit seviyede olmadığı durumda bilgi asimetrisi söz konusudur ve burada birden fazla karar verici çeşitli müzakere ve pazarlıklar yolu ile karar vererek denge kurulmaya çalışılır (Schneeweiss, 2003).

Yoon ve Nof (2010) çalışmasında işbirlikçi ağlarda koordinasyonun sağlanması ve işbirliğinin artırılması konusunda bilgi paylaşımının önemli rol oynadığını belirtmiştir. Ayrıca ağ yapısına üye kuruluşların birbirlerine karşı kontrol gücü yoktur. Bu kuruluşlar kendi amaçlarını gerçekleştirirken aynı zamanda talep ve kapasite paylaşım kararları ile birlikte karşılıklı faydayı da sağlarlar.

İşbirlikçi ağ yapısının homojen ya da heterojen olması amaçların gerçekleştirilmesinde farklı etkilere sahip olmasından dolayı önemlidir. Homojen ağ yapısında üyelerin hepsinin aynı özelliklere ve kaynak yapısına sahip olması durumu varken, heterojen ağ yapısında üyelerden birinin farklı bir özellik veya farklı bir kaynak yapısına sahip olması durumu vardır. (Schleich ve diğerleri, 2017).

Metodoloji

Oluşturulan matematiksel model için varsayımlar şu şekildedir;

- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereği tüm talepler karşılanmalıdır.
- Ağ yapısına üye tesislerin arıza ya da duruş sıklık ve sürelerine ait gerçek verilere ulaşamadığı için arıza oranı % 5 ve altında olarak hesaplamalar yapılmıştır.
- Arıza durum ve çalışma periyotları gün sayıları uniform dağılım kullanılarak rastgele oluşturulmuştur. Modelde ele alınan süreç toplam 342 günlük olup, yaklaşık olarak bir yıllık çalışma dönemidir.
- Tesisler arası atığın taşınması maliyeti tur sayısına göre yapılmıştır.

Model ağ yapısının olmadığı durum ve bununla beraber üç farklı ağ yapısı bertaraf ücreti geliri içeren senaryolar için çalıştırılmıştır. Senaryolar şu şekildedir;

Senaryo A: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini üye tesislerin bertaraf ücretlerinin aritmetik ortalaması olarak belirlenen bir rakam üzerinden işleyeceklerdir.

Senaryo B: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini kendi bertaraf ücretlerine 0,5 pbr/kg ilave ücret olarak işleyeceklerdir.

Senaryo C: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini kendi bertaraf ücretleri üzerinden fiyatla işleyeceklerdir.

Modelde kullanılan indisler, parametreler ve karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

İndisler:

i : Talepler (1,2,..,7)

j : Tesisler (1,2,..,7)

t : Zaman dilimleri (periyotlar) (1,2,...,50)

Parametreler:

D_{it} : i şehrinin t periyodundaki günlük talep miktarı

KT_{jt} : j tesisinin t periyodundaki günlük teorik kapasitesi

n_{jt} : j tesisinin t periyodunda çalışma durumu (rastgele üretilmiş değer)

K_{jt} : j tesisinin t periyodundaki günlük fiili kapasitesi

MSF_{ij} : i ve j şehirleri arası mesafe

C_{ij} : i ve j şehirleri arası tur maliyeti

R : Büyük bir sayı

$m1_j$: j tesisinin kendi talebini karşılariken elde ettiği birim gelir

$m2$: Tesise başka tesisten gelen talebi işleme birim geliri

$m3$: Talebini karşılayamayan tesisin talebi gönderme ağ birim maliyeti

Karar değişkenleri:

$x_{i,j,t}$: j tesisinin t periyodundaki işlediği kendine ait talebin günlük miktarı

$y_{g_{i,j,t}}$: i şehrinin başka tesise gönderilmesi gereken t periyodundaki karşılanamayan talebin günlük miktarı

$F_{j,t}$: j tesisi t periyodu fazla kapasitesi

$ab_{i,t}$: i şehrinin t periyodundaki karşılanamayan atık talebi

$ga_{j,t}$: j tesisine t periyodunda başka tesisten gelen atık miktarı

- $x_{ij,t}$: i şehrinin karşılanamayan talebinin, j tesisine t periyodunda gönderilen dağıtılmış atık miktarı
- $E_{j,t}$: j tesisinin t periyodundaki diğer tesislerden gelen atıkları işledikten sonra kalan kapasitesi
- $v_{i,j,t}$: i şehrinin j tesisine t periyodundaki tesis atama kararı
- $x_{d_{i,j,t}}$: i şehrinin karşılanamayan talebinin j tesisine t periyodunda gönderdiği, dağıtılmış atığın tesis atama kararı
- $tur_{i,j}$: i ve j şehirleri arası toplam araç tur sayısı

Modelde (1) numaralı ifade amaç fonksiyonudur ve sistemdeki tesislerin gelirlerini, ağ içinde transfer edilen atıklardan elde ettikleri geliri ve transfer edilen atıklar için ağ kullanım maliyeti ile taşıma maliyetini göstermektedir. (2) numaralı kısıt kapasite, (3) numaralı kısıt tesisin çalışması durumunda atığını kendisinin bertaraf edeceğini gösteren atama kısıt olup, (4) numaralı kısıtla fazla kapasite hesaplanmaktadır. (5) numaralı kısıt kendi atığını işleyecek tesis için günlük işlem miktarını, (6) numaralı kısıt arıza durumunda gönderilmesi gereken günlük talep miktarını, (7) numaralı kısıtta bunun başka bir tesise gönderilmesi gerektiğini tayin eder. (8) numaralı kısıt başka tesise gönderilmesi gereken karşılanamayan talebin, kapasite fazlası olan tesislerin kapasitesinden küçük olması gerektiğini ifade eder. (9) ve (10) numaralı kısıt arızalı tesislerin karşılanamayan taleplerini ve göndermesi gereken atık miktarlarının ne kadar olduğunu tayin eder. Kısıt (11) karşılanamayan taleplerin, fazla kapasitesi olan tesislerden hangisine gönderilebileceğini (dağıtık talebi), kısıt (12) ise bunun atama kararını gösterir. (13) numaralı kısıt karşılanamayan talebin sadece tek bir tesise gönderilebileceğini yani talebin bölünemeyeceğini ifade eder. (14) numaralı kısıt ise çalışır durumda olan ve kapasitesini paylaşan tesislere günlük gelen dağıtık talep miktarını gösterir.

Matematiksel model aşağıdaki gibidir;

$$\max z = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 \sum_{t=1}^{50} x_{ij,t}cg + m1_j + \sum_{j=1}^7 \sum_{t=1}^{50} ga_{j,t}cg,m2 - \sum_{i=1}^7 \sum_{t=1}^{50} ab_{i,t}cg,m3 - \sum_{i=1,i \neq j}^7 \sum_{j=1,i \neq j}^7 tur_{ij}c_{ij} \quad (1)$$

$$\left(\sum_{i=1}^7 x_{ij,t} \right) + F_{j,t} \leq K_{j,t} \quad \forall j,t \quad (2)$$

$$\sum_{i=j}^7 \sum_{i=j}^7 \sum_{t=1}^{50} v_{ij,t} = 1 \quad \forall i,j,t ; n_{j,t} > 0 \quad (3)$$

$$F_{j,t} = K_{j,t} - \sum_{i=1}^7 v_{ij,t} D_{i,t} \quad \forall t,i = j \quad (4)$$

$$x_{ij,t} \leq Rv_{ij,t} \quad \forall i,j,t \quad (5)$$

$$y_{g_{ij,t}} = D_{i,t} \quad \forall i,j,t \quad n_{j,t} < 1 \quad (6)$$

$$y_{g_{ij,t}} \leq Rv_{ij,t} \quad \forall i \neq j,t \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^7 yg_{ijt} \leq F_{jt} \quad \forall i \neq j, t \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^7 yg_{ijt} = ab_{it} \quad \forall i \neq j, t \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^7 xy_{ijt} = ab_{it} \quad \forall i, t \quad (10)$$

$$E_{jt} = F_{jt} - \sum_{i=1}^7 xy_{ijt} \quad \forall j, t \quad (11)$$

$$xy_{ijt} \leq Rxd_{ijt} \quad \forall i \neq j, t \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^7 xd_{ijt} \leq 1 \quad \forall i, j, t \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^7 xy_{ijt} = ga_{jt} \quad \forall j, t \quad (14)$$

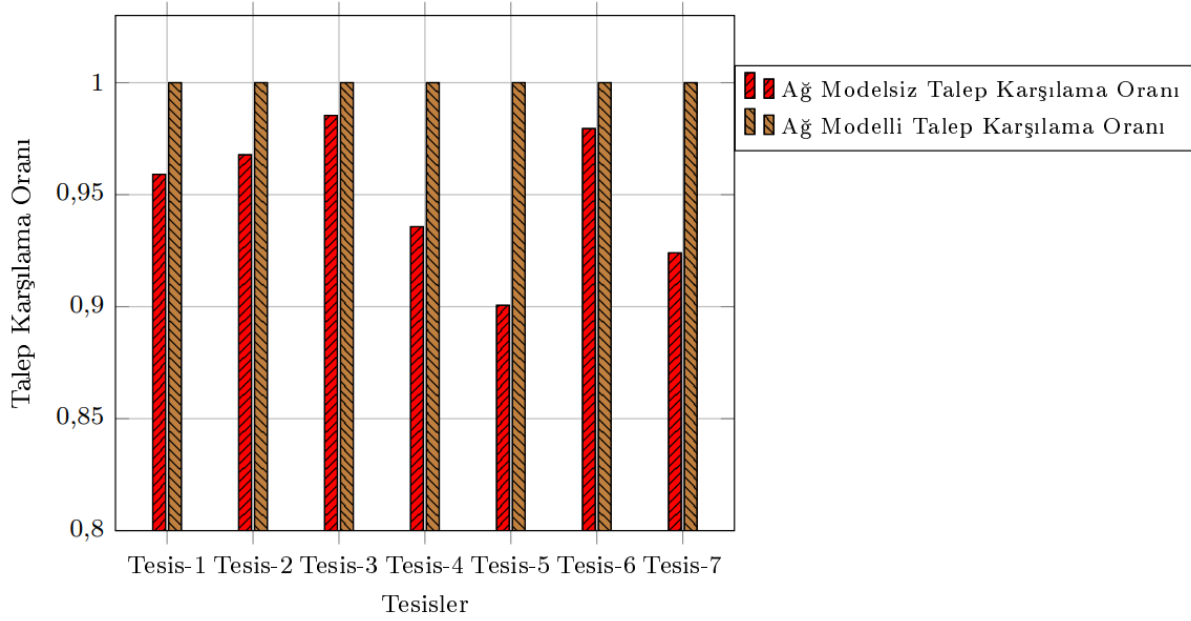
Deneysel Sonuçların Yorumlanması

Tesisler % 5 ve altında arıza ve duruş olasılığına göre Tablo 2' de verilen gün sayısı kadar duruş yaşamıştır.

Tablo 2: Toplam Gün ve Arızalı-Duruş Gün Sayıları

Tesis	Arızalı-Duruş Gün Sayısı	Toplam Gün Sayısı
1	14	342
2	11	342
3	5	342
4	22	342
5	34	342
6	7	342
7	26	342

Önerilen işbirlikçi ağ yapısı ve DKV yöntemi ile elde edilen talep karşılama oranları tesisler bazında Şekil 1' deki gibi ağ yapısı ile birlikte tüm talepler karşılanmakta ve toplum ve çevre sağlığı için risk teşkil eden bu atıkların hepsi bertaraf edilmektedir.



Şekil 1: Tesislerin Talep Karşılama Oranları

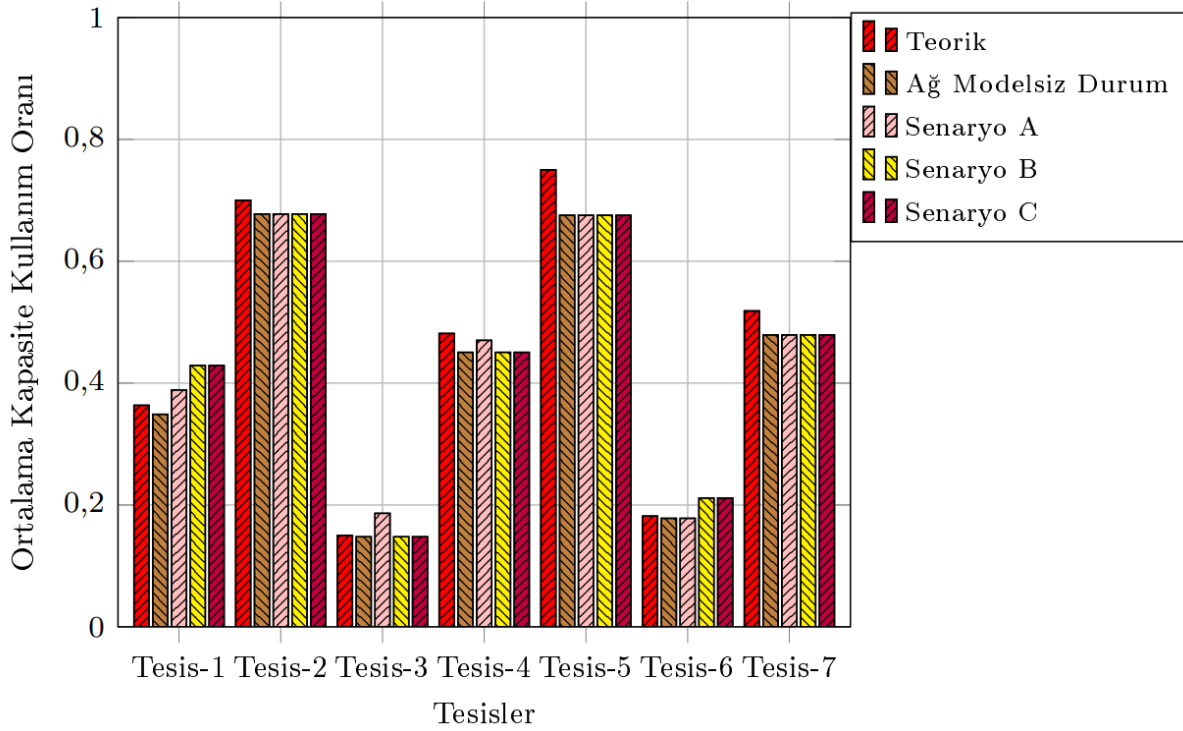
Sistemin toplam gelirine bakıldığında, B senaryosuna göre sistemin toplam geliri A ve C senaryosuna göre daha fazladır. Bunun sebebi ise kapasitesini paylaşan ve dışarıdan atığı kabul eden tesisin kendi bertaraf ücretine ilaveten 0,5 pbr/kg fazla ücretle atık işlemeden kaynaklanmaktadır. Tablo 3' te para birim cinsinden değerleri verilmiştir.

Tablo 3: Senaryolara göre gelir miktarları (*1000 pbr)

t=1,2...,50	Senaryo A	Senaryo B	Senaryo C
Arıza-duruş olasılığı < % 5	19.214 PBr	19.400 PBr	19.251 PBr

Sürecin tamamında tesislerin kapasite kullanım oranları Şekil 2' de gösterilmiştir. 2, 5 ve 7 numaralı tesislerin kapasite kullanım oranları ağ modelsiz durum ve diğer üç senaryo için aynı çıkmıştır. 2 ve 5 numaralı tesisler için bunun nedeni kurulu teorik kapasitelerinin diğer tesislere göre düşük olması ve kendilerine yetecek kadar kapasiteye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı aktif çalıştığı günlerde bile kapasite paylaşımı yapamamıştır. 7 numaralı tesisin fazla kapasitesi vardır ancak bu tesisin diğer tesislere olan mesafesinden dolayı oluşan taşıma maliyeti yüksek olduğundan dolayı tercih edilmediği görülmüştür.

1, 3, 4 ve 6 numaralı tesisler farklı senaryolara göre farklı oranda kapasite paylaşarak, kapasite kullanım oranlarını artırmışlar, duruş yaşayan tesislerin talebini karşılamışlar ve ekstra gelir elde etmişlerdir.



Şekil 2: Tesislerin Ortalama Kapasite Kullanım Oranları

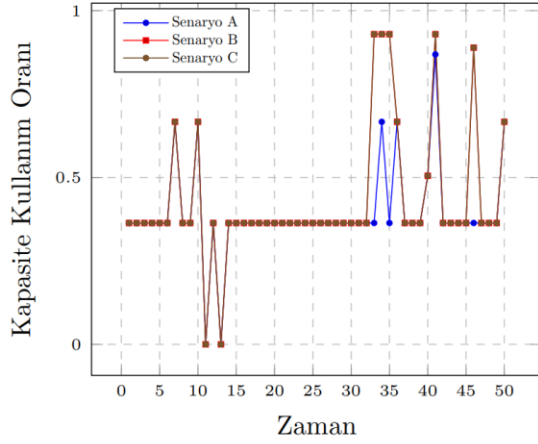
Periyotlar boyunca tesislerin bireysel kapasiteleri ise Şekil 3' te verilmiştir. 1 numaralı tesis Senaryo B' ye göre daha fazla tercih edilmiş, sebebinin ise diğer tesislere kıyasla bertaraf ücretinin yüksek ve mesafesinin uygun olduğu görülmüştür. 2 ve 5 numaralı tesislerin kapasitesi diğer tesislerin karşılanamayan talebine yetmediği için kapasite paylaşımı yapamamışlardır.

3 numaralı tesisin en yüksek kapasite kullanım oranına Senaryo A' da ulaştığı görülmektedir. Bu senaryoda ortalama fiyat kullanılması, fazla kapasitesinin yüksek olması ve coğrafi olarak diğer tesislere mesafesinin yakın olması tercih edilme sebebi olarak gösterilebilir.

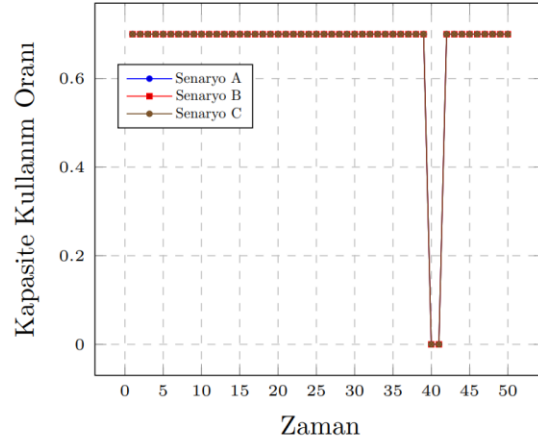
4 numaralı tesis Senaryo A' ya göre en yüksek kapasite kullanım oranına ulaşmış görülmektedir. Bu zaman dilimlerinde karşılanamayan taleplerin gidebileceği fazla kapasitesi olan tesis olduğu söylenebilir.

6 numaralı tesis Senaryo B ve Senaryo C' ye göre kapasite kullanım oranında belirli periyotlarda artış yaşamıştır. Bu tesisin diğer tesislerle olan mesafesi fazla olmasına rağmen, kurulu kapasitesi yüksek ve kapasite paylaşımı yapabilecek durumda olmasından kaynaklanmaktadır.

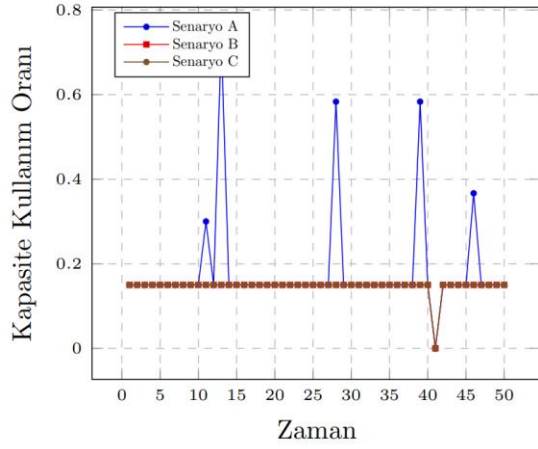
7 numaralı tesisin mesafe anlamında diğer tesislere uzak olması, kapasite paylaşımı yapmasına olanak tanımadığı görülmüştür.



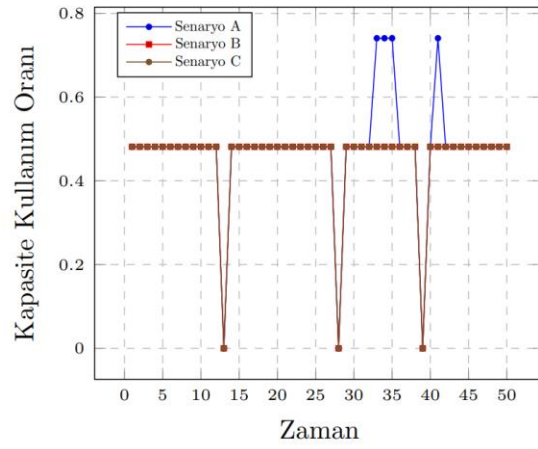
(a) Tesis-1'in kapasite kullanım oranı



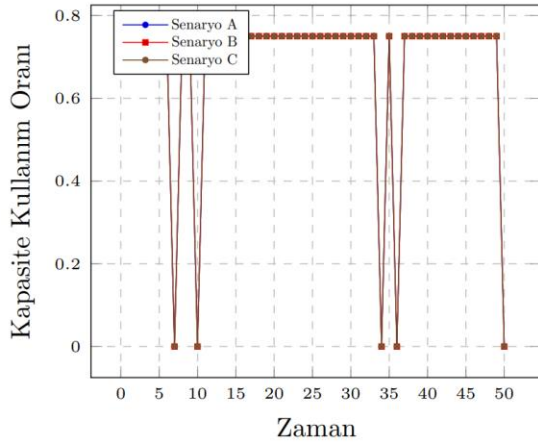
(b) Tesis-2'nin kapasite kullanım oranı



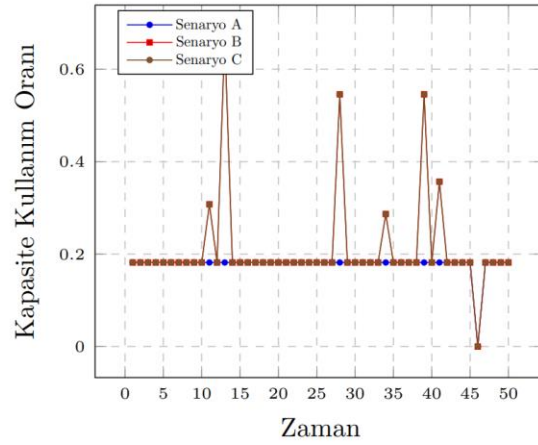
(c) Tesis-3'ün kapasite kullanım oranı



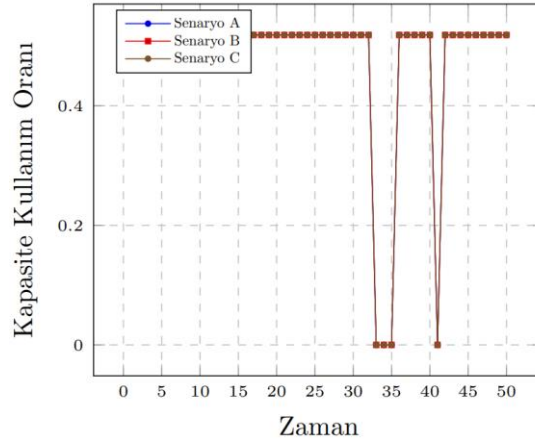
(d) Tesis-4'ün kapasite kullanım oranı



(e) Tesis-5'in kapasite kullanım oranı



(f) Tesis-6'nın kapasite kullanım oranı



(g) Tesis-7'nin kapasite kullanım oranı

Şekil 3: Periyotlara Göre Senaryo Bazlı Tesis Kapasiteleri

Sonuçlar ve Tartışma

Oluşturulan model ve deneysel sonuçlara göre işbirliğinin olmadığı durumda karşılanamayan talepler oluşmakta ve bu durum talebin karşılanmasının kritik öneme sahip olması nedeniyle çeşitli riskleri barındırmaktadır. İşbirliği yapılarak karşılanamayan taleplerin ortadan kalktığı ve çalışır durumda olan tesislerin ek gelir elde etmesine imkan sağladığı görülmektedir. İşbirlikçi ağ yapıları ve bu ağlarda DKV yöntemi kullanılarak, kapasite-talep paylaşım kararları merkezi bir karar verici yerine bağımsız olarak çalışan tesisler tarafından, gelirlerini artıracak şekilde bireysel olarak verilmektedir. Verilen bu bireysel kararlar hem sistemin hem de tesislerin bireysel amaçlarına hizmet etmektedir.

Yapılan çalışma, talebin ötelenemediği ve müşteri kaybına ya da bu çalışmada olduğu gibi çevresel vb sorunlara yol açabilecek sektör, ürün ya da hizmet sunucularına çeşitli avantajlar sunabilecektir. Öncelikli olarak talepleri işbirlikçi ağ yapısı sayesinde karşılayabilecekler, müşteriye ürün ya da hizmeti zamanında sunabileceklerdir. Ağ yapısında bulunan ve kapasitesi yetersiz olan işletmeler adına ürün veya hizmet üreterek kapasite kullanım oranlarını ve gelirlerini artıracaklardır.

İşbirlikçi ağ yapıları sayesinde, ağ yapısının olmadığı duruma göre daha az stok tutma imkanına sahip olacaklar ve kaynaklarını etkin ve verimli kullanabileceklerdir.

Gelecekte bu çalışma çeşitli maliyetler ya da çevresel etkiler (egzoz emisyonu, su kirliliği vb) dikkate alınarak geliştirilebilir. Talebin karşılanmasının zorunlu olduğu ürün ve hizmet üreten kuruluşlar için değişik parametre ve değişkenler kullanılarak geliştirilebilir.

Kaynakça

- Delioğlan, Z. (2019). *Tıbbi Atık Sterilizasyonu ve Erzurum İli Örneği* (Yüksek lisans tezi). Erişim Adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=gL7FL-rdZb2lJtrhHOK9xw&no=HYJYjypCqrF_UxLg1kh0_A
- Güvez, H., Dege, M., Eren, T. (2012). Kırıkkale’de Araç Rotalama Problemi İle Tıbbi Atıkların Toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4 (1) , 41-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/umagd/issue/31723/345863>
- Küçük, A. (2013). Tıbbi Atık Yönetiminin Ekonomisi. *Sayıştay Dergisi* , (90) , 73-95. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sayistay/issue/61545/919144>
- Sağlık Kuruluşları Atık İstatistikleri, 2014. (2015, Kasım). *Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni*, 18781. Erişim adresi: <https://tuikweb.tuik.gov.tr/HbPrint.do?id=18781>
- Schleich, B. R., Seok, H., and Yoon, S. W. (2017). Performance assessment in homogeneous/heterogeneous collaborative enterprise networks with inventory adjustment. *European Journal of Operational Research*, 261(3), 958–970. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.03.015>
- Schneeweiss, C. (2003). Distributed decision making - A unified approach. *European Journal of Operational Research*, 150(2), 237–252. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00501-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00501-5)
- Tıbbi Atık İstatistikleri, 2019. (2020, Kasım). *Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni*, 33900. Erişim adresi: <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33900>
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (2017, 25 Ocak). *Resmi Gazete* (Sayı: 29959). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170125-2.htm>
- Varınca, K.B., Esmen, C., ve Avşar, Y. (2011). Tıbbî Atık Yönetiminde Bölgesel Çözüm: Bolu-Düzce-Sakarya Örneği, *Katı Atık ve Çevre*, 84, s.55-65.
- Yoon, S. W. and Nof, S. Y. (2010). Demand and capacity sharing decisions and protocols in a collaborative network of enterprises. *Decision Support Systems* 49 (4), 442–450. <https://doi:10.1016/j.dss.2010.05.005>

Peyzaj Şehirciliği Kapsamında Değerlendirme: Bolu Kent Merkezi Örneği

Ferhat ÖZDEN¹
Mihriye ÇAKMAK²
Gözde OK³
Merve AKKAYA⁴
Büşra ALTAY⁵
Emine İLKE⁶

Giriş

Endüstriyel ve teknolojik gelişmeler, çeşitli doğal afetler sonrası kentlerin yıkılmış, terk edilmiş, ıslah edilmesi gereken bölgeleri ya da merkezini kaybetmiş aşırı ve plansız yayılmış, kent dokusunun yok olmaya yüz tuttuğu büyük ve kalabalık kentler için peyzaj kuşkusuz bağlayıcı bir faktördür. Özellikle atıl endüstriyel alanlarda ekosistem duyarlılığı olan bölgelerin tasarımı odaklı projeler bu alanların kente tekrar ve en verimli yolla geri kazandırılmasının ön şartıdır.

Klasik yapısalci şehircilik anlayışı yerine peyzaj şehirciliği, modern kentleşme yoluyla sırtını doğaya dönen şehirlerin yeniden doğayla kucaklaşmasının yollarını açan bir teoridir. Peyzaj şehirciliği yöntemliliği anlam olarak çok disiplinli bir kavramdır. Peyzaj tasarımının dışına çıkarak, güncel kent dinamiklerinin karmaşıklığını düşünmek için çevre mühendisliği, kentsel strateji, endüstri ve mimarlığın kalkınması gibi disiplinlerden bilgi ve teknikleri bir araya getirmektedir(URL, 2021a).

Peyzaj şehirciliğinin en önemli özelliği; mevcuttaki hazır çözümleri olduğu gibi ele almak veya kullanmak yerine yeni ve ‘doğallaştırma’, ‘yeşillendirme’, ‘güzelleştirme’ ana hedefinde olmayan açık uçlu stratejileri kullanmaktır (Kökner, 2013). Söz konusu yöntemliliği anlam olarak çok disiplinli bir kavramdır. Peyzaj tasarımının dışına çıkarak, güncel kent dinamiklerinin karmaşıklığını düşünmek için çevre mühendisliği, peyzaj ekolojisi, kentsel strateji, endüstri ve mimarlığın kalkınması gibi farklı disiplinlerin teknik ve bilgilerini tek çatı altına toplamaktadır (URL, 2021a).

Peyzaj şehirciliğinin temel iddiası kentleşmeyi ve kent organizasyonu, var olan peyzajın yönlendirmesi; yapı çevre ilişkisinde mevcut alanın peyzajının belirleyici katman olması durumudur. Peyzaj şehirciliğinin anahtar kelimeleri ise şunlardır: belirsizlik, açık uçluluk, esneklik, kompleks sistemler. “Su, su değerlendirme, suyun iyileştirilmesi, su temininin göz önünde bulundurulması, depolama ve filtreleme, kentsel altyapı, atık su ve zemin suyu, yardımcı servisler, ulaşım sistemleri peyzaj şehirciliğinin en önemli konuları olan kentsel altyapının büyük bir bölümünü oluşturur. Kullanılır bir açık alan dahilinde bu işlevlerin birbirine entegre edilmesi ana amaçtır (URL, 2021a).

Örneğin; işlevini yitirmiş, kaldırılmış alanlar peyzaj şehirciliği bağlamında değerlendirilebilir. Bu tip alanları tamamen yıkmak, var olan peyzajı sıfırlamak veya kırsal alanlarda peyzaj kurgulamak yerine peyzaj şehirciliği anlayışına uygun olarak değişime açık bölgeler üretilebilir. Değişim ve uyum sağlama yeteneğine sahip yaşayan ekosistem oluşturarak, peyzajı onarmayı ve ekosistem hizmetleri sağlamayı

¹ Ferhat Özden, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, frht.ozden@gmail.com;

² Mihriye Çakmak, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, mihriye44@gmail.com

³ Gözde Ok, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, gozdeok@windowslive.com

⁴ Merve Akkaya, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, akkayamerve9@gmail.com

⁵ Büşra Altay, Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, busraltay@gmail.com

⁶ Emine Figen İlke, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, figendilek@gmail.com

temel alır. En düşük derecede tasarım çözümleriyle peyzajda çarpıcı değişimler sağlarken, yerel vejetasyonun uyum sağlama yeteneğini ve tarihi mirası ortaya çıkarmada akıllıca çözümler üretir. Doğa ve insana ait süreçleri bir araya getirerek özellikle su kontrolüne yönelik yenilikçi ekolojik altyapı örnekleri sunar.

Çalışma; Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı lisansüstü doktora programında verilen Peyzaj Şehirciliği dersi kapsamında, Bolu Kent'ini peyzaj şehirciliği özelinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda kentin, su geçirimsizliği (kayaç yapısı geçirimsizliği, hidrolojik toprak grupları, eğim), erozyon risk durumu, ulaşım durumu (yol tipolojileri haritası, toplu taşıma durum haritası, bisiklet yolları) ve NDVI (bitki örtüsü varlığı) analizleri ArcGIS programı kullanılarak haritalanmıştır. Bu haritaların birlikte yorumlanması ile elde edilen sonuç haritası mevcut imar planı ile ilişkilendirilerek peyzaj şehirciliği kapsamında öneriler sunulmuştur.

Çalışma Yöntemi

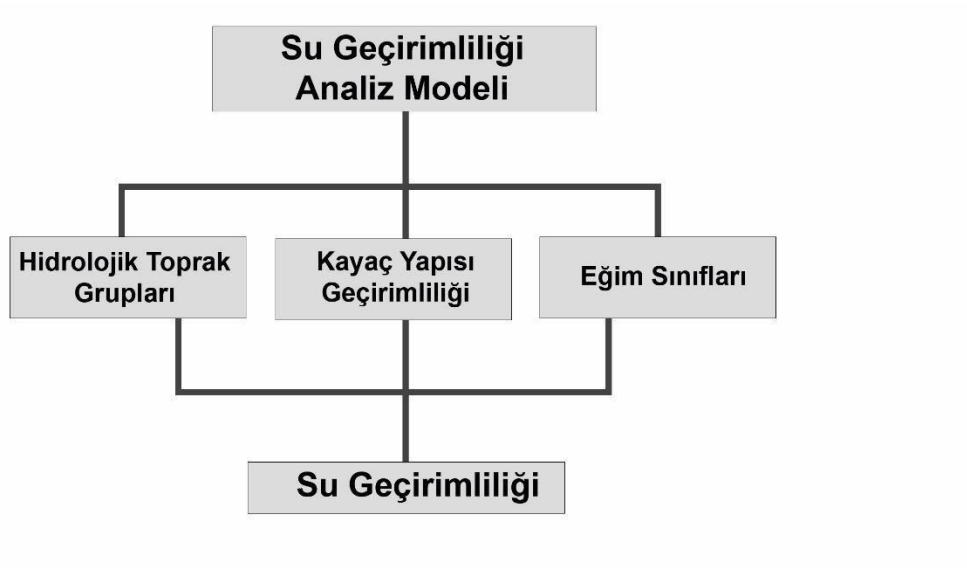
Bolu kent merkezine ilişkin gerçekleştirilen bu çalışmada peyzaj şehirciliği kapsamında doğal ve kültürel peyzaj değerleri üst ölçekten kent merkezi ölçeğine kadar bütüncül bir yaklaşım doğrultusunda incelenmiştir. Bu kapsamda su geçirimsizliği, erozyon risk durumu, bitki örtüsü varlığının fauna yaşam ortamı olarak tespitinde NDVI (Normalize Vegetation Index) ile ulaşım durumu incelenmiş, ArcGIS programı kullanılarak haritalar oluşturulmuş, bu haritaların birlikte yorumlanması ile sonuç haritası elde edilmiştir. Elde edilen sonuç haritası kentin gelişim durumunu gösteren imar planı ile ilişkilendirilerek Bolu kent merkezi için peyzaj şehirciliği kapsamında olması gerekenler hakkında öneriler sunulmuştur.

Bulgular

1.Su Geçirimsizliği Durumu

Kentsel alanlar büyük ölçüde yapısal ve geçirimsiz yüzeylerden oluşmaktadır. Bu durum özellikle kent merkezlerinde yüzey ve yağmur sularının doğru bir şekilde tutulması, geçirimsizliğin sağlanması, yönlendirilmesi ve su geçirimsizliği bakımından önem taşımaktadır. Bu kapsamda peyzaj şehirciliği açısından koruma değeri yüksek alanların belirlenmesindeki kilit süreçlerden biri de su geçirimsizliğidir (Şahin ve ark., 2014). Örneğin bir kent merkezinde, su geçirimsizliği açısından yüksek derecede öneme sahip alanların varlığı, bu alanlarda sınırlı gelişimi gerektirir. Bu durumun, peyzaj değerlendirmelerine dayalı yürütülecek bir çevre düzeni ya da imar planlarına yansıtılması, imar planı revizyonu veya kentsel dönüşüm kararının alınması biçiminde olabilir. Bu alan henüz planlanmamış bir alan ise, gelecekte açık-yeşil alan olarak ayrılması gerekli bir yerdir (Şahin ve ark., 2014).

Kentsel alanlarda infiltrasyon ve exfiltrasyon zonlarının saptanması ve ekolojik ağ açısından birinci derecede korunması gerekli alanların saptanması için su geçirimsizliğin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu yöntemde çalışma alanını oluşturan Bolu kent merkezinin kayaç yapısı geçirimsizliği, hidrolojik toprak grupları ve eğim sınıfları özellikleri belirleyici parametrelerdir. Yöntemin çalışma alanına uyarlanmasında Şekil 1'de ki aşamalar izlenmiştir (Şahin, 1996; Şahin, 1998; Şahin ve Dilek, 2006; Uzun ve ark., 2010; Uzun ve Gültekin, 2011).



Şekil 1. Su geçirimsiliği analizi yöntemi akış diyagramı (Şahin, 1996)

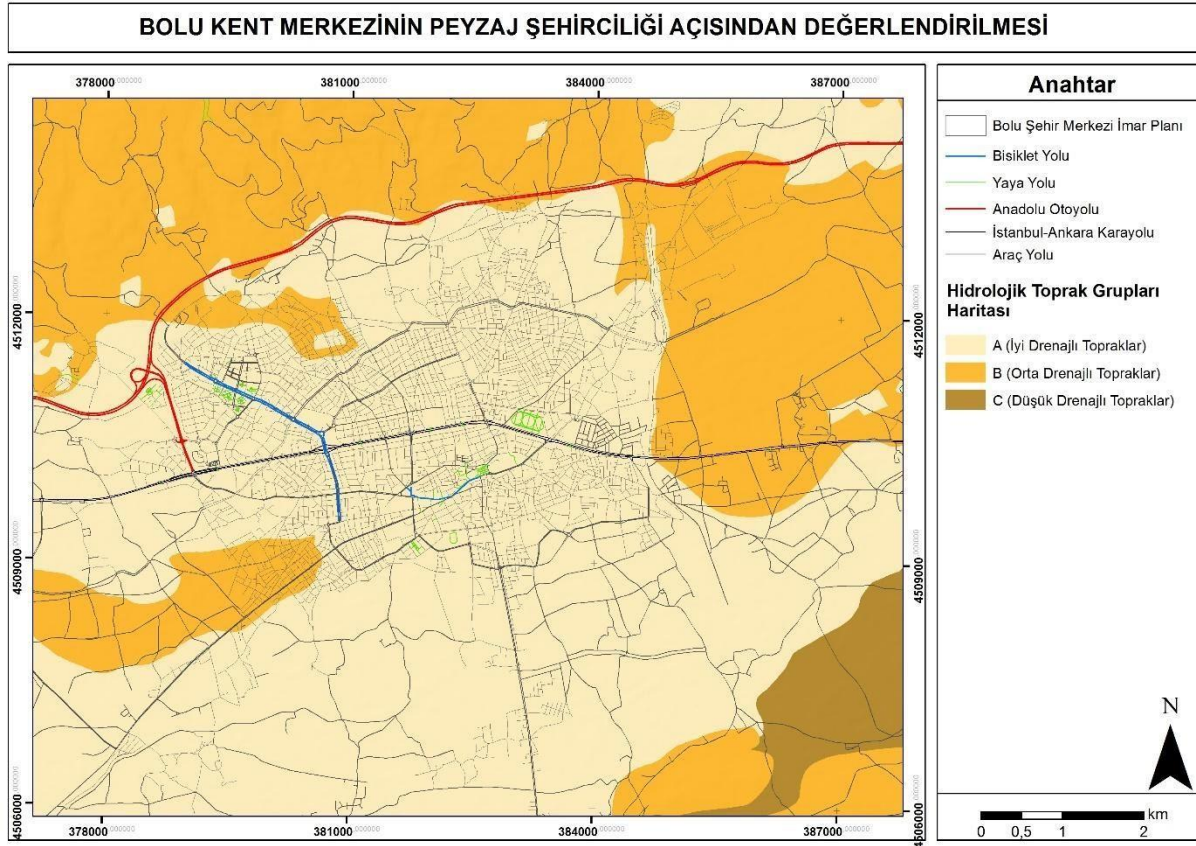
1.1. Hidrolojik toprak grupları

Toprak geçirimsiliğinin belirlenmesinde 1972 yılında ABD Soil Conservation Service (SCS: Toprak Koruma Servisi) tarafından geliştirilen hidrolojik toprak grupları kullanılmıştır. Yöntemde büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin kombinasyonuna bakılarak hidrolojik toprak grupları belirlenmektedir (Çizelge 2). Buna göre çalışma alanının büyük bir kısmının toprak yapısı orta derecede geçirimsiz özelliğe sahiptir (Şekil 3).

Çizelge 1. Büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin kombinasyonuna göre hidrolojik toprak grupları (Öztürk ve Batuk, 2011)

HTG	BTG	Arazi Tipi	Toprak Özelliklerinin Kombinasyonu
A Minimum İnfiltrasyon Derecesi:7.5-10 mm/sa.	L		1-11, 13-15, 17-19, 21, 22
	A		3, 6, 9, 10
	E,T		1-16
	O		m, p, r ya da bunlarla birlikte h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
B Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 3-7,5 mm/sa.		KK, SK, IY	
	P, G		1, 2, 5, 6, 9, 10
	C, D, M, N		1-10
	E, T		17-24
	B, F, R, Y		1-8
	U		1, 2, 3
	L		12, 16, 20, 24
	X		1-4
K		4-6, 13-15, 22-24	

	A		3, 6, 9, 10 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
C Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 0,8-3 mm/sa.	P, G		3, 4, 7, 8, 11-22
	C, D, M, N		11-18
	B, F		9-23
	U		4-21
	R		9-21
	L, E, T		25
	Y		9-25
	X		5-20
	K		1-3, 10-12, 19-32
	Ç		3, 6, 9
	A		2, 5, 8 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
D Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 0-08 mm/sa.	P, G		23, 24, 25
	C, D, M, N		19-25
	B, F		24, 25
	R, U		22-25
	V		1-25
	Z		1-4
	A		1, 4, 7 ya da h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
	H		H veya h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
	S		S veya h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
	X		21-25
	Ç		1, 2, 4, 5, 7,8
	SB, CK		



Şekil 2. Bolu kent merkezi hidrolojik toprak grupları haritası (Orijinal, 2021)

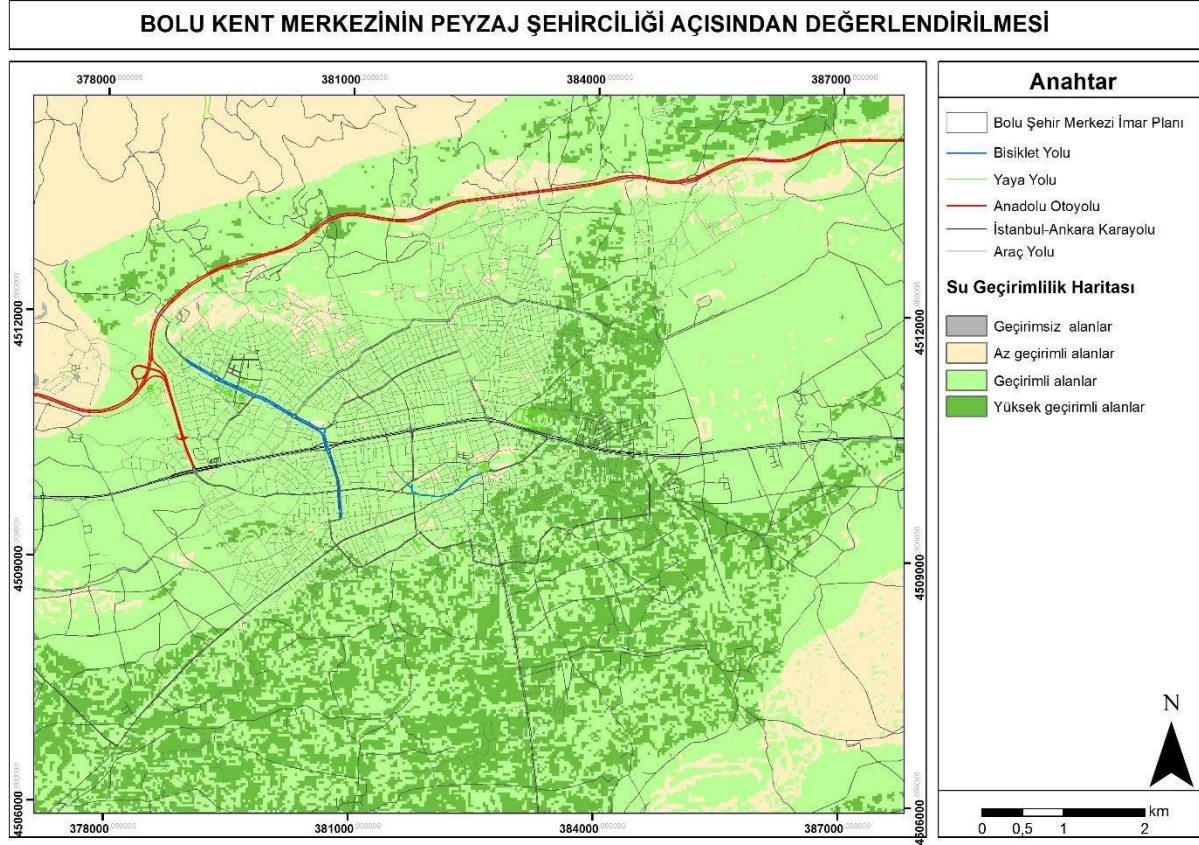
1.2. Kayaç yapısı geçirimsizliği

Kayaç yapısı geçirimsizlik haritası, veri tabanında yer alan jeolojik yapı haritasının geçirimsizlik bakımından yeniden yorumlanmasıyla Aytaş vd. (2016)'dan elde edilmiştir (Çizelge 1). Buna göre alan büyük ölçüde yüksek geçirimli kayaç yapısına sahiptir (Şekil 2).

Çizelge 2. Kayaç yapısı geçirimsizlik durumu (Orijinal, 2021)

kod	acıklama	Kayaç Geçirimsizlik Sınıfları
O	Karasal kırıntıllar	Yüksek geçirimli
Q	Ayrılmamış Kuvaterner	Yüksek geçirimli
g1	Granitoidler	Geçirimsiz
gsa	Ayrılmamış gnays_migmatit_metagranit_sist_amfibolit_vb.	Geçirimsiz
d3-1	Karbonatlar ve kırıntıllar	Geçirimli
pl	Karasal kırıntıllar	Geçirimli
e2-3	Karasal kırıntıllar	Çok yüksek geçirimli
j3k1	Pelajik kirectasi	Çok yüksek geçirimli
k2pn	Neritik kirectasi	Çok yüksek geçirimli
k2pn (b)	k2pn (b)_Kırıntıllar ve karbonatlar	Çok yüksek geçirimli
k2e	Kırıntıllar ve karbonatlar	Çok az geçirimli
m1-2n	Ayrılmamış volkanitler	Çok az geçirimli
pnn	Ayrılmamış volkanitler	Çok az geçirimli
sd1	Karbonatlar ve kırıntıllar	Çok az geçirimli
j1-2	Volkanitler ve sedimenter kayalar	Az geçirimli
k	Kırıntıllar_yer yer karbonatlar	Az geçirimli
m1-2p	Proklastik	Az geçirimli

Çalışma alanı su geçirimsizliği haritası, kayaç yapısı geçirimsizliği, toprak geçirimsizliği ve eğim haritalarının çakıştırılması ile elde edilmiştir (Şekil 5). Çalışma alanı büyük ölçüde su geçirimsizliğine sahip alanlardan oluşmaktadır.



Kentsel alanlar büyük ölçüde yapısal ve geçirimsiz yüzeylerden meydana gelmektedir. Bu durum özellikle kent merkezlerinde yüzey ve yağmur sularının doğru bir şekilde tutulması, geçirimsizliğin sağlanması ve yönlendirilmesi bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda, Bolu kent merkezinde su geçirimsizliğinin yüksek derecede olduğu saptanmıştır.

2.Erozyon Risk Durumu

Peyzajın işlevlerine ilişkin olarak, önemli yer altı suyu beslenme alanlarının korunması, yüzey akış ve erozyon kontrolü gibi genel hedefler ve politikalar oluşturulmalıdır (Şahin vd. 2014). Bu kapsamda peyzaj fonksiyonları açısından peyzaj (koruma) değeri yüksek alanların belirlenmesinde, erozyon risk analizi önem taşımaktadır (Şahin vd., 2014).

Bolu kent merkezi çalışma alanı; ekolojik bağlamda önemli değerlere sahiptir. Bu değerleri korumak ve iyi yönetmek için planlama ve tasarım çalışmalarının bütüncül bir süreçte yürütülmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, Bolu kent merkezi erozyon risk analizine yer verilmiştir. ArcGIS 10.4.1 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş analizler sonucunda, Bolu kenti erozyon risk analizi haritası elde edilmiştir. Bu doğrultuda belirlenen hedef; bölge ölçeğinden kent merkezine doğru özelleşen bir

yöntem ile ortaya konulacak çalışmada gerçekleştirilecek analizlerin, peyzaj şehirciliği özelinde ilişkilendirilmesidir.

2.1. Erozyon risk analizi

‘Ülkemizdeki erozyon tehlikesinin boyutunun fazla olduğu ve uygulamaya yönelik her türlü bilimsel ve uzmansal koruma önlemleri alınmazsa, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri-dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir’ (Dengiz vd., 2014; Erpul ve Deviren, 2012).

Toprak erozyonunun derecesi ve şiddeti bilindiği takdirde, gerekli yönetim uygulamaları ile erozyon problemi minimum düzeye indirilebilmektedir (Erdem, 2017).

Erozyon risk analizi için yöntemlere göre; eğim, bakı ve toprak koruma düzeyi değerleri kullanılmıştır (Güneş, 2017). Erozyon riski analizi için ölçütlerin değerlendirilmesi kapsamında oluşturulan yöntem, Çizelge 3’de yer almaktadır.

Çizelge 3. Erozyon Riski Analizi için Ölçütlerin Değerlendirilmesi (Güneş, 2017)

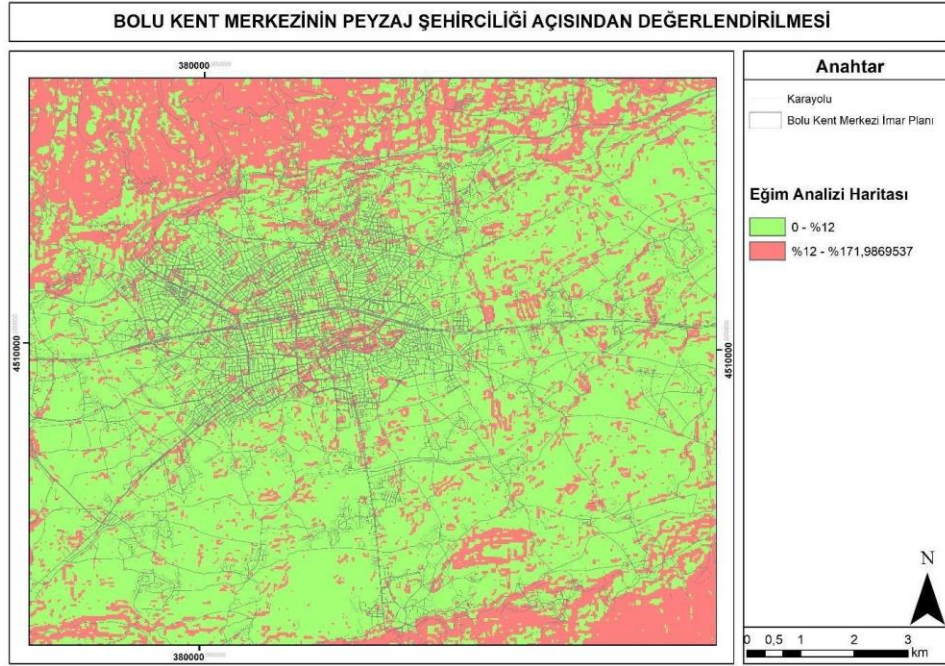
EROZYON RİSKİ ANALİZİ İÇİN ÖLÇÜTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ					
EROZYON	GÜNEY BAKARLAR	DİĞER BAKARLAR	TOPRAK KORUMA DURUMU		EROZYON RİSKİ
			Var	Yok	
Eğim >12	x			x	Çok yüksek
			x		Çok yüksek - Yüksek
		x		x	Yüksek
			x		Yüksek - Orta
Eğim <12	x			x	Orta - Yüksek
			x		Orta
		x		x	Düşük - Orta
			x		Düşük

2.2. Eğim analizi

İlk olarak çalışma alanında eğim analizi yapılarak; yöntemlere göre yeniden sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen eğim analizlerinde; eğimi %12’den yüksek olan sarp alanlar ve eğimi %12’den düşük olan alanlar olarak iki grup oluşturulmuştur.

Eğimi %12’den yüksek alanlar; tamamen erozyona uğramış arazi eğim derecesini ifade etmektedir. Eğimi %12’den düşük alanlar ise; erozyon başlangıcından daha düşük eğim seviyesini ifade etmektedir (Güneş, 2017).

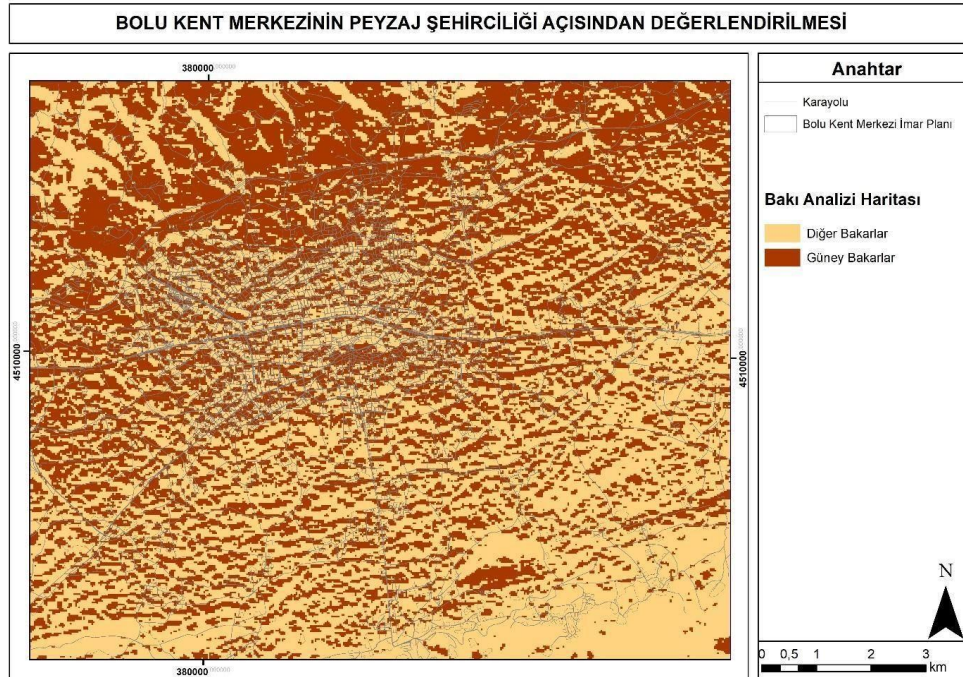
Bolu kent merkezinde yapılan eğim analizi Şekil 6’da verilmiştir.



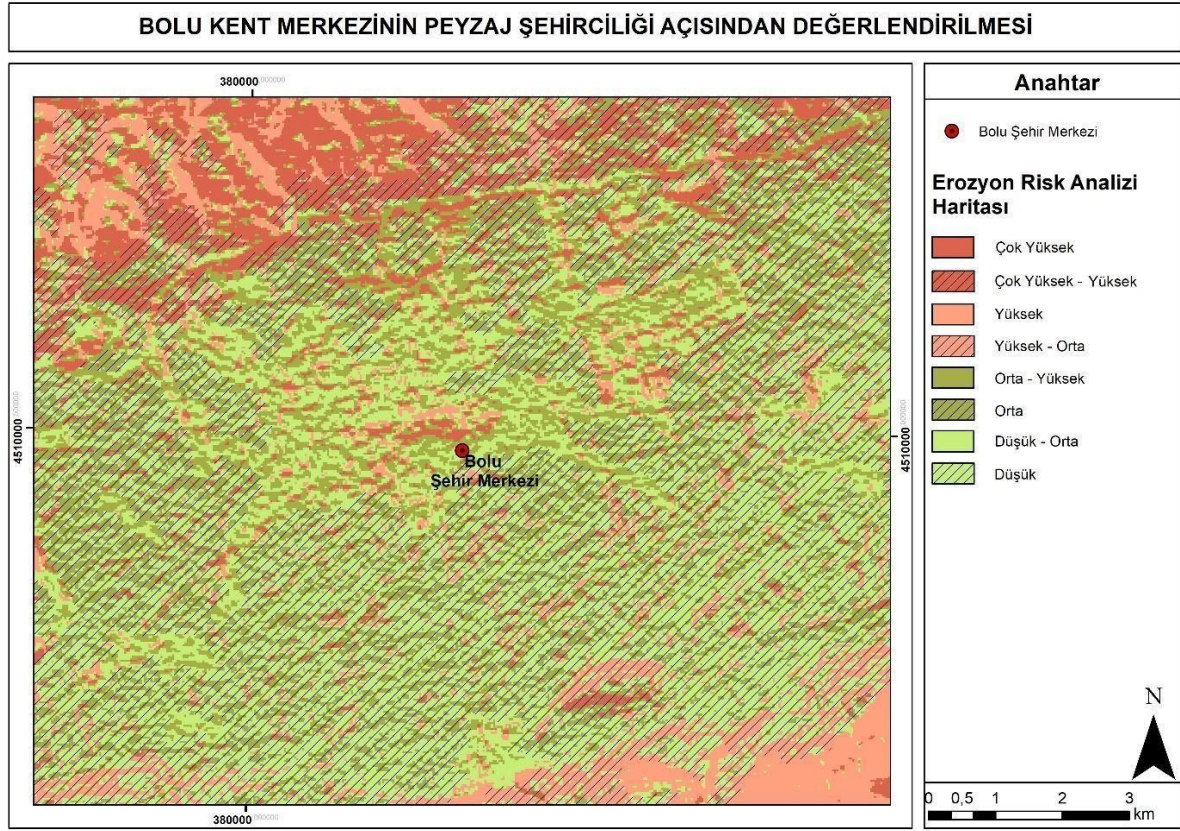
Şekil 6. Bolu kent merkezi eğim analizi haritası (Orijinal, 2021)

2.3. Bakı analizi

Çalışma alanına ait bakı analizi gerçekleştirilirken yönleme göre yeniden sınıflandırma yapılarak; güney bakırlar ayrı, diğer bakırlar ise tek sınıfta toplanarak iki sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda kent merkezine ait bakı haritası Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Bolu kent merkezi sınıflandırılmış bakı analizi haritası (Orijinal, 2021)



Şekil 9. Bolu kent merkezi erozyon risk analizi haritası (Orijinal, 2021)

Bolu kent merkezi çalışma alanı ile ilgili olarak, ekolojik değerlendirmelerin üzerine kurulu; sahip olduğu peyzajın bütünlüğünü, sürekliliğini, sürdürülebilirliğini ve değerini arttırmaya yönelik olarak tasarım sürecini de yönlendirebilecek nitelikte bir erozyon risk analizi ortaya konulmuştur.

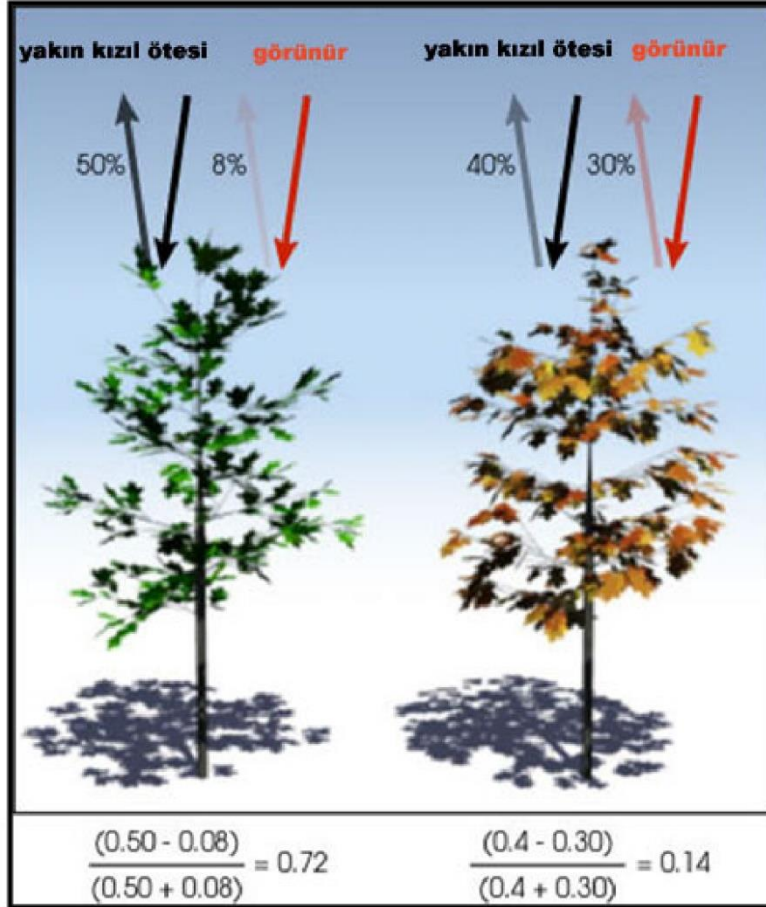
Gerçekleştirilen diğer analiz çalışmaları gibi erozyon risk analizi çalışmasının peyzaj şehirciliği kapsamında değerlendirilerek bir bütün olarak ele alınması, planlama ve tasarım yaklaşımlarına bu doğrultuda yön verilmesi gerekmektedir.

3. Bitki Örtüsü Analizi/NDVI

Çalışmanın bu bölümünde, gerçekleştirilmiş olan Bolu kent merkezinin bitki örtüsü analizine yer verilmiştir; <https://earthexplorer.usgs.gov/> web sitesinden elde edilen Landsat uydu görüntüleri, ArcGIS 10.3 programında kullanılarak bitki örtüsü analizleri gerçekleştirilmiş elde edilen indeksler üzerinden haritalandırılmıştır.

Bitki örtüsü indeksi (NDVI), elektromanyetik spektrumun görünür ışık bölgesindeki kırmızı bant ve kızılötesi bantta göstermiş oldukları yansıma değerleri kullanılarak oluşturulmuş bir indekstir. Kırmızı bantın bitkisel doku içerisindeki klorofile duyarsız olmasının yanında, kızılötesi bantın klorofile hassas olması, yansıma değerlerinin de yüksek olmasına neden olmaktadır (Aksoylu vd. 2005). Yaprakların kimyasal yapısındaki klorofil, kırmızı ve mavi dalga boylarındaki enerjiyi, güçlü bir tarzda emerken, yeşil rengi yansıtmaktadır. Yaz aylarında yaprakların azami klorofili içermesi nedeniyle bitkiler bize, yeşilimsi renkte görünmektedir. Sonbaharda yapraklardaki klorofil daha az olup kırmızı dalga boyunda

daha az emme, daha fazla yansıma yapmaktadır. Bunun sonucu olarak kırmızı ya da sarı renkte görüntü vermektedir. Sağlıklı yapraklar içsel yapıları nedeniyle, yakın kızılötesi dalga boyunda kusursuz bir dağınık yansıtıcı işlevi yapmaktadır. Bu özelliği göz önüne alan bilim insanları, yakın kızılötesi bölgedeki bu yansımayı ölçerek ve çözümleyerek bitkilerin sağlıklı veya sağlıksız oluşunu belirlemişlerdir (Anonim 2001; Bilgili 2009).



Şekil 10. Bitkilerin mevsimsel değişimine bağlı olarak farklı dalga boyundaki güneş ışınlarının yansıması (Simmon 2008; Bilgili 2009)

NDVI bir ekosistemdeki yeşil bitki yoğunluğunun zamansal ve mekânsal değişiminin güvenilir bir göstergesidir (Wang vd. 2001; Zavaleta vd. 2003; Bilgili 2009).

NDVI değerinin belirlenmesinde aşığıdaki denklem her bir piksel için hesaplanmaktadır (Zavaleta vd. 2003; Jung vd. 2005; Uz ve Çabuk 2005; Aksoylu vd. 2005; Kim vd. 2006; Bilgili 2009).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Ayday vd.'ye (2004) göre formül, bitkiler için düşük yansıma özelliği gösteren kırmızı bant, bitkiler için yüksek yansıma özelliği gösteren kızılötesi banttan çıkarıldığında bitkilerin bulunduğu yerler, uydu görüntüsünün geneline göre yüksek yansıma özelliği gösterecektir. Bu bantların farklarının, iki bantın toplamına bölünmesindeki amaç bir tür denge dağılımı sağlamaktır. Sonuç haritada tonların beyaza yaklaştığı yerler yoğun bitki örtüsünü gösterirken siyaha yaklaştığı yerler bitki örtüsü bulunmayan alanları göstermektedir (Aksoylu vd. 2005; Bilgili 2009).

Aşığıdaki şekilde elektromanyetik spektrumdaki çeşitli dalga uzunluklarına göre dizilmiş olan bantların bitkisel materyalle ilgili kullanımları gösterilmiştir (Anonim 200; Bilgili 2009).

Uygulama Alanları	Uygun Bandlar ve Dalga Uzunlukları (µm)						
	*UV 0.3-0.4	Mavi 0.4-0.5	Yeşil 0.5-0.6	Kırmızı 0.6-0.7	Yakın **IR	Kısa **IR	Termal **IR
Bitkiler							
Ürün tipi			X	X	X	X	
Canlı bitki yoğunluğu				X	X		
Tarımsal sınırlar				X	X		
Tarımsal hasat				X	X	X	
Orman tipi		X	X	X	X		
Kesilen/yeni dikilen ağaç				X	X	X	
Sulak arazi haritacılığı		X	X	X	X	X	
Çiftlik arazisi haritacılığı			X	X	X	X	
Çölleşme			X	X	X	X	

UV: Ultraviyol
IR:İnfrared

Şekil 11. Farklı dalga boylarının bitkisel materyalle ilgili kullanımı (Anonim 2001; Bilgili 2009)

Yüzey özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan NDVI değerleri Tucker vd. (1985), Benedetti vd. (1994) ve Nicholson vd.'ye (1994) göre aşağıda verilmiştir (Okçu 1999; Bilgili 2009)

Sınıf No	NDVI	Yüzey Özellikleri
1	0.01-0.05	Yoğun Şehirleşme bölgesi, yarı çöl yüzeyi
2	0.05-0.15	Şehirleşme bölgesi, kuru toprak, kil yüzeyleri
3	0.15-0.25	Nemli toprak, geçiş zonu, kıraç arazi, az bitki örtüsü
4	0.25-0.35	Orman/açık otlak mozaiği
5	0.35-0.45	Orman/yoğun tarım arazisi
6	> 0.45	Yağmur ormanı, yüksek dağlık bölgelerdeki bitki örtüsü

Şekil 12. NDVI değerlerine bağlı yüzey özellikleri (Okçu 1999; Bilgili 2009)

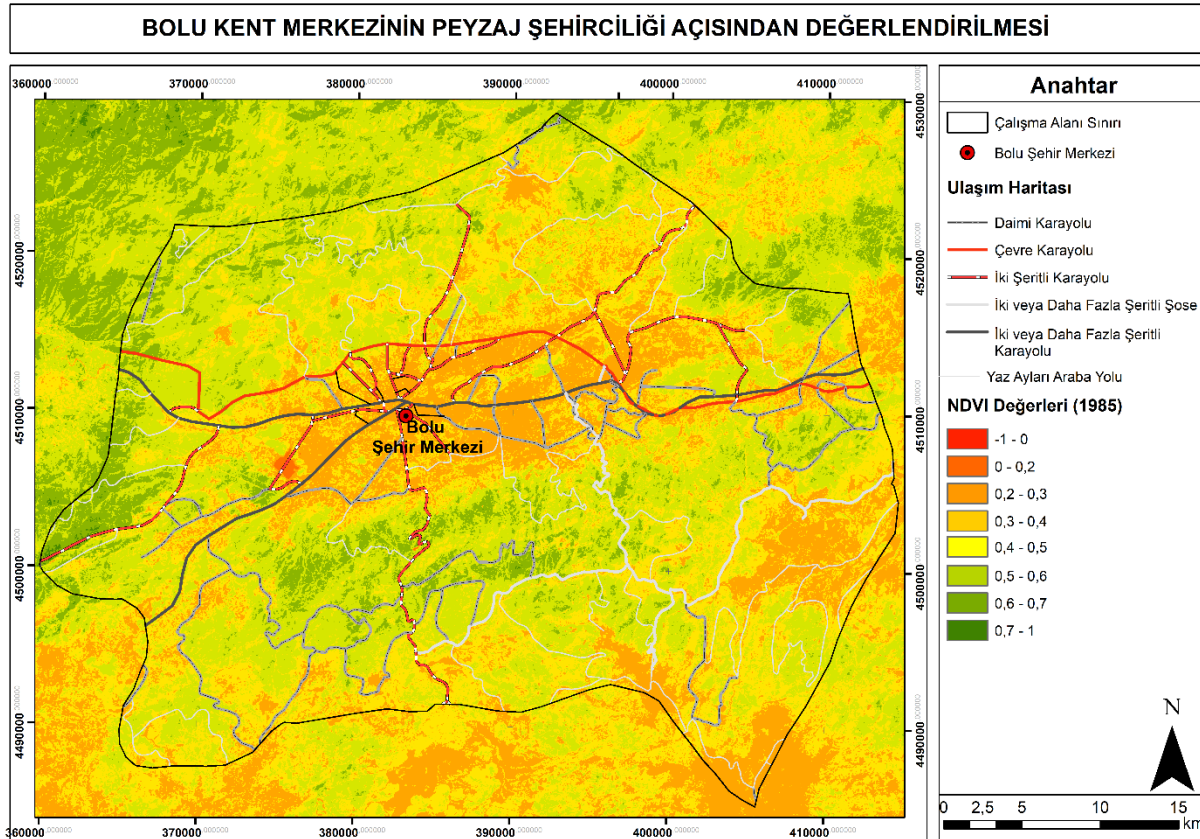
Sobrino ve Raissouni'ye (2000) göre NDVI değerlerine bağlı yüzey özellikleri aşağıda verilmiştir (Bilgili 2009).

Sınıf No	NDVI	Yüzey Özellikleri
1	0.0-0.2	Çıplak top toprak yüzeyi
2	0.2-0.5	Yeşil alan
3	0.5<	Yoğun yeşil alan

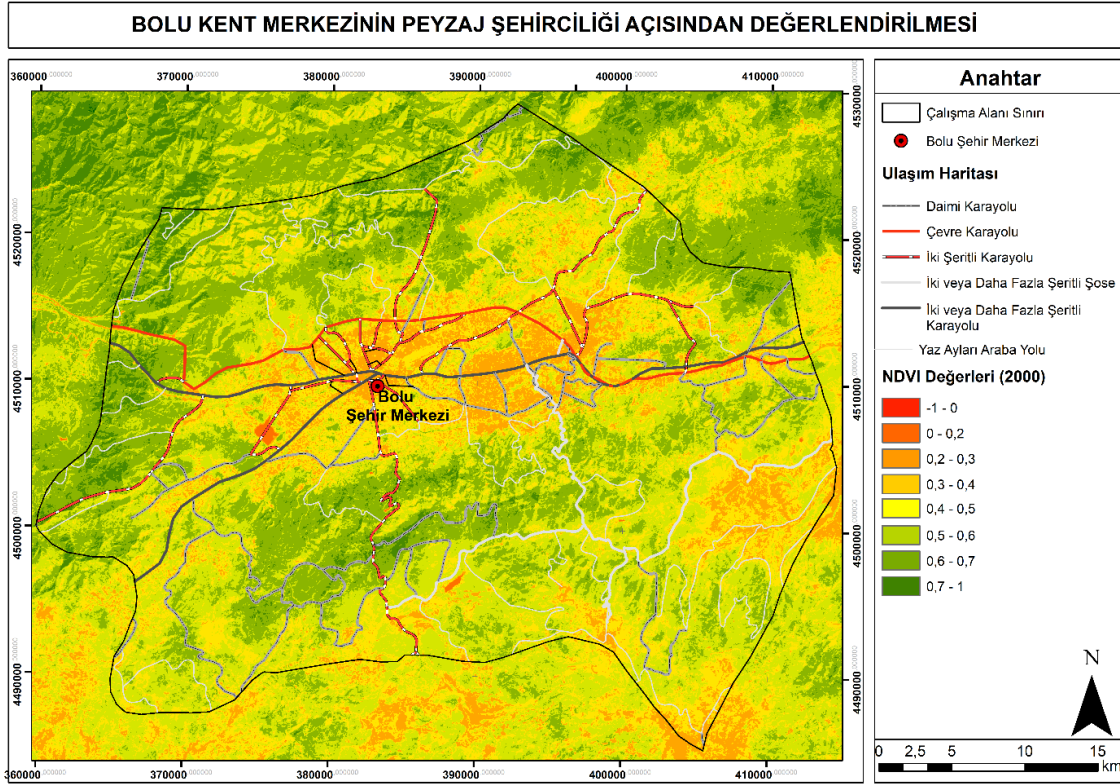
Şekil 13. NDVI değerlerine bağlı yüzey özellikleri (Sobrino ve Raissouni 2000; Bilgili 2009)

NDVI değerleri kullanılarak bitkisel örtünün hem alansal büyüklüğü hem de vejetasyon yoğunluğu hakkında bilgi edinilmektedir. NDVI değerleri bitkinin fenolojik dönemlerine ve zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim; bitki materyalindeki klorofil miktarının değişimi olarak da ifade edilebilmektedir (Bilgili, 2009).

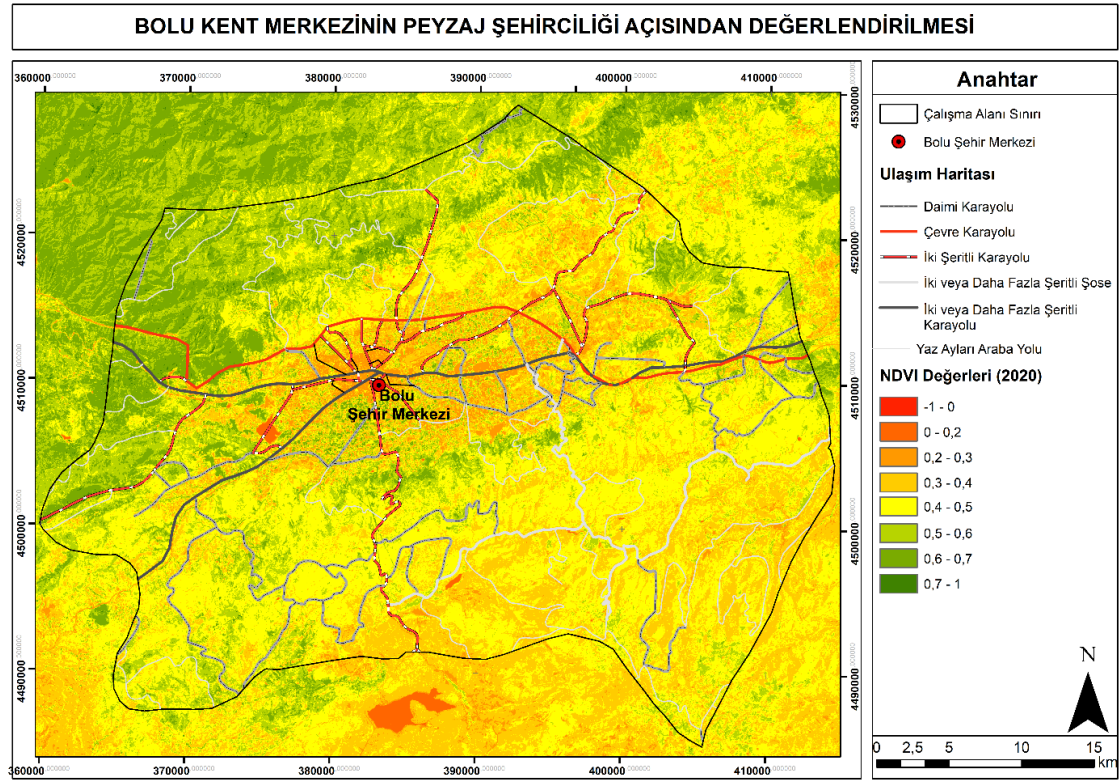
Bolu kent merkezine ilişkin bu çalışmada, öncelikle daha üst ölçek olarak belirlenen il sınırından, daha sonra da kent merkezini dikkate alan bir alt ölçeğe ait Landsat uydu görüntüleri, gerçekleştirilen analizler sonucunda yeşil örtünün alansal olarak belirlenmesi amacı ile kullanılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen NDVI analizinde; görüntülerin çok daha net olabilmesi için 8 Ağustos 1985, 8 Ağustos 2000 ve 8 Ağustos 2020 tarihlerine ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır.



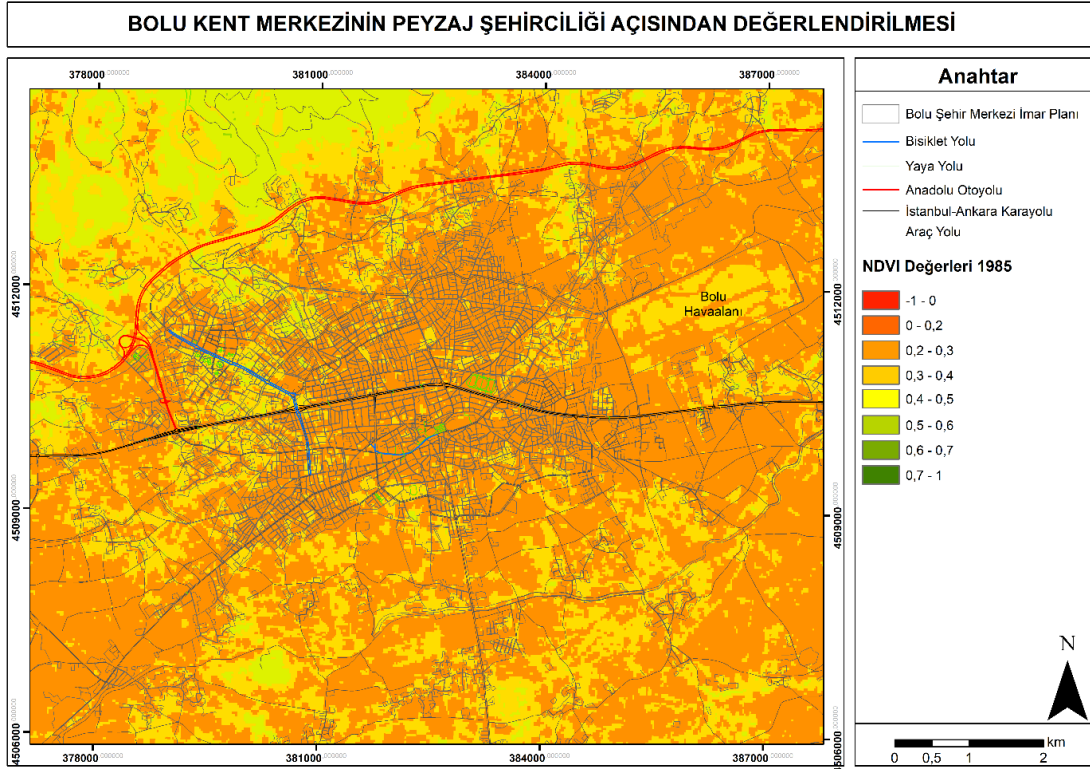
Şekil 14. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 1985 (Orijinal 2021)



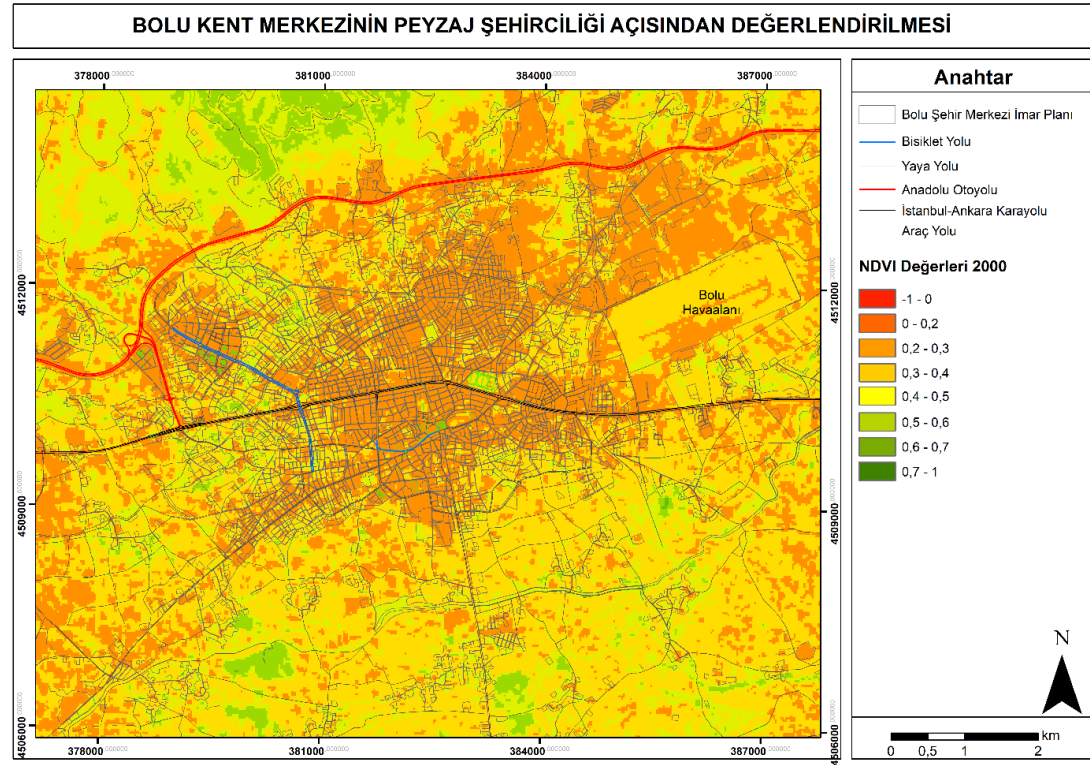
Şekil 15. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 2000 (Orijinal 2021)



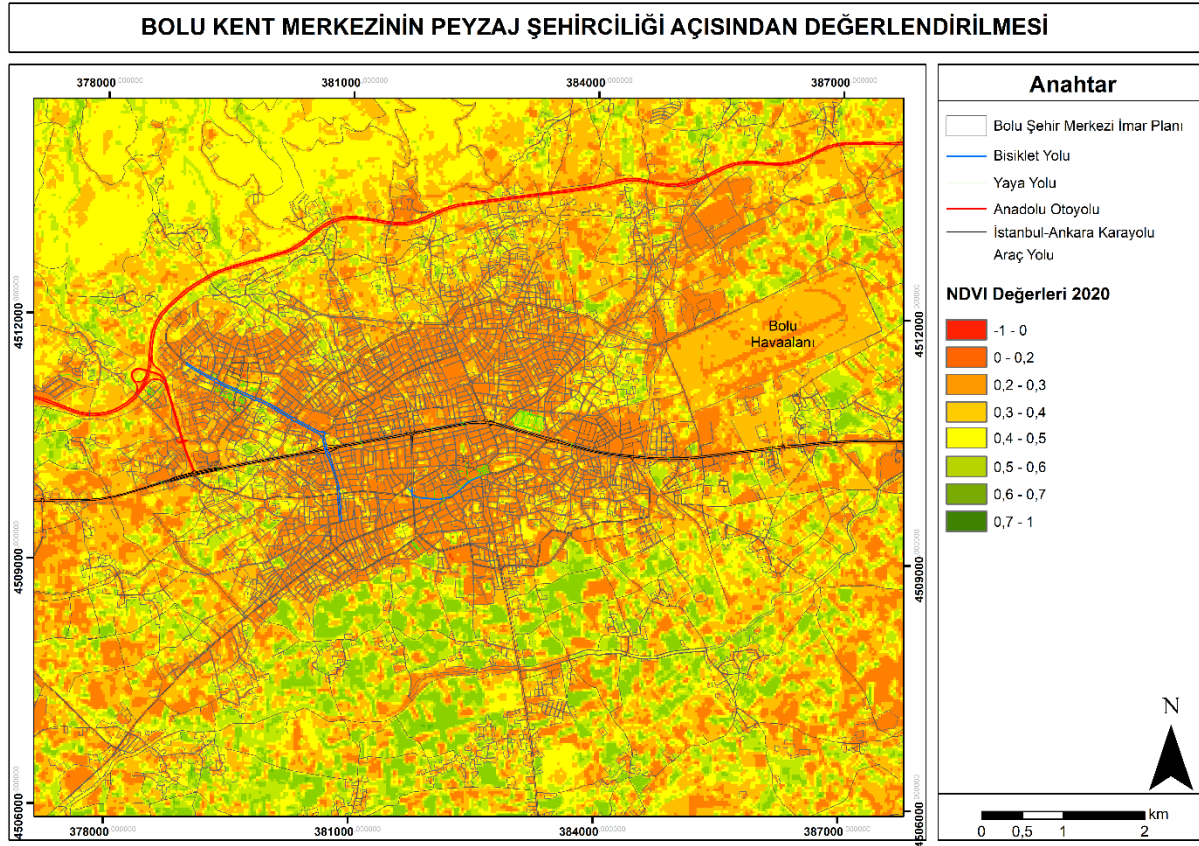
Şekil 16. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 2020 (Orijinal 2021)



Şekil 17. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 1985 (Orijinal 2021)



Şekil 18. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 2000 (Orijinal 2021)



Şekil 19. Bolu kent merkezi bitki yoğunluğu haritası, 2020 (Orijinal 2021)

Bu çalışmada, yeşil alanların dinamik yapısını ve yeşil alan gelişimini belirlemek için farklı tarihli uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri bitkisel alanların ve yoğunluğunun değişiminin bir göstergesidir.

Hesaplanan NDVI değerleri yukarıda verilen kaynaklar doğrultusunda değerlendirilmektedir. Buna göre 0.2'den büyük NDVI değeri bitki varlığı olan 0.2'den küçük değerler ise bitki varlığı olmayan alanlardır.

Bolu kent merkezine ilişkin gerçekleştirilen bu çalışmada 1985 yılından sonra bitki yoğunluğunda önemli gelişmeler olduğu görülmektedir. 2000 yılına ait indeks sonuçlarına göre her iki ölçekte de bitki yoğunluğu çok daha fazlayken, 2020 yılına ait görüntülerden elde edilen sonuçlara göre bitki yoğunluğu üst ölçekte daha gerilere gitmiştir. Bir alt ölçekte incelendiğinde 2000 yılındaki duruma nazaran güney yönde oldukça yoğun bir bitki varlığı görülürken kuzey yönde ise azalmalar söz konusudur.

Bolu kent merkezi bitki örtüsü analizleri sonuçlarına göre kent merkezinden sonra benzer paralellik ve oranda gelişim gösteren bir bitki yoğunluğu söz konusudur, kuzey güney yönlerdeki değişimler şehrin dönem dönem farklılık gösteren gelişim yönlerine göre şekillendiğinin göstergesidir. Şehrin gelişim ve dönüşümü, peyzaj şehirciliği kapsamında değerlendirilerek çok daha kente dair olan bir ölçekte, daha bilinçli ve doğru yönde ilerlemesi sağlanmalıdır.

4. Mevcut durum analizi

Bolu ili, Türkiye'nin iki önemli metropol kenti birbirine bağlayan Ankara-İstanbul Otoyolu (TEM) üzerinde yer alan önemli bir yerleşim merkezidir (Şekil 20). İl, Ankara'ya 190 km, İstanbul'a ise 260 km uzaklıktadır (URL, 1). TEM otoyolu dışında D-100 Karayolu da Bolu'ya ulaşım yönünden önemli bir güzergâh oluşturmaktadır.



Şekil 20. Bolu İline Karayolu Ulaşımı (URL, 1)

Bolu, D-100 karayolu çevresinde kuzey ve güney yönlerinde gelişmiş bir kenttir. 1999 depremi sonrasında inşa edilen konut alanlarıyla birlikte kent, kuzey ve batı yönlerine doğru yayılmaya başlamıştır (Anonim, 2020a) Bununla birlikte il nüfusunun %70'e yakını şehirde yaşamaktadır (Anonim, 2020b). Bu nedenler gerek kent içerisinde gerekse kenti çevreleyen yollar ve karayolları, kentin formunu ve dokusunu belirleyen, insanların yaşam kalitesini etkileyen önemli birer peyzaj öğeleridir ve kentteki yol sistemleri ve çözümleri peyzaj şehirciliği açısından önemlilik arz etmektedir.

4.1. Ulaşım (Araç ve Toplu Taşıma) Durumu

Ulaşım, hareketi ifade eden bir kavram olup; erişilebilirlik olgusu ile de yakından ilişkilidir. Ulaşım ile ilgili tüm hareketler ise trafik kavramını ortaya çıkarmaktadır. Yaya, motorlu araç ya da toplu taşıma unsurları planlama ve tasarım süreçlerinde erişilebilir, güvenli, enerji etkin ve konforlu bir sistematik düzen içerisinde kurgulanmalıdır. Özellikler günümüz kentlerinde trafik kaynaklı kirlilikler peyzaj yapısında bozulmalarına sebep olmakta (hava kirliliği, gürültü kirliliği vb.) ve kentlerin yaşana bilirliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu doğrultuda peyzaj planlama ve tasarım süreçleri çerçevesinde şehirler ve peyzaj bir bütün olarak ele alınmalıdır. Özellikle kentlerde, yeşil altyapı gibi ekolojik döngülere saygılı uygulamaları ulaşım ağlarına bütünleştirmek gerekmektedir.

Araç trafiği, özellikle yarattığı olumsuz çevresel etkiler (hava kirliliği, gürültü kirliliği, toprak ve su kaynaklarının kirliliği, sera gazı emisyonları vb.) nedeniyle günümüz kentlerinde yerel yönetimlerin en çok karşılaştıkları ve çözüm üretmeye çalıştıkları sorunların başında yer almaktadır. Ancak, sıklıkla çözüm olarak yolların genişletilmesi ve yeni yol güzergahlarının geliştirilmesi uygulamalarına gidilmekte, bu uygulamaların sonucunda ise araç trafiği geçici süreler için belli noktalarda azalma gösterse de sonuç olarak araç trafiği aslında artmakta ve yeni problemler ortaya çıkmaktadır. Bu durum kısır bir döngü haline gelmekte ve en olumsuz etkilerini yaya ve bisiklet ulaşımı sistemlerinde

göstermektedir. Şehirlerin kimlikleri ve formu da ulaşım sistemleri ile bağlantılı olarak olumsuz özellikler göstermeye başlamaktadır. Bununla birlikte kullanıcıların yaşam alanları işlevsiz hale gelmekte ve hatta miktar olarak da azalma göstermektedir. Oysa ki kentsel yaşam kalitesi “insan gereksinimlerine hizmet edecek insan ölçeğinde” ilkelere sağlanabilir ve ölçülebilir (Çakıcı and Mehlig, 2010).

Kent içerisinde yaya hareketliliği ve bisiklet kullanım olanaklarının artması, kentsel yaşam kalitesine, fiziksel çevre kalitesi, sosyal yaşam kalitesi ve erişilebilirlik olgularına çeşitli yönlerden katkı sağlamaktadır. Bunun tersine, motorlu araçlar için ayrılan geniş alanlar ise kamusal alan kaybına neden olmaktadır. Kentsel planlama ve tasarımında, insan fiziksel aktivitelerini arttırmaya yönelik biçim ve işlevlerin yaratılması önemlidir. Bu açıdan yaya ve bisiklet dolaşım ağı kentlerde bir fırsat olarak ortaya çıkmaktadır.

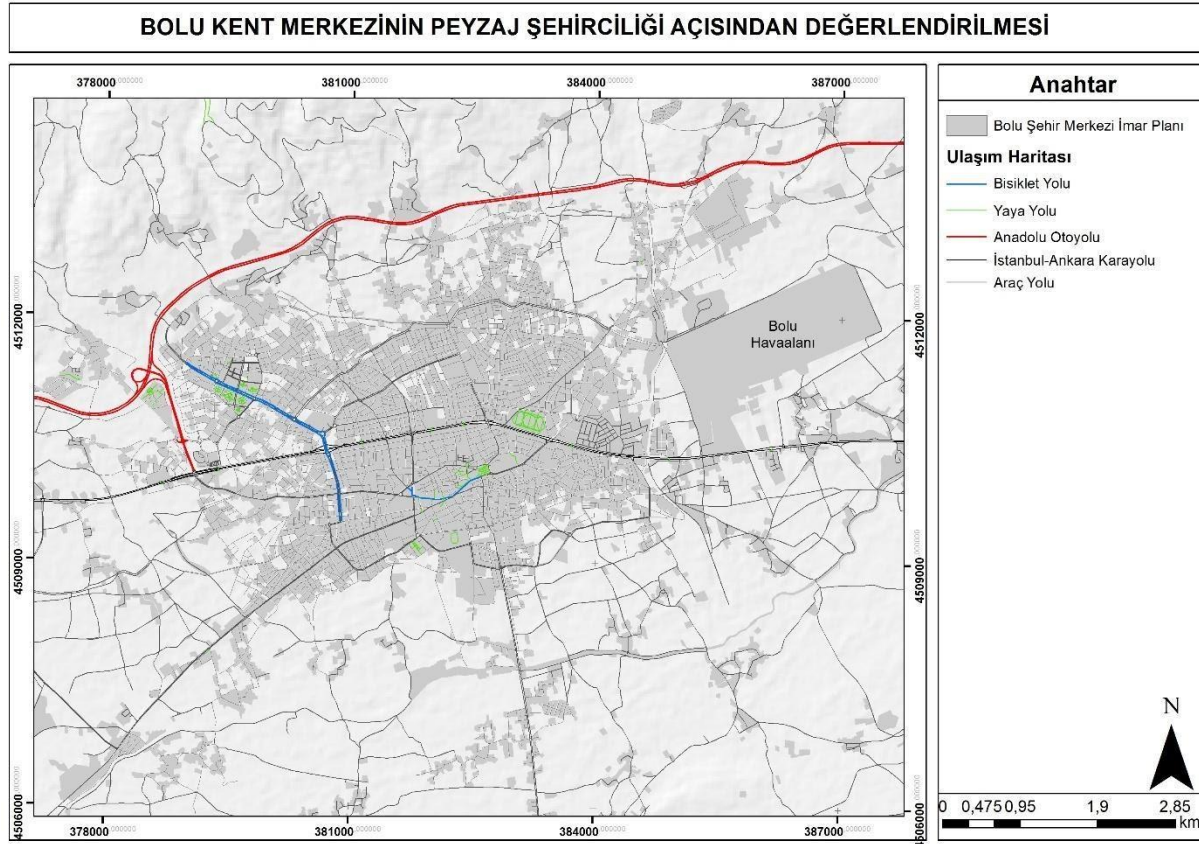
Özellikle yüzey akışına geçen suyun tekrar doğal döngüsüne kazandırılmaya çalışılması, bölünen habitatlar için alternatiflerin yaratılması bu anlamda önem kazanmaktadır. Küresel ekonomi hareketleri çerçevesinde motorlu taşıtlara yönelik ulaşım stratejileri bir bölgenin ekonomik anlamda kalkınması için önemlidir. Ancak yalnızca araç trafiğine yönelik planlama ve tasarım stratejileri kentin fiziksel çevresinde kaliteyi düşürdüğü gibi, sosyal yaşamı ve doğal peyzaj karakteri ile süreçlerini de olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle, çözüm önerileri bütüncül, multidisipliner ve bölgeye özgü olarak geliştirilmelidir.

4.1.1. Bolu kent merkezi ulaşım analizi

Bu başlık altında Bolu kent merkezinde mevcut olan yol durumu ve toplu taşıma sirkülasyonu analiz edilmiştir. Ayrıca “Bolu Güvenli Bisiklet Yolları Projesi Kullanıcı Davranışları Değerlendirmesi” başlıklı çalışma incelenerek kent merkezine yönelik oluşturulmuş bisiklet yolu uygulaması değerlendirilmiştir.

4.1.2. Yol tipolojileri haritası

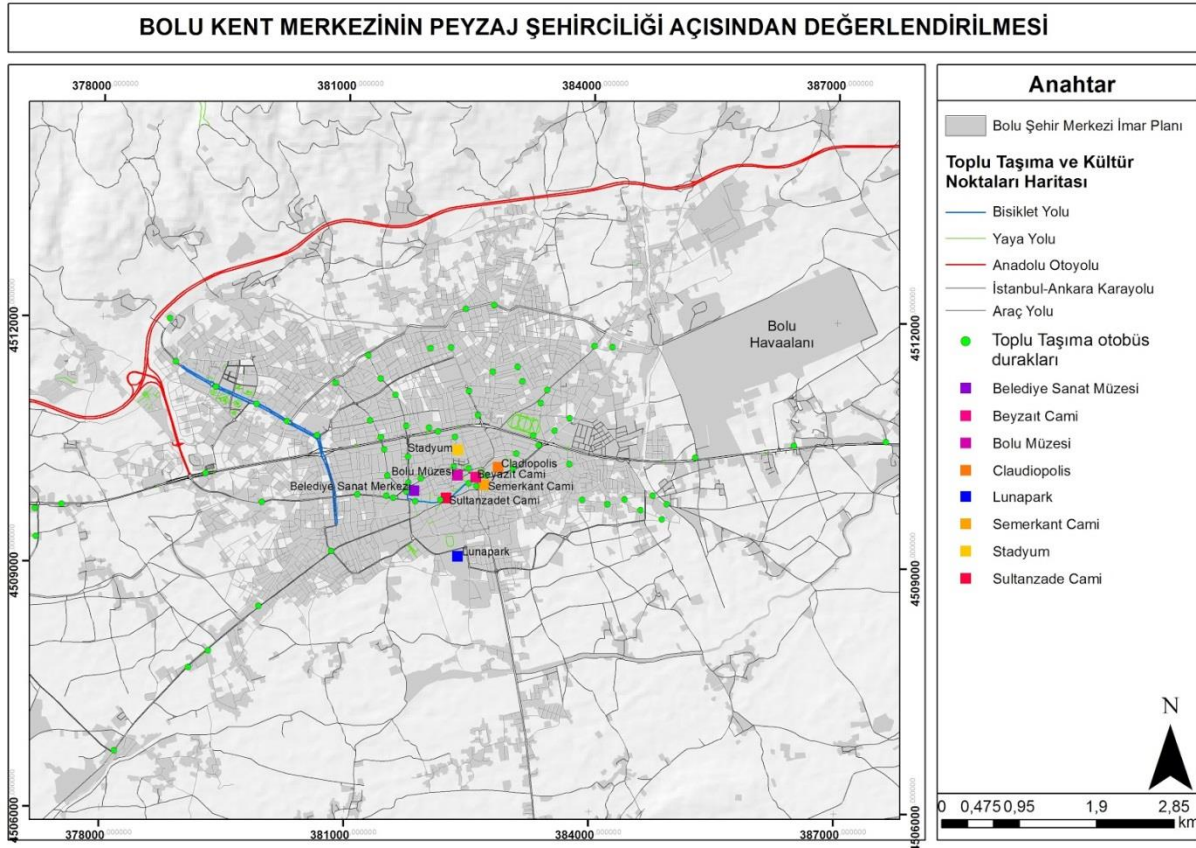
Bolu kent merkezi içerisinde ulaşım karayolu ile sağlanmakta ve demiryolu ağı bulunmamaktadır (Abdulganioglu, 2020). Bolu il yol ağında; 366 km Devlet yolu, 261 km il yolu, 114 km otoyol ve 3727 km köy yolu (asfalt ve stabilize) bulunmaktadır (Anonim, 2020b). Bolu kent merkezine ait ulaşım durumu incelendiğinde yol ağının daimi karayolu, çevre karayolu, iki şeritli karayolu, iki veya daha fazla şeritli şose yol, kırık taş veya çakıl döküldükten sonra üzerinden silindir geçirilerek hazırlanan basit bir tür karayolu, iki veya daha fazla şeritli karayolu ve yaz aylarında kullanılan araç yollarından oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Bolu Kent Merkezi Ulaşım Haritası (Orijinal, 2021)

4.1.3. Toplu taşıma ve kültür noktaları haritası

Bolu kent merkezinde ulaşım halk otobüsleri ile sağlanmaktadır; çevrede bulunan tarihi ve turizm potansiyeli alanlara ulaşım ise Bolu'dan kalkan otobüs ve dolmuşlarla sağlanmaktadır (Özgenç ve ark., 2017). Kent merkezi toplu taşıma durumunu, durakları ve yakın kültürel noktaları gösteren harita Şekil 22'de verilmiştir. Bu haritada toplu taşıma duraklarına yakın Claudiopolis arkeolojik sit alanı, Belediye sanat müzesi, Bolu kent müzesi, Lunapark, Stadyum gibi alanların yanı sıra dini ve tarihi açıdan önemli camiler verilmiştir. Bu kültürel alanlar arasında bağlantılılık ve etkileşim sağlamak için, yakın noktalar arasında yol durumlarına göre yayalaştırma aksları veya bisiklet ile ulaşım gibi düzenlemeler yapılarak peyzaj şehirciliği kapsamında yenilikçi ve yaşanabilir kullanımlar oluşturulabilir.



Şekil 22. Bolu Kent Merkezi Otobüs Durakları ve Kültür Noktaları Haritası (Orijinal, 2021)

4.1.4. Bisiklet yolları

Bolu kent merkezinde yayalaştırma bölgeleri ve bisiklet güzergahlarına ilişkin düzenlemeler mevcuttur. Örneğin Bolu Merkez İzzet Baysal Caddesi halihazırda kısmen yayalaştırılmış ve bisiklet yolu tesis edilmiştir. Bunu yanı sıra “Bolu Güvenli Bisiklet Yolları Projesi Kullanıcı Davranışları Değerlendirmesi”ne yönelik bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada amaç, Bolu'nun kent içi ulaşım sorunlarına alternatif, sağlıklı, çevreci ve sürdürülebilir bir çözüm önerisi geliştirebilmek için kullanıcı davranışlarını tespit etmektir. Çalışma ile özel taşıt kullanımının etkisi altına giren orta ölçekli kentlerde güvenli bisiklet altyapısının gerekliliğine dikkat çekilmesi hedeflenmiştir.

5. Kentin Gelişim Durumu

Bolu kentinde, deprem önemli bir doğal olgu olarak fiziksel yapılaşmayı her dönemde etkilemiş, 1944, 1957, 1967 ve 1999 yıllarında büyük depremler yaşanmıştır. Kentin de üzerinde yer aldığı hareketli Kuzey Anadolu Fay Hat'tında sık sık depremler meydana gelmektedir (Taner, 2014).

17 Ağustos'taki büyük felaketin ardından 12 Kasım 1999'da Düzce merkezli 7.2 büyüklüğünde ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Bolu Kenti'ni de altüst eden bu depremde resmi rakamlara göre 763 kişi hayatını kaybetmiştir. Marmara Bölgesi'nde olduğu gibi burada da 2 bin 532 konut yıkılırken, 5 bin 736 konut orta hasarlı, 14 bin 13 konut ise az hasar görmüştür. Konutların yanı sıra birçok sosyal

tesisi ve ulaşım alt yapısında da deprem kırığına ve heyelanlara bağlı olarak çeşitli deformasyonlar meydana gelmiştir(URL, 2002).

1999 depremi sonrası yapılan arazi etüdlerine göre; kentin batı ve kuzeye doğru olan bölgelerin zemininin depreme karşı daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Kentsel kullanımların ve fiziksel yapılaşmanın gelişim yönleri olarak; sanayi doğu kesimde, turizm güney ve batı yönlerinde, konut alanları da kuzey ve batıya doğru olduğu görülmektedir(Tunçer, 2001).

1944 ve 1999 depremlerinin ana faylarının güneyde ortaya çıkması nedeniyle bölge sağlıklı yapılaşmaya elverişli durumda olmadığı düşüncesi ile kuzey yöne doğru gelişme gösterdiği gözlenmektedir. Diğer yönden güneyde kalan bölgelerde, zemin suyu yüksek, sulanabilir tarım arazileri bulunmaktadır (Taner, 2011).

1992 İmar Planı'nda da öngörüldüğü üzere, kent merkezinin, kentsel gelişmenin yönüne uygun şekilde kuzey-batıya doğru genişleyerek D100 karayoluna ulaştığı ve karayolunun kentin merkezinden geçen bir ticaret arteri haline dönüştüğü görülmektedir.

Kentin fiziksel formu, etrafı dağlarla çevrili bir çanak şekline benzemektedir. Ormanları, yaylaları, göl ve göletleri, tabiatı koruma alanları, doğal sit alanları, yaban hayatı koruma sahaları, termalleri, kayak merkezleri, tarihi ve kültürel değerleriyle önemli bir potansiyele sahiptir. Peyzaj şehirciliği entegreli yaklaşımlar ile korunarak, kentsel kalkınma desteklenmelidir.

Yaşanabilir kent özellikleri; yerleşmenin yeterli, sosyal donanım ve yeşil alana sahip olması ile kent içi ulaşılabilirliğin düzgün sağlanması olarak belirlenmektedir. Bolu kentinin trafik, hava ve çevre kirliliği vb. gibi sorunların yanı sıra ekonomik yapısının da çok fazla gelişmemiş olmasına rağmen, kenti çevreleyen doğal güzellikleriyle önemli bir turizm, dinlenme bölgesi özelliğindedir.

Kent Forbes dergisinin 2020 yılında yaptığı araştırmaya göre, Türkiye'nin en yaşanabilir şehirleri sıralamasında 49,77 genel endeks puanı ile 23. Sırada yer almıştır(URL, 2020).

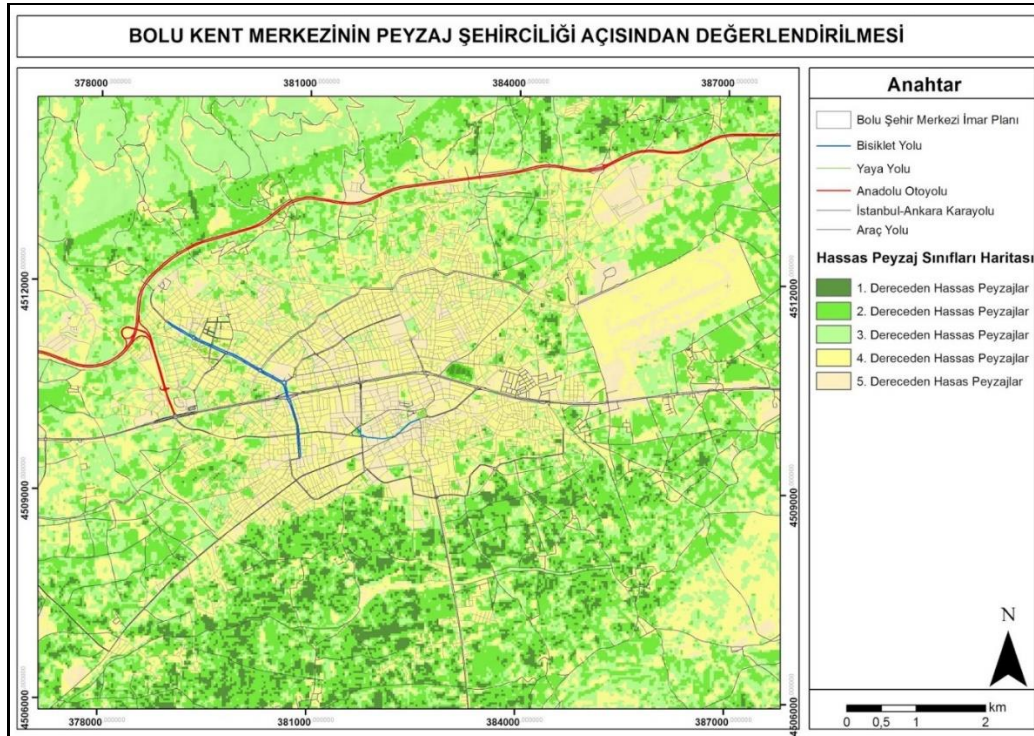
Tartışma ve Sonuç

Peyzaj şehirciliği kavramı modern anlamda ekolojik faktörler temel alınarak mevcut şehircilik anlayışına peyzajın entegre edildiği, doğal-kültürel ve sosyal bileşenlerin devamlılığını sağlayan ekolojik, ekonomik ve estetik süreçler bütünüdür. Bu kapsamda Bolu kentini peyzaj şehirciliği kapsamında değerlendirmek adına yapılan hassas ve ekolojik açıdan sınıflandırmada; su geçirimsizliği (geçirimli yüzeyler), bitki örtüsü analizi indeksi (NDVI), erozyon risk durumu, arazi örtüsü-arazi kullanımı verileri Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. Bolu kent merkezi için hassas peyzaj alanlarının belirlenmesinde kullanılan yöntem akış şeması

Çalışma alanında iklimsel farklılıklar olmadığı için iklim parametresi analize dahil edilmemiştir. Ayrıca analizde eğim, bakı, yükseklik, büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, jeolojik kayaç yapısı gibi parametreler geçirimsizlik, erozyon ve arazi örtüsü gibi analiz basamaklarında değerlendirildiği için tekrar AHS'ne verilerin bir defadan fazla kullanımı engellemek için dahil edilmemiştir. Analiz sonucunda elde edilen harita ile mevcut çevre düzeni planı ve mevcut imar yapısı üzerinden Bolu şehir merkezinin peyzaj şehirciliği açısından irdelenerek gelişim kararları önerilmiştir. Elde edilen sonuç haritası Şekil 24'de verilmiştir.



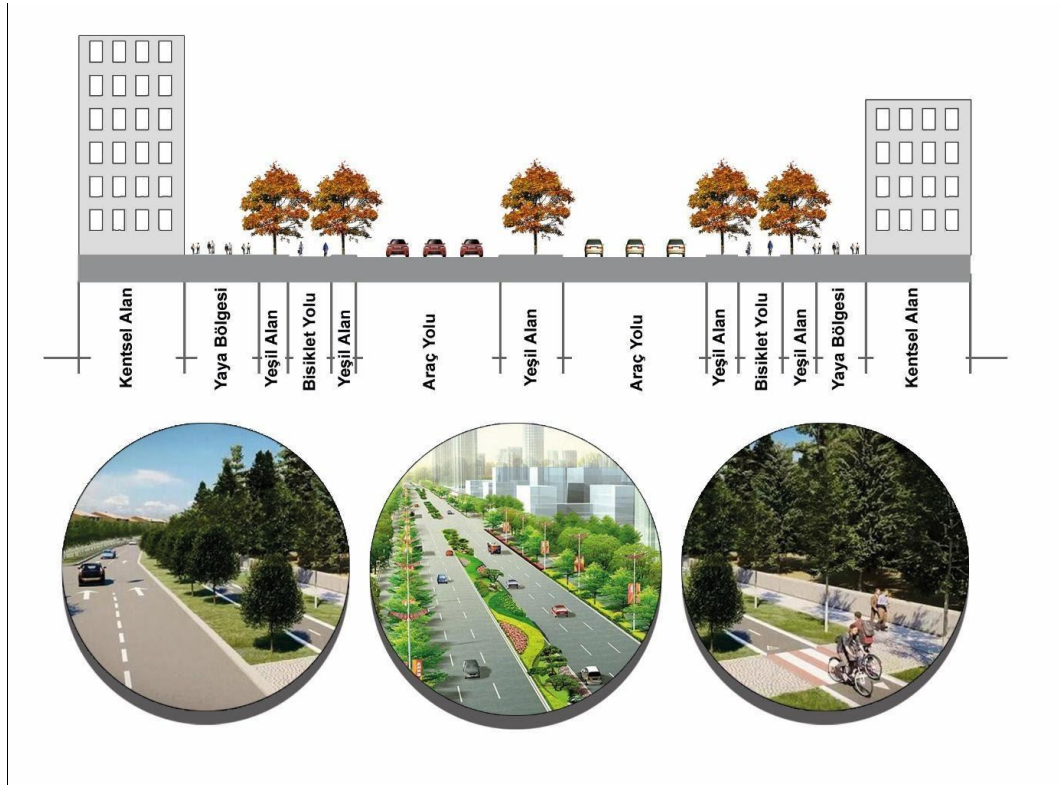
Şekil 24. Bolu kent merkezi hassas peyzaj sınıfları haritası (Orijinal, 2021)

Elde edilen sonuç haritasına göre Bolu kent merkezinin yoğun yapılaşmış bölgelerinde ağrlıklı olarak 4. ve 5. derecede hassas peyzajlar yer almaktadır. Buna karşılık kent çeperi yakınında ise 2. ve 3. derecede hassas peyzaj alanları yer almaktadır. 1. dereceden hassas peyzajların yer aldığı bölgeler yüksek geçirimsizliğe sahip, vejetasyon yoğunluğunun yüksek olduğu, arazi kullanım tipi olarak tarım ve orman alanlarının yoğunlukta olduğu, erozyon bakımından düşük risk taşıyan alanlardır. 1. ve 2. dereceden hassas peyzaj alanları korunması gereken alanlar olduğu için kentsel yayılımda göz önünde bulundurulmalı, gelecekte yapılacak imar planlarında da dikkat edilmesi gereken alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Daha öncede belirtildiği üzere, peyzaj şhirciliğinin en önemli konularından biri su yönetimidir. Bu bağlamda yapılan su geçirimsizliğine analizinde; Bolu kent merkezinin ağrlıklı olarak yüksek geçirimsiz alanlardan oluştuu tespit edilmiştir. Bu kapsamda gelecekte alanda sert zeminlerin ve yapısal oluşumların artması durumunda su geçirimsizliğine olumsuz etkilenecektir. Peyzaj öğelerinden bağımsız planlanan kentlerde su yönetimi başlı başına bir problem teşkil etmektedir. Bu nedenle peyzajı oluşturan tüm öğelerde olduğu gibi su geçirimsizliğine de peyzaj şhirciliği açısından büyük önem taşımaktadır. Kentler ve peyzaj öğeleri bir bütün olarak ele alınmalı, planlama ve tasarım yaklaşımlarına bu doğrultuda yön verilmelidir. Gerçekleştirilen analizlerde Bolu kent merkezinin yapılaşma olmadığı dönemlerinde verimli tarım arazilerinin daha fazla olduğu fakat kentin gelişimi ile birlikte bu arazilerin yerini yapılaşmaların aldığı görülmektedir.

Uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI değerleri doğrultusunda Bolu kent merkezine ilişkin gerçekleştirilen bitki yoğunluğu incelemelerinde 1985 yılından sonra bitki yoğunluğunda önemli gelişmeler olduğu görülmektedir. 2020 yılına ait görüntülerden elde edilen sonuçlara göre güney yönde oldukça yoğun bir bitki varlığı görülürken, kentin kuzeye doğru genişlemesinin ve iklim değişikliğinin sonucu olarak kuzey bölgelere doğru bitki örtüsünde azalma gözlemlenmektedir. Fakat yerleşim merkezleri içlerine doğru artan bitki örtüsü grup ve aksları göze çarpmaktadır. Bu durumun peyzaj şhirciliği anlayışıyla yapılan çalışmaların bir getirisi olduğu açıktır.

Merkezden çepere doğru kademeli olarak azalan yoğunlukta bölgelemeyi esas alan yeni şhircilik yaklaşımı; bağlantılılık, yürünebilirlik, karma kullanım, kentsel estetik, akıllı ulaşım ve sürdürülebilir bir çevreyi esas almaktadır (Grant, 2015; İlke ve İlke, 2017). Ulaşım ağları kentleri şekillendiren temel unsurlardandır. Bu nedenle peyzaj şhirciliği dahilinde olması gereken önemli konulardan biri konumundadır. Bir kentteki yol ağlarının yoğunluğu, o yerleşim birimi için erişilebilirliğini artırması, ticari ve sosyal hizmetleri teşvik etse de doğal peyzaj üzerinde de bozulmalara ve kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle yol planlamasında ekolojik anlamda duyarlı yaklaşımların uygulanmasına dikkat edilmelidir. Çevre düzeni ve imar plan kararlarına göre; Bolu İli Kentsel Gelişme Bölgesi Bolu merkez ilçeler ve Gerede alt bölgelerinden oluşur. Büyük şhirleri birbirine bağlayan bir noktada bulunan Bolu ve Gerede İlçe Planlama Bölgeleri D100 Karayolu'nun yakın çevresini kapsar ve dışı doğru yoğunlukta azalmalar görülmektedir. Bu nedenle kent içerisinde var olan yoğun trafik akışı, mevcut ve gelecek yol sistemleri ve çözümleri peyzaj şhirciliği bakış açısıyla değerlendirilmesi önemlilik arz etmektedir. Multidisipliner (tasarım, planlama ve mühendislik) çalışma gerektiren peyzaj şhirciliği kapsamında, kent içi yol peyzajlarının düzenlenmesinde yaya ve bisiklet odaklı, ekolojik açıdan duyarlı ve sosyal yaşamı destekleyici çözümler üretilmesi kentsel yaşam kalitesine olumlu katkılar sağlayacak ve kentlerin canlılığını ve yaşanabilirliğini arttıracaktır (Şekil 25).



Şekil 25. Yaya, bisiklet ve araç ulaşımı için yol tipolojisi örneği

Yoğun ve yüksek katlı yapılaşmanın hakim rüzgar yönünü (kuzey/kuzeybatı) kapatması ve hava sirkülasyonunun önüne geçmesi kent için iklimsel ve hava kirliliği konularında negatif etkiler oluşturacaktır (Taner, 2014).

Yapılan analizler ve kentsel gelişim durumu göstermektedir ki, imar planlarının doğal peyzaj özellikleri göz önünde bulundurulmadan yapılması verimli tarım topraklarının, ormanların yok olmasına, buna bağlı olarak geçirimli alanların zarar görmesine, vejetasyon örtüsünün tahrip olmasına sebep olmaktadır. Bir kent gelişirken sadece yapısal unsurların göz önünde bulundurulması, doğal ve kültürel peyzaj değerleri özelliklerinin bu sisteme dahil edilmemesi sağlıklı, yaşanılabilir ve uzun ömürlü bir kent sistemi oluşmasına engel olacaktır. Sonuç olarak; çevre kalitesini iyileştirmek ve kenti yaşanabilir bir sosyal mekan olarak geliştirmek için yeşil-gri entegrasyonu, bağlantı noktaları/yeşil alan ağları oluşturma, birden fazla işlev sunma, geliştirme, işbirlikçi ve katılımcı planlama yaklaşımlarının benimsenmesi gibi ana prensiplere sahip yeşil altyapı planlama yaklaşımının benimsenmesi (URL, 2018), kentsel peyzaj desenini biçimlendiren ilişkilerin belirlenmesi, yeni desenler ve tasarım sistemleri üretmemiz için eşsiz olanaklar sunacağı açıktır. Bu nedenle doğru planlama ve tasarım yaklaşımlarının gerçekleştirilebilmesi adına bütüncül bir yaklaşım benimseyen peyzaj şehirciliği gibi teori ve uygulamaların kent sistemlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Araştırma alanında çalışılan yöntem, kentsel tasarım alanında karar verme süreci için yardımcı veriler elde edilmesini sağlayacaktır. Böylece, tasarım bütünlüğü bozulmadan kentsel mekana kimlik kazandıran peyzaj öğeleri dahilinde, farklı gelişim stratejileri sunarak, sağlıklı bir kentsel gelişim planlama aşamaları için bir örnek teşkil edecektir.

Kaynaklar

- (URL, 2002) <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/12-kasim-bolu-92096> E.T. 05.04.2021
- (URL, 2018) <https://www.dogadergisi.com/yesil-altyapi-planlamasi> E.T. 04.05.2021
- (URL, 2020) <https://www.sabah.com.tr/galeri/yasam/sasirtici-rapor-turkiyenin-en-yasanabilir-sehirleri-hangileri/60> E.T. 01.05.2021
- (URL, 2021a). Karaçizmeli, E. B. *Peyzaj Şehirciliği; Yeni Bir Kentleşme Modeli* <https://docplayer.biz.tr/6093856-Peyzaj-sehirciligi-landscape-urbanism.html> E.T. 04.05.2021
- (URL,2021b) <https://bolu.ktb.gov.tr/TR-157477/bolu.html>. Bolu İl Kültür Turizm Müdürlüğü. E.T. 02.01.2021.
- Abdulganioglu, C. 2020. Bolu İli (2019) Yılı Çevre Durumu Raporu. T.C. Bolu Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü.
- Anonim, 2020a. <http://bolu.gov.tr/sehrimiz>. E.T 02.01.2021.
- Anonim, 2020b. Öztaş Çörek, Ç. ve Akı, M. 2015. Bolu Güvenli Bisiklet Yolları Projesi Kullanıcı Davranışları Değerlendirmesi. <https://wrişehirler.org/sites/default/files/Bolu%20G%C3%BCvenli%20Bisiklet%20Yollar%C4%B1%20Projesi%20Kullan%C4%B1c%C4%B1%20Davran%C4%B1%20De%C4%9> E.T 02.01.2021.
- Aytaş, İ., Bilgili, B. C. ve Şahin, Ş. (2016). Çankırı Kenti Peyzaj Karakter Analizi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, s. 696-713. Ankara.
- Bilgili, B. C. 2009. Ankara Kenti Yeşil Alanlarının Kent Ekosistemine Olan Etkilerinin Bazı Ekolojik Göstergeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 165, Ankara.
- Çakıcı, I. and Mehlig, A. (2010). “A discussion on car free design approaches: Frankfurt and Ankara” pp. 257-265. Sahin, Yusuf; Uzun, Abdullah; Aslantürk, Oğuzhan; Fırıldın, Emrah (Eds) 1st International Congress on Urban and Environmental Issues Papers and Proceedings
- Dengiz, vd., 2014. İnebolu Havzası'nın Icona Modeli İle Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2014,29(2):136-142. Anadolu J Agr Sci, 2014, 29(2):136-142. ISSN (Print) 1308-8750, ISSN (Online) 1308-8769.
- Erdem, M., 2017. Erozyon Tahmin Modelleri İle Toprak Kaybının Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Erpul, G., Deviren-Saygın, S. 2012. Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapmalı? Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1(1): 26- 32.

Grant, J. L., (2015). New Urbanism, International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition,

Güneş, M., 2017. Yeşil Altyapı Kapsamında Yeşil Ağ Planı ve Kent Kimliği Etkileşiminin İrdelenmesi: Ankara Cumhuriyet Dönemi Sınırı Örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

İlke, V., İlke F., (2017) Peyzaj Mimarlığı, Şehircilik Ve Parametrik Üslup Etkileşiminin Kentsel Tasarıma Yansımaları, Uluslararası Hakemli Tasarım Ve Mimarlık Dergisi, Sayı: 10

Kökner, A. (2013). Kentsel Dönüşüm Alanlarında Gerçekleştirilen Peyzaj Tasarımlarının Eleştirel Teori İle Bir Okuması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Özgenç, C., Karagöz, A., Güngör, A. (2017). "Bolu ilinde alternatif turizm türlerinden kongre turizminin yapılabirliğinin değerlendirilmesi" Journal of Recreation and Tourism Research. 4, (Special Issue 1): 49-61.

Öztürk, D. ve Batuk, F. (2011). SCS Yüzey Akış Eğri Numarasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi. TUFUAB VI. Teknik Sempozyumu.

Şahin, Ş. (1996). Dikmen Vadisi Peyzaj Potansiyelinin Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma". Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

Şahin, Ş. (1998). Integrating SEA with Coastal Zone Management Practices. In: The Criton Curi International Symposium on Environmental Management in the Mediterranean Region, June 18-20, Antalya, Turkey.

Şahin, Ş., Dilek, E. F. (2006). Kırsal alanlarda koruma-kullanım dengesi kapsamında doğal peyzaj analizi ve değerlendirmesi Gaziantep örneği. Kırsal Planlama Semineri, Marmaris

Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E. ve Memlük, Y. (2014). Akarsu Koridorlarında Peyzaj Onarımı ve Doğaya Yeniden Kazandırma Teknik Kılavuzu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü adına BEL-DA Belde Proje ve Dan. Tic. Ltd. Şti., 154 sayfa, Ankara.

Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O. ve Bilgili, B. C. (2014). Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu. Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kuruluş olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi Çıktısı, 148 Sayfa, Ankara.

Taner, İ. (2011). Bolu Kentinin Mekansal Gelişimini Etkileyen Etmenler, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi.

Taner, İ. (2014). Bolu Kentinin Mekânsal Gelişimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.

Tunçer, M., (2001) 'Bolu İli Planlaması Ve Deprem Sonrası Gelişmeler' <http://mehmet-urbanplanning.blogspot.com/2012/05/bolu-ili-planlamasi-ve-deprem-sonrasi.html> E.T. 05.05.2021

Uzun, O., Dilek, E. F., Çetinkaya, G., Erduran, F., Açıksöz, S. (2010). Konya İli, Bozkır Seydişehir-Ahırlı-Yalıhüyük İlçeleri ve Suğla Gölü Mevkii Peyzaj Yönetimi, Koruma ve Planlama Projesi. 1-2. Ara Rapor. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Doğa Koruma Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Uzun, O., Gültekin, P. (2011). Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya, Kocaeli, Turkey. Scientific Research and Essays (SRE), 6(2), 313-331 (2011) ISSN 1992-2248. Volume 16, pp: 810

Seçilmiş Çeşitli Türk Susamlarında Sesamin'in Tespiti ve Kantitatif Analizi

İbrahim Seyda Uras¹

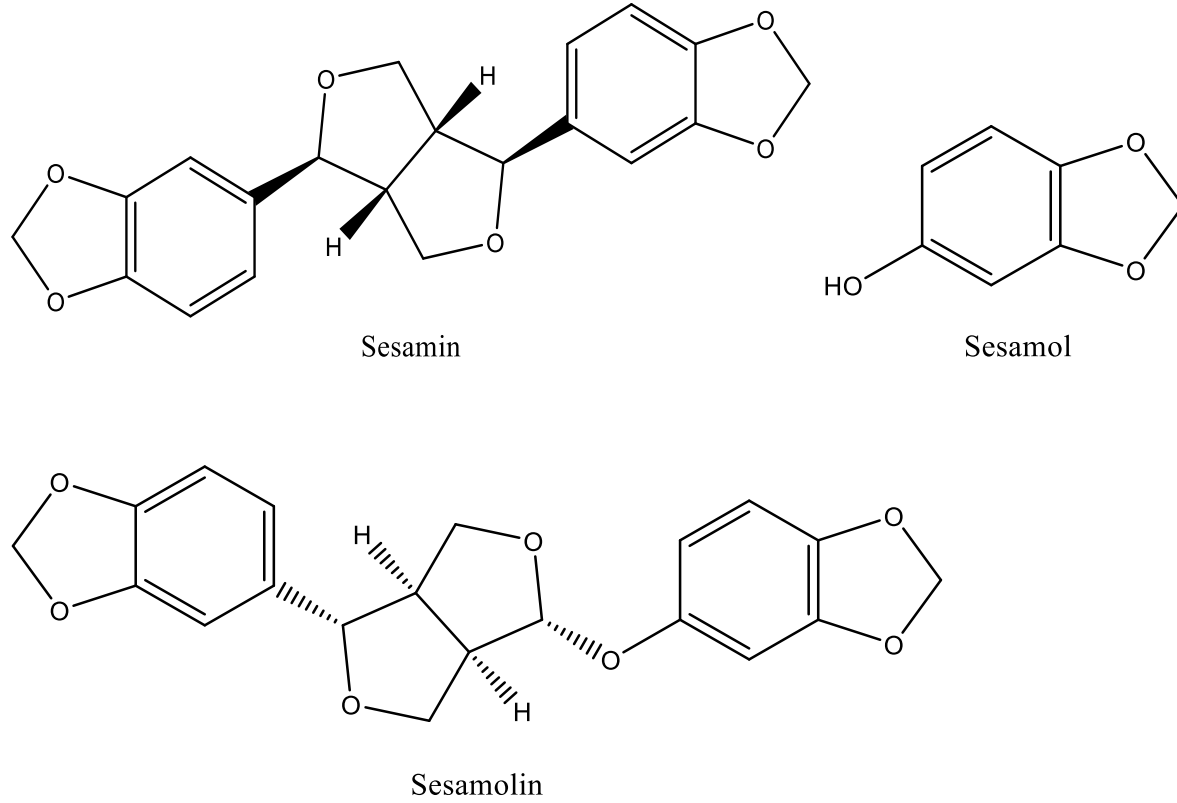
Giriş

Sesamum indicum L., Pedaliaceae familyasına aittir ve insanlar tarafından kullanılan en eski yağlı tohum olarak kabul edilir ve genellikle susam olarak bilinir. Dünya çapında yetiştirilir. Susam lipid, yağ asitleri, endojen antioksidanlar, proteinler, karbonhidratlar ve minerallerin zengin bir kaynağıdır. Susam tohumları gıda ve besin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca içerdiği mineraller ve vitaminler, çoklu doymamış yağ asitleri, tıbbi ekstreleri ve bunların önemli bileşenleri hem geleneksel tıpta hem modern tıpta kanser, hipertansiyon, hafıza kaybı gibi hastalıkların tedavisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Pal, Chandra, & Sachan, 2020).

Sesamum cinsine ait bir tür olan susam bitkisinin tohumları gıda alanında yoğun bir şekilde kullanılmakta olup tohumlardan elde edilen susam yağı da stabil bir yağ olması ve zengin aktif bileşik içeriğiyle sağlık alanında da önemli bir konuma sahiptir (Hama, 2017; Hassan, 2012). Susam tohumlarının yağ içeriği oldukça yüksektir ve ülkemizde susam yağı üretimi yapılmasına rağmen son yıllarda ne yazık ki Türkiye susam yağının belirgin bir ithalatçısı konumuna gelmiştir (Seçer, 2016). Susam tohumları sağlıklı bir besin olarak kabul görmektedir. İnsan sağlığı için esansiyel olan birçok vitamini, besin maddesini mineral ve antioksidan bileşiği bünyesinde taşımaktadır (Anilakumar, Pal, Khanum, & Bawa, 2010).

Sesamum indicum bitkisi taşıdığı uçucu yağdan ötürü karakteristik bir kokuya sahiptir. Coğrafik etkenlere bağlı olarak değişen bir içeriğe sahip olmakla birlikte susam tohumlarından elde edilen yağda sesamol, sesamolin, sesamin, farklı yağ asitlerinin gliserol esterleri ve miristik asite rastlanılmıştır. α , γ , δ -tokoferoller de susam tohumunda yer alan ve susamı önemli bir fitonutrient yapan diğer bileşiklerdir. Sesamolin *Sesamum indicum* tohumunun karakteristik bir bileşeni olup diğer cinslerde rastlanılmamaktadır. Buna rağmen sesamin bütün türlerde bulunmaktadır. Sesamol, sesaminol ve sesamolinol gibi diğer lignanlara da genel olarak eser miktarda rastlanılmaktadır (Hwang, Lee, & Su, 2005).

¹ İbrahim Seyda Uras, Dr., Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, isuras@agri.edu.tr



Şekil 1. *Sesamum indicum*'da bulunan lignan türü bileşikler.

S. indicum'un terapötik özellikleri birçok araştırmaya konu olmuş olup in vitro ve in vivo deneyler ile bitkinin ve aktif bileşenlerinin hepatoprotektif, hipoglisemik, antihipertansif, antiöstrojenik ve antikanser özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Ayrıca *S. indicum*'un Parkinson hastalığının tedavisinde kullanılabileceği de gösterilmiştir (Babatunji, Basiru, Oluwafemi, Sarah, & Abidemi, 2016).

2014 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada ratlar üzerinde *Sesamum indicum* tohumlarının profilaktik etkisi olup olmadığı incelenmiştir. İçeriğinde saponinler, flavonodiler, fenoller ve tanninler bulunan sulu ekstrenin etanol toksisitesine karşı profilaktik etkili olduğu gösterilmiştir (Oyinloye et al., 2014).

Yapılan bir diğer in vivo deneyde besin takviyesi olarak verilen susam yağının antipiretik analjezik ve antienflamatuvar etkileri olduğu bulunmuştur (Saleem et al., 2011). Bir diğer çalışmada susam yağı ve sesaminin, plevral eksüda oluşumunu ve antiinflamatuvar aktiviteyi doğrulayan lökosit göçünü inhibe ettiğini göstermiştir (Monteiro et al., 2014)

Sesamin, çiçekli bitki olan susamda (*Sesamum indicum*) bulunan yağda çözünen bir lignandır. Sesamin, Sesamum, Piper, Virola, Magnolia ve Camellia dahil olmak üzere farklı cinslere ait yaklaşık 30 farklı bitkide bulunur. Yine de, *S. indicum* tohumunun yağı, yüksek miktarlarda sesaminin elde edilmesi için başlıca bitki kaynağıdır (Dar & Arumugam, 2013).

Sesamin, terapötik uygulamalarda kullanılabilir çok çeşitli özellikler göstermektedir. Yapılan birçok araştırma sonucunda sesaminin önemli terapötik özelliklerinden birinin anti kanser etkisi olduğu görülmektedir (Majdalawieh, Massri, & Nasrallah, 2017).

Tümör bastırıcı ve antikanser etkilerin altında yatan temel özelliklerinden biri, iyi ortaya konmuş bir antiproliferatif potansiyeldir. Sesaminin, lösemi, multipl miyelom ve kolon, prostat, göğüs, pankreas ve akciğer kanserleri dahil olmak üzere çok çeşitli tümör hücrelerinin proliferasyonunu önemli ölçüde inhibe ettiği gösterilmiştir. Sesaminin bu antiproliferatif etkisinin bir sebebinin çeşitli hücre dizilerinde doza ve zamana bağlı bir şekilde NF- κ B sinyal yolunu güçlü bir şekilde bloke etme kabiliyeti olduğu gösterilmiştir (Harikumar et al., 2010).

Doğrudan antiproliferatif aktivitesinin yanı sıra, sesamin ayrıca antikanser özellikleri sergileyen diğer bileşiklerin antiproliferatif kapasitesini de artırabilir. Doğal bir E vitamini formu olan γ -tokotrienol, güçlü antikanser potansiyeline sahip bir fitokimyasaldır. Sesaminin, γ -tokotrienolün metabolik parçalanmasını inhibe ederek yarı ömrünü artırdığı göz önüne alınarak sesaminin, neoplastik fare (+ SA) ve insan (MCF-7 ve MDA-MB-231) meme kanseri hücre hatlarında γ -tokotrienolün antiproliferatif etkilerini sinerjik olarak artırma olasılığı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, sesamin ve γ -tokotrienolün kanser hücrelerine karşı kombine tedavisinin spesifik ve sinerjistik antiproliferatif rolünün sitotoksik değil sitostatik olduğu bulunmuştur (Mohamed R. Akl, Ayoub, Abuasal, Kaddoumi, & Sylvester, 2013).

Sesaminin regüle edilmemiş proliferasyona ve tümörjenezze karşı koruyucu potansiyeli, apoptozu indüklemeye kabiliyeti ile büyük ölçüde ilişkilidir. Bir *in vitro* çalışmada, sesamin ve episesaminin insan lenfoid lösemi hücrelerinde (Molt 4B) doza bağımlı bir şekilde büyüme inhibisyonunu ve apoptozu güçlü bir şekilde indüklediği gösterilmiştir (Miyahara et al., 2000). Başka bir *in vitro* çalışmada, sesaminin apoptotik olayları tetikleyerek akciğer kanseri hücrelerinin (MRC-5, HEL299, H1299, A549, H1437 ve 293 T hücreleri) büyümesine karşı koruyucu etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Wang et al., 2010).

2014 yılında yapılan bir çalışmada, sesaminin insan primer monositlerinde ve THP-1 hücrelerinde makrofajdan türetilmiş kemokinlerin (MDC) ekspresyonu üzerindeki etkilerini *in vitro* olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, sesaminin, MDC'ye bağlı inflamasyona karşı baskılayıcı rolünü epigenetik regülasyonun yanı sıra ER, PPAR α , p38 MAPK ve NF- κ B'yi içeren yolların inhibisyonuyla gösterdiği ortaya konulmuştur (C.-C. Hsieh et al., 2014).

İnsan kronik miyeloid lösemi hücre hattı (KBM-5) kullanılan *in vitro* bir çalışmada, sesamin uygulaması ile (100 μ M), MMP-9 ve hücre içi adezyon molekülü 1'in TNF α ile indüklenen ekspresyonunda önemli bir zamana bağlı azalma gözlenmiştir (Harikumar et al., 2010). Bu sonuçla uyumlu olarak, sesaminin (10-100 μ g / ml), doza bağımlı bir şekilde PC3 hücrelerinde LPS ile indüklenen MMP-9 ve ICAM-1 ekspresyonunu önemli ölçüde inhibe ettiği gösterilmiştir (Xu, Cai, Liu, & Guo, 2015). Elde edilen bulgular sesaminin potansiyel olarak tümör metastazını ve invazyonunu hafifletmek için terapötik bir ajan olarak kullanılabilir güçlü antimetastatik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir.

Sesamin ile yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarda ortaya konulan aktivite ve mekanizma ilişkileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sesaminin in vitro ve in vivo antikanser aktivitelerinin özeti

Aktivite	Aksiyon Mekanizması	Referans
Antianjiyojenik ve pro-anjiyojenik aktivite	VEGF ekspresyon inhibisyonu	(Xu et al., 2015)
	NF- κ B yolağının inhibisyonu	
	p38 MAPK yolağının inhibisyonu	
Pro-otofagositik aktivite	EphA1 ve EphB2 fosforilasyonunun inhibisyonu	(Tanabe et al., 2011)
	ERK1/2 yolağının modülasyonu	(M. R. Akl, Ayoub, & Sylvester, 2012)
Antienflamatuvar Aktivite	MMP'lerin (MMP-1, MMP-2, MMP-3, MMP-9, and MMP-13) aşağı regülasyonu	(Freise et al., 2012)
	IL-1 β , IL-6, ve TNF α üretiminin inhibisyonu	(Kong et al., 2014)
	PPAR α ve PPAR γ yolaklarının aktivasyonu	(C. C. Hsieh et al., 2014)
Pro-apoptotik Aktivite	Bcl-2 ekspresyonunun regülasyonu	(Deng et al., 2013)
	GADD153 ekspresyonunun artırılması	(Banjerdpongchai, Yingyurn, & Kongtawelert, 2010)
	p27 and p16 seviyelerinin artırılması	(Mohamed R. Akl et al., 2013)
Antiproliferatif etki	ABCB1 ve ABCB5'yi inhibe ederek MDR hücre proliferasyonunun baskılanması	(Saeed, Khalid, Sugimoto, & Efferth, 2014)

Bu çalışmanın amacı, sesaminin bu etkileri göz önünde bulundurularak Türkiye'de yetiştirilen susamların sesamin içeriklerinin tespit edilmesi ve kantitatif analizler ile sesamin üretimi için en uygun olabilecek susam varyetelerinin belirlenmesidir.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan susam tohumları Türkiye'de ıslah edilmiş ve yetiştirmekte olan susam varyetelerinden seçilmiştir. Ege bölgesinden Cumhuriyet-99, Tanas, Osmanlı-99, Orhan Gazi-99, Tan-99, Sarısu, Kepsut susamları, Batı Akdeniz bölgesinden Batem-Aksu, Baydar 2001, Muğanlı 57, Gölmarımarı ve Batem-Uzun susamları analiz için kullanılmıştır.

Susam tohumlarından elde edilen yağların lignan içeriklerinin araştırılmasında Agilent 1100 HPLC (ABD) cihazı kullanılmıştır. HPLC analizleri Phenomenex Luna 5µm C18 250 x 4.6 mm (ABD) analitik kolon kullanılarak yürütölmüştür. Analizde lignan içeriğinin kontrol edilmesi için Sesamin (Sigma-Aldrich, ABD) ve Sesamol (Sigma-Aldrich, ABD) referans maddeleri kullanılmıştır.

HPLC sonuçlarının değeriendirilmesinde ChemStation for 3D LC Systems yazılı kullanılmıştır. Sesaminin susam yağlarındaki kantitatif analizinde veriler GraphPad Prism 9.0 yazılımı yardımıyla değeriendirilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmak için temin edilen susam tohumlarından 100 gr alınarak eşit miktarda susuz sodyum sülfat ile iyice karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiş ve bu homojen karışım soxhlet aparatına uygulanmak üzere bir kartuşa yerleştirilmiştir. Soxhlet düzeneğii kurularak kaynama balonuna 500 ml n-hekzan çözücüsü eklenmiş ve sisteme ısı verilerek susam yağının elde edilmesine başlanmıştır. İşlem 8 saat boyunca devam etmiş olup bu süre sonunda ekstraksiyon tamamlanmış ve işlem sonlandırılmıştır. Kaynama balonunda bir karışım halinde bulunan susam yağii ve hekzandan, hekzan evaporatör yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmış ve susam tohumu yağii saf bir şekilde elde edilmiştir. Soxhlet aparatı yardımı ile susam yağının elde edilii Şekil 2' de gösterilmiştir

Elde edilen susam yağlarından 1 gr tam tartım alınarak 10 ml kloroform ile çözüme işlemini gerçekteştirilmiştir. Daha sonra 10 ml metanol de eklenerek susam yağii 1:1 kloroform metanol karışımında çözülmüştür. Karışım vortekslenerek susam yağının tam çözünmesi sağlanmıştır. Numuneler 0.45 PTFE filtreden geçirilerek süzülmüş ve HPLC sistemine verilmiştir (Kim, Yun, Lee, & Kim, 2020).

Kantitatif analizlerin gerçekteştirilmesinde harici standart metodu kullanılmıştır. Bu metotta örnekler ve standart madde ayrı ayrı hazırlanıp analiz edilerek sonuçların kıyaslaması yapılmaktadır. Sesamin maddesinin seri dilüsyonu hazırlanıp HPLC sonucundan maddeye ait pikin oluşturduğu alan bulunmuş ve grafik denklemi elde edilerek kantitatif analizler gerçekteştirilmiştir.



Şekil 2. Soxhlet aparatı ile susam tohumlarından sabit yağ eldesi

HPLC analizlerinde kullanılan gradient çözücü sistemi Tablo 2'de gösterilmiştir.

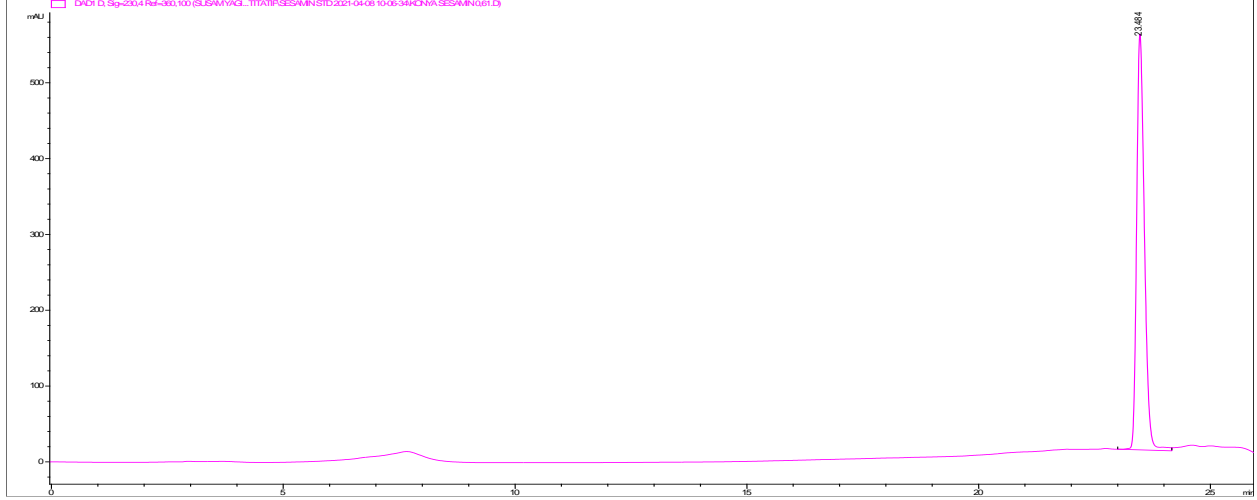
Tablo 2. HPLC analizlerinde kullanılan gradient çözücü sistemi

Time(min)	Methanol (%)	Water (%)	Flow (ml/min)
0.00	30	70	1.000
0.01	3	97	1.000
4.00	80	20	1.000
5.00	18	82	1.000
10.00	35	65	1.000
15.00	62	38	1.000
18.00	80	20	1.000
22.00	80	20	1.000
23.00	5	95	1.000

26.00	5	95	1.000
-------	---	----	-------

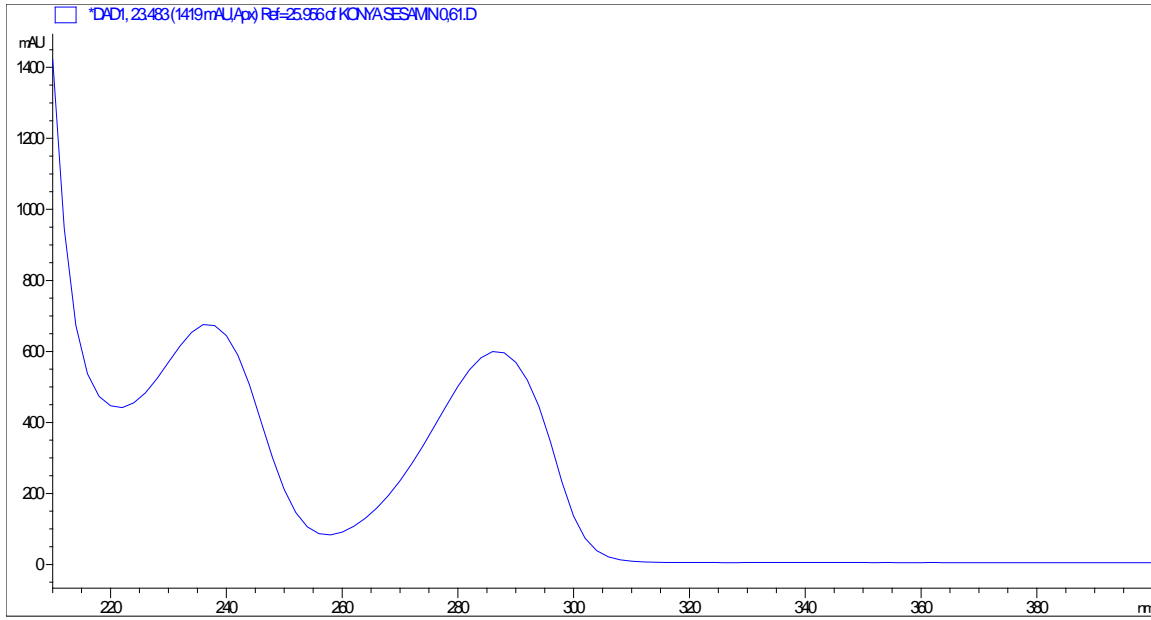
Bulgular

Yapılan HPLC analizleri sonucunda sesamin maddesinin retansiyon zamanının 23.48 olduğu bulunmuştur (Şekil 3).

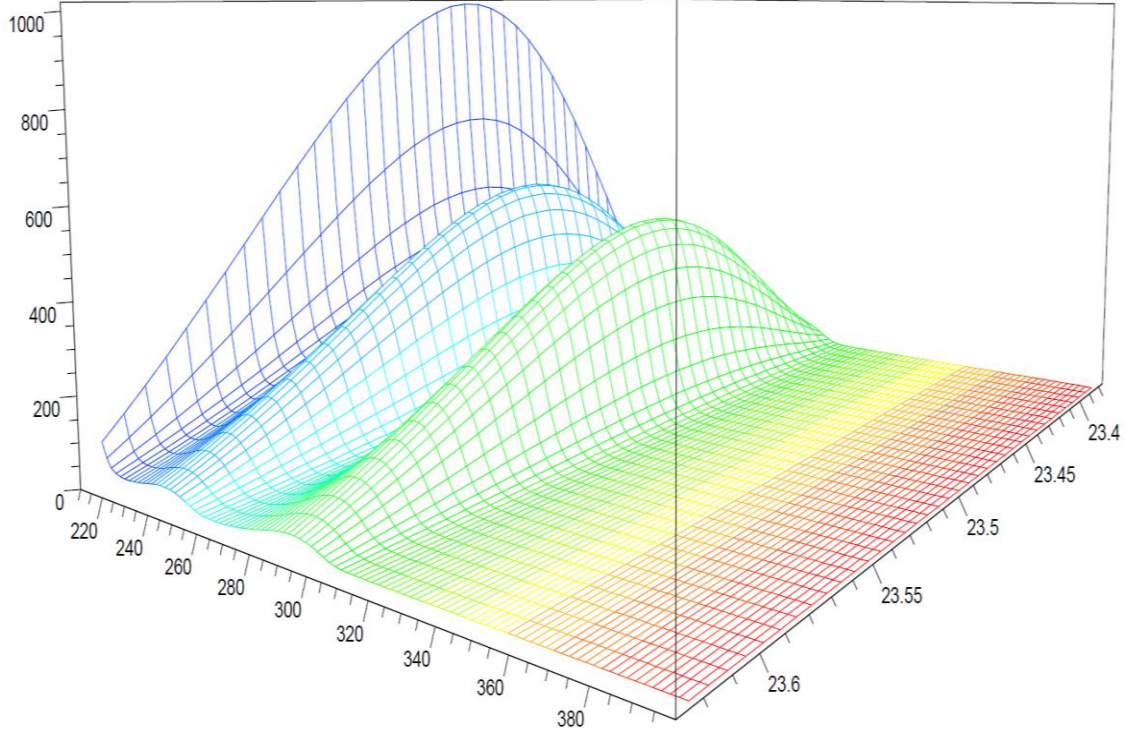


Şekil 3. Sesamin maddesinin retansiyon zamanı

Sesamin maddesinin 2 boyutlu ve 3 boyutlu maksimum UV absorpsanları incelenerek safsızlık olup olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4, Şekil 5).



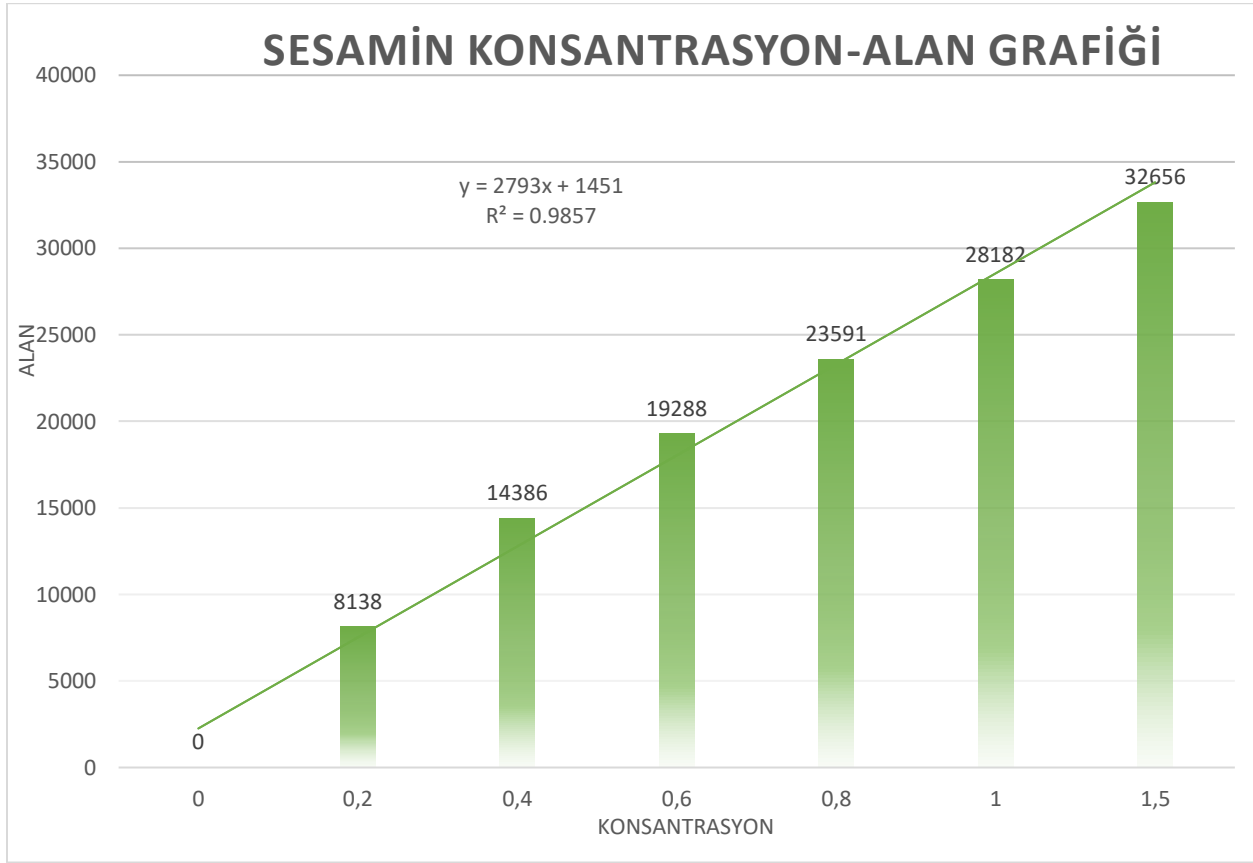
Şekil 4. Sesamin maddesinin 2 boyutlu maksimum UV absorpsansı



Şekil 5. Sesamin maddesinin 3 boyutlu maksimum UV absorbanası

Standart maddenin retansiyon zamanı ve UV absorbanası belirlendikten sonra analize verilen susam tohum yağlarında bu retansiyon zamanına sahip madde aranmış ve sesamin molekülünün alınan tüm susam türlerinde az veya çok bulunduğu tespit edilmiştir. Her bir susam yağı örneği ve standart 3 tekrar ile analiz edilmiş ve değerlerin ortalaması alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Sesamin standardı 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.5 mg/ml konsantrasyonlarında hazırlanarak kantitatif hesaplama için ihtiyaç duyulan denklem elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Sesamin konsantrasyon-alan grafiği



Elde edilen grafik doğrultusunda susam yağı örneklerindeki sesamin maddesinin miktarı hesaplanmış ve Tablo 3'te gösterilen veri elde edilmiştir.

Tablo 3. Analiz edilen susam örneklerindeki sesamin miktarı

Sesame Tohumu Örneği	Sesamin İçeriği (mg/g ham susam tohumunda)
Batem-Aksu	0,72
Baydar-2001	2,25
Muğanlı-57	2,72
Gölmarmara	2,57
Batem-Uzun	4,90
Cumhuriyet-99	4,83
Tanas	4,21

Tablo 3. Devam

Osmanlı-99	4,25
Orhan Gazi-99	4,94
Tan-99	2,30
Sarısu	3,09
Kepsut	1,14

Sonuç ve Tartışma

Çalışmada Ege Bölgesinden yedi, Batı Akdeniz bölgesinden 5 olmak üzere toplam 12 susam tohumu örneğinden susam yağları elde edilmiştir. Elde edilen yağların HPLC analizleri yapılmış ve susamların tamamında sesamin maddesinin bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan kantitatif analizler sonucunda sesamin içeriği en yüksek olan susamların Batem-Uzun, Cumhuriyet-99 ve Orhan Gazi-99 varyeteleri oldukları belirlenmiştir.

Türkiye’de susam ekimine ayrılan alan 1990 yılından günümüze gelene kadar sürekli düşüş göstermiştir. Günümüze yaklaştıkça üretimde verim artmış olmasına rağmen bu artış üretime yansıtılamamış, üretim her geçen yıl azalmıştır. Bu sebeple susam ithalatı her yıl giderek artmıştır ve Türkiye susam dış ticaretinde net ithalatçı konumuna gelmiştir. Türkiye’nin birçok bölgesinde susam ekimi yapılırken en çok ekim alanının ayrıldığı ve en yüksek miktarda üretimin yapıldığı bölgeler Ege ve Akdeniz bölgeleridir. Bu sebeple bu çalışmada da bu bölgelerde yetiştirilmekte olan susam örnekleri temin edilerek çalışılmıştır (Seçer, 2016).

Elde edilen sonuçlar üç susam örneğinin sesamin içeriği açısından zengin olduğunu göstermektedir. Bu örneklerden Batem-Uzun Akdeniz bölgesinde yetiştirilmekte olup, Cumhuriyet-99 ve Orhan Gazi-99 Ege bölgesinde yetiştirilmektedir. Bu sonuç her iki bölgedeki koşulların sesamin açısından yüksek verime sahip türlerin özel olarak üretilmesi için uygun iklimsel koşullara sahip olduğuna işaret etmektedir. Susam temininde ithalatçı konumunda bulunan Türkiye için, sesamin üretimine odaklanılarak sesamin üretimine yönelik bir planlama yapılması ülkeye katma değeri yüksek bir ekonomik çıktı sunacaktır.

Teşekkür

Sesamin standart maddesinin temininde yardımcı olarak bu çalışmaya katkı sunan Necmettin Erbakan Üniversitesi’nde görev yapmakta olan Doç. Dr. Ahmet Ünver’e teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Akl, M. R., Ayoub, N. M., Abuasal, B. S., Kaddoumi, A., & Sylvester, P. W. (2013). Sesamin synergistically potentiates the anticancer effects of γ -tocotrienol in mammary cancer cell lines. *Fitoterapia*, *84*, 347-359. doi:10.1016/j.fitote.2012.12.013
- Akl, M. R., Ayoub, N. M., & Sylvester, P. W. (2012). Mechanisms mediating the synergistic anticancer effects of combined γ -tocotrienol and sesamin treatment. *Planta Med*, *78*(16), 1731-1739. doi:10.1055/s-0032-1315302
- Anilakumar, K. R., Pal, A., Khanum, F., & Bawa, A. S. (2010). *Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (Sesamum indicum L.) Seeds - An Overview*.
- Babatunji, O., Basiru, A., Oluwafemi, O., Sarah, N., & Abidemi, K. (2016). Cardioprotective and antioxidant influence of aqueous extracts from *Sesamum indicum* seeds on oxidative stress induced by cadmium in wistar rats. *Pharmacognosy Magazine*, *12*(46), 170-174. doi:10.4103/0973-1296.182155
- Banjerdpongchai, R., Yingyurn, S., & Kongtawelert, P. (2010). Sesamin Induces Human Leukemic Cell Apoptosis via Mitochondrial and Endoplasmic Reticulum Stress Pathways. *World journal of oncology*, *1*(2), 78-86. doi:10.4021/wjon2010.03.195w
- Dar, A. A., & Arumugam, N. (2013). Lignans of sesame: Purification methods, biological activities and biosynthesis – A review. *Bioorganic Chemistry*, *50*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2013.06.009>
- Deng, P., Wang, C., Chen, L., Wang, C., Du, Y., Yan, X., . . . He, G. (2013). Sesamin induces cell cycle arrest and apoptosis through the inhibition of signal transducer and activator of transcription 3 signalling in human hepatocellular carcinoma cell line HepG2. *Biol Pharm Bull*, *36*(10), 1540-1548. doi:10.1248/bpb.b13-00235
- Freise, C., Trowitzsch-Kienast, W., Ruehl, M., Erben, U., Seehofer, D., Kim, K. Y., . . . Somasundaram, R. (2012). (+)-Episesamin exerts anti-neoplastic effects in human hepatocellular carcinoma cell lines via suppression of nuclear factor-kappa B and inhibition of MMP-9. *Invest New Drugs*, *30*(6), 2087-2095. doi:10.1007/s10637-011-9762-x
- Hama, J. R. (2017). Comparison of fatty acid profile changes between unroasted and roasted brown sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds oil. *International Journal of Food Properties*, *20*(5), 957-967. doi:10.1080/10942912.2016.1190744
- Harikumar, K. B., Sung, B., Tharakan, S. T., Pandey, M. K., Joy, B., Guha, S., . . . Aggarwal, B. B. (2010). Sesamin manifests chemopreventive effects through the suppression of NF-kappa B-regulated cell survival, proliferation, invasion, and angiogenic gene products. *Mol Cancer Res*, *8*(5), 751-761. doi:10.1158/1541-7786.Mcr-09-0565
- Hassan, M. M. (2012). Studies on Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and its products 1- physicochemical analysis and phenolic acids of roasted Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *World Journal of Dairy & Food Sciences*, *7*, 195-201.
- Hsieh, C.-C., Kuo, C.-H., Kuo, H.-F., Chen, Y.-S., Wang, S.-L., Chao, D., . . . Hung, C.-H. (2014). Sesamin suppresses macrophage-derived chemokine expression in human monocytes via epigenetic regulation. *Food & Function*, *5*(10), 2494-2500. doi:10.1039/C4FO00322E
- Hsieh, C. C., Kuo, C. H., Kuo, H. F., Chen, Y. S., Wang, S. L., Chao, D., . . . Hung, C. H. (2014). Sesamin suppresses macrophage-derived chemokine expression in human monocytes via epigenetic regulation. *Food Funct*, *5*(10), 2494-2500. doi:10.1039/c4fo00322e
- Hwang, L. S., Lee, M. H., & Su, N. W. (2005). Sesame oil. *Bailey's industrial oil and fat products*, 1-39.

- Kim, A. Y., Yun, C. I., Lee, J. G., & Kim, Y. J. (2020). Determination and Daily Intake Estimation of Lignans in Sesame Seeds and Sesame Oil Products in Korea. *Foods*, 9(4). doi:10.3390/foods9040394
- Kong, X., Ma, M. Z., Zhang, Y., Weng, M. Z., Gong, W., Guo, L. Q., . . . Yang, J. R. (2014). Differentiation therapy: sesamin as an effective agent in targeting cancer stem-like side population cells of human gallbladder carcinoma. *BMC Complement Altern Med*, 14, 254. doi:10.1186/1472-6882-14-254
- Majdalawieh, A. F., Massri, M., & Nasrallah, G. K. (2017). A comprehensive review on the anti-cancer properties and mechanisms of action of sesamin, a lignan in sesame seeds (*Sesamum indicum*). *Eur J Pharmacol*, 815, 512-521. doi:10.1016/j.ejphar.2017.10.020
- Miyahara, Y., Komiya, T., Katsuzaki, H., Imai, K., Nakagawa, M., Ishi, Y., & Hibasami, H. (2000). Sesamin and episesamin induce apoptosis in human lymphoid leukemia Molt 4B cells. *Int J Mol Med*, 6(1), 43-46.
- Monteiro, É. M. H., Chibli, L. A., Yamamoto, C. H., Pereira, M. C. S., Vilela, F. M. P., Rodarte, M. P., . . . de Matos Araújo, A. L. S. (2014). Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the sesame oil and sesamin. *Nutrients*, 6(5), 1931-1944.
- Oyinloye, B. E., Nwozo, S. O., Amah, G. H., Awoyinka, A. O., Ojo, O. A., Ajiboye, B. O., & Tijani, H. A. (2014). Prophylactic effect of aqueous extract of *Sesamum indicum* seeds on ethanol-induced toxicity in male rats. *Nutrition research and practice*, 8(1), 54-58. doi:10.4162/nrp.2014.8.1.54
- Pal, D., Chandra, P., & Sachan, N. (2020). Chapter 15 - Sesame Seed in Controlling Human Health and Nutrition. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 183-210): Academic Press.
- Saeed, M., Khalid, H., Sugimoto, Y., & Efferth, T. (2014). The lignan, (-)-sesamin reveals cytotoxicity toward cancer cells: Pharmacogenomic determination of genes associated with sensitivity or resistance. *Phytomedicine*, 21(5), 689-696. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.01.006>
- Saleem, T. M., Basha, S. D., Mahesh, G., Rani, P. S., Kumar, N. S., & Chetty, C. M. (2011). Analgesic, anti-pyretic and anti-inflammatory activity of dietary sesame oil in experimental animal models. *Pharmacologia*, 2(6), 172-177.
- Seçer, A. (2016). Türkiye'de susam üretim ve dış ticaretinde gelişmeler. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 27-36.
- Tanabe, H., Kuribayashi, K., Tsuji, N., Tanaka, M., Kobayashi, D., & Watanabe, N. (2011). Sesamin induces autophagy in colon cancer cells by reducing tyrosine phosphorylation of EphA1 and EphB2. *Int J Oncol*, 39(1), 33-40. doi:10.3892/ijo.2011.1011
- Wang, H. M., Cheng, K. C., Lin, C. J., Hsu, S. W., Fang, W. C., Hsu, T. F., . . . Lee, A. Y. (2010). Obtusilactone A and (-)-sesamin induce apoptosis in human lung cancer cells by inhibiting mitochondrial Lon protease and activating DNA damage checkpoints. *Cancer Sci*, 101(12), 2612-2620. doi:10.1111/j.1349-7006.2010.01701.x
- Xu, P., Cai, F., Liu, X., & Guo, L. (2015). Sesamin inhibits lipopolysaccharide-induced proliferation and invasion through the p38-MAPK and NF- κ B signaling pathways in prostate cancer cells. *Oncol Rep*, 33(6), 3117-3123. doi:10.3892/or.2015.3888

Isıl İşlem Uygulanmış Süt ve Süt Ürünlerinde Lisinoalanin İçeriği

*Ezgi EDEBALI¹
Salih ÖZDEMİR²
Cihat ÖZDEMİR³*

Giriş

Süt ve süt ürünlerine mikrobiyolojik güvenliklerini ve raf ömürlerini sağlamak için ısıtma işlemleri uygulanmaktadır (Wada ve Lönnerdal, 2014). Doğrudan tüketime sunulan süt ve spesifik süt ürünleri için kullanılan ısıtma yöntemlerinin ana kategorileri pastörizasyon, kutu içi sterilizasyon ve UHT yöntemi olarak sınıflandırılmaktadır (Deeth ve Lewis, 2017; Schmidt ve ark., 2017). Sütte, sıcaklık-zaman kombinasyonlarına, kullanılan ısıtma yöntemine ve süt ön işleme koşullarına bağlı olan birçok kimyasal ve biyokimyasal değişiklikler meydana gelmektedir (Boitz ve Mayer, 2015).

Lisinoalanin (LAL) ise proteinlerin alkali muamelesi veya protein içeren gıda maddelerinin ısıtılması sırasında istenmeyen ikincil bir ürün olarak üretilmektedir. Protein çapraz bağlanmasının kapsamı, oluşumu işlem sırasında karşılaşılan nötr veya alkali koşullar altında uygulanan ısı işlemleriyle teşvik edilen, yaygın olarak çalışılmış bir protein çapraz bağlayıcı olan lisinoalanin (LAL) seviyesi ile açıklanabilir (Friedman, 1999). Oluşumu alkali pH ve indirgeyici şekerlerin yokluğu ile arttırıldığı için çok yüksek lisinoalanin seviyeleri endüstriyel kazein ve kazeinatları karakterize etmektedir (Resmi ve ark., 2003). Beslenme açısından alkali ortamda ısı işleminin verdiği zarar proteinin içerdiği lizin kaybına bağlı olarak Maillard reaksiyon ürünleri oluşumu ile ilişkilidir (Faist ve ark., 2000). Reaktiflerin (amino ve karbonil bileşikleri) doğası, konsantrasyonu ve oranı, sıcaklık, zaman, pH ve su aktivitesi gibi birçok iç ve dış faktör, Maillard reaksiyon ürünlerinin verimini ve türünü etkilemektedir (Liu ve ark., 2012). Ürünlerde LAL oranı yüksekse, bu, sütün veya süt ürününün işlem sırasında çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı veya çok uzun süre işlemde geçirildiği anlamına gelmektedir. Uzun raf ömürlü ürünlerin üretimi ve sütün ısı işlemi sırasında serin, fosfoserin, glikoserin, sistein veya sistin dehidroalanine dönüştürülebilme ve daha sonra lizin, histidin veya sistein ile lisinoalanin (LAL), histidinoalanin (HAL) veya lantiyonin (LAN) çapraz bağları elde edilmektedir (Nielsen ve ark., 2020). Proteinlerin besin değeri, sindirilebilirliği ve işlevselliği, kovalent çapraz bağların, modifiye edilmiş amino asit kalıntılarından etkilenebilme, (Nielsen ve ark., 2020) lizin ve sisteinin besinsel kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Corpet ve ark., 2008).

AB UHT süt mevzuatına göre süt 135 °C gibi düşük olmayan bir ısı işlem uygulamasından sonra aseptik koşullarda paketlenmekte ve oda sıcaklığında tutulmaktadır (Anon, 2005). Sütün kalite parametrelerindeki eksiklik kalitesiz olan çiğ sütün sanitasyonunu sağlamak ve bitmiş ürünün raf ömrünü uzatmak için UHT olarak işlenecek sütün aşırı işlenmesine neden olabilir (Anon, 2005a). Süt protein tozlarının aşırı işlenmesi kazein misel yapısında değişikliklere yol açabilmektedir. Süt asidifikasyonu

¹ Ezgi EDEBALI, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, ezgi.edebali@ogr.atauni.edu.tr

² Salih ÖZDEMİR, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, ozdemir@atauni.edu.tr

³ Cihat ÖZDEMİR, Atatürk Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, cozdemir@atauni.edu.tr

uygulandığında kazein modifikasyonu, kazein fraksiyonundaki inorganik koloidal fosforun belirlenmesi ile kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Bu yaklaşımın, işleme sırasında benimsenen farklı süt asitleştirme seviyeleri arasında ayırım yapmada hassas olduğu kanıtlanmıştır (Cattaneo ve ark., 2012).

Lisinoalanin Oluşumu

Reaksiyonun ilk aşamasında dehidroalanin oluşumu, bir E1cB (elimination unimolecular conjugate base) veya E2 reaksiyonu olabilen bir β -eliminasyonu yoluyla gerçekleşir. E1cB reaksiyonu, bir OH'nin bir karbanyon ara maddesi oluşturmak için serin, fosfoserin, glikoserin, sistin veya sistinden bir α -protonu çıkardığı ve ardından dehidroalanin oluşturmak için bir β -pozisyonunda bir grubun ayrıldığı iki aşamalı bir süreçtir. Dehidroalanin oluşturmak için farklı amino asit yan zincirlerinin reaktivitesi, lisinoalanin oluşumunun ilk aşamasındaki asitliklerine bağlıdır. Asit ne kadar güçlüyse, grup o kadar iyi ayrılmaktadır (Clayden ve ark., 2012).

β -kazein, α -s1-kazein, α -s2-kazein, κ -kazein, β -laktoglobulin ve α -laktalbüminin amino asit sekansı sırasıyla 16, 16, 17, 13, 7 ve 7 serin kalıntısını içerir. Serinlerin fosforilasyonu dehidroalanin oluşumundaki reaktivitelerini artırır. Sistein ve sistin kalıntıları da dehidroalanin oluşumunun öncüleridir ve bunların içeriği peynir altı suyu proteininde kazeine göre çok daha yüksektir (Liu ve ark., 2019). α -laktalbümin ve β -laktoglobulinin amino asit dizisi sırasıyla 8 ve 5 sistein kalıntısı içerirken, α -s1-kazein, α -s2-kazein, β -casein ve κ -kazein sırasıyla yalnızca 0, 2, 0 ve 2 sistein kalıntısı içerir. Peynir altı suyu proteinlerindeki bu sistein kalıntılarının çoğu, disülfid bağları (sistin kalıntıları) yoluyla birbirlerine kovalent olarak çapraz bağlanır ve bu da dehidroalanin oluşumundaki reaktivitelerini artırır. Proteinin ısıtılması ayrıca sistein kalıntıları üzerinde daha reaktif -SH grubu ve ardından proteinler arasındaki disülfid bağlarının yeniden düzenlenmesi ve sistin kalıntılarında muhtemelen artışla sonuçlanır (Lowe ve ark., 2004; Patel ve ark., 2006). Sistin kalıntıları, disülfid bağlı olmayan sistein kalıntılarında daha reaktif olduğu için dehidroalanin oluşumunda bir artışa katkıda bulunabilir.

Maillard reaksiyonları ile kovalent enzimatik olmayan proteinlerin çapraz bağlanmasının, süt protein ürünlerinde, indirgeyici şeker (laktoz gibi) ile proteinlerden veya polipeptidlerden serbest amino grubu (lisin gibi) arasındaki ilk reaksiyonu içeren ana agregasyon mekanizmalarından biri olduğu varsayılmaktadır. Bu agregaların kimyasal yapıları ve oluşum mekanizmaları tam olarak anlaşılmasa da Maillard reaksiyonunun son aşamasında meydana geldikleri ileri sürülmektedir. Bununla birlikte, LAL çapraz bağlarının oluştuğu yerde şekerden bağımsız başka bir çapraz bağlama reaksiyonu birlikte meydana gelebilir. LAL çapraz bağları, çapraz bağ oluşumunun aynı veya farklı polipeptit zincirlerinde yer almasına bağlı olarak hem molekül içi hem de molekül dışı olabilir. Bu nedenle, amino asitler arasında bu yeni kovalent çapraz bağların oluşumu, protein kümeleşmesine katkıda bulunabileceği gibi, protein işlevselliğindeki değişikliklere de katkıda bulunabilir. Bu kovalent protein çapraz bağları, ısıl işlem görmüş sütte tanımlanan α sl-kazeinin disülfid olmayan kovalent çapraz bağlanmasını da açıklayabilir (Larsen ve ark., 2010).

Lisinoalanin oluşumunun ikinci aşamasında kimyasal yakınlıkları nedeniyle dehidroalanin, lisin-amino grubu ya da sisteinin tiyol grubu ile reaksiyona girmekte (Rombouts ve ark., 2010) ve reaksiyon büyük ölçüde geri döndürülemez olduğundan, lisin ve sistein içeriğinin değeri neredeyse tamamen bloke edilmektedir (Sieber ve ark., 2007). Fakat dehidroalanin sisteinin tiyol grubu ile lisinin ϵ -amino grubuna göre daha hızlı reaksiyona girmektedir (Rombouts ve ark., 2010). Sığır sütü proteinlerindeki lisin içeriği esas olarak peynir altı suyu proteinlerinde bulunan sistinden çok daha yüksektir (Liu ve ark., 2019). Ayrıca, lisinoalanin elde etmek için dehidroalanin ile reaksiyona giren lisin

artık biyolojik olarak kullanılabilir olmayacaktır ve böylece proteinlerin besin değerini azaltacaktır (Hellwig ve ark., 2014).

Süt ve Süt Ürünlerinde Tespit Edilen Lisinoalanin Çiğ ve UHT Sütte Lisinoalanin İçeriği

Lisinoalanin, çeşitli süt proteini bazlı ürünlerde tanımlanmıştır. (Calabrese ve ark., 2009; Cattaneo ve ark., 2012). Süt ve süt ürünlerin depolanma şartları lisinoalanin oluşumuna yol açmakta ve depolama süresinin uzaması lisinoalanin konsantrasyonunu daha da artırabileceği bildirilmiştir (Al-Saadi ve Deeth, 2008). HPLC ve türevlendirme kullanan bir çalışma, UHT sütteki LAL konsantrasyonunun 62 ppm olduğunu ve 45 °C'de 12 hafta depolamadan sonra hızla yaklaşık 169 ppm'e yükseldiğini tespit etmişlerdir (Al-Saadi ve Deeth, 2008). Sieber ve ark. (2007), tarafından UHT ürünlerde (içilen süt, tam krema, kahve kreması ve yoğunlaştırılmış süt) lisinoalanin tayini üzerine yapılan çalışmada UHT kahve kremasında yüksek oranda LAL tespit edilmiştir. Al-Saadi (2012), yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) kullanarak Avustralya'da marketlerde satışa sunulan süt ürünlerinde ısıtma süresi ve sıcaklığının lisinoalanin üzerine etkisini ölçmek için yaptığı bir çalışmada lisinoalanin konsantrasyonunda artan sıcaklık ve süre uygulamasına paralel olarak arttığını bildirmiştir. İnek sütünün lisinoalanin içeriği ısıtılmamış sütte 5,2 ppm ham protein ve bu değer 20 dakika 80°C ve 90°C'de ısıtıldıktan sonra sırasıyla 14,4 ve 14,9 ppm ham proteine yükseldiğini tespit etmiştir. Bu sonuçlar, LAL konsantrasyonunun sütün ısıl işleminin ciddiyeti için bir belirteç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Nielsen ve ark. (2020), Danimarka Araştırma Merkezi'nde üretilen çiğ süt örnekleri ve ticari olarak satışa sunulan pastörize (%4,7 laktoz) ve UHT (%4,7 laktoz) süt örnekleri ile ticari olarak üretilmiş olan misel kazein izolatlarında (<%1 laktoz) lisinoalanin miktarı üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda çiğ süt ve ticari pastörize sütte lisinoalanin miktarını LOQ'nun (miktar belirleme sınırı) altında tespit etmişlerdir. UHT sütte lisinoalanin konsantrasyonlarını $32,6 \pm 13,4 \mu\text{g mL}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Cattaneo ve ark. (2008)'de aşırı işlemin UHT sütün termal hasarına etkisi ölçtükleri bir çalışmada %1,8 yağ oranına sahip 12 farklı (9 direk ısıtma, 3 indirek ısıtma) UHT süt örneklerinde 23 °C'de 15, 30, 60 ve 90 gün süre ile depolama şartlarının etkilerinin lisinoalanin, laktuloz, furosin ve galaktosin üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda şiddetli ısıl işlem uygulamasının bu aminoasitlerin miktarında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Lisinoalaninin depolama şartlarında ilk kez oluştuğunu ve saklama koşullarında 4 amino asit içinde en hassas aminoasit olduğunu bildirmişlerdir. Direkt ısıtmaya tabi tutulmuş UHT süt örneklerinde 0,7-9,0 mg/100 g protein olarak ölçmüşlerdir. İndirekt ısıtma yöntemi ile muamele edilen UHT sütlerde 5,7-6,1 olarak ölçülmüştür. Artan süre ve sıcaklık doğrultusunda uygun olarak lisinoalanin miktarında düzenli bir artış tespit edilememiştir. Fakat depolama süreci boyunca direkt ısıtma uygulanmış sütlerde raf ömrünün sonuna kadar aşamalı olarak artarken indirekt ısıtmada sürekli artış görülmemiştir. Isı hasarı parametreleri arasında LAL oda sıcaklığında en yüksek olarak %100 arasında artış göstermiştir.

Laktozsuz UHT sütte, sütün işlenmesi ve depolanması süreçleri arasındaki etkileşim sütün protein matrisinde değişikliklere neden olmaktadır ve bu değişiklikler sütün kalite parametreleri ile duyu nitelikleri üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır (Nielsen ve ark., 2018). Ayrıca, protein modifikasyonları, sindirilebilirliğinin azalması ve esansiyel amino asitlerin kaybına bağlı olarak proteinlerin besin değerini de değiştirebildiği tespit edilmiştir (Moscovici ve ark., 2014; Wada ve Lönnerdal, 2015).

Peynirde Lisinoalanin İçeriği

Hem süt bileşimini standartlaştırmak hem de peynirin verimini artırmak amacıyla peynir üretimi esnasında bileşime çeşitli kurutulmuş süt bileşenleri ilave edilmektedir (Guinee ve ark., 2006; Kelly, 2008). Isı ve alkali muamelesi ile teşvik edilen lisin ve dehidroalanin kalıntılarının yoğunlaşmasından türeyen bir protein çapraz bağlayıcısı olan lisinoalanin (Freidman, 1999) Mozzarella peynirinde süt proteini ve süt proteini konsantrelerinin eklenmesini tespit etmek ve bebek mamalarında ısı hasarlarını değerlendirmek için (D'Agostina ve ark., 2003) bir parametre olarak önerilmiştir. Calabrese ve ark. (2009), LAL'nin çiğ sütte bulunmadığını ve özellikle pasta flata tipi peynirlerde LAL'in sonradan oluştuğunu bildirmişlerdir. Resmini ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmalar neticesinde her türlü taze pasta filata peyniri de dahil olmak üzere orijinal Mozzarella'nın 8 ila 10 mg/100 g protein ve pasta flata tipi peynirlerin ise 0,2 mg/100 g proteinden daha düşük LAL seviyelerine sahip olduğu tespit etmişlerdir.

Pellegrino ve ark. (2010) Kıbrıs'ta üretimi gerçekleştirilen 35 adet Hellim peynirinde LAL değerlerini ortalama 8,1 mg/100 g protein olarak tespit etmişlerdir. En yüksek oranlar olgunlaştırılmış peynir örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca kazein ve yağsız süt tozunun ilave edildiği peynir örneklerinde LAL değerleri çok daha yüksek olarak ölçülmüştür. Bu yüzden süütün kalite özelliklerinin artırılması için ilave edilen kurutulmuş süt bileşenlerinin peynir örneklerindeki LAL oranını artırdığı için peynir bileşimine kuru süt bileşiminin katılıp katılmadığını tespit etmek için LAL analizinin yapılabileceğini bildirmişlerdir.

Bebek Mamalarında Lisinoalanin İçeriği

D'Agostina ve ark. (2003) ticari bebek mamalarında LAL içeriğini tespit etmek için 23 farklı toz veya sıvı numune üzerine çalışmışlardır. Toz numunelerde, LAL miktar belirleme limitinin altındayken, sıvı numunelerde 86 µg/g, 390 µg/g ve 514 µg/g'a kadar protein içeren sıvı mama örnekleri tespit edilmiştir. Cattaneo ve ark. (2009) sıvı bebek mamalarındaki LAL içeriklerini 1,0-16,1 mg 100 g⁻¹ protein aralığında tespit etmişlerdir. Cattaneo ve ark. (2020) prematüre bebekler için geliştirilen formüller üzerine yaptıkları çalışmada kazein takviyesi bulunan ve bulunmayan örneklerde LAL seviyelerini saptamaya çalışmışlardır. Anne sütünde ve katkısız pastörize sütte LAL seviyesini tespit edilebilen sınırın altında belirlemişlerdir. Kazein ilavesi olmadan üretilen örneklerde 1,6 g/100 g protein, 12,5 g/100 g kazein ilaveli örnekte 8,1 ve 41,0 g/100 g kazein ilaveli örnekte LAL seviyesini 8,9 g/100 g protein olarak tespit etmişlerdir. Şeker (laktoz) oranının azalması ve kazein ilavesi örneklerde belirgin miktarlarda LAL artışı meydana getirmiştir. Bebekler için geliştirilen katkılı formüller için kesin bir ısı indeksi mevcut olmamasına rağmen (Cattaneo ve ark., 2020) farklı yazarlar özellikle bebek mamalarında LAL seviyelerinin azaltılması gerektiğini vurgulamışlardır (Gilani ve ark., 2012).

Kazeinatlarda ve Serum Proteinlerinde Lisinoalanin İçeriği

Kurutulmuş süt proteinleri genellikle pastörize yağsız süttten farklı teknolojiler uygulanarak elde edilir. Kazein ve kazeinatlarda üretim süreçlerindeki kilit adım, kazeinin diğer süt bileşenlerinden izole edilmesi için izoelektrik çökeltme veya peynir mayası pıhtılaşması kullanılarak elde edilebilen kararsızlaştırılmasıdır. Asitle çökeltilmiş kazein daha sonra sodyum veya kalsiyum hidroksit ile yüksek bir pH değerinde yeniden çözündürülmekte ve kazeinatlarda üretmek için kurutulmaktadır (Martin ve ark., 2008).

Kazeinatlarda lisinoalanin içeriğini Pellegrino ve ark. (2011) 12,8-539 mg/100g protein arasında tespit etmişlerdir. Cattaneo ve ark. (2011) nötr-alkali koşullar altında püskürtmeyle kurutma işlemine tabi tutulmuş kazeinat örneklerinde en yüksek LAL seviyelerinin tespit edildiğini bildirmişlerdir. Kalsiyum kazeinatlarda sodyum kazeinatlara göre daha düşük LAL seviyesi tespit etmişlerdir. Yani kalsiyum iyonlarının LAL oluşumu üzerine inhibe edici etkisinin olduğu ve bu iyonların kazein fosfoerin kalıntılarına bağlandığından β -eliminasyon reaksiyonunu engellediği düşünülmektedir. Ayrıca kazeinatlardaki LAL seviyelerinin yüksek sıcaklıkta saklama koşullarında arttığı tespit edilmiştir (Higgs ve Boland, 2009).

Al-Saadi (2012), düşük ısı uygulaması ile üretilmiş yağsız süt tozunun lisinoalanin konsantrasyonu 49,4 ppm ham protein, orta ısıda ısıl işlem görmüş yağsız süt tozu 179,9 ppm ham protein ve yüksek ısıda ısıl işlem yağsız süt tozlarında lisinoalanin aralığı 243,7-345,6 ppm ham protein olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada, sodyum kazeinattaki lisinoalanin konsantrasyonları ortalama 856,1 ppm ham protein olarak tespit edilmiştir ve sodyum kazeinat en yüksek lisinoalanin içeriğine sahip ürün olarak kabul edilmiştir. Sodyum kazeinatlardaki bu yüksek değerlerin ürünün hazırlanmasında sodyum hidroksit kullanımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nielsen ve ark. (2020) tarafından fizyolojik olarak uygun seviyelere (50 mg protein $\mu\text{g mL}^{-1}$ solüsyonu) yeniden yapılandırılmış bir misel kazein izolatı tozundaki lisinoalanin konsantrasyonu $401,3 \pm 108,8 \mu\text{g mL}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Misel kazein izolatında UHT süte oranla çok daha fazla lisinoalanin miktarı tespit edilmiştir. Bunun temel nedeninin misel kazein izolatındaki düşük laktoz içeriğinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu, lisinlerin hem dehidroalanin hem de Maillard yollarının bir parçası olduğu gerçeğiyle ilgili olabileceği ve bu nedenle şeker seviyesi düşük olduğunda, daha yüksek lisinoalanin seviyelerine yol açan dehidroalanin yolunun tercihiyle sonuçlanabileceği düşünülmüştür.

Püskürtme yöntemi ile kurutulmuş süt protein tozu üretiminde ve yüksek sıcaklık uygulaması (UHT) ile işlem görmüş sütün sterilizasyonunda kullanılan ısıl işlem normu özellikle uzun süreli depolama dönemlerinde proteinlerin yapısında sorun teşkil edecek değişikliklere neden olabilmektedir (Al-Saadi ve Deeth, 2008). Cattaneo ve ark. (2011) protein tozlarındaki LAL seviyelerini süt asidifikasyonu veya üretim sürecindeki laktozun uzaklaştırılmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Fakat bu seviyeleri hangisini indüklediğinin net olarak bilinmesinin mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Sieber ve ark. (2007), kazeinatlarda LAL içermediğini ancak, farklı kurutulmuş süt ürünleri ve çocuklar için toz yiyeceklerin bazılarının yüksek seviyelerde LAL içerdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca hidrolize süt proteinleri içeren süt tozları ortalama 2296 mg LAL/kg protein içerdiği bildirmektedirler.

Lisinoalanin Oluşumunun Sağlık Üzerine Etkileri

Maillard reaksiyon ürünleri ve gelişmiş glikasyon son ürünleri, proteinler ve karbonhidratlar birlikte ısıtıldığında gıdalarda üretilir. Ayrıca in vivo olarak üretilirler, diyabetik komplikasyonlara, kardiyovasküler hastalıklara, böbrek bozukluklarına ve muhtemelen kansere neden olurlar (Bachmeier ve ark., 2008; Vlassara ve ark., 2008).

Serbest ve proteine bağlı LAL'nin biyolojik etkileri tartışılmaktadır. Gıda proteinlerinin doğal olmayan ısı ve/veya alkali muamelesi sonucu oluşan lisinoalanin gibi bazı amino asitlerin farelere verildiğinde böbrek hasarına (nefrositomegali) neden olabileceği tespit edilmiştir. Diyetle LAL varlığına bağlı böbrek değişikliklerinin sıçana özgü olduğu görülmektedir. LAL'in diyetten çıkarılmasıyla nefrositomegalinin kaybolduğu bildirilmiştir. Ancak son bulgular, proteine bağlı LAL içeren ve içermeyen proteinler içeren karışık bir diyetle beslenen sıçanlarda hiçbir etki gözlenmediğini

göstermiştir. Bu sonuçlardan, ısı ve/veya alkali ile muameleye tabi tutulmuş proteinlerin yemesi ile bağlantılı olan insanlar için sağlık risklerinin düşük olduğu sonucuna varılabilir (de Koning ve van Rooijen, 2009).

Corpet ve ark. (2008)'e göre proteinlerin termolizi, potansiyel olarak toksik lisinoalanin ve olası sağlık tehlikeleri olarak kabul edilen alkilleyici ajan dehidroalanin gibi ksenobiyotik amino asitleri üretir. Bu yüzden Toronto'da sıçanlar üzerine yaptıkları bir araştırmada sıçanların özel diyetlerine azoksimetan ilavesinin yanında işlenmiş (%15 termolize kazein) ve işlenmemiş kazein (%12 kazein), termolize/termolize olmayan sodyum kazeinat ve azoksimetan ilavesi yapmışlardır. Elde edilen bulgulara göre kazeindeki dehidroalanin konsantrasyonu, lisinoalanin konsantrasyonunun yükselme derecesine paralel olmadığı tespit edilmiştir. Diyete eklenen termolize kazeininin sıçanların ağırlığını önemli ölçüde azalttığını, Na-kazeinatın dehidroalanin içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir. Fakat bu ürünlerin ACF'nin (bağırsak ve rektumda anormal kript odaları) büyümesini teşvik etmediğini ve herhangi bir toksite kanıtı tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra mikroskopik incelemede, pişmiş kazein partiküllerinin ortalama 170 um'lik bir boyuta sahip olduğunu, ancak Na-kazeinat partiküllerinin çok daha küçük, yani 30 um olduğunu, kazein parçacıklarının keskin kırık cam parçaları gibi görüldüğünü, Na-kazeinat parçacıklarının ise daha az keskin görüldüğünü tespit etmişlerdir. Diyete eklenen peynir örneklerinde termolizin peynirdeki dehidroalanin miktarını saptama sınırının altından 3000 ppm dehidroalaninin üzerine çıkardığı tespit edilmiştir. %36 ızgara peynir içeren diyet sıçanlar için zehirli kabul edilmiş ve bu peynirlerle beslenen sıçanların diğerlerine oranla daha az yemek yediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak ızgara edilmiş peynirlerin ACF büyümesini teşvik etmediği ve oluşan karsinogen maddelerin oluşumunu teşvik etmediği bildirilmiştir. Fakat D'Agostina ve ark. (2003) göre lisinoalaninin güvenlik sorunu hala çözülmemiş olduğundan, özellikle bebek mamalarındaki konsantrasyonu en aza indirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Süt Ürünlerinde Oluşan Lisinoalanini Önleme Yöntemleri

Cattaneo ve ark. (2008)'e göre UHT süt üretiminde yasal gerekliliklerin yanı sıra kalite açısından tüketici beklentilerini karşılamak için ısı işlem/sıcaklık koşulları, çiğ sütteki normal spor sayısı ile tatmin edici bir sterilite düzeyini garanti etmeli ve gereksiz ısı işleminden ve aşırı ısıdan kaçınmak için minimuma ayarlanmalıdır. Bu çalışmada elde edilen bulgularda aşırı ısıtmanın lisinoalanin oluşumunu sürekli artırmadığı tespit edilmiştir. Bu durum iki şekilde değerlendirilmektedir:

- 1- Nominal zaman-sıcaklık koşullarına dayalı olarak işlenen ürünün kalitesini tahmin etmek mümkün değildir.
- 2- İşlemin diğer parametrelerinin kendi tesisinden operatör tarafından optimize edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca paketlenmiş üründe ısı hasarını artıracak olan etmenler göz önüne alınmalı ve bu konuda iyileştirmeler yapılmalıdır.

Cattaneo ve ark. (2008)'de yapmış oldukları çalışma neticesinde çift sterilizasyon uygulaması sonucu üretilen UHT süt örneğinde aynı şartlarda fakat tek sterilizasyon uygulanmış örneğe göre daha fazla LAL oluşumu tespit edilmiştir. UHT süt tesislerinde aseptik dolgu tiplerinde basıncı korumak için dolguya tekrar verilen sütlerde daha fazla LAL oluşumundan ötürü böyle bir uygulamada dönüştürülmüş sütün oranını en aza indirmek için süt işleyicileri tarafından bir optimizasyon yapılması gerektiği bildirilmektedir. Süt ürünlerinde LAL oluşumuna; ısı işlem zaman/sıcaklık koşullarının işlem türünün, tesis özelliklerinin ve tesis yönetim koşullarının (kirlilik giderilmesi için temizlik öncesi çalışma süresi) ısı hasarına katkı sağlayabileceği de bildirilmiştir.

İmalat sırasında uygulanan ısı işlem yoğunluğuna ek olarak bu tip ürünlerdeki LAL seviyeleri laktoz varlığı ile ters orantılı olarak tespit edilmiştir. Toz örneklerdeki artık laktoz içeriği genellikle endüstriyel imalatta gerçekleştirildikleri için kurutmadan önce süttten izole edilen protein fraksiyonunun yıkama veya diyafiltrasyon aşamalarının etkinliğine bağlıdır (Cattaneo ve ark., 2012). İndirgeyici şekerlerin varlığı Maillard reaksiyonuna neden olmakta ve bunun sonucunda çeşitli oranlarda LAL seviyeleri oluşmaktadır (Pellegrino ve ark., 1999). Ayrıca Maillard reaksiyonu sıcaklık ve nem mevcudiyetinde artmaktadır (Le ve ark., 2011).

Aynı zamanda ısı işlemler sırasında karşılaşılan alkali koşullar β -eliminasyon reaksiyonlarını teşvik etmektedir (Freidman ve ark., 1999), bu nedenle süt protein tozlarının imalatı sırasında nötrleştirme veya asitlendirme aşaması uygulanmadığında nispeten daha yüksek LAL seviyeleri beklenmektedir (Cattaneo ve ark., 2012). Yüksek LAL seviyeleri düşük laktoz içeriğinin ve ürün nötralizasyonu β -eliminasyon reaksiyonunu artırdığını doğrulamaktadır (Cattaneo ve ark., 2012).

SONUÇ

Süt ve süt ürünleri gibi yüksek protein içeriğine sahip ürünlerin alkali koşullar altında yüksek ısı işleme maruz bırakılarak işlenmesi bu ürünlerde LAL konsantrasyonunu artırmakta olup ürünlerin kullanılabilir aminoasit içeriklerinde belirli oranlarda düşüşe neden olmaktadır. Özellikle kurutulmuş süt bileşenlerinin ve düşük laktoz içeriğine sahip kurutulmuş süt bileşenlerinin süt ürünlerine ilave edilmesi de bu ürünlerde LAL konsantrasyonlarının artmasına sebebiyet vermektedir. Bu tarz ürünleri tüketen bireylerin sağlık durumları üzerine etkisi tam olarak belirlenememiş olsa da ürünlerdeki LAL konsantrasyonlarının azaltılması gerektiği de düşünülmektedir. Isıl işlem süre ve sıcaklığının optimize edilmesi, hijyen ve depolama koşullarına dikkat edilmesi ile bu oranlar azaltılabilir niteliktedir. Ayrıca yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmekte ve özellikle sağlık üzerine ve bu koşulların iyileştirilebilmesi üzerine yapılacak olan çalışmaların artırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Al-Saadi, J. (2012). Determination of Lysinoalanine in Dairy Products by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Kufa Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-14.
- Al-Saadi, J.M.S., Deeth, H.C. (2008). Cross-linking of proteins and other changes in uht milk during storage at different temperatures. *Australian Journal of Dairy Technology*, 63, 93-99.
- Anon. (2005). European Commission. *OV J Eur Commun L*. 338, 27–59.
- Anon. (2005a). EU Commission, Dairy Chemists' Group. Doc. D. HG/hussevi/chim05/053 Working Paper 04/07/2005 Brussels.
- Bachmeier, B.E., Nerlich, A.G., Rohrbach, H., Schleicher, E.D., Friess, U. (2008). Maillard products as biomarkers in cancer. *Ann. NY Acad. Sci.* 1126, 283– 287.
- Boitz, L.I., Mayer, H.K. (2015). Evaluation of furosine, lactulose and acidsoluble β -lactoglobulin as time-temperature integrators for whipping cream samples at retail in Austria. *International Dairy Journal* 50,24-31. Link:<http://bit.ly/2MTCGUC>.
- D'Agostina, Boschini, G., A., Rinaldi, A., Arnoldi, A. (2003). Lysinoalanine content of formulas for enteral nutrition. *Journal of Dairy Science*, 86, 2283-2287.
- Calabrese, M. G., Mamone, G., Caira, S., Ferranti, P., Addeo, F. (2009). Quantitation of lysinoalanine in dairy products by liquid chromatography-mass spectrometry with selective ion monitoring. *Food Chemistry*, 116, 799-805.
- Claeys, W.L., Smout, C., Van Loey, A.M., Hendrickx, M.E. (2004). From time integrator kinetics to time temperature integrator tolerance levels: heat-treated milk. *Biotechnol Prog*, 20, 1–12.
- Clayden, J., Greeves, N., Warren, S. (2012). *Organic chemistry* (2nd ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Cattaneo, S., Masotti, F., Pellegrino, L. (2008). Effects of overprocessing on heat damage of UHT milk. *Eur Food Res Technol*. 226:1099–1106 DOI 10.1007/s00217-007-0637-5.
- Cattaneo, S., F. Masotti, L. Pellegrino. (2009). Liquid infant formulas: technological tools for limiting heat damage. *J. Agr. Food. Chem.* 57, 10689–10694.
- Cattaneo, S., Masotti, F., Pellegrino, L. (2012). Chemical modifications of casein occurring during industrial manufacturing of milk protein powders. *European Food Research and Technology*, 235, 315-323.
- Cattaneo, S., Pica, Va., Stuknyte, M., Masotti, F., Mallardi, D., Tabasso, C., Roggero, P., De Noni, I. (2020). Effect of protein fortification on heat damage and occurrence of β - casomorphins in (un)digested donor human milk intended for nutrition of preterm infants. *Food Chemistry* 314,126176.
- Corpet, D.E., Tache, S., Archer, M.C., Bruce, R.W., 2008. Dehydroalanine and Lysinoalanine in Thermolyzed Casein do not Promote Colon Cancer in the Rat. *Food and Chemical Toxicology* , 2008, 46 , 3037-3042.

- D'Agostina A, Boschin G, Rinaldi A, Arnoldi A (2003). Updating on the lysinoalanine content of commercial infant formulae and beicost products *Food Chem* 80:483–488.
- Deeth, H.C., Lewis, M.J., 2017. High temperature processing of milk and milk products. John Wiley & Sons. Link: <http://bit.ly/2ZUEQY3>.
- De Koning, P.J., Van Rooijen, P.J. (2009). Aspect of the formation of lysinoalanine in milk products. *Journal of Dairy Research*, 49(4), 725-736.
- Faist, V., Drusch, S., Kiesner, C., Elmadfa, I., Erbersdobler, H.F. (2000). *Int Dairy J* 10,339–346.
- Friedman, M. (1999). Chemistry, biochemistry, nutrition, and microbiology of lysinoalanine, lanthionine, and histidinoalanine in food and other proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1295-1319.
- Gilani, G.S., Xiao, C.W., Cockell, K.A. (2012). Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br. J. Nutr.* 108, 315–S332.
- Guinee, T.P., O'Kennedy, B.T., Kelly, P.M. (2006). Effect of milk protein standardization using different methods on the composition and yields of Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 89, 468–482.
- Hellwig, M., Matthes, R., Peto, A., Lobner, J., Henle, T. (2014). N-ε-fructosyllysine and N-ε-carboxymethyllysine, but not lysinoalanine, are available for absorption after simulated gastrointestinal digestion. *Amino Acids*, 46, 289-299.
- Higgs, K., Boland, M. (2009). Changes in milk proteins during storage of dry powders. In: Thompson M, Boland M, Singh H (eds) *Milk proteins: from expression to food*. Academic Press, New York, USA, 307–320.
- Kelly, P. (2008). Some examples of dairy ingredient innovation and application. *European Dairy Magazine* 6, 30–32.
- Larsen, L.B., Wedholm-Pallas, A., Lindmark-Månsson, H., Andren, A. (2010). Different proteomic profiles of sweet whey and rennet casein obtained after preparation from raw versus heat-treated skimmed milk. *Dairy Science and Technology*, 90, 641-656.
- Liu, J., Ru, Q., Ding, Y. (2012). Glycation a promising method for food protein modification: physicochemical properties and structure, a review. *Food Research International*, 49, 170-183.
- Liu, J., Klebach, M., Visser, M., Hofman, Z. (2019). Amino acid availability of a dairy and vegetable protein blend compared to single casein, whey, soy, and pea proteins: A double-blind, cross-over trial. *Nutrients*, 11, 2613.
- Lowe, E.K., Anema, S.G., Bienvenue, A., Boland, M.J., Creamer, L.K., Jimenez-Flores, R. (2004). Heat-induced redistribution of disulfide bonds in milk proteins. 2. Disulfide bonding patterns between bovine b-lactoglobulin and kcasein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7669-7680.
- Martin, M., Wellner, A., Ossowski, I., Henle, T. (2008). Identification and quantification of inhibitors for angiotensin-converting enzyme in hypoallergenic infant milk formulas. *J Agric Food Chem* 56, 6333–6338.

- Moscovici, A.M., Joubran, Y., Briard-Bion, V., Mackie, A., Dupont, D., Lesmes, U. (2014). The impact of the maillard reaction on the in vitro proteolytic breakdown of bovine lactoferrin in adults and infants. *Food Function*, 5, 1898-1908.
- Nielsen, S.D., Zhao, D., Le, T.T., Rauh, V., Sørensen, J., Andersen, H.J. (2018). Proteolytic side-activity of lactase preparations. *International Dairy Journal*, 78, 159-168.
- Nielsen, N.D., Le, T.T., Knudsen, L.J., Rauh, V., Poulsen, N.A., Larsen, L.B. (2020). Development and application of a multiple reaction monitoring mass spectrometry method for absolute quantification of lysinoalanine and lanthionine in dairy products. *International Dairy Journal* 105,104693.
- Patel, H.A., Singh, H., Anema, S.G., Creamer, L.K. (2006). Effects of heat and high hydrostatic pressure treatments on disulfide bonding interchanges among the proteins in skim milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3409-3420.
- Pellegrino, L., Cattaneo, S., Masotti, F., Psathas, G. (2010). Detection of milk powder and caseinates in Halloumi cheese. *J. Dairy Sci.* 93, 3453–3460 doi: 10.3168/jds.2009-2923.
- Pellegrino, L., Cattaneo, S., De Noni, I. (2011). Effects of processing on protein quality of milk and milk products. In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds) *Encyclopedia of dairy sciences*, 2nd edn, vol. 3. Academic Press, San Diego, USA, 1067–1074.
- Resmini, P., Pellegrino, L., Cattaneo, S. (2003). Furosine and other heat-treatment indicators for detecting fraud in milk and milk products. *Ital. J. Food Sci.* 15, 473–484.
- Rombouts, I., Lagrain, B., Brijs, K., Delcour, J.A. (2010). β -Elimination reactions and formation of covalent cross-links in gliadin during heating at alkaline pH. *Journal of Cereal Science*, 52, 362-367.
- Sieber, R., Bütikofer, U., Kaldas, N., Rehberger, B. (2007). Occurrence of lysinoalanine in milk and dairy products. *Food*. 430-435.
- Schmidt, A., Boitz, L.I., Mayer, H.K. (2017). A new UHPLC method for the quantitation of furosine as heat load indicator in commercial liquid milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 104-109.
- Wada, Y., Lönnerdal, B. (2015). Effects of industrial heating processes of milkbased enteral formulas on site-specific protein modifications and their relationship to in vitro and in vivo protein digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 6787-6798.
- Vlassara, H., Uribarri, J., Cai, W., Striker, G. (2008). Advanced glycation end product homeostasis: exogenous oxidants and innate defenses. *Ann. NY. Acad. Sci.* 1126, 46–52.

Yapılarda Tuğla Duvarların Kaldırılmasının Düşey Düzensizliğe Etkisi

Ömer Fatih SAK

1. GİRİŞ

Dünyada meydana gelen depremlerde hasar alan yapılar incelendiği takdirde bunların önemli bir kısmının malzeme dayanımının düşüklüğü, proje tasarımının yetersizliği ve göçmeye sebep olabilecek kritik imalat hatalarının mevcudiyeti sebebiyle ağır hasar aldığı ve göçme durumuna geldiği gözlemlenmektedir. Depremde ağır hasar gören binalara bakıldığında bunların önemli bir bölümünün yıkılmasında yumuşak ya da zayıf kat düzensizliğinin etkisi olduğu belirtilebilir. Bu çalışmamızda yapının malzeme dayanımını yeterli seviyede olsa bile proje tasarımı ve imalat hatalarından kaynaklı deprem performansının yetersizliği üzerinde durulmuş ve tuğla duvarların yapının dayanımına etkisi irdelenmiştir. Özellikle zemin katta mağaza, işyeri ya da otopark gibi alanların tasarlanmasıyla birlikte geniş ve ferah bir alan istenmesi sonucunda kat yükseklikleri artmakta ve bununla birlikte tuğla duvarlar ortadan kaldırılabilir. Kat yüksekliğinin artması, bilindiği gibi bu birimin küpüyle orantılı olarak taşıyıcı elemanların rijitliğini de azaltmaktadır. Bu durum Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de geçtiği şekilde rijitlik düzensizliği ya da yumuşak kat oluşumuna ciddi mertebede katkı sağlamaktadır. Ayrıca yumuşak kat düzensizliğinde hesaplanmakta olan kat ötelemeleri yapısal analiz programlarında tuğla duvarların etkisi göz önüne alınmaksızın yapıldığı takdirde bu hesaplamaların hatalı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yine yönetmeliğimizde geçen düşey düzensizliklerden bir diğeri olan komşu katlar arası dayanım düzensizliği ya da zayıf kat düzensizliğinde etkili kesme alanı tanımlanmış ve burada tuğla duvarların alanı %15 mertebesinde hesaba dahil edilmiştir. Kriter olarak incelenen kattaki kolon, perde ve duvar alanının %15'inin bir üst kattaki ilgili alana oranının 0,80'den küçük olması durumu konulmuştur. Burada hesaba dahil edilmesi gereken parametrenin alan mı yoksa atalet momentleri mi olması gerektiği [1] ayrı bir tartışma konusu olmakla birlikte bu çalışmamızda tuğla duvarların kaldırılmasının yapının düşey düzensizliklere olan etkisi ve alınabilecek önlemler üzerinde durulacaktır.

Proje tasarımında dolgu duvarların yapı rijitliğine katkısı genel olarak ihmal edilmektedir. Bunun sebebi Sayın ve Kaplan [2] tarafından yapılan bir çalışmada duvar etkisinin dikkate alınabilmesi için oluşturulması gereken hesap modelinin karmaşık ve güç olması şeklinde ifade edilmiştir. Ayrıca tuğla duvarların rijitlik ve süneklığe sağlamış olduğu katkılar güvenli tarafta kalınarak göz önüne alınmamaktadır. Bayülke [3] yapmış olduğu bir çalışmada perde duvarların asimetric yerleşiminin yapıda burulma etkisine sebep olabileceğini ortaya koymuştur. Tülin [4] araştırmasında dolgu duvarların sadece yük olarak tanımlanmasının yerine eleman olarak modele dahil edilmesiyle yumuşak kat düzensizliğinin değerlendirilmesinde daha doğru sonuca ulaşacağını göstermiştir. Tuğla duvarların eleman olarak modellenmesi için kullanılmakta olan metotlardan birisi FEMA-356'da da kabul edilmekte olan eşdeğer basınç çubuğu yöntemidir. Bir diğeri ise sonlu elemanlar ile tuğla

¹ Ömer Fatih SAK, Dr. Öğr. Üyesi, Doğu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, osak@dogus.edu.tr

duvarların alansal olarak modellenmesidir. Bu iki metodun ve aralarındaki farkların çalışıldığı birçok makale mevcuttur [5, 6, 7, 8].

İrtem ve diğ. [9], yapmış oldukları çalışmada deprem yönetmeliğine göre tasarlanan ve sadece yumuşak kat düzensizliği bulunan yapı yüksekliğini zemin katta arttırarak davranışın ne şekilde değiştiğini doğrusal olmayan yöntemlerle belirlemiştir. Sonuç olarak kat yüksekliğinin arttırılmasıyla birlikte yapı rijitliği ve deprem performansının önemli ölçüde düştüğünü ve yeterli güvenliği sağlayamadığını belirlenmiştir. Baran [10] yapmış olduğu deneysel çalışmada çerçevede tuğla duvar bulunmasının yanal yük taşıma kapasitesini boş çerçeveye oranla 3,5 kat arttırdığını ortaya koymuştur. Tuğlanın sıvanmış olması durumunda bu kapasite 4,5 kata kadar çıkmaktadır. Depremde hasar alan ve göçmeye sebep olan zemin katta tuğla duvarların kaldırılmasının yanal ötelenmeye etkisi bu çalışmayla net olarak ortaya konmuştur. Mahmoud ve diğ. [11] tarafından yapılan bir çalışmada tuğla duvarları kaldırılan ve yumuşak kat düzensizliği bulunan yapıda yakın ve uzak deprem etkisi zaman tanım alanında karşılaştırılmıştır.

Tuğla duvarların kaldırılmasıyla meydana gelen yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerinin giderilmesi amacıyla güçlendirme yöntemleri üzerinde birçok çalışma mevcuttur. Furtado ve diğ. [12] yumuşak kat düzensizliğini önlemek amacıyla örnek bir yapı üzerinde kolon mantolama, çelik sargılama ve betonarme perde ilavesini karşılaştırmış ve sonuç olarak enerji sönümleyicili (damper vd.) çelik sargılamanın en etkili metot olduğunu göstermiştir. Benzer bir deneysel çalışma Öztürk ve Öğütçü [13] tarafından yapılmış ve çelik diyagonal elemanların yumuşak kattaki yanal yük taşıma kapasitesini %250, enerji sönümlemesini ise %120 oranında arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada kullanılan diyagonellerden V şekilli profillerin ise X şekilli olanlara nispeten %25 daha fazla yük taşıdığı test edilmiştir. Pınarbaşı ve Konstantinidis [14] tarafından yapılmış olan bir çalışmada ise yumuşak kat düzensizliği olan ve taban izolasyonu yapılmış bir yapının sismik tepkisi araştırılmıştır. Garip [15] tarafından yapılan bir çalışmada ise yumuşak kat düzensizliğinin yapı zemin etkisiyle birlikte değerlendirilmesi durumunda rezonans etkisinin depreme dayanıklı yapı modellemesindeki önemine değinilmiştir. Buradan hareketle tuğla duvarların modele dahil edilmesiyle değişen yapı periyodunun deprem kuvvetlerini ve yapının zeminle olan ilişkisini değiştireceği söylenebilir.

2. TEORİK ALTYAPI

TBDY 2018 [16] bölüm 3.6.1’de tanımlanmış olan düşey düzensizliklere bakılacak olursa Tablo 1’den (yönetmelik Tablo 3.6) görülebileceği gibi zayıf kat (B1) düzensizliğinde katlardaki kolon, perde ve duvar alanları hesaba katılmakta ancak madde 4.9.1.3 (b)’de tanımlandığı şekilde gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanlarının çerçeveden bağımsız olması durumunda duvar alanları zayıf kat hesabına katılmamaktadır.

Yumuşak kat (B2) türü düzensizlikte ise ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst ya da bir alt kattaki görelî kat ötelemesinin yüksekliğe oranıyla hesaplandığı görülmektedir. Burada yükseklik

faktörünün rijitliği ve dolayısıyla öteleme değerini hem de formül gereği düzensizlik değerini değiştireceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 1. Yönetmelikte tanımlanan düşeyde düzensizlik durumları

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
<p>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu.</p> <p>$[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$</p> <p>Not: 4.9.1.3(b)'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.</p>	3.6.2.3
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu.</p> <p>$[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(x)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(x)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(x)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(x)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ <i>Görel kat ötelemelerinin hesabı, $\pm \%5$ ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	3.6.2.1

Tuğla duvarın modele eşdeğer basınç çubuk metoduyla dahil edilebilmesi amacıyla Stafford [17] tarafından geliştirilen göreceli rijitlik parametresini ifade edecek olursak,

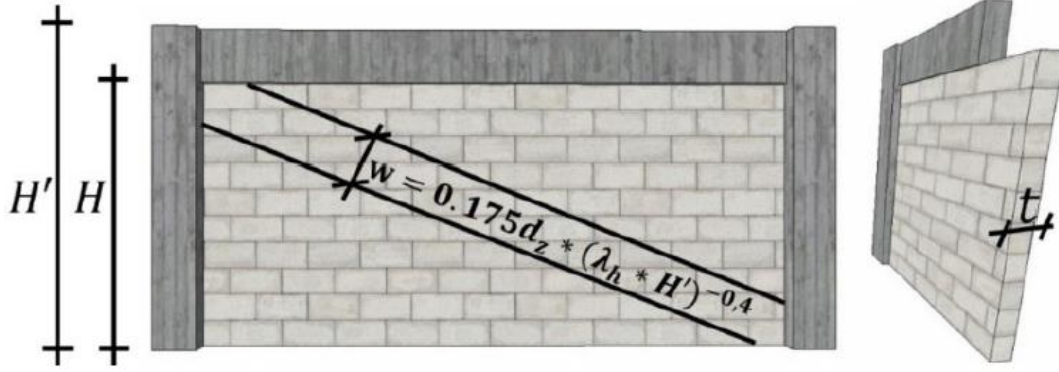
$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_z * t * \sin(2\theta)}{4 * E_b * I_s * H}} \quad (1)$$

şeklinde tanımlayabiliriz. Burada E_z dolgu duvarların elastisite modülünü, E_b çerçevenin elastisite modülünü, t dolgu duvarların ve eşdeğer basınç çubuklarının kalınlığını, I_s kolonların atalet momentini, H dolgu duvarın yüksekliğini ve θ değeri ise basınç çubuğunun yatay ile yapmış olduğu açığı göstermektedir.

Mainstone [18] basınç çubuğunda esas alınmak üzere önerdiği genişliği,

$$w = 0,175 * d_z * (\lambda_h * H')^{-0,4} \quad (2)$$

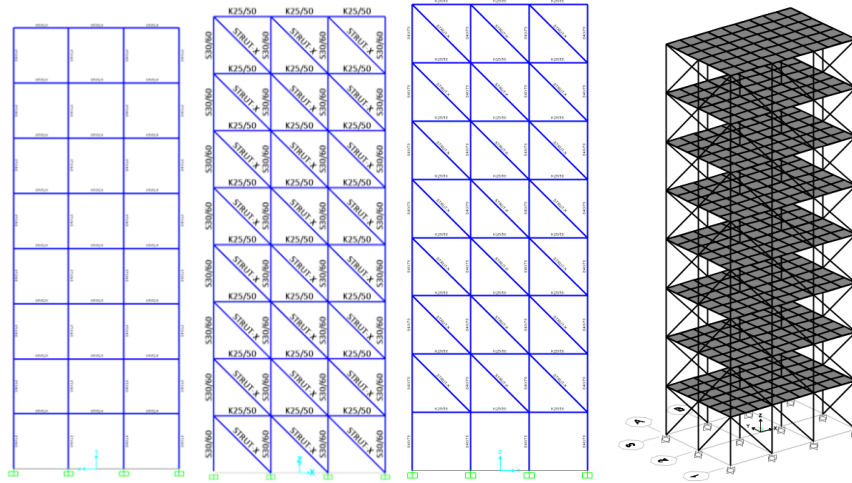
formülüyle ifade etmiştir. Buradaki d_z eşdeğer basınç çubuğu uzunluğunu, H' net kat yüksekliğini ve H kat yüksekliğini göstermektedir.



Şekil 1. Eşdeğer basınç çubuğu [19]

3. ANALİTİK ÇALIŞMALAR

Analitik çalışmalar iki kısımda incelenmiştir. Öncelikle SAP2000 programında 8 katlı analitik bir yapı modeli eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar kabuk metoduyla oluşturulmuş ve yumuşak kat durumunun meydana gelebileceği şekilde kat yükseklikleri kademeli olarak 2.5m, 3m ve 3.5m olarak girilmiştir. Her model duvarsız, eşdeğer çubuk ve kabuk modeliyle doğrusal metot olan eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan metot olan zaman tanım alanında analiz edilmiştir. Böylece her bir yapı modeli ve davranışının statik ve dinamik yüklemeler altında doğrusal ya da doğrusal olmayan yöntemle hesaplanan düzensizlik durumları incelenmiştir. İkinci kısımda analizi STA4Cad programıyla yapılmış olan bir grup mevcut yapıda tuğla duvar etkili analizler yapılmış ve bunun yapı periyodu, deprem performansı ve düzensizliğe olan etkileri tartışılmıştır.



Şekil 2. Analitik Modeller ve Yapı 3B Görünümü

Zemin katları sırasıyla 2.5m, 3m ve 3.5m olarak girilen 8 katlı yapıda diğer katlar 3m olarak alınmıştır. Kolonlar 40x70 cm², kirişler 25x50 cm² olarak tasarlanmıştır ve bu yapılar tuğla duvar etkisini yük (model 1), eşdeğer basınç çubuğu (model 2) ve zemin katta duvarların kaldırıldığı eşdeğer çubuk (model 3) olarak programa girilmiştir. Sonrasında bu yapılarda meydana gelen taban kesme kuvvetleri eşdeğer deprem yükü, spektral analiz ve zaman tanım alanında analizlerle karşılaştırılmış ve modelmeden kaynaklanan farklar incelenmiştir.

Taban kesme kuvvetlerine bakılacak olursa Tablo 2.'de görülebileceği gibi zemin kat yüksekliği artmasına ve dolayısıyla yapı ağırlığı artmasına rağmen deprem kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebinin ise yapının periyoduyla ilgili olduğu söylenebilir. Ayrıca eşdeğer basınç çubuğuyla yapılan modellemelerde deprem kuvvetlerinin yükseldiği görülmektedir. Buna göre yapının analizini yapmak kolonların gerçekte daha zorlanabileceği durumları ortaya çıkaracaktır. Ayrıca düzensizliklerin deprem yönetmeliğinde dinamik analizle “cezalandırılmasının” aslında kuvvetleri azaltmak anlamına geleceği eşdeğer deprem yükü ile zaman tanım alanında hesaplanan taban kesme kuvvetlerinden ortaya çıkmakta ve modelde görülebileceği gibi kuvvetleri %30-40 aralığında azaltmaktadır.

Tablo 2. Taban Kesme Kuvvetleri (kN)

	2,5m Zemin Yüksekliği			3m Zemin Yüksekliği			3,5m Zemin Yüksekliği		
	1. Model	2. Model	3. Model	1. Model	2. Model	3. Model	1. Model	2. Model	3. Model
Eşdeğer Deprem Yükü	1491,77	1790,68	1774,49	1456,95	1769,52	1744,45	1419,02	1745,12	1709,73
Spektral Analiz	958,84	978,67	993,85	961,90	1002,91	1024,64	962,42	1028,67	1056,53
Zaman Tanım Alanı	928,26	1012,48	993,41	991,22	962,19	888,01	1019,53	864,41	860,07

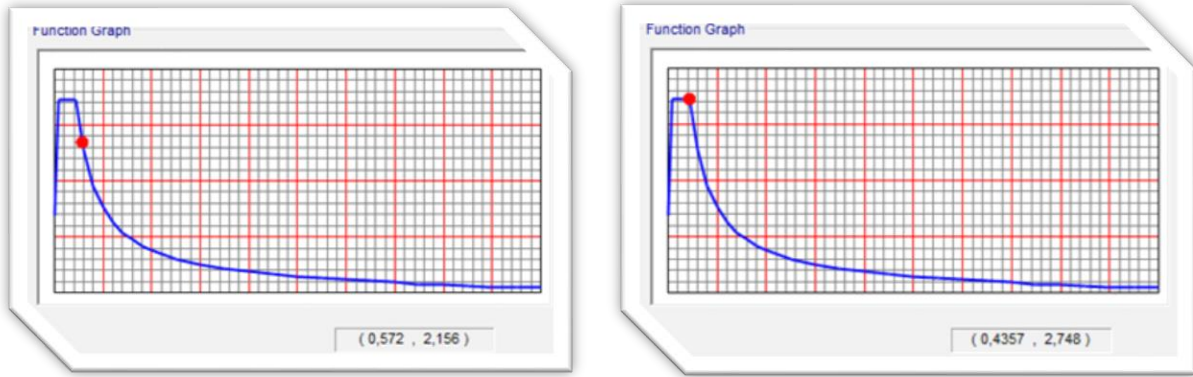
Tablo 3.'de modal periyotlara bakıldığında yüksekliğin artmasıyla birlikte periyodun yükseldiği ve deprem yükünün bu yükselmeye bağlı olarak da Şekil 3.'teki gibi değişeceği spektral yükleme grafiğinden okunabilmektedir. Ayrıca model 1'de duvarların sadece yük olarak alındığı tasarımda periyodun yüksek olduğu ancak duvarların modellendiği 2. ve 3. tasarımlarda periyodun düştüğü gözlemlenmiştir. Modal periyotların düşmesinin ise deprem yüklerini arttırıcı etkisi göz önünde bulundurulmalı ve taşıyıcı elemanlar bu bakış açısıyla tasarlanmalıdır.

Tablo 3. Modal Periyot ve Frekanslar

OutputCase	Model 1		2,5m		3m		3,5m	
	StepType	StepNum	Period	Frequency	Period	Frequency	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,562	1,780	0,580	1,723	0,603	1,659
MODAL	Mode	2	0,452	2,210	0,465	2,148	0,480	2,083

OutputCase	Model 2		<u>2,5m</u>		<u>3m</u>		<u>3,5m</u>	
	StepType	StepNum	Period	Frequency	Period	Frequency	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,433	2,312	0,447	2,237	0,464	2,156
MODAL	Mode	2	0,338	2,963	0,348	2,877	0,359	2,785

OutputCase	Model 3		<u>2,5m</u>		<u>3m</u>		<u>3,5m</u>	
	StepType	StepNum	Period	Frequency	Period	Frequency	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,442	2,263	0,463	2,160	0,489	2,046
MODAL	Mode	2	0,343	2,915	0,356	2,806	0,372	2,688



Şekil 3. Periyot ile spektral ivmenin azalmasının grafiği

Şekil 3.'te yapı modellemesinde esas alınan DD2 depremi için hesaplanan grafikte 0.572 sn'de 2.156 g değeri okunurken, 0.435 sn'de 2.748 g değeri okunmaktadır. Yani periyot azaldıkça deprem ivmesi artmakta ve dolayısıyla deprem kuvvetleri yükselmektedir.

Tablo 4. Yumuşak kat düzensizliği

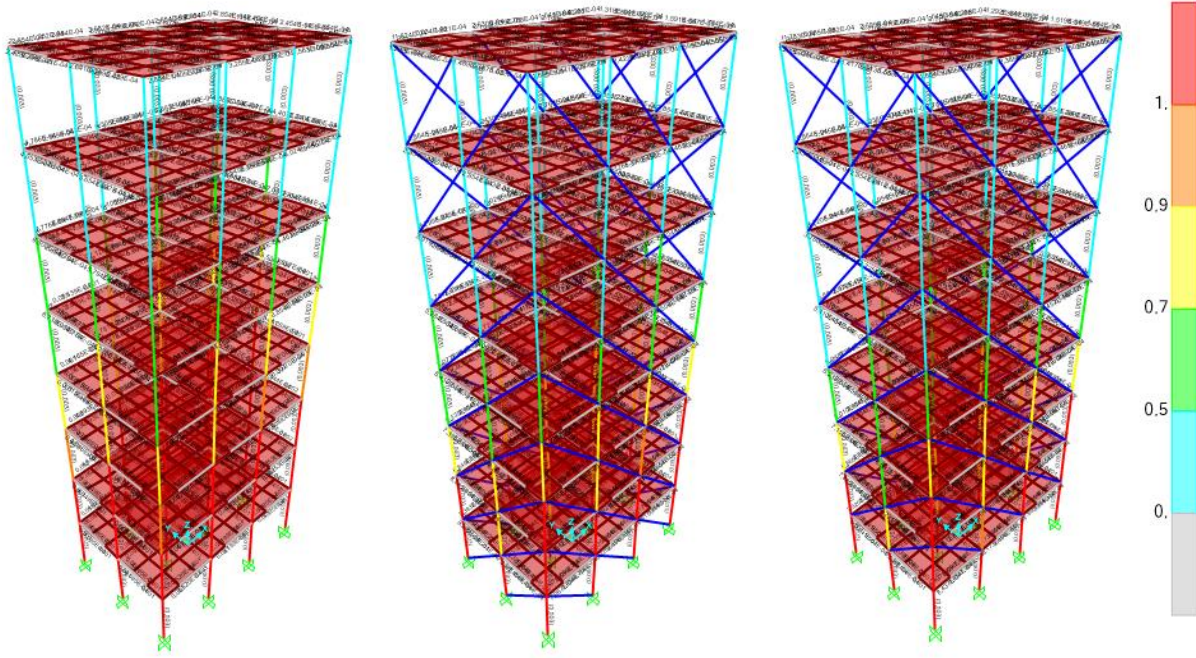
Yumuşak Kat Düzensizliği η_{ki} Değerleri (2,5m)							
	1./2. Kat	2./3. Kat	3./4. Kat	4./5. Kat	5./6. Kat	6./7. Kat	7./8. Kat
Model 1	0,35	0,56	0,70	0,79	0,85	0,90	0,93
Model 2	0,38	0,58	0,71	0,79	0,85	0,89	0,93
Model 3	0,42	0,60	0,72	0,80	0,85	0,89	0,93
	2./1. Kat	3./2. Kat	4./3. Kat	5./4. Kat	6./5. Kat	7./6. Kat	8./7. Kat
Model 1	2,87	1,80	1,43	1,27	1,18	1,12	1,07

Model 2	2,63	1,73	1,41	1,26	1,18	1,12	1,08
Model 3	2,37	1,66	1,38	1,25	1,17	1,12	1,08
Yumuşak Kat Düzensizliği ρ_{ki} Değerleri (3m)							
	1./2. Kat	2./3. Kat	3./4. Kat	4./5. Kat	5./6. Kat	6./7. Kat	7./8. Kat
Model 1	0,36	0,59	0,72	0,80	0,86	0,90	0,93
Model 2	0,39	0,61	0,73	0,80	0,85	0,89	0,93
Model 3	0,43	0,64	0,75	0,81	0,86	0,90	0,93
	2./1. Kat	3./2. Kat	4./3. Kat	5./4. Kat	6./5. Kat	7./6. Kat	8./7. Kat
Model 1	2,79	1,69	1,39	1,25	1,17	1,11	1,07
Model 2	2,58	1,63	1,37	1,25	1,17	1,12	1,08
Model 3	2,32	1,56	1,34	1,23	1,16	1,11	1,07
Yumuşak Kat Düzensizliği ρ_{ki} Değerleri (3,5m)							
	1./2. Kat	2./3. Kat	3./4. Kat	4./5. Kat	5./6. Kat	6./7. Kat	7./8. Kat
Model 1	0,36	0,63	0,74	0,81	0,86	0,90	0,94
Model 2	0,39	0,65	0,75	0,81	0,86	0,90	0,93
Model 3	0,43	0,68	0,77	0,83	0,87	0,90	0,93
	2./1. Kat	3./2. Kat	4./3. Kat	5./4. Kat	6./5. Kat	7./6. Kat	8./7. Kat
Model 1	2,76	1,60	1,36	1,23	1,16	1,11	1,07
Model 2	2,57	1,55	1,34	1,23	1,16	1,11	1,08
Model 3	2,32	1,47	1,30	1,21	1,15	1,11	1,07

Yumuşak kat düzensizliğinin duvarların modellemeye dahil edilmediği 1. tasarımda yüksek çıktığı ancak diğer modellerde düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca kat yükseklikleri değiştikçe yumuşak kat düzensizliğinin de değiştiği ancak zayıf kat düzensizliğinin değişmediği hesaplanmıştır.

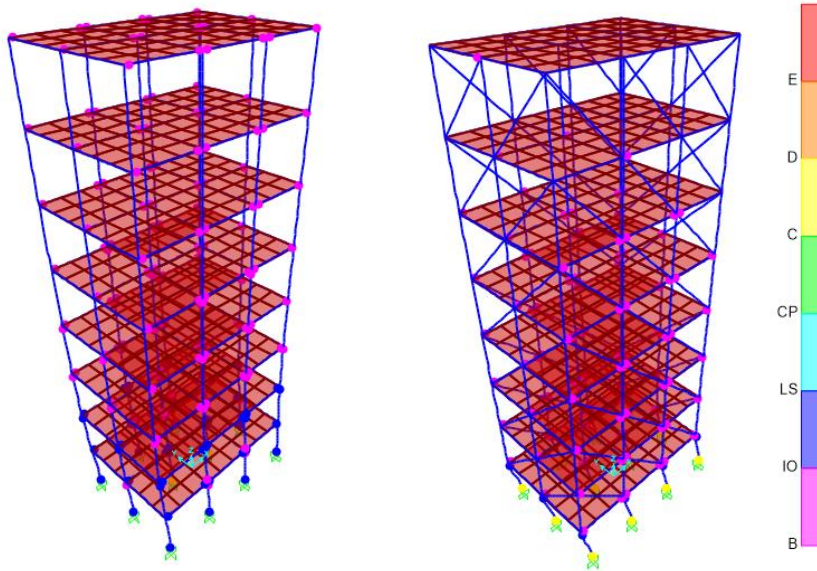
Zayıf kat düzensizliğinin kat yüksekliğiyle ilgisinin bulunmaması dolayısıyla alansal hesabın durum tespiti için uygun olmadığı, bunun giderilmesi için yüksekliğin de bir parametre olarak göz önüne alınabileceği rijitlik gibi değerlerle incelenmesi gerektiği söylenebilir.

Kolonların tasarımında gerekli olan donatı alanlarına bakıldığında ise Şekil 4.'te görüldüğü gibi eşdeğer basınç çubuğuyla yapılan modellemelerde daha az alan gerektiği görülmektedir. Yani elaman tasarımında daha optimum sonuçlara ulaşabilmek için duvar elemanlarının detaylı modellenmesi fayda sağlayacaktır.



Şekil 4. Duvar modellenmemiş yapı ile eşdeğer basınç çubuğuyla modellenmiş yapıların tasarımları

Ayrıca doğrusal olmayan pushover analizi yapıldığında taşıyıcı elemanların performans noktalarında da belirgin farklar ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.'te görülebileceği üzere tuğla duvarın bulunmaması durumunda bunun modele yansıtılmamasının kritik hatalara sebep olacağı ve yapının göçme noktasına geleceği söylenebilir.

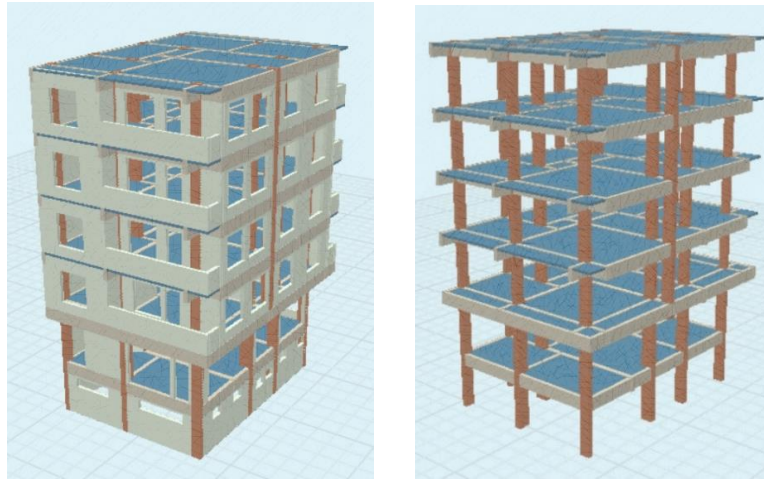


Şekil 5. Duvar modellenmemiş yapı ile eşdeğer basınç çubuğuyla modellenmiş yapının performansları

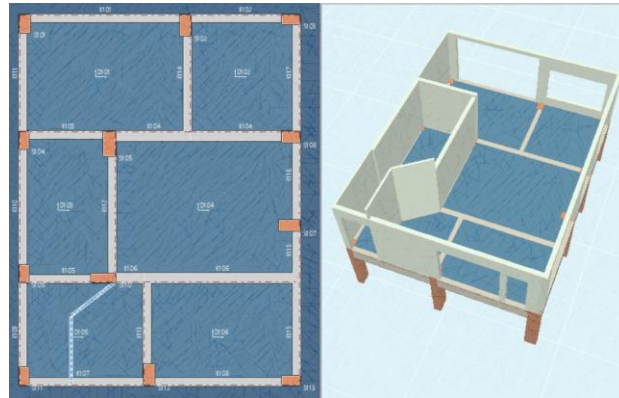
STA4Cad programıyla analiz edilen yapılar incelendiğinde ise bazı yapılarda tuğla duvarların etkisi olmazken bazılarında yüksek seviyede olabilmektedir. Bu durum duvarın mesnetlenme şekline,

kalınlığına, kolon ve perde gibi elemanlara nispetle duvar alanının düşük olmasına bağlı olabilmektedir. Ayrıca zemin kat kolonlarının üst katlara göre daha yüksek boyutlarda tasarlanması duvar etkisini de düşürebilmektedir. Ayrıca deprem yönetmeliği madde 6.1.3'te geçtiği şekliyle “Yapısal olmayan eleman veya donanımın ağırlığı katın toplam ağırlığının %10’undan büyük ise, eleman veya donanım bina taşıyıcı sisteminin bir parçası olarak kabul edilecektir. Bu durumda eleman veya donanımın kütlesi ile binaya bağlantısının rijitlik özellikleri, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında göz önüne alınacaktır” denilmektedir. Yani burada zayıf kat düzensizliğinde göz önünde bulundurulacak kesit alanından farklı olarak kütle ve bağlantı rijitliğinin de deprem hesabında göz önüne alınması gerektiği görülmektedir. Ancak arzu edilen, tuğla duvarların eleman olarak da rijitliğinin göz önüne alınması ve daha doğru bir biçimde zayıf kat düzensizliğinin tespit edilebilmesidir.

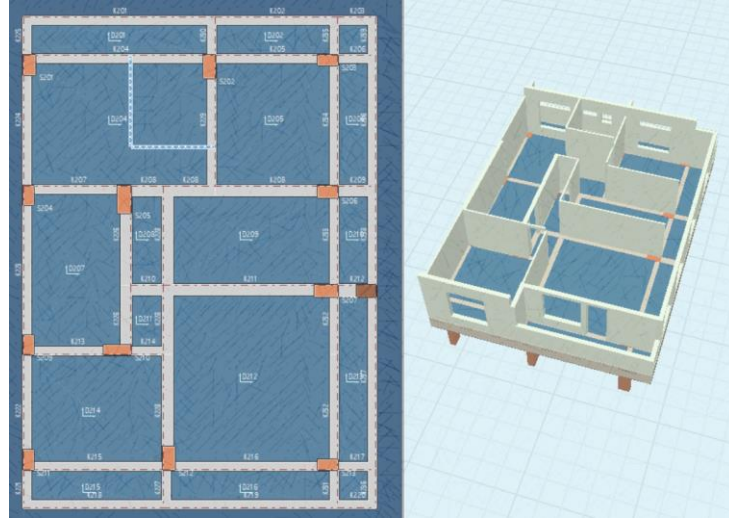
İncelenmiş olan iki binanın bilgileri ve tuğla duvarların etkisinin hesaba katılması veya katılmaması durumunda değişen parametrelere bakılacak olursa, ilk olarak Harun bey apartmanı altı katlı betonarme karkas sistemden oluşmaktadır. Yapının duvarlı ve duvarsız olarak taşıyıcı sistemi Şekil 6.’da görülmektedir. Ayrıca zemin kat planı Şekil 7.’de ve normal kat planı Şekil 8.’de verilmiştir.



Şekil 6. Harun Bey Apartmanı Duvarlı (solda) ve Duvarsız (sağda) Görünümler

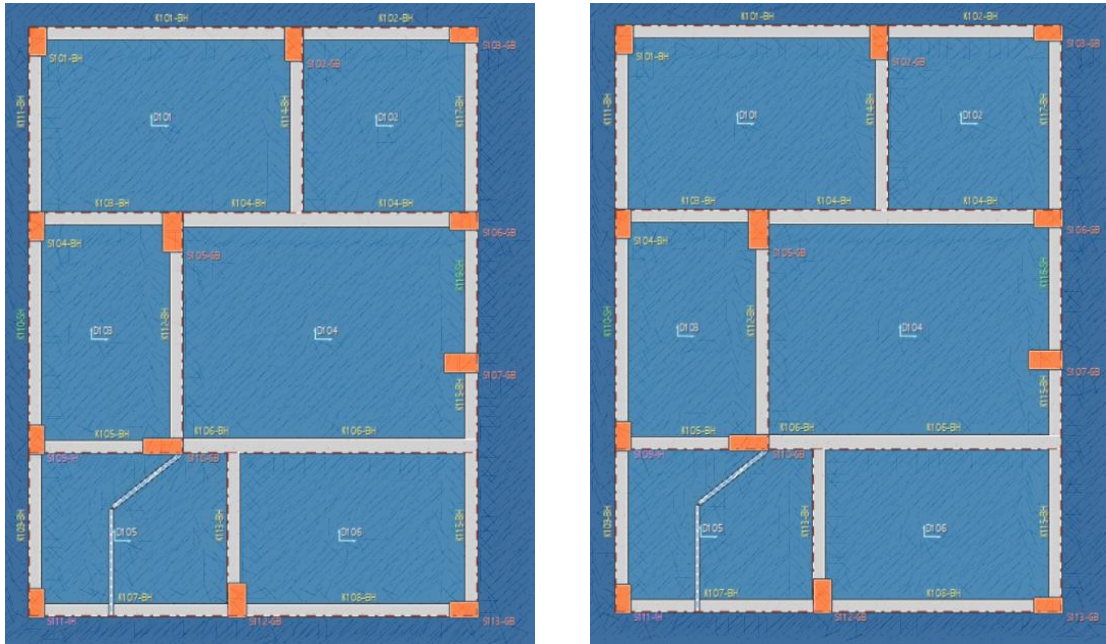


Şekil 7. Harun Bey Apartmanı Zemin Kat Planı ve Duvarları



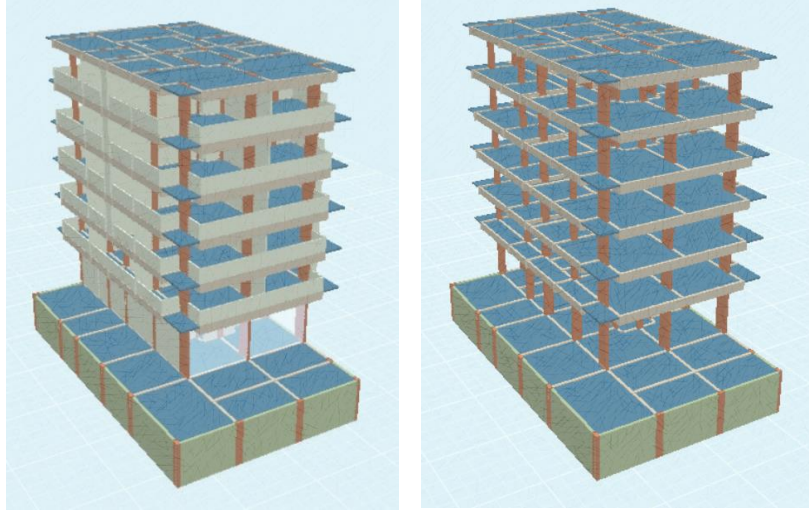
Şekil 8. Harun Bey Apartmanı Normal Kat Planı ve Duvarları

Analiz sonucunda Şekil 9.'da görüldüğü gibi kiriş hasar yüzdeleri, kolon kesme kuvveti dağılımı ve hasar oranlarında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Ayrıca deprem moment ve kesme kuvveti kontrolünde kolon ve kirişlerde duvar etkisi büyük çıkmamıştır. Yapının ilk modunda duvar etkisiz modelde periyot 1,27 sn iken duvar etkili modelde 1,21 sn'ye düşmüştür. Yani yapı rijitliğinde bir miktar artmanın olduğu söylenebilir ancak bu deprem performansına fazla bir katkı sağlamamıştır. Bunun temel sebebinin duvarların zemin kattaki yoğunluğu ve pencere boşluklarının miktarıyla ilgili olduğu söylenebilir.

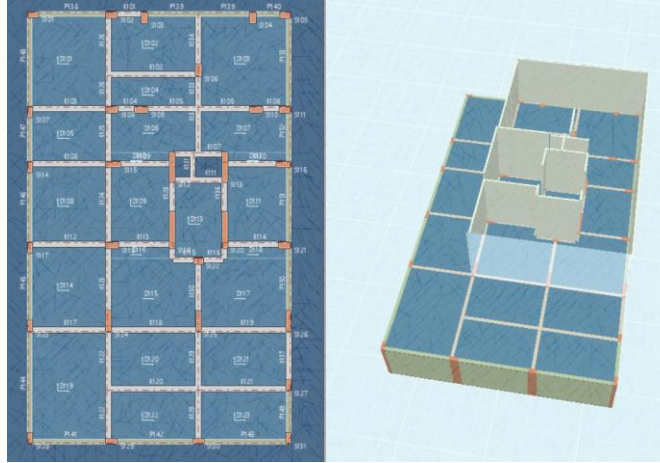


Şekil 9. Harun Bey Apartmanı Duvar Etkisiz (solda) ve Duvar Etkili (sağda) Hasar Dağılımları

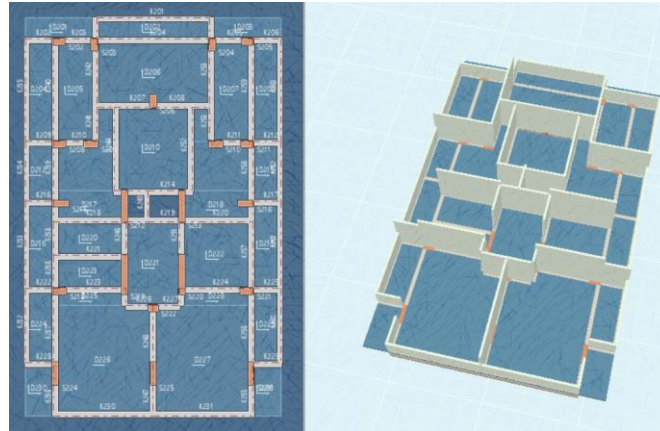
Okan bey apartmanı ise yedi katlı betonarme karkas sistemden oluşmaktadır. Yapının duvarlı ve duvarsız olarak taşıyıcı sistemi Şekil 10.'da görülmektedir. Ayrıca bodrum kat planı Şekil 11.'de ve zemin kat planı Şekil 12.'de verilmiştir.



Şekil 10. Okan Bey Apartmanı Duvarlı (solda) ve Duvarsız (sağda) Görünümler

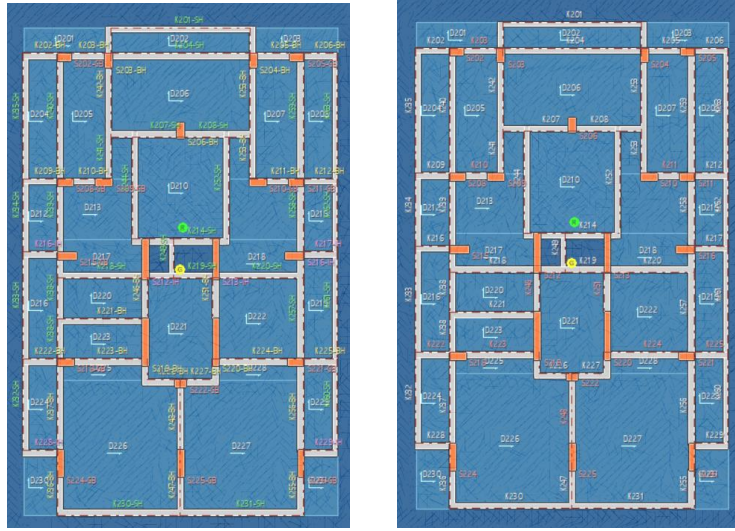


Şekil 11. Okan Bey Apartmanı Bodrum Kat Planı ve Duvarları



Şekil 12. Okan Bey Apartmanı Zemin Kat Planı ve Duvarları

Okan bey apartmanında duvar etkisi göz önüne alındığında kiriş hasarlarında herhangi bir fark olmazken, ileri hasar bölgesindeki kolonlar artmış göçme bölgesindeki kolonlar azalmıştır. Bu durum tuğla duvar etkisinin göz önüne alınmasının yapı performansını yükselttiğini göstermektedir. Nitekim performans sonuçlarına göre zemin katta göçme bölgesine gelen kolonların oranı duvar etkisiz modelde %68,5 iken, duvar etkili modelde %63,7'ye inmektedir. Deprem moment ve kesme kuvveti kontrolünde 174 adet kolonun 76'sında, 492 adet kirişin ise 18'inde duvar etkisi büyük çıkmıştır. Duvar etkili analizde periyot x yönünde 1,349 sn'den 1,339 sn'ye, y yönünde ise 1,13 sn'den 1,01 sn'ye inmektedir. Analiz sonuçları deprem mühendisliğinde periyodun azalmasının rijitliğin artmasıyla ilişkili olduğu kabulünü de doğrulamaktadır. Çünkü tuğla duvarlar az da olsa yapı rijitliğine katkı sağlamaktadır, hesaplarda bu durumun göz önüne alınmasının neticesi görülmektedir. Şekil 13.'te duvar etkili ve duvar etkisiz yapı analiz modellerinin hasar dağılımları görülmektedir. Ayrıca deprem performans tabloları çalışmanın ekinde verilmiştir.



Şekil 13. Okan Bey Apartmanı Duvar Etkisiz (solda) ve Duvar Etkili (sağda) Hasar Dağılımları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda görülebileceği gibi yapılarda tuğla duvar etkisi yapı rijitliğinin hesaplanmasında rol oynamaktadır. Bu durum yapının deprem davranışını tuğla duvarların yoğunluğuyla orantılı olarak etkilemektedir. Ayrıca zayıf kat ve yumuşak kat düzensizliğinin belirlenmesindeki yaklaşımların gözden geçirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Yapıda zayıf kat düzensizliğinin önüne geçebilmek için yapısal tasarım aşamasında zemin kattaki kolon ve perdelerin üst katlara göre daha yüksek boyutlarda modellenmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü zayıf kat yaklaşımındaki 0,8 oranı sadece alt katları üst katlara oranladığı için bunların boyutlarının yüksek olması düzensizliğe olumsuz etki yapmayacaktır ayrıca ileride projede hesaba katılmadığı şekilde tuğla duvarların kaldırılması durumunda bir güvenlik payı oluşacaktır. Bunun için zemin katta perde ve kolon kesitlerinin mimari projede tasarlanan duvar alanının %15'i mertebesinde artırılması önerilmektedir. Böylece duvarların kaldırılması durumunda taşıyıcı elemanlarının kesitlerinin arttırılmadığı duruma göre zayıf kat hesabında bir değişim olmayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z. ve Erkal, A. (2007) Zayıf kat-yumuşak kat düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 339-349.
- [2] Sayın, B. ve Kaplan, S. A. (2005) Deprem etkisi altındaki betonarme yapılarda dolgu duvarların modellenme teknikleri, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 474-478.
- [3] Bayülke, N. (2003) Betonarme yapının dolgu duvarı, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426, 4, 85-98.
- [4] Tülin, S. (2014) Bina türü betonarme bir yapıda yumuşak kat ve burulma düzensizliği ilişkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Çelebi, O., Beyen, K. (2018) Betonarme binaların depreme karşı davranışında dolgu duvarların ve sönümleyici sistemlerin etkisi, Afet ve Risk Dergisi, 1(1), 9-25.
- [6] Dönmez, S. (2006) Deprem etkisinde betonarme binalarda hasarın oluşmasında dolgu duvarların modellenmesi ve taşıyıcı sisteme katkısı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Köse, M. M., Karlıoğlu, Ö. (2007) Dolgu duvarların bina doğal modal periyot ve mod şekline olan etkileri, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 261-270.
- [8] Beklen, C., Çağatay İ. H. (2009) Çerçevelerde dolgu duvar modellerinin incelenmesi, Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 24 (1-2), 77-90.
- [9] İrtem, E., Türker, K., Haşgül, U. (2005) Dolgu duvarlarının betonarme bina davranışına etkisi, İTÜ Mühendislik Dergisi/d, 4, 4, İstanbul.
- [10] Baran, M. (2012) Dolgu Duvarların betonarme çerçeveli yapıların davranışı üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 27, No 2, 275-284.
- [11] Mahmoud, S., Genidy, M., Tahoona, H. (2017) Time-history analysis of reinforced concrete frame buildings with soft storeys, Arab J. Sci Eng., 42, 1201-1217.
- [12] Furtado, A., Rodrigues, H., Varum, H., Costa A. (2017) Evaluation of different strengthening techniques' efficiency for a soft storey building, European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 21, No 4, 371-388.
- [13] Öztürk, M., Ögütçü, T. F. (2018) An experimental study on the strengthening of RC frames with soft storey irregularities with different types of steel diagonals, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 62(4), 1067-1075.
- [14] Pinarbasi, S., Konstantinidis, D. (2007) Seismic isolation for soft storey buildings. In: 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, İstanbul.
- [15] Garip, Z. Ş. (2017) Yumuşak kat düzensizliği olan betonarme binalarda yapı zemin etkileşimi, 5th International Symposium on Innovate Technologies in Engineering and Science. Bakü, Azerbaycan, 1036-1045.
- [16] TBDY (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem etkisi altında binaların tasarımı için esaslar, Resmi Gazete, 18.03.2018, 30364.

- [17] Stafford, S.B. (1966) Behavior of Square Infilled Frames, Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of Structural Division, 92, 381-403.
- [18] Mainstone, R. J. (1971) On the stiffnesses and strengths of infilled frames. Proc. Inst. Civ. Eng., Struct. Build., (iv), 57–90.
- [19] Bayrak, O. F., Bikçe, M. (2019) Dolgu duvarların yapısal düzensizliklere ve performansa etkisinin mevcut bir yapı üzerinde incelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(3), 241-254.
- [20] FEMA, 2000, Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356, Federal Emergency Management Agency.

Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizine Göre Tasarım Sonuçlarının Tbdy 2019 Kapsamında Değerlendirilmesi

*Mehmet Fatih ALTAN¹
Osman KAYA²
İsmail Çağatay TURNA³*

Giriş

Yönetmelikte tasarım depreminde, taşıyıcı sistemde bulunan yapısal elemanların hasarları kabul edilebilir düzeyde, sınırlı ve onarılabılır kalmasını öngörmektedir. Yani bu kabul, sınırlı hasarın kabul edilmesi, taşıyıcı sistemin de elastik ötesi davranışın kullanılmasına karşı gelmektedir. Ancak, yatay ve düşey yükler taşıyıcı sisteme etki edilirken elasto-plastik kabullerle çözümün yapılması, uygulanmasının zor olmasından ötürü plastik mafsal kabulü en basit çözümdür. Plastik mafsal kabulü yapılırken, kesitin geometrisi ve donatısı önceden bilinmelidir. Kesitte kesme kuvvetinin ve burulma momentinin etkisi göz ardı edilir. Çünkü burulma düzensizliği olan yapılarda plastik mafsal kabulünün de ki yapılan tanımlamalar tartışmaya açık bir hale gelir [7].

Statik itme yönteminin amacı, yapının tasarım deprem kuvvetleri altında, taşıyıcı sistem elemanlarının dayanım ve deformasyon taleplerini tahmin ederek, yapıdan beklenen performansı değerlendirmek ve bu taleplere uygun performans seviyelerindeki kapasitelerin karşılaştırılmasıdır. Aslında, statik itme yönteminin kuvvetli bir temeli yoktur. Yapıya etki ettirilen yatay yük neticesinde elde ettiğimiz tepkinin, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin tepkisiyle ilişkili olabileceği varsayımına dayanır. Bu da, tepkinin tek bir mod ile kontrol edildiğini ve bu mod şeklinin, zaman tanımlı tepki boyunca sabit kaldığını ifade etmektedir [8].

Doğrusal olmayan statik itme analizi, yeni yapıların tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesinde performansa dayalı hesap yöntemlerinden bir tanesidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesi aşamasında statik itme analizinde amaç, yapıya etki ettirilen yanal yük neticesinde hedef deplasman ve dönme değerlerinin ilgili yönetmelikler çerçevesinde istenilen düzeyde kalıp kalmadığının tayin edilmesidir. Doğrusal olmayan statik itme analizi, birçok hesap yönteminden pratik olmakla birlikte zaman tanım alanına göre daha fazla yaklaşım imkânı sunmaktadır. 3, 6 ve 9 katlı, 4 açıklıklı, kat yükseklikleri 300cm, kolon ebatları 60cm x 60cm ve giriş ebatları 40cm x 60cm olan okul olarak tasarlanmış betonarme çerçeve sistemli binalara, statik itme analizi uygulanarak, analiz sonuçlarına göre taban kesme kuvveti, tepe nokta yer değiştirmesi, iç kuvvet

¹ Mehmet Fatih ALTAN, Prof. Dr., İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, mehmetaltan@aydin.edu.tr

² Sorumlu yazar, Osman KAYA, Yüksek Lisans Öğrencisi., İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, osmankaya1@stu.aydin.edu.tr

³ İsmail Çağatay TURNA, Yüksek Lisans Öğrencisi., İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, ismailturna@stu.aydin.edu.tr

ve şekil değiştirmeleri, meydana gelen plastik mafsallı oluşum mekanizmaları ile birlikte talep edilen performans hedefleri incelenmiştir.

Ülkemizin deprem kuşağında olması ve son yıllarda yaşanan depremlerin sıklığının da artması göz önüne alındığında, yeni yapının tasarlama aşamasında, sonuçların daha gerçekçi ve doğruya yakınsamada bizlere katkı sağlaması, ayrıca zaman konusunda sonuçların daha hızlı elde edilmesi açısından yeni yapı tasarımı ve mevcut binanın değerlendirilmesinde Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım metodlarından olan doğrusal olmayan statik itme analizinin uygulanmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Depremlerin kaynaklandığı yeryüzü yırtıkları (faylar) doğru atılımlı veya eğim atılımlı olmak üzere ikiye ayrılmakta olup, doğrultu atılımlı faylar da sağ ve sol olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Doğrultulu atılımlı faylar dike yakın bir düzlem boyunca yanal hareketlerin oluşturduğu fay hatlarıdır. Türkiye ve çevresinde tektonik plakalar ve önemli aktif fayların olması, ayrıca Kuzey Anadolu Fayının doğrultu atılımlı bir fay olması sebebiyle, 1939 Erzincan ve 1999 İzmit depremlerini oluşturan fay sistemini bu zon oluşturmaktadır [9].

Ülkemizden geçen Kuzey Anadolu Fay Hattı Marmara Bölgesinden üç fay koluna ayrılmakta olup, Tablo-1’ de görüldüğü üzere yüksek bir deprem etkinliğine (Magnitude), ve tehlikelere sebebiyet vermektedir [10].

Tablo 1.Marmara Bölgesinde 1860’dan 2000 kadar meydana gelmiş büyüklüğü $M \geq 6.0$ olan depremler [10]

No	Tarih	Enlem	Boylam	M_s	Yer
38	21.08.1859	40.3	26.1	6.8	Saros
39	22.08.1860	40.5	26.0	6.1	Saros
40	19.04.1878	40.7	30.2	6.0	Sapanca
41	09.02.1893	40.5	26.2	6.9	Saros
42	10.07.1894	40.7	29.6	7.3	İzmit
43	09.08.1912	40.7	27.2	7.4	Ganos
44	18.03.1953	40.1	27.4	7.1	Gönen
45	26.05.1957	40.7	31.0	7.1	Abant
46	06.10.1964	40.1	28.2	6.8	Manyas
47	22.07.1967	40.7	30.7	7.2	Mudurnu
48	17.08.1999	40.7	29.9	7.4	İzmit

2.LİTERATÜRDE YAPILAN BİRTAKİM ÇALIŞMALAR

İtme analizi, yapıların veya elemanların doğrusal olmayan deformasyonunu tahmin etmemizi sağlar. Taşıma gücü hesap yönteminden daha pratik, zaman tanım alanına göre daha fazla yaklaşım imkanı sunan bu yöntem, daha istikrarlı sonuçlar elde etmemize olanak sağlamakla birlikte iş yükünden tasarruf etmemize de yardımcı olmaktadır. Yazar tarafından, giriş kat yüksekliği 4 mt, diğer katların

yüksekliği 3.40mt olan 6 katlı bir ofis binasının SAP2000 programı yardımıyla FEMA 356' ya göre performans analizi yapılmış olup, analiz sonuçlarına göre itme analizine göre deprem performans değerlendirilmesi sonuçlarını anlamak için en az iki adet yatay yükleme modunun benimsemenin ve ortalama değer kullanmanın daha doğru olacağını savunulmaktadır [11].

Statik itme analizi, Mevcut binaların değerlendirilmesi ve yeni binaların tasarımında performans değerlendirilmesi açısından popüler bir hale gelmektedir. Yazar tarafından yapılan değerlendirilmelerde itme analizi sonuçlarının doğruluğunun hangi durumlarda yeterli yada yanıltıcı sonuçlar vermiş olduğu üzerinde bir çalışma yapılmış olup, dikkatlice gerçekleştirilen bir itme analizi sonuçlarına göre şiddetli deprem etkilerinde yapısal yönler hakkında fikir verecektir. Öncelikle temel modda itme analizi sonuçları iyi tahminler verecektir. Hatta elastik tasarımı zayıf yönlerini de ortaya çıkaracaktır.(Mekanizmaların aşırı deformasyon taleplerinin dahil edilmesi)İtme analiz sonuçlarının değerlendirilmesi yapılırken olumsuz olarak ise yüksek modda yapılan yapıların sonuçlarının etki ettirilen yatay yük sonucunda ilk yerel mekanizmada meydana gelen sonuçları yapının diğer zayıflıklarını ortaya çıkarmayabilir [8].

Yazar tarafından, 20 katlı bir moment aktaran çelik çerçeve sistemli yapıda yapılan pushover analizi sonucunda; elde ettiği pushover eğrisi ve tavan yer değiştirmesi üzerinde yapılan incelemelerde, verilen yükün binanın sünekliğinin değerlendirilmesiyle ilgili olarak, herhangi bir yapısal analiz sonuçlarına benzer şekilde, itme eğrisinin modelin özelliklerine bağlı olduğu, ve bu özellikler belirlenirken de P-Δ etkileri, mafsalların değişkenliği önem arz etmektedir. Eksenel yükün bir fonksiyonu olan kolonlar için modellemede mafsalda kuvvetlerin, plastik dönmenin bir fonksiyonu olarak ve plastikliğin azaltılmasının bir fonksiyonu olarak sertleşmesini ve yumuşamayı içerir. Deplasman kontrolü, çok katlı bir bina için pushover eğrisinin hesabı için etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Dinamik pushover, statik pushover yöntemine göre bir alternatif olup, herhangi bir programla analiz yapıp sonuçların karşılaştırılmasında fayda olabileceği yazar tarafından ifade edilmektedir [12].

Perdelerin plandaki yerleşimi itibariyle burulma düzensizliği olacak ve olmayacak şekilde iki farklı 7 katlı kirişsiz döşemeli yapılarak deprem performansını irdelemek adına doğrusal olmayan artımsal itme analizi ve zaman tanım alanın yapılan analizler sonucunda; Perdelerin plandaki yerleşimi burulma düzensizliği olmayacak şekilde tasarlandığında, gerekli dayanımı ve yanal rijitliği sağladığı, ve yapıda tespit edilen performans düzeyinin kontrollü hasar düzeyinde kaldığı, perde yerleşimlerin burulma düzensizliği oluşturacak şekilde yerleşimi yapıldığında ise perdelerin yataydaki etkinliğinin azaldığı, deprem yüklerinin ise sünekliği sınırlı kolon-kirişsiz döşeme taşıyıcılarında daha etkin rol oynadığı ve bu durumda burulma ve ikinci merteye etkileri düşünüldüğünde kolonlarda meydana gelen performans düzeyinin göçmenin önlenmesi düzeyinden daha fazla seviyede olduğu gözlemlendiği ifade edilmektedir [13]

Betonarme yapıların tasarımı ve değerlendirilmesinde doğrusal olmayan davranışın kullanılması eskilere dayanmaktadır. Ancak, zaman içerisinde betonarme malzemelerinin davranışlarının daha da iyi tanınması ve gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde sayısal hesapların sürece katkısı neticesinde doğrusal olmayan davranışın ayrıntılı bir şekilde incelenmesine olanak sağlamıştır. Yazar tarafından "Betonarmede doğrusal olmayan davranış, TS500' de doğrusal olmayan davranış ve Deprem Yönetmeliğinde doğrusal olmayan davranış sistemlerinde yapılan incelemeler

neticesinde; doğrusal olmayan davranışın betonarme taşıyıcı sistemlerde uzun süredir yönetmeliklerce değişik seviyelerde yer aldığı, bir yapıda daha gerçekçi kapasite ve davranış hesabının mümkün kılınması ve sistemin zayıf taraflarının belirlenmesine katkı sağlaması, malzeme davranışları ile davranış eğrisinin daha gerçekçi belirlenmesi, mevcut bir binanın doğrusal davranışını yerine tasarımda doğrusal olmayan davranışın kullanılması durumunda hesapların daha gerçekçi kılınmasının uygun olacağı ifade edilmektedir [14].

Deprem yükleri altında binaların doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesinde bir çok analiz yöntemi bulunmakta olup, yazar tarafından 4,6,8, ve 12 katlı yükseklikleri ve periyotları farklı betonarme çerçeve sistemden oluşan binaya artımsal itme analizi uygulanarak, enerji esaslı doğrusal olmayan artımsal itme analizi ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmalar neticesinde; artımsal itme değerlerinin zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçlarıyla tam olarak örtüşmediğini, ancak sonuçların yakın olduğunu, uyarlanmış artımsal itme değerlerinin, klasik itme değerlerine göre zaman tanım alanı sonuçlarına daha yakınsak olduğu, en yakın sonucun enerji esaslı artımsal itme eğrilerinden elde edildiği, kat yüksekliğinin artması sebebiyle yüksek mod etkilerinin devreye girmesinden dolayı özellikle uyarlanmış ve enerji esaslı artımsal itme eğrilerinin zaman tanım alanı sonuçlarına göre daha yakın olduğu ifade edilmektedir [15].

Doğrusal olmayan hesap yöntemi, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışını daha gerçekçi ele alındığından bu yöntem uygulanırken bir çok parametreye ihtiyaç duyulur. Bu durum mevcut binalar için uygulandığında birçok belirsizliğin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca, doğrusal elastik hesap yapan programlar bu değerlendirme yöntemini kullanamaz. Çok daha ayrıntılı ve çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç artar. Elde edilen sonuçlar ne kadar çok fazla kabulle ortaya çıkıyorsa, güvenilirliği de o derece daha az olacaktır. Bu yöntemin esasını oluşturan statik itme analizi, doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi olan zaman tanım alanına göre hesap yöntemi ile arasında önemli derecede farklılık gösterdiği göz ardı edilmemelidir [16].

Yazar tarafından, 3 açıklıklı, 25 mt yüksekliğinde, kolon ebatları 25cm x60cm, kiriş ebatları 25cm x60cm olan 8 katlı betonarme çerçevesel bir bina modeline yapılan tek modlu statik itme analizi sonucunda; zemin sınıfının rijitlik değerlerindeki azalma sonucunda, taşıyıcı sistem elemanlarında şekil değiştirme ve iç kuvvet değerlerinin arttığı, taban kesme kuvveti, yer değiştirme ve görelî kat öteleme değerlerinin Z4 zemin sınıfında en olumsuz değerlere ulaştığı ifade edilmektedir [17].

Statik itme analizi, deprem taleplerinin belirlenmesinde, teorik olarak alt yapısı bilimselliği kabul görmüş, kullanılabilir, pratik bir analiz yöntemidir [18].

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden birisi olan statik itme analizi yöntemi sayesinde, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan hasarlar ve sonrasında yapıdaki kuvvet dağılımları ve yapıdaki elemanların davranışları hakkında nasıl değiştiği konusunda birçok veriye ulaşılabilmektedir [19].

Kuvvet veya gerilme cinsinden denge denklemleri ile birim şekil değiştirme cinsinden ifade edilen uygunluk denklemleri arasındaki ilişki, kullanılan malzemenin gerilme birim şekil değiştirme ilişkisinden yararlanılarak kurulmaktadır. Matematiksel çözümde kolaylaştırmak açısından deneylerden elde edilen σ - ϵ eğrileri idealize edilip, basitleştirilerek kullanılır [20].

Priestley, Mander ve Park 1988 yılında yapmış oldukları çalışmalarda; dairesel ve dikdörtgen kesitli sargılanmış beton kesitlerinin aksenal basınç etkisi altında davranışını göstermek amacıyla bir beton modeli önermişlerdir [21].

Dünya genelinde birçok bilim insanınca iki eksenli ve tek eksenli yükleme durumları için geliştirilmiş gerilme-şekil değiştirme ilişkisi geliştirilmiştir. Bu modeller arasında Tulin ve Gerstle, Popovics, Attard ve Setunge, Wee vd., Young, Richard ve Abbott, Tomaszewicz, Saent, Saatçioğlu-Ravzi, Hognestad, Kent-Park, Sheikh-üzümeri vb. bir çok model yer almaktadır [22].

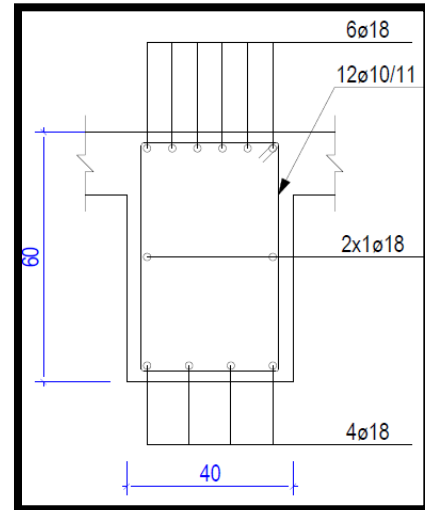
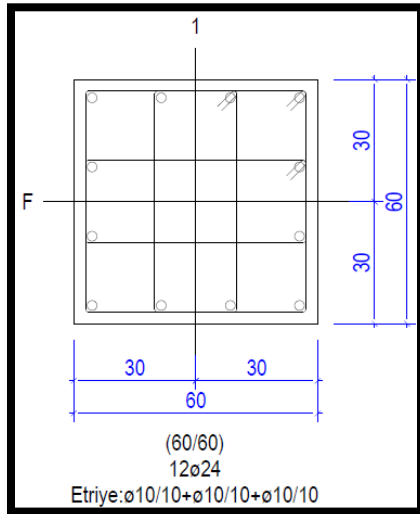
3. MATERYAL VE METOD

Bu araştırma makalemizde ele almış olduğumuz kat adetleri farklı 3 adet okul binasını tasarlarken İstanbul İli Beylikdüzü ilçesinde yapılması planlanan betonarme yapılara ait, kolon kesiti donatı yerleşimi Şekil-1' de, kiriş kesiti donatı yerleşimi Şekil-2' de gösterilmektedir. Kolon ve kirişler için yığılı mafsal girdilerini hazırlamak amacıyla XTRACT [23] yazılımı kullanılmış olup; beton ve çelik sınıfı, pas payı ve etriye bilgisi (çapı, âdeti ve kurgusu) ve donatı konfigürasyonu belirlenen kesitlere ait yığılı mafsal modeli oluşturulmuştur. Yapıda kullanılması planlanan beton sınıfı C30, donatı çeliği ise B420C seçilmiştir.

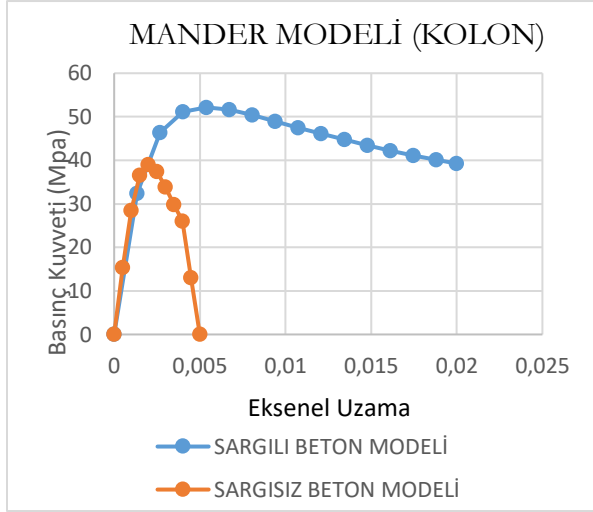
Burada dikkat edilecek en önemli hususlardan bir tanesi ise yeni yapılacak binaların şekil değiştirmeye göre tasarımında ve değerlendirilmesinde Yönetmelikte belirtildiği üzere betonun ortalama ve karakteristik basınç dayanımı $f_{ce}=1,3 \times f_{ck}$ ($30 \times 1,3=39$ MPa); donatı çeliğinin ortalama ve karakteristik basınç dayanımı ise $f_{ye} = 1,2 \times f_{yk}$ ($420 \times 1,2=504$ MPa) olarak hesaba katılmıştır.

Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapılacak deprem hesabından önce, düşey deprem etkisi dışındaki statik düşey yüklerin taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı doğrusal olmayan statik hesap yapılacaktır.

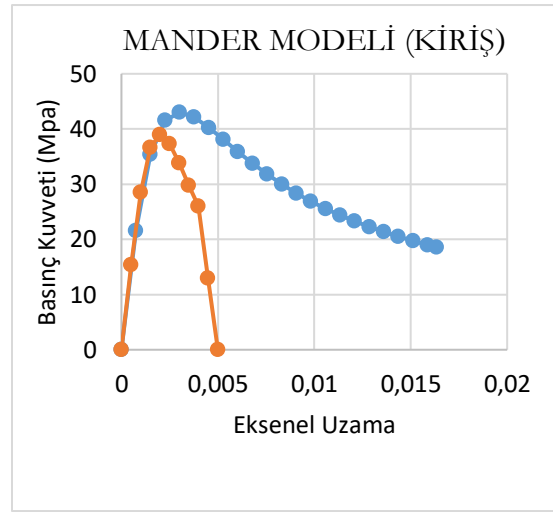
Seçilen örneklerde 3 adet betonarme çerçeve sistem Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [24], TS500 [25] ve TS498' e [26] göre SAP2000 [27] programı ile boyutlandırılmıştır.



Şekil 1. Kolon Kesiti (60 x 60)



Şekil 2. Kiriş Kesiti (40x60)



Şekil 3. S60X60 Mander Modeli

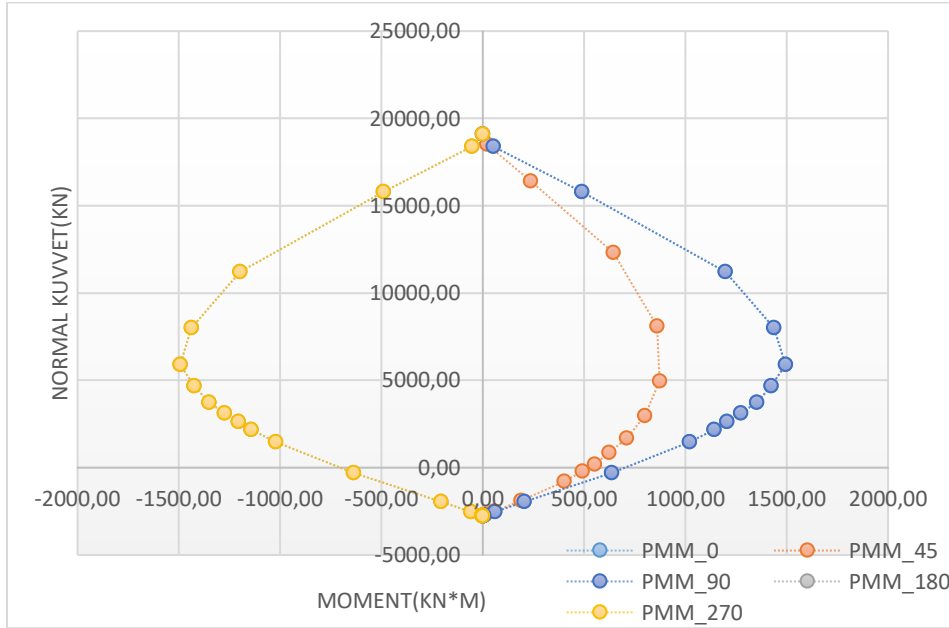
Şekil 4. B40x60 Mander Modeli

Kolonlar için oluşturulan sargılı(beton+çelik) ve sargısız(beton) betona ait mander modeline göre XTRACT programı ile yapılacak hesaplara ait parametreler aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

Tablo 2. Kolona ait sargılı, sargısız beton ve donatı çeliği parametreleri

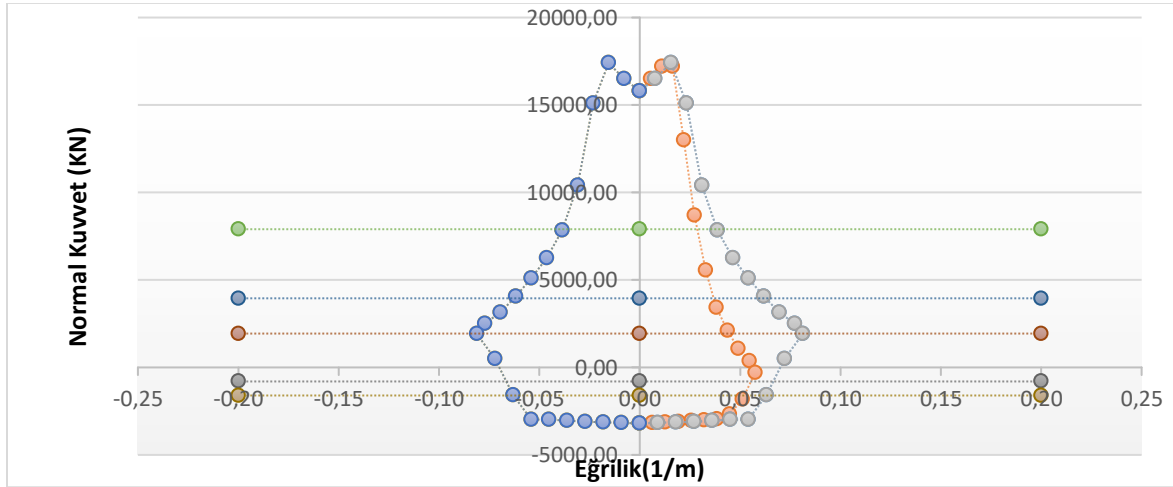
SARGISIZ BETON		SARGILI BETON		DONATI ÇELİĞİ	
28 Dayanım(Mpa)	39	28 Dayanım(Mpa)	39	Akma Dayanımı(Mpa)	504
Çekme Dayanım	0	Çekme Dayanım	0	Kopma Dayanımı(Mpa)	660
Akma Strain	0.002	Akma Dayanım	52.16	Pekleşme Strain	0.008
Pekleşme Strain	0.0035	Akma Strain	0.00537	Kopma Strain	0.08
Kopma Strain	0.005	Son Strain	0.018	Çelik Elastisite Modülü(Mpa)	200000
Kopmadaki Dayanım	0	Beton Elastise Modülü(Mpa)	31225		
Son Strain	0.018				
Beton Elastise Modülü(Mpa)	31225				

Kolon ve kirişe ait akma yüzeylerinin tespiti için birim uzama değerleri TBDY 2019 [24] uyarınca; betonda 0.0035, çelikte 0.01 olmak üzere 0, 45 ve 90 derece olmak üzere eksenel yük altında PMM analizleri yapılarak kesitlere ait akma sınırları tespit edilmiş olup, elde edilen grafik aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5. Kolona ait PMM analizi grafiği

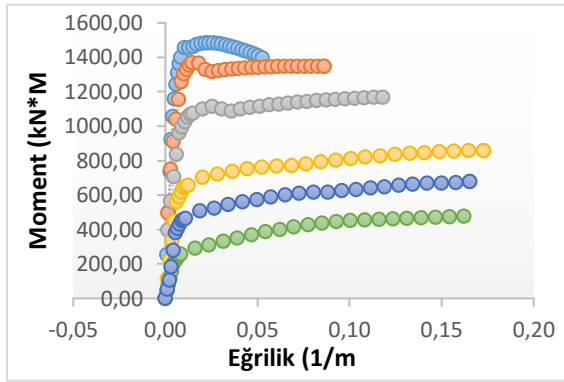
Akma sınırlarının tespitinden sonra, Mander modeline göre 'TBDY 2019' da da bahsedildiği üzere N-Curvature (Eksenel kuvvet-Eğrilik) değerlerini elde etmek amacıyla betonun göçmenin önlenmesi birim uzama değeri $\epsilon_c(GÖ) = 0.0035 + 0.04 \omega^{0.5} \leq 0.018$; çeliğin birim uzama değeri $\epsilon_s(GÖ) = 0.4\epsilon_{su}$ formülleri yardımı ile hesaplanır ve XTRACT' ten de eldilen verilerle birim uzama değerleri sırasıyla betonda $\epsilon_{cu} = 0.012786$; B420C çelikte $\epsilon_{su} = 0,032$ olarak tespit edilir.



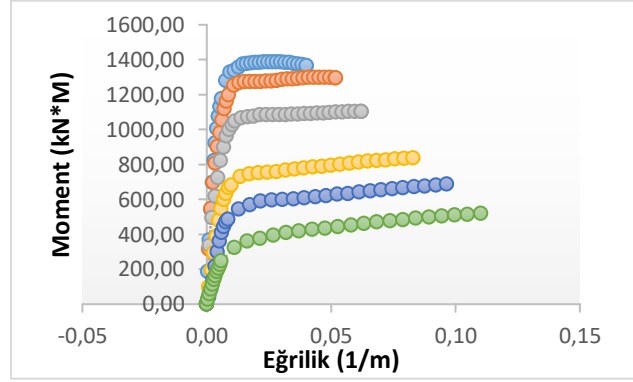
Şekil 6. Kolona ait N-Curvature Grafiği

Yapılan PMM ve N-Curvature analizleri sonrasında, maksimum basınç ve çekme kapasitelerinin %50' si, %25' i, N=0 için yine 0°, 45° ve 90° yüklenme açıları olmak üzere Moment-Curvature analizleri XTRACT programı aracılığı ile yapılmıştır.

TBDY 2019 Bölüm 17.7’ de belirtilen Basitleştirilmiş Kesit Taşıma Gücü Kurallarına göre kolon kesitlerinde düşey yükler altında (g+q) meydana gelen maksimum eksenel kuvvetin “ $N_{d,max} = 0.35 f_{ck}.b.h$ ” değerinden büyük olmayacağı belirtilmektedir [24]. Şekil-5’ te belirtilen PMM oranları grafiğimizde görüldüğü üzere optimum hesap verilerine ulaşmak için meydana gelen maksimum basınç ve çekme de eksenel kuvvetin %50’ si, %25’ i ve eksenel kuvvetin dönüm yaptığı yer ile 0 (sıfır) olduğu noktalarda XTRACT programı aracılığı ile 0^0 , 45^0 ve 90^0 yükleme açılarında kesitte meydana gelen Moment- eğrilik değerleri hesaplanmıştır.(Şekil 7-8)

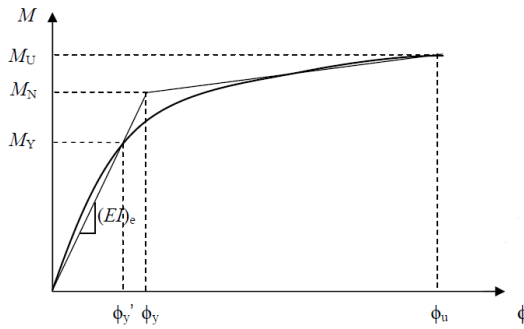


Şekil 7. 0^0 VE 90^0 İÇİN MOMENT EGRİLİK GRAFİĞİ



Şekil 8. 45^0 İÇİN MOMENT EGRİLİK GRAFİĞİ

Elde edilen Moment-Eğrilik verilerinden sonra işlem adımlarına devam edebilmek için bilinearizasyon işlemi yapılacaktır. Literatürde bu işlem adımı için 3 (üç) farklı yöntem bulunmakta olup, bu araştırmamızda yapacağımız işlem M 0.004 - 0.015 yöntemi olacaktır.



Şekil 9. Moment- Eğrilik İlişkisi [28]

$$(EI_e) = \frac{M_y}{\phi_y} = \frac{M_N}{\phi_y}$$

Şekil.9’ da belirtilmekte olan M_y , kesitte meydana gelen ilk akma momenti, ilk akma eğrilik değerini ϕ_y göstermektedir. Bu akma değerlerinin tespitinde amaç; betonun birim şekil değiştirmesi 0.002, donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesinin ise akma birim şekil değiştirmesi değerine ilk önce erişenin bulunması olmaktadır. Etkin eğrilik ϕ_y ’ye karşı gelmekte olan etkin plastik moment yani M_N ’nin hesabında ise; betonun basınç birim şekil değiştirmesi 0.004 veya donatı birim şekil değiştirmesi 0.015 değerine ilk erişen moment değerinin tespit edilmesidir [28].

TBDY 2019' a göre "Yeni Betonarme Bina Elemanları İçin İzin Verilen Şekil Değiştirme ve İç Kuvvet Sınırları" nın tespitinde plastik dönmelerinin hesabı aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmaktadır [24]:

- Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için plastik dönme formülü

$$\theta_p^{(GÖ)} = 2/3[(\phi_U - \phi_Y) L_p (1 - 0,5 L_p/L_s) + 4,5 \phi_U d_b]$$
- Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için plastik dönme formülü

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)}$$
- Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi için plastik dönme formülü

$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

XTRACT programından 6(altı) farklı basınç kuvveti için oluşan moment-eğriliğe bağlı olarak Şekil.9' da yapılan bilinearizasyona bağlı olarak M_u/M_y ' ye (kesitin ulaşabileceği son moment değeri/Akma momenti değeri) karşılık gelen kesitte oluşan θ_p (plastik dönme) değerleri Tablo 6. daki gibi hesaplanır ve SAP2000 programına aktarılır [27].

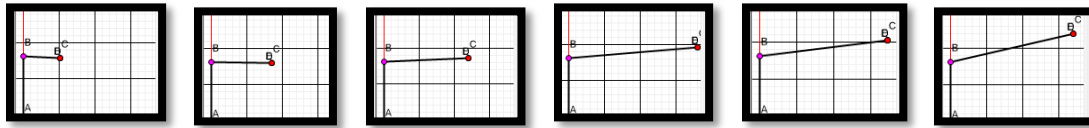
Tablo 3. Sap2000 0° Ve 90° S60*60 Kolonuna Ait Uzama Limitleri ve Performans Hedefleri

Performans Hedefi	Kolon Kesitine Ait Basınç Değerleri (KN)					
	-8000	-4000	-2000	0	800	1600
Plastik Dönme						
Sınırlı Hasar	0	0	0	0	0	0
Kontrollü Hasar	0.006423217	0.010610187	0.014349242	0.011994282	0.011338862	0.0110007
Göçme Önlenmesi	0.00856429	0.014146916	0.019132323	0.015992376	0.015118482	0.0146676

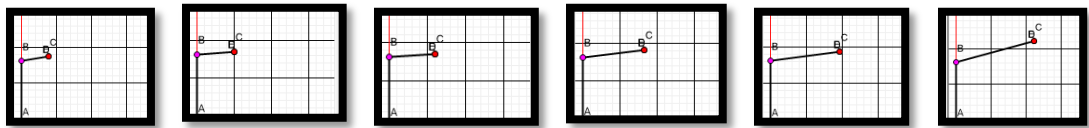
Tablo 4. Sap2000 45° için S60*60 Kolonuna Ait Plastik Dönme Limiti ve Performans Hedefleri

Performans Hedefi	Kolon Kesitine Ait Basınç Değerleri (KN)					
	-8000	-4000	-2000	0	800	1600
Plastik Dönme						
Sınırlı Hasar	0	0	0	0	0	0
Kontrollü Hasar	0.004705501	0.006072917	0.007353385	0.010048849	0.009334907	0.008750567
Göçme Önlenmesi	0.006274001	0.008097222	0.009804513	0.013398465	0.012446542	0.011667422

Sap2000 programına aktarılan Göçme Öncesi, Kontrollü Hasar ve Sınırlı Hasar plastik dönme değerleri sonrasında S60x60 kolonları için elde edilen Moment-Plastik Dönmelere ait grafikler Şekil.10 ve Şekil.11' de gösterilmektedir.



Şekil 10. S60x60 Kolon için 0° ve 90° -8000,-4000,-2000, 0, 800, 1600 KN İdealize Edilmiş Moment Dönme Değeri



Şekil 11. S60x60 Kolon için 45° -8000,-4000,-2000,0,800,1600 KN İdealize Edilmiş Moment Dönme Değeri

TBDY 2019' a göre doğrusal olmayan analiz için 2 tür mafsal çeşidi yer almaktadır. Yığılı mafsal, yayılı mafsala göre analizi hızlı, sonuç derlemesi kolay ve kesitin rijitliği değişkenlik gösterir. Biskinis ve Fardis kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdelerin etkin kesit rijitlikleri $(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y \cdot 3}$ olarak hesaplanmıştır [29]. Etkin kesit rijitlik hesaplamasında konsol bir kolonda kesme açıklığına göre akma dönmesini hesaplanmıştır. Kesitin eğilmesi, kayması ve donatı kaymasını ekleyerek yeni bir akma dönmesi hesabı elde etmiştir. Bu sayede kesitin elastik eğilme rijitliği saptanmış olup, bu elasto-plastik eğilme rijitliği değerinin elastik eğilme rijitliğine oranı ise bizlere kesitin etkin rijitliğini vermektedir.

W.G. Corley, konsol bir kiriş üzerinde yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, kesitin elastik eğriligi terk edip, maksimum eğrilige ulaştığı ana kadar aldığı yol bizlere plastik mafsal boyunu vermektedir [30].

Plastik mafsal boyunun hesaplanabilmesi için özellikle eğilme etkisindeki elemanlarda literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Baker (1956) tarafından betonarme kolon ve kirişlerde oluşacak plastik mafsal boyunun hesaplanması için “ $L_p = k (z/d)^{1/4} d$ ” bağıntısını [31], Sawyer (1964) tarafından plastik mafsal boyunun hesaplanması için “ $L_p = 0.25d + 0.075z$ ” bağıntısını [32], Corley (1966) betonarme kirişler için “ $L_p = 0.5d + 0.2 \sqrt{d(z/d)}$ ” bağıntısını [30], Mattock (1967) betonarme kirişler için “ $L_p = 0.5d + 0.05z$ ” bağıntısını [33], Priestley ve Park (1987) betonarme kolonlar için “ $L_p = 0.08z + 6db$ ” bağıntısını [34], Paulay ve Priestley (1992) betonarme kiriş ve kolonlar için “ $L_p = 0.08z + 0.022 db f_y$ ” bağıntısını [16], Sheikh ve Houry (1993) yüksek eksenel yük altındaki kolonlar için “ $L_p = 1.0 h$ ” bağıntısını [35], Coleman ve Spacone (2001) “ $L_p = Gcf / [0.6 f'c (\epsilon_{20} - \epsilon_c + 0.8 f'c / E_c)]$ ” bağıntısını [36], Panagiotakos ve Fardis (2001) betonarme kiriş ve kolonlar için “ $L_p = 0.18z + 0.021 db f_y$ ” bağıntısını [37], Bae ve Bayrak (2008) kolonlar için “ $l_p / h = [0.3(p / p_0) + 3(As / Ag) - 1](z / h) + 0.25 \geq 0.25$ ” bağıntısı [38] kullanarak farklı plastik mafsal boyu ve performans hedefleri saptamıştır.

Ülkemizde kullanılan TBDY 2019' da ise plastik mafsal boyu $L_p = 0.5h$ seçilerek, ortalama bir sonuç beklenmiştir.

TBDY 2019' a göre iç kuvvetlerin plastik olarak kapasiteye ulaştığı sonlu uzunluktaki bölge boyunca, plastik olarak meydana gelen şekil değiştirmeler düzgün yayılı bir şekilde meydana geldiği varsayılmaktadır. Plastik şekil değiştirmelerinin bölge uzunluğu olan L_p yani plastik mafsal boyu, kesitin çalışan doğrultudaki boyu olan (h)' nin yarısı yani $L_p = 0.5h$ olarak alınır.

Plastik mafsal boyu seçiminde TBDY 2019' daki gibi kolonlarda $L_p = 0.5 \times 0.60 = 0.30$ bulunmuştur. Plastik mafsalın yer tayininde, kolon alt yüzeyinden kiriş üst yüzeyine ya da, kirişin orta noktasından diğer kirişin orta noktasına olacak şekilde ataması yapılır. Makalemizde ele alınan 3 (üç) adet betonarme çerçeve sistemli bina için Sap2000 programında plastik mafsal atamaları NIST' deki gibi kolon alt yüzeyinden kiriş üst yüzeyine olacak şekilde yapılmış olup, kirişe ait plastik mafsal atamaları ise kolon orta noktasından diğer kolonun orta noktası göre belirlenmiştir [39].

Dört deprem yer hareketi düzeyi için TBDY 2019 yönetmeliği kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan Normal Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1a, 2a için tanımlanan İleri Performans Hedefleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2'de verilmiştir. Göz önüne alınacak binanın deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfı (DTS) bilindikten sonra uygulanması gereken performans hedefleri, ayrıntılı olarak

tablolar halinde TBDY 2019 Bölüm 3' te tablo olarak verilmiştir olup, araştırmamızda ele aldığımız yapılara ait kullanacağımız yaklaşım ve performans hedefleri Tablo 3.' te belirtilmektedir [24].

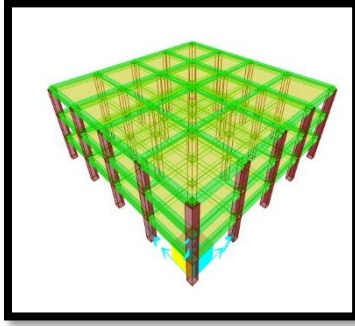
Tablo 5. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS 1,1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾)	
	Normal Hedefi	Performans Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Kontrollü Hasar (KH), Sınırlı Hasar (SH), Göçmenin Önlenmesi (GÖ), Kesintisiz Kullanım (KK)

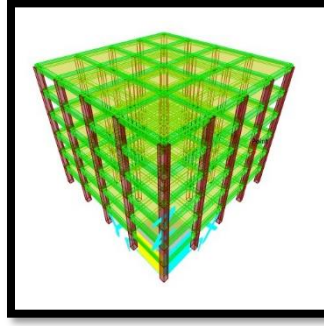
Tablo 6. TBDY-2019'a göre hesaplanmış deprem parametreleri

Hesap Yöntemi	DD1	DD3
Türkiye harita konumu	Enlem: 41.186997° Boylam 28.735624°	
Zemin sınıfı	ZD Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s [boyutsuz]	1.189	0.247
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1 [boyutsuz]	0.329	0.079
En büyük yer PGA [g]	0.487	0.106
En büyük yer hızı PGV [cm/sn]	29.222	7.177
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} [boyutsuz]	1.218	0.395
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı S_{D1} [boyutsuz]	0.648	0.19
Yatay Elastik Tasarım Spektrum Değeri	$T_A=0.106$ (s) $T_B=0.532$ (s) $T_L=6.000$ (s)	$T_A=0.096$ (s) $T_B=0.48$ (s) $T_L=6.000$ (s)
Düşey Elastik Tasarım Spektrum Değeri	$T_{AD}=0.035$ (s) $T_{BD}=0.177$ (s) $T_{LD}=3.000$ (s)	$T_{AD}=0.032$ (s) $T_{BD}=0.16$ (s) $T_{LD}=3.000$ (s)



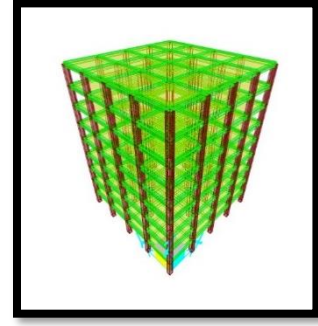
Şekil 12.

3 Katlı Betonarme Çerçeve



Şekil 13.

6 Katlı Betonarme Çerçeve



Şekil 14.

9 Katlı Betonarme Çerçeve

Literatürde, bir yapının tasarımı ve değerlendirilmesi aşamasında istenilen performans hedefine ulaşması ve güvenli tarafta kalması hedeflenmektedir. Doğrusal olmayan analizin amacı elastik tasarımdaki değişen yapı rijitliği, plastik dönme tespiti, olası bir deprem senaryosu sonrası kesitlerde değişen kapasitelerin tespit edilmesidir [40].

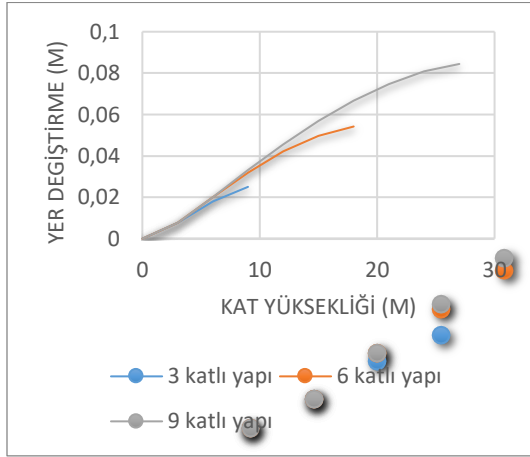
Bu makalemizde ele aldığımız 3 adet betonarme çerçeve sistemli yapılara tek modlu itme analizi uygulayabilmek için eşdeğer deprem yükü altında eksantrisite (dış merkezlik) olmayacak şekilde ön analiz yapılmıştır. SAP2000 programında modellemiş olduğumuz çerçeve sistemlere sırasıyla tanımlan statik düşey yükleri altında tek modlu itme analizi uygulayabilmek için, TBDY 2019 5.6.2. maddesi uyarınca herhangi bir katta eksantrisite göz önüne alınmaksızın burulma düzensizliği katsayısının 1,4 değerinden küçük olduğu, ayrıca etki ettirilen deprem doğrultusu altında birinci hakim titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütesinin, bina toplam kütesine oranının en az 0,70 oranında olması kontrolleri yapılmıştır.

Her kattaki döşemelerde, rijit diyafram kabulü varsayımı yapılarak birbirine dik iki doğrultuda yatay yer değiştirme ve düşey eksen etrafında dönmesi göz önüne alınmıştır. Ayrıca, döşeme kolon birleşim detayında meydana gelebilecek çatlama hesaplanarak, düzlem dışı bükülme sertliğine sahip olacak şekilde döşeme tanımlanmıştır [41].

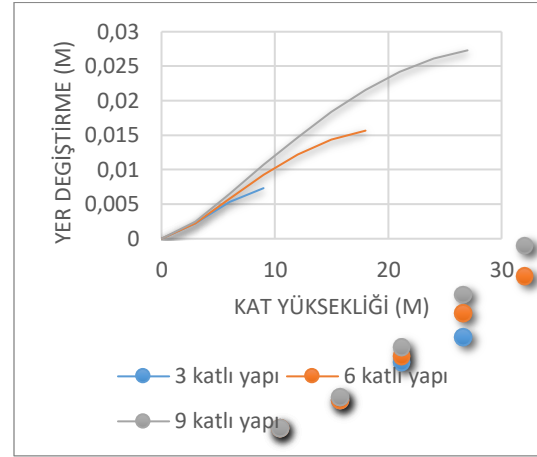
TBDY 2019’ da plastik mafsallık boyu $L_p=0.5h$ seçilerek 30cm elde edilmiştir. Plastik mafsallık boyuna en yakın mafsallık boyu W.G. Corley ait $L_p=0.5h+0.2 h^{1/2}(z/h)$ olarak idealize edilen mafsallık boyudur. [30]

Yapıyı tasarlarken veya değerlendirirken birçok yönetmelikten faydalanılabilir. Performans hedefinin değerlendirilmesi yapılırken FEMA273-274-356-440 ve ATC40 kaynaklarında belirtilen kapasite spektrumu ve yer değiştirme katsayısı yöntemi kullanılır [42] [43] [44] [45].

Applied Technology Council tarafından yayınlanan ATC 40’da, Kapasite Spektrumu yöntemiyle yapıların deprem yükü altında yatay yer değiştirme talepleri ile yatay yük taşıma kapasiteleri arasında doğrusal olmayan bir bağlantı olduğunu ve birbirleriyle bağımlı olduğunu açıklamıştır [42]. Bu yöntem, 2005 yılında yayınlanan FEMA 440’da yenilenmiş ve kapasite spektrumu yönteminde, kısaca doğrusal olmayan kuvvet yer değiştirmeleri ile elastik yatay spektrumlarını aynı periyoddan yola çıkartarak performans yatay yer değiştirme noktasını bulmayı hedeflemiştir [45].



Şekil 15. DD1 İçin Yerdeğiştirme Karşılaştırma



Şekil 16. DD3 İçin Yerdeğiştirme Karşılaştırma

Şekil.15’ te gösterilen grafik DD-1 de $PGA=0.487'$ ye ait olup, farklı kat adetlerine sahip yapının yer değiştirmesi gösterilmiştir. Kat adedi arttıkça ortaya çıkan yer değiştirmeler de artmaktadır.

Şekil.16’ da gösterilen grafikte ise DD-3 de $PGA=0.106'$ ya ait olup, DD-1’ deki gibi kat adedi arttıkça ortaya çıkan yer değiştirmeler artmaktadır.

İtme analizi öncesinde burulma düzensizliği kontrolü yapılmış olup, katsayının 1.4’ ten küçük ve birinci hakim periyottaki modal katılım oranları 0.7’ nin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bu kontroller sağlandıktan sırasıyla aşağıda belirtilen adımlara geçilmiştir.

İlk aşama olarak sistemin kapasite eğrileri bulunur. Yapıda meydana gelen kuvvet-yer değiştirme talepleri, yani itme eğrileri elde edilir. Elde etmiş olduğumuz itme eğrileri, spektral formata dönüştürülerek modal kapasite diyagramı bulunmuş olur ve tasarım spektrumuna ait hâkim açılal frekansın karesine eşit eğimde çizilen doğrunun spektrumu kestiği noktanın apsisi okunur. Eğer bu okunan değer T_b' nin ilerisinde ise eş deplasman teoremi gereği alan hesabı yapılır. T_b' nin gerisinde olması halinde ise, bir kaç adımlı iterasyon hesaplamaları yapılarak tekrardan C_r katsayısı bulunur. Elde etmiş olduğumuz deplasman, yapının performans spektral deplasmanını yani doğrusal olmayan spektral yer değiştirmesini verir.

Tablo.7’ de yapının birinci moduna ait kütle katılım oranı 0,84 ve modal tepe deplasmanı 0.04446^m , yapıyı en üst kattaki düğüm noktalarından rijitlik merkezine yakın yerden seçilerek, 0.3^m yer değiştirecek şekilde itme analizi yapılmıştır. Kapasite spektrum eğrisi çakıştırması sonucu spektral yer değiştirmeler 0.3^m den DD-1 Kontrollü Hasar düzeyi için 0.1132^m ; DD-3 Sınırlı Hasar düzeyi için 0.0332^m elde edilmiştir.

Tablo.8’ de belirtildiği üzere, yer değiştirmeler 0.6^m den DD-1’ de Kontrollü Hasar düzeyi için 0.2310^m , DD-3’ te Sınırlı Hasar düzeyi için 0.0678^m elde edilmiştir.

Tablo.9’ da belirtildiği üzere, yer değiştirmeler 0.9^m den DD-1’ de Kontrollü Hasar düzeyi için 0.3462^m , DD-3’ te Sınırlı Hasar düzeyi için 0.1015^m elde edilmiştir.

Tablo 7. Üç katlı Yapının Performans Spektral Deplasmanı

3 Katlı Yapı

DD1

DD3

Altan, Mehmet Fatih & Kaya, Osman & Turna, İsmail Çağatay; Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizine Göre Tasarım Sonuçlarının Tbdy 2019 Kapsamında Değerlendirilmesi

SAP2000 Program Çıktısı		Modal Maksimum kapasite		Modal Maksimum Kapasite	
Hakim Periyot (sn) - T1	0.554577	Cr	1	Cr	1.00004
Yapı Kütke Katılım Oranı	0.84829	dyu (m)	0.0845	dyu (m)	0.0262
Yapı Modal Ağırlık (kN)	9397.5	ayu (m/sn2)	10.8550	ayu (m/sn2)	3.3615
Mod Tepe Deplasman (m) - φ	0.04446	Sdi/dmax (m)	0.0893	Sdi/dmax (m)	0.0262
Mod Katılım Çarpanı (kN,m) - Γ	28.51137	umax (m)	0.1132	umax (m)	0.0332

Tablo 8. Altı Katlı Yapının Performans Spektral Deplasmanı

6 Katlı Yapı		DD1		DD3	
SAP2000 Program Çıktısı		Modal Maksimum kapasite		Modal Maksimum Kapasite	
Hakim Periyot (sn) - T1	1.116804	Cr	1	Cr	1.001
Yapı Kütke Katılım Oranı	0.81666	dyu (m)	0.1617	dyu (m)	0.0527
Yapı Modal Ağırlık (kN)	19072.5	ayu (m/sn2)	5.1285	ayu (m/sn2)	1.6718
Mod Tepe Deplasman (m) - φ	0.03223	Sdi/dmax (m)	0.1798	Sdi/dmax (m)	0.0528
Mod Katılım Çarpanı (kN,m) - Γ	39.85319	umax (m)	0.2310	umax (m)	0.0678

Tablo 9. Dokuz Katlı Yapının Performans Spektral Deplasmanı

9 Katlı Yapı		DD1		DD3	
SAP2000 Program Çıktısı		Modal Maksimum kapasite		Modal Maksimum Kapasite	
Hakim Periyot (sn) - T1	1.672119	Cr	1	Cr	1.00003
Yapı Kütke Katılım Oranı	0.808	dyu (m)	0.2360	dyu (m)	0.0789
Yapı Modal Ağırlık (kN)	28747.5	ayu (m/sn2)	3.3339	ayu (m/sn2)	1.1147
Mod Tepe Deplasman (m) - φ	0.02642	Sdi/dmax (m)	0.2692	Sdi/dmax (m)	0.0789
Mod Katılım Çarpanı (kN,m) - Γ	48.66815	umax (m)	0.3462	umax (m)	0.1015

Yapı geometrisinin simetrik olması sebebiyle, itme analizi sonucunda yapıdaki yer değiştirmeye kuvvet eğrisi sonuçları X ve Y yönleri için aynı olmaktadır. Elde edilen doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeleri ve meydana gelen plastikleşmeler sonucunda, kirişlerde mafsallar oluşmuştur.

DD-3 için yapıda bulunan herhangi bir kolon ya da kiriş Sınırlı Hasar seviyesine yani akma sınırına ulaşmamıştır. Bu nedenle, kolonlarda ve kirişlerde plastik mafsallık mekanizması meydana gelmemiş olup, kesitler elastik sınırlar içerisinde kalmıştır.

Aşağıda belirtilen Tablo.10-11-12' de; DD-1 için yapının kirişlerinde oluşan mafsallara ait performans düzeyleri verilmektedir. Tablolardan da anlaşılacağı üzere;

- Üç katlı yapıya ait birinci kat kirişlerinde sadece 10 adedi akma sınırını geçerek, belirgin hasar

bölgesinde olduğu,

- Altı katlı yapıya ait birinci kat kirişlerinde 20 adet, ikinci kat kirişlerinde 22 adet, üçüncü kat kirişlerinde 18 adet kesit belirgin hasar bölgesinde olduğu,
- Dokuz katlı yapıya ait birinci kat kirişlerinde 20 adet, ikinci kat kirişlerinde 34 adet, üçüncü kat kirişlerinde 25 adet, dördüncü kat kirişlerinde 20, beşinci kat kirişlerinde 20 adet kesit belirgi hasar bölgesine ulaşmıştır.

Tablo 10. Üç Katlı Yapıya Ait Kat Kiriş Hasarı

YÜKLEME TİPİ	KAT	SINIRLI	BELİRGİN	İLERİ GÖÇME	Toplam
PUSHOVER	1	30	10	0 0	40
PUSHOVER	2	40	0	0 0	40
PUSHOVER	3	40	0	0 0	40

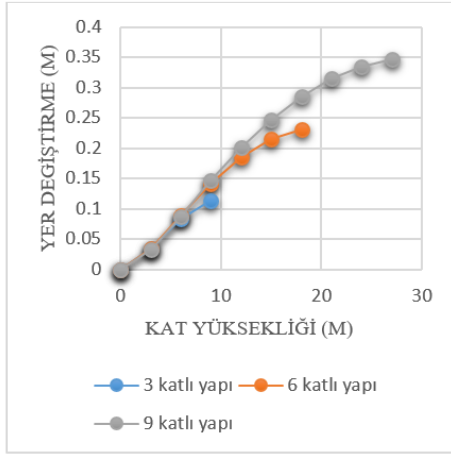
Tablo 11. Altı Katlı Yapıya Ait Kat Kiriş Hasarları

YÜKLEME TİPİ	KAT	SINIRLI	BELİRGİN	İLERİ GÖÇME	Toplam
PUSHOVER	1	20	20	0 0	40
PUSHOVER	2	18	22	0 0	40
PUSHOVER	3	22	18	0 0	40
PUSHOVER	4	40	0	0 0	40
PUSHOVER	5	40	0	0 0	40
PUSHOVER	6	40	0	0 0	40

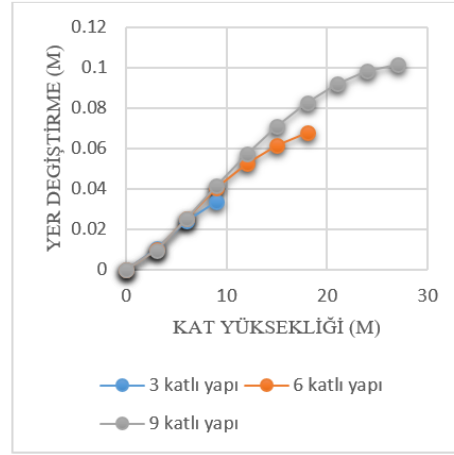
Tablo 12. Dokuz Katlı Yapıya Ait Kat Kiriş Hasarları

YÜKLEME TİPİ	KAT	SINIRLI	BELİRGİN	İLERİ GÖÇME	Toplam
PUSHOVER	1	20	20	0 0	40
PUSHOVER	2	6	34	0 0	40
PUSHOVER	3	15	25	0 0	40
PUSHOVER	4	20	20	0 0	40
PUSHOVER	5	20	20	0 0	40
PUSHOVER	6	40	0	0 0	40
PUSHOVER	7	40	0	0 0	40
PUSHOVER	8	40	0	0 0	40
PUSHOVER	9	40	0	0 0	40

Şekil 17-18’ de görüldüğü üzere itme analizi sonrasında farklı kat adetlerine sahip doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeler verilmiştir.

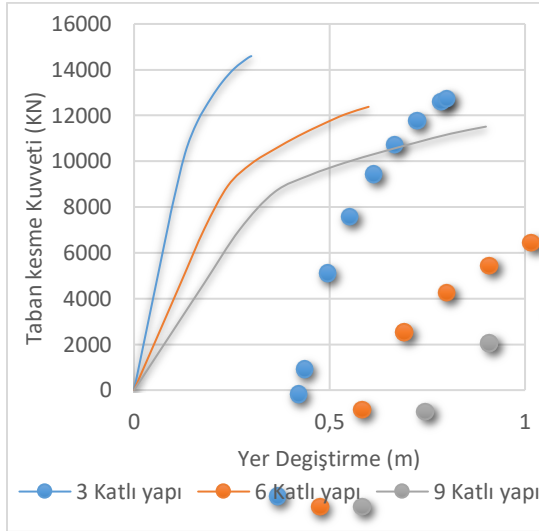


Şekil 17. DD1 Pushover Sonrası Yerdeğiştirme

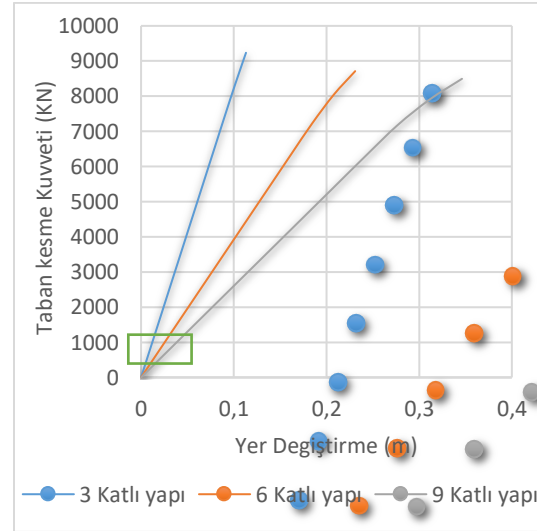


Şekil 18. DD3 Pushover Sonrası Yerdeğiştirme

4. SONUÇLAR



Şekil 19. Maksimum Spektral Yerdeğiştirme Kuvveti



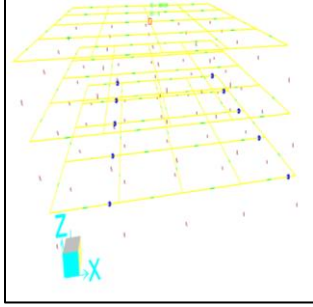
Şekil 20. Şekil. İdeal Spektral Yerdeğiştirme Kuvveti

Bu çalışmamızda, ele almış olduğumuz üç, altı ve dokuz katlı betonarme çerçeve sistemden oluşan yapılarımızın İstanbul ilinde yapılacağı düşünülerek tasarım hesapları doğrusal olmayan itme analizine göre yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonuçları doğrultusunda:

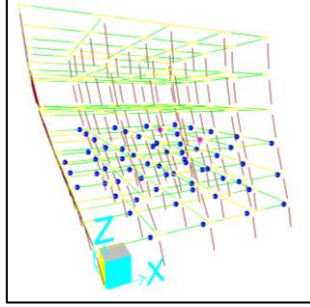
- Tablo 10-11-12 ve Şekil 21-22 ve 23' te de gözüktüğü üzere kirişlerde plastik mafsal mekanizması oluşmuş olup, hasar seviyeleri belirlenmiştir.
- Yapıların 0.03^m , 0.06^m ve 0.09^m yer değiştirmelerine denk gelen taban kesme kuvvetleri Şekil 20' de gösterilmektedir. Üç, altı ve dokuz katlı yapılarda uygulanan sabit itme kuvveti neticesinde her bir yapıda (Şekil-20) yer değiştirmelere denk gelen taban kesme kuvvetleri sırasıyla 2.470 kN, 2.350 kN, 2.340 kN' dur.
 - Şekil 20' de artan yer değiştirme için gerekli olan taban kesme kuvvetleri kat adediyle ters orantılı olarak değişmiştir.
 - Tablo 7-8-9' da görüldüğü üzere kat adedi arttıkça yapının hâkim periyodu da (T) artmaktadır. Yapının periyodunun artmasına neden olan etken yapının rijitliğinin(k)

azalması, kütlelerin artması dolayısıyla açılal frekansın (ω_n) azalmasıdır. Benzer bir çalışmada da artan rijitlik sonucunda yapının periyodu azalmış ve taban kesme kuvveti artmıştır [46].

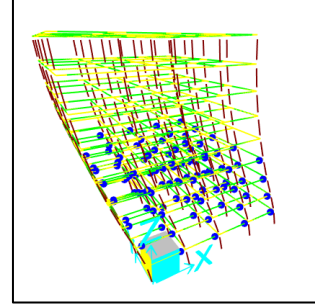
- “ $f_y=k.u_y=m.A_y$ ” [47] formülünde belirtilen f (akma dayanımı), u (yer değıştirme), m(kütle), A (ivme) olmakla birlikte, denklemde yer değıştirme sabit tutularak kesme kuvvetleri Şekil 20’ de verilmiştir. Sabit yer değıştirme altında kat adedi arttıkça kütle artmış, ancak kesme kuvveti azalmıştır. Buradaki etken rijitliğin azalması sonucu yapının talep edeceği itme kuvvetinin azalmasıdır.



Şekil 21. Plastik mafsallar (3 Katlı)



Şekil 22. Plastik mafsallar (6 Katlı)



Şekil 23. Plastik mafsallar (9 Katlı)

- DD-3 için yapının doğrusal olmayan spektral yer değıştirmeleri sonucunda yapıda herhangi bir plastik mafsal oluşmamıştır. Çünkü Tablo-5’ te belirtilen ileri performans hedefinin Sınırlı Hasar seviyesinde kalması Yönetmelik’ te belirtilmektedir. Çerçeve sistemdeki her bir elemanın elastik sınırlar içerisinde kalması sebebiyle plastik dönmelere izin verilmemiştir.
- DD-1 için ideal doğrusal olmayan spektral yer değıştirmeleri sonucunda oluşan plastik mafsallar Şekil-21-22-23’ de gösterilmektedir. Her üç yapı için oluşan plastik mafsallar, Tablo-5’ te belirtilen kontrollü hasar seviyesini geçmeyerek güvenli tarafta kalmıştır.

Tablo 13. Pozitif Ve Negatif Momentte Ait Bilgiler

Negatif Moment					
<u>Betona Ait Özellikler</u>					
	Moment	Kxx	C30 Strain	B420c Strain	
Limit Moment	485.1278	0.02667	-0.002	0.01257	
Akma Momneti	533.1674	0.06054	-0.004	0.02926	
<u>Çeliğe Ait Özellikler</u>					
	Moment	Kxx	C30 Strain	B420c Strain	
Limit Moment	414.6	0.00611	0.0008	0.00252	
Akma Momneti	492.9796	0.03117	0.0022	0.015	
Pozitif Moment					
<u>Betona Ait Özellikler</u>					
	Moment	Kxx	C30 Strain	B420c Strain	
Limit Moment	-364.46	-0.0380	0.002	0.01882	
Akma Momneti	-401.557	-0.0785	0.004	0.03918	
<u>Çeliğe Ait Özellikler</u>					
	Moment	Kxx	C30 Strain	B420c Strain	
Limit Moment	-290.546	-0.0057	0.0006	0.00252	
Akma Momneti	-355.745	-0.0305	0.0016	0.015	

- 40x60 kirişin N=0 için yapılan Moment-Eğrilik Analizi sonuçları Tablo-13' te gösterilmiştir. Kirişte, negatif ve pozitif moment altında betonun birim şekil değiştirmesi 0.004; çeliğin 0.015 değerine denk gelen akma dayanımları sırasıyla negatif momentte (533.1674, 492.9796), pozitif momentte (401.557, 355.745) değerlerine ulaşmıştır. Tablo-13' tede görüldüğü üzere ilk önce akma değerine ulaşan eleman çelik olmuştur.

Tablo 14. 3 Katlı Yapıda En Çok Zorlanan Kirişe Ait Moment, Kesme Ve Yerdeğiştirme Değerleri

Sap2000 Dataları	Kiriş Boyu (M)			
	0	0.6	4.4	5
Moment (Kn*M)	-607.8	-447.5	356.3	449.8
Kesme Kuvveti (Kn)	-270.6	-263.8	-159.2	-152.5
Yerdeğiştirme (M)	0	-0.00496	0.003945	0
Egrilik		0.010621	-0.03095	
Beton Strain		-0.00116	-0.00171	
Çelik Strain		0.004662	0.015272	

6 KATLI YAPI

SAP2000 DATALARI	kiriş boyu (M)			
	0	0.6	4.4	5
moment (KN*M)	-663.4	-494.6	362.5	464.5
kesme kuvveti (KN)	-284.6	-277.9	-173.3	-166.5
yerdeğiştirme (M)	0	-0.00595	0.00354	0
EGRİLİK		0.032491	-0.03621	
BETON STRAİN		-0.00229	-0.00193	
ÇELİK STRAİN		0.015508	0.017901	

Tablo 15. 9 Katlı Yapıda En Çok Zorlanan Kirişe Ait Moment, Kesme Ve Yerdeğiştirme Değerleri

Sap2000 Dataları	Kiriş Boyu (M)			
	0	0.6	4.4	5
Moment (Kn*M)	-667.2	-497.5	369.2	483.7
Kesme Kuvveti (Kn)	-286.1	-287.4	-193.5	-188.1
Yerdeğiştirme (M)	0	-0.00599	0.003337	0
Egrilik		0.034315	-0.04237	
Beton Strain		-0.00238	-0.00217	
Çelik Strain		0.016416	0.021031	

- Tablo 14-15-16’ da üç, altı ve dokuz katlı yapılarda oluşan en elverişsiz kirişlere ait plastik mafsallarda oluşan kesme kuvvetleri, momentleri ve yer değiştirmeleri verilmiştir.
 - Üç katlı yapıya ait birinci kat kirişlerinde, sol plastik mafsalda oluşan moment değeri, akma dayanımına ulaşmayarak sınır hasar bölgesinde kalmıştır. Ancak sağ tarafta oluşan plastik mafsalda moment değeri 356.3 kNm ile akma dayanımı olan 355.745 kNm değerini geçerek belirgin hasar bölgesine geçmiştir. 356.3 kNm’ ye denk gelen birim şekil değiştirme değeri betonda 0.00171, çelikte 0.015272 olmuştur. Beton limit akma dayanımına gelmeden çelik akma dayanımını geçerek kesitte ilk çalışan eleman olmuştur. Kesitte oluşan plastik dönme değeri $\theta_{P=} = (\Phi_U - \Phi_Y) * L_p$; $\theta_{P=} = (-0.03095 + 0.0305) * 0.3 = 0.0027$ life safety (can güvenliği değeri 0.010637126 değerine ulaşamamıştır.
 - Altı katlı yapıya ait ikinci kat kirişlerinde, sol plastik mafsalda oluşan moment değeri 494.6 kNm akma dayanımı 492.98 kNm ’ı geçerek belirgin hasara geçmiştir. Kesitte ilk akma dayanımına ulaşan malzeme 0.015508 değeriyle çelik olmuştur. Beton o sırada limit akma değeri 0.002 geçmiştir. Kirişte sağ taraftaki plastik mafsalda oluşan moment değeri 362.5 kNm akma dayanımı 355.745 kNm değerini geçerek belirgin hasar bölgesinde kalmıştır. Kesitte ilk akma dayanımına ulaşan malzeme 0.017901 değeriyle çelik olmuştur. Kiriş kesitinde oluşan plastik dönme sağ kirişte 0.001713, sol kirişte 0.0004 değeri ile can güvenliğine ulaşamamıştır.
 - Dokuz katlı yapıya ait ikinci kat kirişlerinde, sol plastik mafsalda oluşan moment değeri 497 kNm akma dayanımı 492.98 kNm geçerek belirgin hasara geçmiştir. Kesitte ilk akma dayanımına ulaşan malzeme 0.016416 değeriyle çelik olmuştur. Kesitin sol mafsaldaki dönme değeri 0.0009 can güvenliği değerini geçememiştir. Kirişte sağ plastik mafsalda oluşan moment akma dayanımını geçerek belirgin hasar bölgesinde kalmış ve plastik dönme değeri can güvenliğine ulaşmamıştır.

İtme analizi sonucunda her üç adet betonarme çerçeve sistemli yapılarda oluşan plastik mafsallarda, kirişin her iki ucunda plastik dönmelere izin verilmiş, ancak kirişin can güvenliği değeri 0.010637126 geçmesine izin verilmemiştir. Kirişin çalışma prensibi gereği eğilmeye karşı dirençli olması düşünüldüğünde, basınca çalışmadığından ötürü akma dayanımına ilk ulaşması beklenen malzemenin çelik olması beklenen bir sonuçtur. Yapının rijitliğin ve sünekliğinin dengelendiği çerçeve sistemlerde yapıların kütle ve rijitlik merkezleri arasında oluşan içsel dış merkezlik değerinin 0 (sıfır) a yakın olması ve TBDY 2019 [24]’ da bahsedildiği üzere ek dış merkezliğin 0 (sıfır) alınmasından dolayı sonuçlar her iki yön için de benzer çıkmıştır. Oluşan burulma momenti etkisi elastik tasarıma göre daha küçük bir değer olmuştur. DD3 için her üç yapıda oluşan kesme kuvveti değerleri sınırlı hasar bölgesinde kalarak plastik mafsal oluşmamıştır.

Çerçeve sistemlerde yüksekliğin artması sonucu yapıda oluşan mod şekilleri değişmiş olup, sünekliğin azaldığı gözlemlenmiştir ve kat yüksekliğinin artmasıyla birlikte taban kesme kuvveti de azalmıştır. Yapılan bu çıkarımlardan anlaşılacağı üzere, elastik bir analiz iyi bir sonuç verse de yapıların elastik kapasitesinin göstergesi ve ilk verimin nerede gerçekleşeceğini gösterir, ancak yapının mekanizmasının başarısızlığını tahmin edemez ve kuvvetlerin yeniden dağıtılmasını hesaba katamaz.

Araştırmacılara yardımcı olmak amacıyla hazırlanan bu makalenin yanı sıra; yapıların kat adetleri, düzensizlik durumları, farklı deprem düzeyleri vb. örneklemelerin çoğaltılarak literatüre katkı sağlanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- H. EYİDOĞAN, «13 Mart 1992 Erzincan Depremi : Faylanma Mekanizması ve Deprem Yeri Üzerine Tartışma,» ITU Maden Mühendisliği Fakültesi, Jeofizik Bölümü, İstanbul, 1992.
- R. ÜLKER, «27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi Hakkında Rapor,» İTÜ Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul, 1998.
- Ö. AYDAN, R. ULUSOY, Z. HASGÜR ve B. TAŞKIN, «To have the Investigation of Kocaeli Earthquake of August 17, 1999,.,» Turkey Earthquake Foundation, İstanbul, 1999.
- Z. CELEP, E. ERGÜVEN, A. ERKEN, P. ÖZDEMİR ve B. TAŞKIN, «M7.2 Based - Van DEPREM Raporu,» ITU Institute of Earthquake Engineering and Disaster Management, İstanbul, 23 October 2011.
- H. ŞAHİN, K. ALYAMAÇ, A. DURUCAN, B. DEMİREL, M. ULAŞ AÇIKGENÇ, A. BİLDİK, C. DURUCAN, T. DEMİR, M. ULUCAN ve N. DEMİRBAŞ, «Mw 6.8 Sivrice/Elazığ Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme ve Analiz Raporu,» Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2020.
- S. AYKAÇ, S. O. AKBAŞ ve B. ÖZMEN, «Seferihisar Açıkları (İzmir) Depremi Ön Değerlendirme Raporu,» GAZİ ÜNİVERSİTESİ (Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi), Ankara, 2020.
- Z. CELEP, Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, İstanbul: Beta Basın Yayım Dağıtım A.Ş., 2020.
- H. KRAWINKLER ve G. SENEVİRATNA, Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Serformance Evaluation, USA: Elsevier, 1998.
- M. Y. ÖZKAN, Zemin Dinamiğine Giriş, s.134-135, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık, 2017.
- M. UTKUCU, E. BUDAKOĞLU ve H. DURMUŞ, A Discussion on the Seismicity and Seismic Hazard of the Marmara Region (NW Turkey), Ankara: Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University Yerbilimleri, 32 (3), 187-212, 2011.
- X.-q. CUI ve H.-Z. ZHANG, Performance-based Pushover Analysis for Reinforced Concrete Frame, Switzerland, 2011.
- J. F. HALL, On the Descending Branch of the Pushover Curve for Multistory Buildings, USA, 2017.
- A. BOZER, Betonarme Perdelerin Plandaki Yerleşimlerinin Kirişsiz Döşemeli Yapılara Etkisinin İncelenmesi, İMO, 2020.

Z. CELEP, Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsallı Kabulü Ve Çözümleme, İstanbul, 2007.

A. KORKMAZ ve M. DÜZGÜN, Doğrusal Olmayan Yapısal Analiz Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, İstanbul: İTÜ, 2007.

T. PAULAY ve M. PRIESTLY, Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, New York, 1992.

G. DOK, H. ÖZTÜRK ve A. DEMİR, Farklı Zemin Koşullarındaki Betonarme Yapıların Davranışının Statik İtme Analizi ile İncelenmesi: 8 Katlı Çerçeve Örneği, 2015.

R. LAWSON, H. KRAWINKLER ve V. VANCE, Nonlinear Static Push-over Analysis - Why, When and How?, Chicago, 1994.

O. GÜNGÖR, Mevcut bir Karayolu Köprüsünün Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler ile Performans Değerlendirmesi, İstanbul, 2010.

U. ERSOY, G. ÖZCEBE ve E. CANBAY, Betonarme I-II, 2019.

J. MANDER, M. PRIESTLEY ve R. PARK, Theoretical Stress- Strain Model For Confined Concrete, 1988.

B. UZBAŞ, Beton İçin Geliştirilen Gerilme-Şekil Değiştirme Modellerinin Karşılaştırılması, 2014.

XTRACT, Cross-Sectional X Structural Analysis of Components, Imbsen Software Systems, Sacramento, 2013.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2019.

TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.

TS498, Yapi Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, 1997.

I. Computers and Structures, Static and Dynamic Finite Element of Structures Analysis, CALIFORNIA: CSI.

E. SARAL, Betonarme Yüksek Binaların Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Deprem Performanslarının Belirlenmesi, İZMİR: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.

M. FARDİS ve D. BİSKİNİS, Deformations at Flexural Yielding of Members with Continuous or Ap-Spliced Bars. Structural Concrete, Structural Concrete, Volume 11, Issue 2, 1 Jun 2010 (93–108), 2010.

W. CORLEY, Rotational Capacity of Reinforced Concrete Beams," Journal of Structural Division,, ASCE, Vol. 92, ST5,, 1966.

A. BAKER, Ultimate Load Theory Applied to the Design of Reinforced and Prestressed Concrete Frames,, London: Concrete Publications Ltd., 1956.

- H. SAWYER, Design of Concrete Frames for Two Failure States, ASCE-ACI,, 1964.
- A. MATTOCK, Discussion of Rotational Capacity of Reinforced Concrete Beams by W. D. G. Corley, ASCE J. Struct. Div., 93(2), 519-522, 1967.
- M. PRIESTLY ve R. PARK, Strength and Ductility of Concrete Bridge Columns Under Seismic Loading, ACI Struct. J., 84(1), 61-76, 1987.
- S. SHEIKH ve S. KHOURY, Confined Concrete Columns with Stubs, ACI Structural Journal, V.90, No.4, July-August, pp.414-431, 1993.
- J. COLEMAN ve E. SPACONE, Localization Issues in Force – Based Frame Elements, Journal of Structural Engineering ASCE, 127(11): 1257-1265., 2001.
- M. FARDİS ve T. PANAGIOTAKOS, Deformations of Reinforced Concrete Members at Yielding and Ultimate, ACI Struct. J., 98(2), 135-148, 2001.
- S. BAE ve O. BAYRAK, Plastic Hinge Length of Reinforced Concrete Columns, ACI Structural Journal, V.105, No.3, May-June., 2008.
- N. I. o. S. a. T. (NIST), Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part IIB – Reinforced Concrete Moment Frames (p.3-2), U.S. Government, 2017.
- A. CHOPRA ve K. RAKESH, «A Modal Pushover Analysis Procedure To Estimate Seismic Demands For Buildings,»*Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 26-30 Mayıs 2003.
- T. H. KANG, K. ELWOOD ve J. WALLACE , Nonlinear Modeling of Flat-Plate Systems, Journal of Structural Engineering, Vol. 135, No. 2, 2009.
- ATC-40, Seismic evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, Vol.1., Redwood City, CA: Applied Technology Council, 1996.
- FEMA-273-274, Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, Washington: FEMA, 1997.
- FEMA-356, “Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, Washington: FEMA, 2000.
- FEMA-440, Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings and other Structures, Washington: FEMA, 2005.
- A. CHOPRA, «Peak Structural Response From The Response Spectrum,»*Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering (Fourth Edition)*, USA, Pearson, 2013, p. 220.
- A. VELETOS ve N. NEWMARK, «Effect of Inelastic Behavior on the Response of Simple Systems,» *Proceedings of the 2nd World Conference on Earthquake Engineering*, Japan, 1960.

EK-1

OKAN BEY APARTMANI

***** BINA PERFORMANSI ***** DUVAR ETKİSİZ

KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
7	83.9	16.1	0.0	0.0	83.9	16.1	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
6	48.4	51.6	0.0	0.0	48.4	51.6	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
5	32.3	67.7	0.0	0.0	32.3	67.7	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
4	29.0	71.0	0.0	0.0	29.0	71.0	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
3	29.0	64.5	6.5	0.0	29.0	64.5	6.5	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
2	38.7	48.4	12.9	0.0	38.7	48.4	12.9	0.0	56.3	43.8	0.0	0.0	56.3	43.8	0.0	0.0
1	95.2	4.8	0.0	0.0	95.2	4.8	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max	71.0	12.9							100.							

X yönü kırış sayısı=21,31,31,31,31,31,31
Y yönü kırış sayısı=16,32,28,28,28,28,28

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
7	91.5	8.5	0.0	0.0	91.5	8.5	0.0	0.0	54.1	45.9	0.0	0.0	54.1	45.9	0.0	0.0
6	43.8	56.2	0.0	0.0	43.8	56.2	0.0	0.0	5.5	84.7	9.8	0.0	5.5	84.7	9.8	0.0
5	37.3	62.7	0.0	0.0	37.3	62.7	0.0	0.0	6.5	59.6	18.5	15.5	6.5	59.6	18.5	15.5
4	18.1	67.0	0.0	15.0	18.1	67.0	0.0	15.0	3.6	64.9	0.0	31.5	3.6	64.9	0.0	31.5
3	1.7	72.9	7.3	18.0	1.7	72.9	7.3	18.0	0.5	69.9	0.0	29.6	0.5	69.9	0.0	29.6
2	0.0	21.8	9.8	68.5	0.0	21.8	9.8	68.5	0.0	55.2	24.4	20.4	0.0	55.2	24.4	20.4
1	90.2	8.0	1.7	0.0	90.2	8.0	1.7	0.0	69.3	29.0	0.0	1.7	69.3	29.0	0.0	1.7
Max	91.5			68.5					84.7	24.4						

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE SINIRLI HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
NO	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
7	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
6	100.	0.0	100.	0.0	90.2	9.8	90.2	9.8
5	100.	0.0	100.	0.0	66.1	33.9	66.1	33.9
4	85.0	15.0	85.0	15.0	68.5	31.5	68.5	31.5
3	82.0	18.0	82.0	18.0	73.7	26.3	73.7	26.3
2	90.6	9.4	90.6	9.4	94.2	5.8	94.2	5.8
1	100.	0.0	100.	0.0	98.3	1.7	98.3	1.7
Max	100.				33.9			

DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:

Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır ñ
Plastiklenen kolon Vc oranı=%33.9>%30 ñ
Kontrollü hasar performans bölgesi ñ

Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:
Kiriş Hasar oranı=(IH=%12.9<=%35 ò), (GB=%0 ò)
Kolon Hasar oranı=(IH=%24.4>%20 ñ), (GB=%68.5>%0 ñ)
Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ò), (GB=%0 ò)
Plastiklenen kolon Vc oranı=(IH+GB=%33.9>%30 ñ

OKAN BEY APARTMANI

******* BINA PERFORMANSI ***** DUVAR ETKİLİ**

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	NO	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH
7	83.9	16.1	0.0	0.0	83.9	16.1	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
6	48.4	51.6	0.0	0.0	48.4	51.6	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
5	32.3	67.7	0.0	0.0	32.3	67.7	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
4	29.0	71.0	0.0	0.0	29.0	71.0	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
3	29.0	64.5	6.5	0.0	29.0	64.5	6.5	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0	57.1	42.9	0.0	0.0
2	38.7	48.4	12.9	0.0	38.7	48.4	12.9	0.0	56.3	43.8	0.0	0.0	56.3	43.8	0.0	0.0
1	95.2	4.8	0.0	0.0	95.2	4.8	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max		71.0	12.9						100.							

X yönü giriş sayısı=21,31,31,31,31,31
Y yönü giriş sayısı=16,32,28,28,28,28,28

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	NO	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH
7	91.5	8.5	0.0	0.0	91.5	8.5	0.0	0.0	54.1	45.9	0.0	0.0	54.1	45.9	0.0	0.0
6	43.8	56.2	0.0	0.0	43.8	56.2	0.0	0.0	5.5	94.5	0.0	0.0	5.5	94.5	0.0	0.0
5	37.3	62.7	0.0	0.0	37.3	62.7	0.0	0.0	6.5	59.6	33.9	0.0	6.5	59.6	33.9	0.0
4	18.1	67.0	7.4	7.5	18.1	67.0	7.4	7.5	2.9	65.6	0.0	31.5	2.9	65.6	0.0	31.5
3	1.7	80.2	0.0	18.0	1.7	80.2	0.0	18.0	0.5	71.5	1.7	26.3	0.5	71.5	1.7	26.3
2	0.0	23.3	13.0	63.7	0.0	23.3	13.0	63.7	0.0	55.2	24.4	20.4	0.0	55.2	24.4	20.4
1	88.0	10.2	1.7	0.0	88.0	10.2	1.7	0.0	69.5	28.8	0.0	1.7	69.5	28.8	0.0	1.7
Max	91.5			63.7					94.5	33.9						

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE SINIRLI HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)		(X)		(-Y)		(Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
7	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
6	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
5	100.	0.0	100.	0.0	66.1	33.9	66.1	33.9
4	85.0	15.0	85.0	15.0	68.5	31.5	68.5	31.5
3	82.0	18.0	82.0	18.0	73.7	26.3	73.7	26.3
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	98.3	1.7	98.3	1.7
Max	100.				33.9			

DD2 YER HAREKETİ DÜZEYİNDE, BINA PERFORMANS SONUCU:

Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır ñ
Plastiklesen kolon Vc oranı=%33.9>%30 ñ
Kontrollü hasar performans bölgesi ñ

Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:
Giriş Hasar oranı=(IH=%12.9<=%35 ò), (GB=%0 ò)
Kolon Hasar oranı=(IH=%33.9>%20 ñ), (GB=%63.7>%0 ñ)
Üst kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ò), (GB=%0 ò)
Plastiklesen kolon Vc oranı=(IH+GB=%33.9>%30 ñ)

OKAN BEY APARTMANI

DUVAR ETKİLİ DEPREM ANALİZİ RAPORU

Yapı eleman tasarımında, duvar etkisi dikkate alınmıştır.
 Duvar rijitliği, TBDY2018 ve FEMA356 ya göre düzenlenmiştir.
 $a = 0.175 \cdot (\epsilon \cdot h_c) \cdot r$, $\epsilon = [(E_w \cdot t_w \cdot \sin^2 \epsilon) / (4 \cdot E_c \cdot I_k \cdot h_w)]$, $k = a \cdot t_w \cdot E_w / r$

Boşluklu duvarlar, sadece basınca çalışan sonlu elemanlarla iterasyonla hesaplanmıştır.
 Duvar etkili yapı analizinde; yapı deprem yükleri, duvarların kat taşıma kapasitesine göre kontrol edilerek yapılmıştır.

-X DUVARLI DEPREM ANALİZİ

Kat no	Xr (m)	Yr (m)	Ve	Vwr	Vew	äv	ëx (m)	ëy (m)	ëz (rad)
7	4.73	7.24	20.64	24.32	20.64	5.47	-0.03602899	0.00004164	-0.00147853
6	4.75	7.22	19.11	24.32	19.11	8.02	-0.03290733	0.00002563	-0.00141983
5	4.75	7.03	11.55	24.32	11.55	11.44	-0.02861600	0.00003810	-0.00129511
4	4.76	6.82	8.84	24.32	8.84	14.13	-0.02399316	0.00005098	-0.00112052
3	4.77	6.59	8.84	15.74	8.84	9.31	-0.01870370	0.00005462	-0.00087928
2	4.79	6.39	9.46	23.53	9.46	7.04	-0.01185518	0.00006319	-0.00055275
1	3.31	11.52	102.88	0.00	0.00	0.00	-0.00021557	0.00000641	0.00000426

+X DUVARLI DEPREM ANALİZİ

Kat no	Xr (m)	Yr (m)	Ve	Vwr	Vew	äv	ëx (m)	ëy (m)	ëz (rad)
7	4.73	7.24	20.64	24.32	20.64	5.47	0.03607836	-0.00013344	0.00148233
6	4.74	7.21	19.11	24.32	19.11	8.02	0.03295134	-0.00009365	0.00142334
5	4.75	7.03	11.55	24.32	11.55	11.44	0.02865505	-0.00008495	0.00129832
4	4.75	6.82	8.84	24.32	8.84	14.14	0.02402748	-0.00008116	0.00112341
3	4.76	6.59	8.84	15.74	8.84	9.32	0.01873289	-0.00007150	0.00088175
2	4.79	6.39	9.46	23.53	9.46	6.98	0.01187617	-0.00007052	0.00055450
1	3.31	11.52	102.88	0.00	0.00	0.00	0.00021552	-0.00006653	-0.00000426

-Y DUVARLI DEPREM ANALİZİ

Kat no	Xr (m)	Yr (m)	Ve	Vwr	Vew	äv	ëx (m)	ëy (m)	ëz (rad)
7	4.73	6.95	40.23	16.73	16.73	5.39	-0.00006789	0.02178770	-0.00002611
6	4.74	6.97	25.89	16.73	16.73	6.64	-0.00006685	0.01929831	-0.00002524
5	4.75	6.84	12.29	15.82	12.29	8.59	-0.00007055	0.01621720	-0.00002492
4	4.75	6.73	10.82	15.82	10.82	9.61	-0.00007486	0.01280405	-0.00002505
3	4.77	6.67	14.32	15.89	14.32	9.70	-0.00007878	0.00897689	-0.00002506
2	4.80	6.67	15.79	40.95	15.79	7.58	-0.00007432	0.00504550	-0.00002400
1	3.31	11.52	45.06	0.00	0.00	0.00	-0.00001152	0.00018668	0.00000417

+Y DUVARLI DEPREM ANALİZİ

Kat no	Xr (m)	Yr (m)	Ve	Vwr	Vew	äv	ëx (m)	ëy (m)	ëz (rad)
7	4.73	6.96	40.23	16.73	16.73	5.38	0.00006813	-0.02178730	0.00002659
6	4.74	6.99	25.89	16.73	16.73	6.64	0.00006696	-0.01929708	0.00002563
5	4.75	6.86	12.29	15.82	12.29	8.58	0.00007059	-0.01621527	0.00002522
4	4.75	6.75	10.82	15.82	10.82	9.61	0.00007484	-0.01280170	0.00002526
3	4.77	6.70	14.32	15.89	14.32	9.69	0.00007871	-0.00897445	0.00002519
2	4.80	6.69	15.79	40.95	15.79	7.60	0.00007432	-0.00504369	0.00002404
1	3.31	11.52	45.06	0.00	0.00	0.00	0.00001160	-0.00018665	-0.00000417

MODAL ANALİZ - YAPI PERİYOD ve VEKTORLERİ (Duvar Etkisiz)

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
i	3.48	4.66	5.55	11.06	14.70	19.99	21.25	28.37	34.19
T	1.8046	1.3490	1.1314	0.5679	0.4273	0.3143	0.2956	0.2215	0.1838
yön	b	x	y	b	x	y	b	x	b

DUVARLI DEPREM ANALİZİ PERİYODLARI (sn)

T	+X	-X	+Y	-Y
1	1.3393	1.3402	1.0101	1.0101
2	0.4187	0.4185	0.2923	0.2923
3	0.2243	0.2243	0.1358	0.1358
4	0.1506	0.1506	0.0771	0.0771
5	0.1153	0.1153	0.0517	0.0517
6	0.0928	0.0928	0.0394	0.0394
7	0.0516	0.0516	0.0361	0.0361

Deprem moment ve kesme kuvveti kontrolünde; duvar etkili analizde,
 492 adet kirişin, 18 kirişinde, duvar etkisi büyük çıkmıştır.
 174 adet kolonun, 76 kolonunda, duvar etkisi büyük çıkmıştır.

Süneklik Düzeyi Yüksek Moment Aktaran Çelik Çerçeve Taşıyıcı Sistemin Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Sepanta NAİMİ¹
Eray KESKİN²

Giriş

Ahmet Uz'un yaptığı çalışmada 5 ve 13 katlı iki çelik yapıyı çaprazlı ve çaprazsız olarak modelleyerek yeni deprem yönetmeliği ve 2016 yılında yürürlüğe giren Türk çelik yapı Şartnamesine göre her bir elemanı taşıma gücü yöntemine göre tasarlamıştır. Etabs programı ile yapıyı analiz ederek karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda moment aktaran çerçeve sistemin çaprazlı sisteme göre hem kapasitesi düşük çıkmış hem de taban kesme kuvveti çaprazlı sisteme göre 1.7 kat daha düşük çıkmıştır. Çalışma neticesinde yapı yüksekliği arttıkça dayanım ve rijitlik önemli bir rol oynamıştır [1]. R. Sabelli'nin yapmış olduğu çalışmada ise moment aktaran çerçeve sistemlerde çaprazlar basınca ve çekmeye çalışmakta olup, yapıda çaprazlar basınçla beraber burkulmaya sebebiyet vermiş ve çekme ile enerji yutması gözlemlenmiştir [2]. Giuseppe Brandonisio ve ark. Yapmış olduğu çalışmada moment çerçeveler, merkezi çelik çaprazlı sisteme göre daha sünek ve düşük yatay yük taşıma kapasitesi göstermiştir. Bu düşük kapasite sonucunda eleman kesitleri büyük çıkmış ve maliyeti artırmıştır [3]. Ahmet Y. Aktaş'ın yapmış olduğu çalışmada iki farklı çelik yapı sistemi, "Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, 2016" kapsamında YDKT ve GKT yaklaşımlarını uygulayarak tasarım gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, hangi yaklaşımın daha avantajlı olduğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. YDKT'ye göre tasarlanan basit yapı türleri, GKT'ye göre daha ekonomik sonuçlar vermiş ve mühendisliğin 3e kuralına göre estetik ve emniyet açısından da olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir [4]. Salmon ve arkadaşları, YDKT ve GKT yaklaşımlarının canlı yükün ölü yüke oranına göre tasarım davranışı seçmiştir ve bu yaklaşıma göre bu oranın 3'ten küçük olması durumunda YDKT, avantajlı sonuç vermiştir [5]. Yorgun ve arkadaşları, 2016 yılında yürürlüğe giren Türk çelik yapı yönetmeliğinin hesap ve tasarım kısımlarını slayt haline getirerek sunum yapmışlardır [6]. Akbaş, yapmış olduğu seminerlerinde; Çelik Yapı tasarımında kullanılan yönetmelikleri, YDKT ile GKT'ye göre tasarım felsefesini karşılaştırmış ve bu yaklaşımları inceleyerek açıklamıştır [7]. Ubeydullah Zararsız'ın yapmış olduğu çalışmada, endüstri binasını modellemiş ve Sap2000 programı ile analiz ederek TÇY 2016 yönetmeliğinde "Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım" ve "Güvenlik Katsayıları ile Tasarım" yaklaşımlarına göre hem boyutlandırma hem de analiz karşılaştırması yapmıştır [8]. Asiye Karayer çalışmasında, tek katlı basit hangar yapı ile dört katlı düşey çerçeve sistemden oluşan iki yapı örneğini, hem TS648 Standardı ve DBYBHY'ne göre hem de TBDY ve ÇYTHYE'ye göre

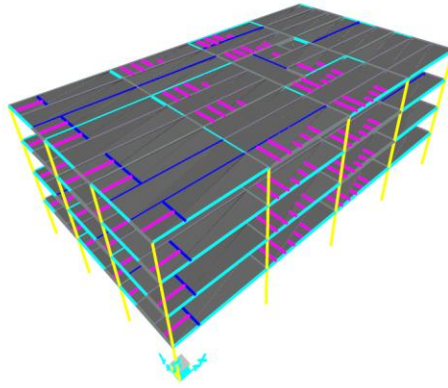
¹ Sepanta NAİMİ, Doç. Dr., İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, sepantanaimi@aydin.edu.tr

² Sorumlu yazar, Eray KESKİN, Yüksek Lisans Öğrencisi., İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, eraykeskin@stu.aydin.edu.tr

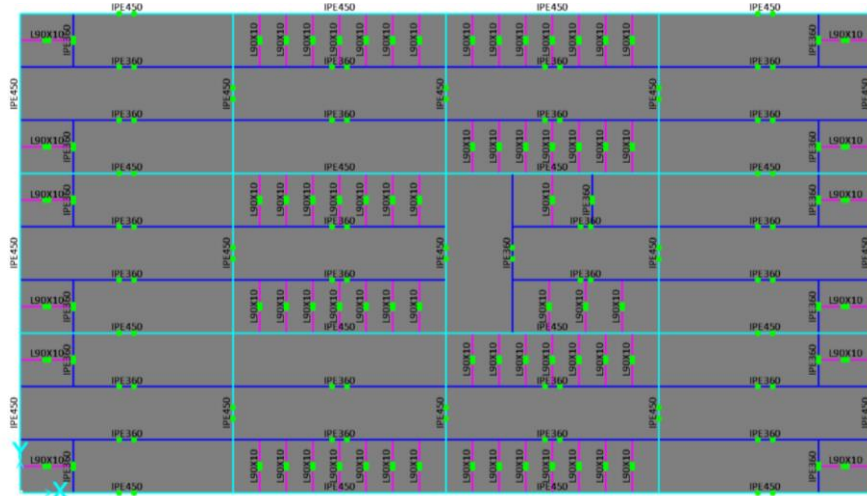
statik analizlerini ve boyutlandırılmalarını yapmıştır. Çelik yapı tasarımlarının karşılaştırılmaları sonucunda ÇYTHYE ve TBDY'ye göre tasarımın uygun değer çözüm olanağı sunduğu anlaşılmıştır [9]. Burak Tütüncü çalışmasında, 10 katlı çelik bir binanın, 2019 yılı Ocak ayı itibariyle yürürlüğe giren TBDY'nin şartlarını kullanarak taşıyıcı sisteminin boyutlandırılması yapmıştır [10]

1.1 Yapının Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Binanın coğrafi konumu, İstanbul/Beşiktaş bölgesi içinde olmak üzere, enlem ve boylam değerleri sırasıyla, 41.05107 ve 29.00641 olarak belirlenmiştir. Kütüphane binasının, ZA yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edileceği varsayılmaktadır.



Şekil 1. Genel sistem görünüşü ve bilgisayar hesap modeli [16].



Şekil 2. Normal kat sistem planı [16].

1.2 Hesaplarda Kullanılan Yönetmelikler

TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) 2019: Moment aktaran çelik çerçeve sistemde kolon- kiriş birleşimlerinin tasarımı, taban kesme kuvvetler, görelî kat ötelemeleri, düzensizlik kontrolleri ve ikinci mertbe kontrolleri bu yönetmelik esasında yapılmıştır.

TS498 (Türkiye Standartı): Rüzgar ve kar yüklemeleri bu yönetmelik esaslarına göre hesaplanmış olup taşıyıcı sisteme aktarılmıştır.

American Institute of Steel Construction (AISC360-16): Kolon ve kirişlere ait kapasitelerin kontrolleri, kolonun temele bağlandığı birleşimler ve kolon-kiriş birleşim tasarımında bu yönetmelikten yararlanılmıştır.

ÇYTHYE (Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik) 2018 : Binaya ait taşıyıcı çelik çerçeve sistemin boyutlandırma ve analiz sistemi, ÇYTHYE'de açıklanan Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım Yöntemi (YDKT) kullanılmıştır. Şehim kontrolleri, taşıma gücü kontrolleri ve kapasite moment hesapları yapılmıştır.

2. Yük Analizi

Tasarımda sabit ve hareketli yükler, kar yükü, rüzgar yükü ve deprem yükü esas alınmıştır.

2.1 Sabit ve Hareketli Yükler

a) Çatı döşemesi:

kaplama 0.5 kN/m²

İzolasyon 0.2 kN/m²

trapez sac + betonarme döşeme 2.8 kN/m²

asma tavan + tesisat 0.5 kN/m²

çelik konstrüksiyon 0.5 kN/m²

$$G = 4.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Hareketli yük } Q = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kar yükü } S = 1.3 \text{ kN/m}^2$$

Güvenli tarafta kalan bir yaklaşımla, maksimum kar yüksekliği 80 cm olarak alınmıştır. TS EN 1-3'e uygun olarak, karın ortalama birim hacim ağırlığı 2.0 kN/m³ olmak üzere, üniform yayılı olarak etkiyen çatı kar yükü $0.80 \times (2.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.80 \text{ m}) \approx 1.30 \text{ kN/m}^2$ şeklinde hesaplanmıştır.

a) Parapet yükü (çatı katında h= 1 m): 1.1 kN/m

b) Normal kat döşemesi: kaplama 0.5 kN/m²

trapez sac + betonarme döşeme 2.8 kN/m²

asma tavan +tesisat 0.5 kN/m²

bölme duvarları 1 kN/m²

çelik konstrüksiyon (kolonlar dahil) 0.8 kN/m²

$$G=5,6\text{kN/m}^2 \cdot 2\text{m}=(11.2\text{kN/m})$$

$$\text{Hareketli yük } Q = 5 \text{ kN/m}^2$$

Merdiven ve asansör bölgesindeki sabit ve hareketli yüklerin döşemenin diğer bölgelerindeki sabit ve hareketli yüklere eşit olduğu varsayılmıştır.

c) Dış duvar yükü (normal katlarda): $G_d = 3 \text{ kN/m}$ olarak dikkate alınmıştır.

2.2 Deprem Yükleri

Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I)

Binanın kütüphane olarak hizmet vermesi öngörülmektedir. Bu durumda, TBDY Tablo 3.1' e göre bina kullanım sınıfı, BKS = 1 ve bina önem katsayısı, I = 1.5 olarak tanımlanmaktadır.

2.2.1 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)

Türkiye deprem tehlike haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/>) kapsamında, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'nin belirlenebilmesi amacıyla DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde elde edilen parametreler aşağıda sıralanmıştır [17].

$$S_{ac}(T) = (0.4 + 0.6 T/T_A) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A < T \leq T_B)$$

$$S_{ac}(T) = S_{D1} / T \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ac}(T) = S_{D1} T_L / T^2 \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0.2 (S_{D1} / S_{DS}) = 0.056 \text{ s}$$

$$T_B = (S_{D1} / S_{DS}) = 0.282 \text{ s}$$

$$T_L = 6 \text{ s}$$

Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, $S_s = 0.824$

1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı, $S_1 = 0.232$

Yerel zemin etki katsayıları, $F_s = 0.800$ ve $F_1 = 0.800$

Bu durumda, TBDY 2.3.2.2' ye göre, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} , TBDY Denk.(2.1) ile

$$S_{DS} = S_s F_s = (0.824) (0.800) = 0.659$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = (0.232) (0.800) = 0.186$$

olarak elde edilmektedir.

Bu durumda binanın deprem tasarım sınıfı (DTS), bina kullanım sınıfı, BKS = 1 olmak üzere ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, S_{DS} 'nin, TBDY Tablo 3.2'ye göre, $0.50 \leq S_{DS} = 0.659 < 0.75$ koşulunu sağlaması nedeniyle, DTS = 2a olarak belirlenmektedir.

2.2.2 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)

Kütüphane binasının, bina tabanından itibaren yüksekliği, $H_N = 4+3 \cdot 3 = 13\text{m}$ olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda TBDY Tablo 3.3' e göre, deprem tasarım sınıfı, DTS = 2a için, $10.5 < H_N = 13.0 \leq 17.5$ olduğundan, bina yükseklik sınıfı, BYS = 6 olmaktadır.

2.2.3 Bina Performans Hedefi

TBDY Tablo 3.4(a)'ya göre deprem tasarım sınıfı, DTS= 2a ve deprem yer hareketi düzeyi, DD-2 için yeni yapılacak bu çelik kütüphanenin performans hedefi; normal performans hedefi, kontrollü hasar (KH) ve değerlendirme/tasarım yaklaşımı, dayanıma göre tasarım (DGT^{3,4}) yaklaşımı olarak belirlenmektedir.

2.3 Düzensizliklerin Kontrolü

TBDY 3.6 uyarınca düzensizlik kontrolleri yapılacaktır. Planda düzensizlik durumları ve düzeyde düzensizlik durumları mevcut değildir.

TBDY 3.6.2.1 uyarınca, burulma düzensizliği (A1 türü) ve komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2 türü), deprem tasarım sınıfı, DTS = 2a ve bina yükseklik sınıfı, BYS = 6 olarak belirlenen bu kütüphane için TBDY Tablo 4.4'ün ilk satırındaki koşullar esas alınarak yapılmıştır.

Aşağıdaki tablolarda A1 türü burulma düzensizliği ve B2 türü rijitlik düzensizliği durumlarının mevcut olmadığı görülmektedir.

Tablo Ç-1. A1 türü (x yönü) burulma düzensizliği koşulunun kontrolü [12].

Kat	$(\Delta i^{(x)})_{max}$ (m)	$(\Delta i^{(x)})_{ort}$ (m)	$n_{bi}^{(x)}$	Koşul
Çatı	0,00614	0,006	1,023333333	≤ 2.0
3	0,0061	0,00603	1,011608624	≤ 2.0
2	0,0068	0,00675	1,007407407	≤ 2.0
1	0,005357	0,005279	1,014775526	≤ 2.0

Tablo Ç-2. A1 türü (y yönü) burulma düzensizliği koşulunun kontrolü [12].

Kat	$(\Delta i^{(y)})_{max}$ (m)	$(\Delta i^{(y)})_{ort}$ (m)	$n_{bi}^{(y)}$	Koşul
Çatı	0,00544	0,004965	1,095669688	≤ 2.0
3	0,00803	0,00781	1,028169014	≤ 2.0
2	0,007091	0,00698	1,0159	≤ 2.0
1	0,006698	0,006413	1,044440979	≤ 2.0

Tablo Ç-3. B2 türü (x yönü) rijitlik düzensizliği koşulunun kontrolü [12].

Kat	$(\Delta i^{(x)} / h_i)_{ort}$	$(\Delta i-1^{(x)} / h_i-1)_{ort}$	$n_{ki}^{(x)}$	Koşul
Ç-3	0,002	-	-	-
3-2	0,00201	0,00201	0,995024876	≤ 2.0
2-1	0,00225	0,00225	0,893333333	≤ 2.0
1-Zemin	-	0,00131975	1,704868346	≤ 2.0

Tablo Ç-4. B2 türü (y yönü) rijitlik düzensizliği koşulunun kontrolü [12].

Kat	$(\Delta i^{(y)} / h_i)_{ort}$	$(\Delta i-1^{(y)} / h_i-1)_{ort}$	$n_{ki}^{(y)}$	Koşul
Ç-3	0,001655	-	-	-
3-2	0,002604	0,002604	0,63572	≤ 2.0
2-1	0,002326	0,002326	0,99389	≤ 2.0
1-Zemin	-	0,001603	1,63376	≤ 2.0

2.4 Hesap Yönteminin Seçilmesi

Ayrıntıları TBDY 4.8’de açıklanan Modal Hesap Yöntemleri’nden herhangi biri (Mod Birleştirme Yöntemi veya Mod Toplama Yöntemi)’de uygulanabilir.

İncelenen sistemin TBDY Tablo 4.4’ ün koşulları sağladığını ve TBDY 4.7’ de açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin uygulanabileceğini göstermektedir.

2.5 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal deprem hesabı

2.5.1 Binanın Hakim Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin uygulanmasında, TBDY Denk.(4.26) ile hesaplanan, kütüphanenin her iki deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotları, TBDY Denk.(4.27) kullanılarak elde edilen periyot değerinin 1.4 katından daha büyük alınmayacaktır.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(x)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}} \right]^{1/2} \quad (\text{TBDY 4.26})$$

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (\text{TBDY 4.27})$$

Bu denklemde, m_i toplam kat kütlelerini göstermektedir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$m_i = \frac{w_i}{g} = \frac{1}{g} [G_i + n(Q_i)]$$

İkinci normal kat için, TBDY Tablo 4.3’e göre $n = 0.60$ alınarak, kat ağırlığı ve kat kütlesi hesabı aşağıda ayrıntılı olarak verilmiş ve diğer sonuçlar tablo Ç-1.5’te topluca gösterilmiştir.

$$w_2 = (18 \times 32) \times (5.6 + 0.60 \times 5) + 2 \times (18 + 32) \times 3 = 5253.6 \text{ kN}$$

$$m_2 = \frac{5253.6}{9.81} = 535.5 \text{ kN} - \text{s}^2/\text{m}$$

Çatı katı ağırlığı, sabit çatı yükleri ve hareketli yük kütle katılım katsayısı $n=0.30$ ile çarpılarak göz önüne alınan çatı kar yükü toplanarak, $(G + 0.30S)$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Tablo Ç-5. Kat ağırlıkları ve kat kütleleri

Kat	w_i (kN)	m_i (kN-s ² /m)
Çatı	2926,64	298,3
3	5253,6	535,5
2	5253,6	536,5
1	5253,6	537,5
Σ	18687,44	1907,8

F_{fi} fiktif kuvvetleri kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri ile orantılı kuvvetlerdir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$F_{fi} = F_o \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j}$$

Buradaki $F_o = 1000$ kN olarak alınacaktır.

Tablo Ç-6. (X) doğrultusu için fiktif yüklerden oluşan kat yer değiştirmeleri [12].

Kat	W_i	$m_i = W_i / g$	$F_{fi}^{(x)}$	$d_{fi}^{(x)}$	$m_i d_{fi}^{(x) 2}$	$F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}$
	(kN)	(kN-sn ² /m)	(kN)	(m)		
4	2926,64	298,332	256,425	0,06921	1,4289	17,7464
3	5253,6	535,535	354,083	0,06219	2,0715	22,0218
2	5253,6	535,535	247,858	0,05136	1,41277	12,7305
1	5253,6	535,535	141,633	0,03522	0,66419	4,9879
\sum_{kat}	18687,4	1904,94	1000,0		5,57736	57,4867

Tablo Ç-7. (Y) doğrultusu için fiktif yüklerden oluşan kat yer değiştirmeleri [12].

Kat	W_i	$m_i = W_i / g$	$F_{fi}^{(y)}$	$d_{fi}^{(y)}$	$m_i d_{fi}^{(y) 2}$	$F_{fi}^{(y)} d_{fi}^{(y)}$
	(kN)	(kN-sn ² /m)	(kN)	(m)		
4	2926,64	298,332	256,425	0,07844	1,83554	20,1137
3	5253,6	535,535	354,083	0,07115	2,71098	25,1927
2	5253,6	535,535	247,858	0,05954	1,89848	14,7575
1	5253,6	535,535	141,633	0,04166	0,92923	5,89973
\sum_{kat}	18687,4	1904,94	1000,0		7,37422	65,9636

$$T_{p(x)} = 2 \times \pi \times \left(\frac{5.57736}{57.4867} \right)^{0.5} = 1.95 \text{ sn}$$

olarak bulunur. Benzer şekilde, y doğrultusundaki hakim doğal titreşim periyodu

$$T_{p(y)} = 2.1 \text{ sn}$$

değerini almaktadır. TBDY 4.7.3.4'e göre, $C_t = 0.08$ olmak üzere,

$$T_{p(x)} = 1.95 \text{ sn} > T_{pA(x)} = 1.4 C_t H_N^{3/4} = 1.4 (0.08) (13)^{3/4} = 0.767 \text{ sn}$$

$$T_{p(y)} = 2.1 \text{ sn} > T_{pA(y)} = 1.4 C_t H_N^{3/4} = 1.4 (0.08) (13)^{3/4} = 0.767 \text{ sn}$$

olduğundan TBDY 4.7.3.2 uyarınca,

$$T_{p(x)} = T_{p(y)} = 0.767 \text{ sn}$$

olarak hesaba katılacaktır.

2.6 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

TBDY Tablo 4.1'e göre, izin verilen bina yükseklik sınıfına uygun olarak ($BYS = 6 \geq 3$), deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $R = 8$ ve dayanım fazlalığı katsayısı, $D = 3$ olarak verilmektedir.

$$T_{p(x)} = T_{p(y)} = 0.767 \text{ sn} > T_B = 0.282 \text{ sn} \text{ olduğundan, deprem yükü azaltma katsayısı}$$

$$R_a(T_{p(x)}) = R_a(T_{p(y)}) = R^{(x)}/I = R^{(y)}/I = 8/1.5 = 5.33$$

olarak elde edilmiştir.

2.7 Toplam Yatay Eşdeğer Deprem Yüğü (V_{tE}),

TBDY 4.7.1'e göre, deprem doğrultularında kütüphanenin tümüne etkiyen taban kesme kuvveti (V_{tE}), aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$V_{tE}^{(x)} = m_t S_{aR} (T_{p(x)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad \text{TBDY (4.19)}$$

Binanın (X) ve (Y) doğrultularındaki taban kesme kuvveti,
 $T_B = 0.282 \text{ sn} < T = 0.767 \text{ sn} \leq T_L = 6 \text{ sn}$ olduğundan,

$$Sae(T) = \frac{SD1}{T} = \frac{0.186}{0.767} = 0.242$$

$$SaR(T) = \frac{Sae(T)}{Ra(T)} = \frac{0.242}{5.33} = 0.045$$

$$V_{tE}^{(X)} = V_{tE}^{(Y)} = (1904.94) (0.045) (9.81) \geq (0.04) (1904.94) (1.5) (0.659) (9.81)$$

$$V_{tE}^{(X)} = V_{tE}^{(Y)} = 848.11 \text{ kN} \geq 739.13 \text{ kN}$$

şeklinde bulunmuştur.

2.8 Katlara Etkiyen Yatay Eşdeğer Deprem Yükleri

TBDY 4.7.2'ye göre göre, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü $\Delta F_{NE}^{(x)}$ ve (y) yönleri için,

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0.0075 N V_{tE}^{(x)} = 0.0075 (4) (848.11) = 25.443 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{NE}^{(y)} = 0.0075 N V_{tE}^{(y)} = 0.0075 (4) (848.11) = 25.443 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmıştır.

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad \text{TBDY Denk. (4.23)}$$

TBDY Denk. (4.23) ile hesaplanan $F_{iE}^{(x)}$ ve $F_{iE}^{(y)}$ eşdeğer deprem yükleri, Tablo Ç- 8.'de topluca verilmiştir.

Tablo Ç- 8. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri [12].

	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i * H_i$ (kNm)	$(V_t - \Delta F_N)$ (kN)	$(\sum W_i * H_i)$ (kN)	V_i (kN)
4	3,00	13,00	2926,64	38046,3	822,669	210,953	210,953
3	3,00	10,00	5253,6	52536	822,669	291,293	502,247
2	3,00	7,00	5253,6	36775,2	822,669	203,905	706,152
1	4,00	4,00	5253,6	21014,4	822,669	116,517	822,669

2.9 Düşey deprem etkisi

TBDY 4.4.3'e göre düşey deprem etkisi TBDY Denk. (4.10) ile yaklaşık olarak hesaba katılmıştır.

$$E_d^{(z)} \approx 2/3 S_{DS} G = (2/3) \times 0.659 \times G = 0.44 G$$

$$1.2 G + 0.3 E_d^{(z)} = 1.332 G$$

$$0.9 G - 0.3 E_d^{(z)} = 0.768 G$$

Deprem etkisi içeren yük birleşimleri dikkate alınacaktır.

2.10 Yatay deprem yüklerinin etkime noktaları

Kütüphane binasında A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunmadığı döşeme düzlemi içinde önemli şekil değiştirmelerin meydana gelmediği görülerek, döşemeler rijit diyafram olarak modellenmektedir.

TBDY 4.5.10'a göre, katlara etkileyen eşdeğer deprem yüklerinin, ek dışmerkezlik etkisinin hesabı,

$$e^{(x)} = \pm 0.05 \times 32.00 = \pm 1.60 \text{ m} \quad (\text{X doğrultusundaki ek dışmerkezlik})$$

$$e^{(y)} = \pm 0.05 \times 18.00 = \pm 0.90 \text{ m} \quad (\text{Y doğrultusundaki ek dışmerkezlik})$$

değerlerini alırlar.

3. Rüzgar Yükleri

TS- 498'e göre rüzgar yükü hesabı

Yapı üst düzeyine etkileyen rüzgar basıncı w , Denklem 1.1'e göre hesaplanmıştır.

$$w = C_p \times q \quad (1.1)$$

Emme (rüzgar basıncı) değeri binanın zeminden yüksekliğine bağlı olarak Çizelge 1.1'e göre belirlenmiştir.

Tablo 9. Zeminden yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve emme [11].

Zeminden yükseklik	Rüzgar hızı	Rüzgar basıncı
(m)	v (m/s)	q (kN/m ²)
(0-8)m	28	0.5
(8-20)m	36	0.8
(20-100)m	42	1.1
>100 m	46	1.3

Yukarda gösterilen X doğrultusu için yapılan işlemler Y doğrultusu içinde yapılmış ve Sap2000 programına aktarılmıştır.

4. Yük Birleşimleri

Taşıyıcı sistemin sabit ve hareketli yükler ile deprem ve rüzgar kuvvetleri altında analizleri sonucunda elde edilen iç kuvvetler, ÇYTHYE 5.3.1, TBDY 4.4 ve TBDY 9.2.5' uygun olarak seçilmiştir.

5. Kiriş kesiti için kontroller

Çelik Sınıfı

$$S275 F_y = 275 \text{ N/mm}^2 F_u = 430 \text{ N/mm}^2$$

Tablo 10. IPE 450 Kesit Özellikleri [16].

$d = 450 \text{ mm}$	$W_{el,y} = 15.00 \times 10^6 \text{ mm}^3$	$W_{pl,y} = 1.702 \times 10^6 \text{ mm}^3$
$bf = 190 \text{ mm}$	$C_w = 791 \times 10^3 \text{ mm}^6$	$j = 668700 \text{ mm}^4$
$tw = 9.4 \text{ mm}$	$G = 77.6 \text{ kg/m}$	$A_s = 9882 \text{ mm}^2$
$tf = 14.6 \text{ mm}$	$h = 378.8 \text{ mm}$	$r = 21 \text{ mm}$
$I_z = 16.76 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$i_x = 184.8 \text{ mm}$	

B Aksı boyunca 3-4 aksları arasındaki 1. Kat, kirişinin tasarım dayanımı kontrolü, düşey yükler ve deprem yükleri altında yapılmıştır. Gerekli eğilme momenti dayanımı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{1t}$$

Sadece düşey yük (1.332G + 0.5Q + 0.2S) birleşimleri etkisinde kiriş uçlarında oluşan eğilme momentleri,

$$M_{ntx,1} = -72.85 \text{ kNm} \quad M_{ntx,2} = -40.71 \text{ kNm}$$

Sadece yatay yük ($\pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)}$) birleşimleri etkisinde kiriş uçlarında oluşan eğilme momentleri,

$$M_{1tx,1} = 75.29 \text{ kNm} \quad M_{1tx,2} = -76.70 \text{ kNm}$$

değerleri almaktadır.

a) B_1 arttırma katsayısının belirlenmesi,

Kirişte eksenel basınç kuvveti ihmal edilebilir düzeyde küçük olduğundan, $P_r \approx 0.0$ olarak varsayılabilir.

$$B_{1x} = \frac{C_{mx}}{1 - \frac{\alpha P_{rx}}{P_{elx}}} \geq 1 \quad \alpha = 1.0$$

ÇYTHYE 6.5.2.1 (b) uyarınca, eğilme düzleminde mesnetler arasında yanal yük bulunduğu için, güvenli tarafta kalmak üzere, $C_{mx} = 1.0$ değeri kullanılabilir.

$B_{1x} = 1.0 \geq 1$ olduğundan $B_{1x} = 1.0$ olarak elde edilir.

b) B_2 arttırma katsayısının belirlenmesi,

ÇYTHYE 6.5.2.2 dikkate alınarak zemin kat için,

$$B_{2x} = B_{2x,ZK} = 1.038$$

olarak hesaplanmıştır.

Birinci kat için:

$$P_{e,katx} = R_{Mx} \frac{H_x L}{\Delta_{Hx}}$$

$$R_{Mx} = 1 - 0.15 (P_{mfx} / P_{kat})$$

$$P_{mfx} = 14248 \text{ kN}$$

$$P_{kat} = 19336 \text{ kN}$$

$$R_{Mx} = 1 - 0.15 (14248 / 19336) = 0.889$$

$$H_x = 706.152 \text{ kN}$$

$$\Delta_{Hx} = 0.012 \text{ m}$$

$$P_{e,katx} = 0.889 \frac{(706.152) (3)}{0.012} = 156942 \text{ kN}$$

$$B_{2x} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{kat}}{P_{e,katx}}} \geq 1 \quad \alpha = 1.0$$

$B_{2x,1K} = 1.14 \geq 1$ olduğundan $B_{2x,1K} = 1.14$ olarak elde edilir. Böylece,

$B_{2x} = \max (1.038; 1.14) = 1.14$ değerini alır.

c) TBDY 9.3.1.4 uyarınca, kiriş enkesiti yerel eksen takımına göre gerekli eğilme momenti dayanımı,

$$M_{rx} = B_{1x} M_{ntx} + B_{2x} M_{1tx} = (1.0) (72.85) + (1.14) (75.29) = 158.68 \text{ kNm}$$

olarak hesaplanmıştır.

d) Kiriş enkesiti için enkesit koşulunun kontrolü,

Başlıkta:

$$b = 190 / 2 = 95 \text{ mm}$$

$$\sqrt{E/F_y} = \sqrt{200000/275} = 26.96$$

$$b/t = 95/14.6 = 6.51 < 0.30 \times 26.96 = 8.09 \text{ koşulu sağlamaktadır.}$$

Gövdede:

$$C_a = \frac{P_{uc}}{\phi_c (F_y A)} = \frac{0}{0.90 (275)(9880)} = 0 \leq 0.125 \text{ olmak üzere,}$$

$$h/tw = 378.8 / 9.4 = 40.30 < 2.45 \times \sqrt{E/F_y} \times (1 - 0.93C_a) = 2.45 \times 26.96 \times (1-0) = 66.07$$

koşulu sağlamaktadır.

e) Kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının belirlenmesi

En uzun kiriş için $L_b = 2500 - 0.752 = 1.75$ m olarak elde edilir.

$$L_b \leq 0.086 i_y \left(\frac{E}{F_y} \right)$$

koşulu sağlanmalıdır.

$$L_b = 1.75 \leq 0.086 (41.2) \left(\frac{200000}{275} \right) 10^{-3} = 2.58 \text{ m olduğundan koşul sağlanmaktadır.}$$

En büyük eğilme momenti değerinin elde edildiği, yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu,

$L_b = 0.75$ m olan kiriş parçası için yapılacaktır.

$$L_b = 750 \text{ mm} \leq L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1955 \text{ mm}$$

olduğundan karakteristik eğilme momenti dayanımının elde edilmesinde akma sınır durumu belirleyicidir ve bu dayanım ÇYTHYE Denk.(9.2)'ye göre hesaplanacaktır.

$$M_{ntx,1} = -72.85 \text{ kNm} \quad M_{ntx,2} = -40.71 \text{ kNm}$$

$$M_{1tx,1} = 75.29 \text{ kNm} \quad M_{1tx,2} = -76.70 \text{ kNm}$$

$$M_{x,1} = B_{1x} M_{ntx,1} + B_{2x} M_{1tx,1} = (1.0) (-72.85) + (1.14) (75.29) = 12.98 \text{ kNm}$$

$$M_{x,2} = B_{1x} M_{ntx,2} + B_{2x} M_{1tx,2} = (1.0) (-40.71) + (1.14) (-76.70) = -128.15 \text{ kNm}$$

karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_{nx}

$$M_{nx} = M_{px} = F_y W_{px} = (275) (1.702) = 468.050 \text{ kNm}$$

tasarım eğilme momenti dayanımı, M_{dx}

$$M_{dx} = \phi_b M_{nx}$$

$$M_{dx} = 0.90 (468.050) = 421.245 \text{ kNm}$$

f) Kirişin tasarım eğilme momenti dayanımının kontrolü,

$1.332G + 0.5Q + 0.2S - E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)}$ yük birleşimi altında elde edilen gerekli eğilme momenti dayanımı, $M_u = 150.21$ kNm olmak üzere,

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{150.21}{421.245} = 0.356 \leq 1.0$$

g) Kirişin tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü

$$h/tw = 378.8 / 9.4 = 40.30 < 2.24 \times \sqrt{E/F_y} = 2.24 \times 26.96 = 60.39 \text{ olduğundan}$$

$\phi_v = 1.00$ (YDKT) ve $C_{v1} = 1.0$ olarak alınacaktır.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1}$$

$$V_n = 0.6 (275) (378.8 \times 9.4) 1.0 (10)^{-3} = 587.519 \text{ kN}$$

$$V_d = \phi_v V_n$$

$$V_d = 1.0 (587.519) = 587.519 \text{ kN}$$

h) Kirişin tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü,

$1.332G + 0.5Q + 0.2S - E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)}$ yük birleşimi altında elde edilen gerekli kesme kuvveti dayanımı,

$V_u = 69.2$ kNm olmak üzere,

$$\frac{Vu}{Vd} = \frac{69.2}{587.519} = 0.117 \leq 1.0$$

ı) Kirişte kullanılabilirlik sınır durumunun kontrolü

Şehim kontrolü G+Q yük birleşimi altında değerlendirilecektir. Yerdeğiştirme sınır değeri olarak (L / 300) esas alınmaktadır. L kirişin sistem boyunu göstermektedir.

$$\Delta_{maks} = 0.025m \quad L = 8m$$

$$\frac{\Delta_{maks}}{L} = \frac{0.025}{8} = \frac{1}{320} < \frac{1}{300}$$

koşulunu sağlamaktadır

6.Kolon kesiti için kontroller

Çelik Sınıfı

$$S355 \quad F_y = 355 \text{ N/mm}^2 \quad F_u = 510 \text{ N/mm}^2$$

Tablo 11. HE 650 BKesit Özellikleri [16].

d = 65 cm	W _{el,x} = 6380 cm ³	W _{pl,x} = 7320 cm ³
bf = 30 cm	C _w = 13.36*10 ⁶ cm ⁶	J = 739.2 cm ⁴
tw = 3.1 cm	G = 76923 MPa	A = 286 cm ²
tf = 1.46 cm	h = 53.4 cm	i _y = 6.99 cm
i _x = 27.12 cm	I _x = 210600 cm ⁴	

B/4 kolonu için 1.332G + 0.5Q + 0.2S ± E_d^(X) ± 0.3E_d^(Y) ve 1.332G + 0.5Q + 0.2S ± D (E_d^(X) ± 0.3E_d^(Y)) yük birleşimlerinden yararlanılarak yaklaşık ikinci merteye analizi yapılarak aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanacaktır.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{1t}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{1t}$$

1.332G + 0.5Q + 0.2S yük birleşiminde eksenel basınç kuvveti, P_{nt} ve kolon enkesiti yerel eksen takımına göre oluşan eğilme momenti, M_{nt},

$$P_{nt} = 1327.47 \text{ kN (Basınç)}$$

$$M_{ntx,alt} = +12.06 \text{ kNm}$$

$$M_{ntx,üst} = -12.58 \text{ kNm}$$

olarak elde edilir.

Yük birleşiminin sadece yatay yükleri (± E_d^(X) ± 0.3E_d^(Y)) etkisinde oluşan eksenel basınç kuvveti, P_{1t} ve eğilme momenti, M_{1t} ise,

$$P_{1tx} = -73.95 \text{ kN (Çekme)}$$

$$M_{1tx,alt} = 310.73 \text{ kNm}$$

$$M_{1tx,üst} = 25.49 \text{ kNm}$$

değerlerini almaktadır.

a) B₁ arttırma katsayısının belirlenmesi,

$$B_{1x} = \frac{C_{mx}}{1 - \frac{\alpha P_{rx}}{P_{elx}}} \geq 1 \quad \alpha = 1.0$$

M₁ < M₂ ve çift eğrilikli eğilme durumunda (M₁/M₂) oranı pozitif işaretli olmak üzere, M₁ = M_{ntx,alt} = 12.06 kNm ve M₂ = M_{ntx,üst} = 12.58 kNm olarak belirlenir. Bu durumda,

$C_{mx} = 0.6 - 0.4 (M_1/M_2) = 0.6 - 0.4 (12.06/ 12.58) = 0.216$ değeri kullanılabilir.

$$P_{rx} = P_{nt} + P_{1tx} = 1327.47 - 73.95 = 1253.52 \text{ kN}$$

değerlerini alırlar.

ÇYTHYE 6.2.3(b) uyarınca, eksenel kuvvet düzeyine bağlı olarak uygulanacak, t_b katsayısının değeri 1.0 olarak alınmıştır.

$$P_{e1x} = \pi^2 \frac{E I_x}{(K_{1x} L_x)^2} = \pi^2 \frac{(0.80)(200000)21060 \cdot 10^4}{(1.0 \cdot 4)^2} 10^{-3} = 2595.54 \text{ kN}$$

$$\beta_{1x} = \frac{0.216}{1 - \frac{1.0(1253.52)}{2595.54}} = 0.418 < 1$$

olduğundan $B_{1x} = 1.0$ olarak elde edilir.

b) B_2 arttırma katsayısının belirlenmesi,

$$B_{2x} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{kat}}{P_{e,katx}}} \geq 1 \quad \alpha = 1.0$$

$$P_{e,katx} = R_{Mx} \frac{H_x L}{\Delta_{Hx}}$$

$$R_{Mx} = 1 - 0.15 (P_{mfx} / P_{kat})$$

$$P_{mfx} = 19102.4 \text{ kN}$$

$$P_{kat} = 19336.95 \text{ kN}$$

$$R_{Mx} = 1 - 0.15 (P_{mfx} / P_{kat}) = 1 - 0.15 (19102.4/ 19336.95) = 0.852$$

$$H_x = 822.639 \text{ kN}$$

$$\Delta_{Hx} = 0.0053 \text{ m}$$

$$P_{e,katx} = R_{Mx} \frac{H_x L}{\Delta_{Hx}} = 0.852 \frac{822.639 (4)}{0.0053} = 528860 \text{ kN}$$

$B_{2x} = 1.038 \geq 1$ olduğundan $B_{2x} = 1.038$ olarak elde edilir. Böylece,

$B_{2x} = 1.038 < 1.7$ koşulu sağladığından, fiktif yüklerin sadece düşey yükleri içeren yük birleşimlerinde dikkate alınmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır.

c) TBDY 9.3.1.3 (a) uyarınca, eksenel kuvvet dayanımı ve kolon enkesitinin yerel eksen takımına göre gerekli eğilme momenti dayanımı,

$$P_{rx} = P_{nt} + B_{2x} P_{1tx} = 1327.47 + (1.038) (- 73.95) = 1250.71 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = B_{1x} M_{ntx} + B_{2x} M_{1tx} = (1) (12.58) + (1.038) (310.73) = 335.1 \text{ kNm}$$

d) Gerekli kesme dayanımı ise, $1.332G + 0.5Q + 0.2S + E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)}$ yük birleşimi altında,

$$V_y = 77.59 \text{ kN}$$

ÇYTHYE 6.2.3(b)'ye göre

$$P_{ns} = F_y A_g = (355) (28600) 10^{-3} = 10153 \text{ kN}$$

$$\frac{\alpha P_r}{P_{ns}} = \frac{1.0(1250.71)}{10153} = 0.123 < 0.50$$
 olduğundan $\phi_b = 1.0$ alınmasının uygun olduğu ve bu

durumda eğilme rijitliğinin ayrıca azaltılmasına gerek yoktur.

e) TBDY 9.3.1.3 (b)'ye uygun olarak $1.332G + 0.5Q + 0.2S + D (E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)})$ yük birleşimi altında eksenel basınç kuvveti, P_{uc}

$$P_{uc} = 1327.47 + 221.85 = 1549.32 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Başlıkta:

$$b=300/2=150 \text{ mm}$$

$$\sqrt{E/F_y} = \sqrt{200000/355} = 23.73$$

$$b/t = 150/31 = 4.84 < 0.30 \times 23.73 = 7.12 \text{ koşulu sağlamaktadır.}$$

Gövdede:

$$C_a = \frac{P_{uc}}{\phi_c (P_{ns})} = \frac{1549.32}{0.90 (10153)} = 0.169 > 0.125 \text{ olmak üzere,}$$

$$h/t_w = 534 / 16 = 33.38 \leq 0.77 \times \sqrt{E/F_y} \times (2.93 - C_a) = 0.77 \times 23.73 \times (2.93 - 0.169) = 50.54$$

$$33.38 \leq 50.54 \geq 1.49 (23.73) = 35.35$$

koşulu sağlamaktadır.

f) Kolonun tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımının belirlenmesi

X ekseninde eğilmeli burkulma sınır durumu

$$K_x = 1.0$$

$$\frac{L_{cx}}{i_x} = \frac{(1.0)(4000)}{271.2} = 14.75 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.76$$

$$F_{crx} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_{ex}}} \right] F_y = \left[0.658^{\frac{355}{9109.9}} \right] 355 = 349.25 = \text{MPa}$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_{cx}}{i_x} \right)^2} = 9109.9 \text{ MPa}$$

Y ekseninde eğilmeli burkulma sınır durumu

$$K_y = 1.0$$

$$\frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{(1.0)(4000)}{69.9} = 57.22 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.76$$

$$F_{cry} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_{ey}}} \right] F_y = 277.45 \text{ MPa}$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_{cy}}{i_y} \right)^2} = 602.88 \text{ MPa}$$

Z ekseninde eğilmeli burkulma sınır durumu

$$K_z = 1.0$$

$$F_{ez} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(L_{cz})^2} + GJ \right] + \frac{1}{I_x + I_y} = 986.36 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_y}{F_{ez}} = \frac{355}{986.36} = 0.359 \leq 2.25$$

$$F_{crz} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_{ez}}} \right] F_y = 305.47 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cry} A_g = (277.45) (28630) 10^{-3} = 7935 \text{ kN}$$

$$P_d = \phi P_n = 0.9 (7935) = 7141.56 \text{ kN}$$

g) Kolonun tasarım eğilme momenti dayanımının belirlenmesi

$$L_b = 4000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{E/F_y} = 2919 \text{ mm}$$

$L_b \geq L_p$ olduğundan L_r hesaplanmalıdır.

$$L_r = 1.95 i_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{W_{ex} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{W_{ex} h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 7341 \text{ mm}$$

$$c = 1.0 h_o = d - t_f = 650 - 31 = 619 \text{ mm}$$

$$i_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f}\right)}}$$

$i_{ts} = 80.65 \text{ mm}$ hesaplanmıştır.

$L_p < L_b < L_r$ olduğundan, karakteristik eğilme momenti dayanımı, ÇYTHYE Denk.(9.3) ile hesaplanacaktır.

h) Kolonun tasarım kesme kuvveti dayanımının kontrolü

ÇYTHYE 10.2.1(a) uyarınca,

$$h/t_w = 534 / 16 = 33.37 \leq 2.24 \times \sqrt{E/F_y} = 2.24 \times 23.75 = 53.2 \text{ olduğundan}$$

$\phi_v = 1.00$ (YDKT) ve $C_{v1} = 1.0$ olarak alınacaktır.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_{v1}$$

$$V_n = 0.6 (355) (534 \times 16) 1.0 (10)^{-3} = 1819.87 \text{ kN}$$

$$V_d = \phi_v V_n$$

$$V_d = 1.0 (1819.87) = 1819.87 \text{ kN}$$

$V_u = 77.59 \text{ kN}$ olmak üzere,

$$\frac{V_u}{V_d} = \frac{77.59}{1819.87} = 0.043 \leq 1.0$$

HE650 B kolonu dayanım kontrolleri bakımından yeterlidir.

7.Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun kontrolleri

Süneklik düzeyi yüksek olan bu sistemde kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu aşağıdaki bağıntı ile kontrol edilmiştir.

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1.0$$

Kolon eğilme momenti kapasiteleri toplamı $\sum M_{pc}^*$, kiriş eğilme momenti kapasiteleri toplamı $\sum M_{pb}^*$ dir.

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} = \frac{275 + 430}{2(275)} = 1.28 > 1.2 \text{ olduğundan } C_{pr} = 1.2 \text{ alınmak üzere,}$$

$M_{pr} = M_{pr,sağ} = M_{pr,sol} = C_{pr} F_y R_y W_p = (1.2) (275) (1.3) (1702 \times 10^3) 10^{-6} = 730.158 \text{ kNm}$ olarak hesaplanmıştır.

Kiriş net açıklığı, l_n ,

$$l_n = L - 2 \frac{d_c}{2} - 2l_h = 8 - 2 \frac{0.450}{2} - 2(0.302) = 6.946 \text{ m}$$

Sadece düşey yük etkisi altında $1.2G + 0.5Q + 0.2S$ yük birleşimi altında elde edilen kesme kuvvetleri, V_d

$$V_{dr,sağ} = 19.55 \text{ kN}$$

$$V_{dr,sol} = 49.69 \text{ kN}$$

$$V_{uc,sağ} = \frac{2 M_{pr,sağ}}{l_n} - V_{dr} = \frac{2 (730.158)}{6.946} - 19.55 = 190.69 \text{ kN}$$

$$V_{uc,sol} = \frac{2 M_{pr,sol}}{l_n} - V_{dr} = \frac{2 (730.158)}{6.946} + 49.69 = 259.93 \text{ kN}$$

Kesme kuvvetinden dolayı kolon ekseninde oluşan toplam ek eğilme momenti,

$$\sum M_{uv} = (V_{uc,sağ} + V_{uc,sol}) (l_h + d_c/2) = (190.69 + 259.93) (0.302 + 0.450/2) = 237.48 \text{ kNm}$$

$\sum M_{pb} = 2 (1.1 F_{yb} R_{yb} W_{pb}) = 2 (1.1) (275) (1.3) (1702 \times 10^3) 10^{-6} = 1338.623 \text{ kNm}$ olarak hesaplanmıştır.

Düğüm noktasında birleşen kirişlerin toplam eğilme momenti kapasiteleri,

$$\sum M_{pb}^* = \sum M_{pb} + \sum M_{uv} = 1338.623 + 237.48 = 1576.01 \text{ kNm}$$

Kolon eğilme kapasite hesabı

$1.332G + 0.5Q + 0.2S + D (E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)})$ yük birleşimi altında zemin kat kolonu üst ucu için düğüm noktasında aksenal basınç kuvveti, P_{ucz}

$$P_{ucz} = 1536.74 \text{ kN}$$

$$M_{pcz} = W_{pcz} (F_{yc} - P_{ucz} / A_{gz}) = 5880 \times 10^3 (355 - (1536.74 \times 10^3) / 28630) 10^{-6}$$

$$M_{pcz} = 1771.78 \text{ kNm}$$

$1.332G + 0.5Q + 0.2S + D (E_d^{(X)} + 0.3E_d^{(Y)})$ yük birleşimi altında birinci kat kolonu alt ucu için düğüm noktasında aksenal basınç kuvveti, P_{uc1}

$$P_{uc1} = 1144.34 \text{ kN}$$

$$M_{pc1} = W_{pc1} (F_{y1} - P_{uc1} / A_{g1}) = 5880 \times 10^3 (355 - (1144.34 \times 10^3) / 28630) 10^{-6}$$

$$M_{pc1} = 1852.38 \text{ kNm}$$

Her iki dik doğrultuda kiriş eksenine hizasındaki kolon enkesitinin plastik eğilme momentleri, M_{pcz}^* ve M_{pc1}^* kat orta noktalarındaki dönme şekildeğiştirmesinin sıfır olduğu ve eğilme momentinin doğrusal olarak değiştiği kabulü ile hesaplanmıştır.

$$\sum M_{pcz}^* = 1771.78 \left(\frac{2.0}{2.0 - \frac{0.450}{2}} \right) = 1996.37 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{pc1}^* = 1852.38 \left(\frac{1.5}{1.5 - \frac{0.450}{2}} \right) = 2179.27 \text{ kNm}$$

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} = \frac{(1996.37 + 2179.27)}{1576.01} = 2.64 > 1.0$$

Güçlü kolon zayıf kiriş koşulu sağlanmaktadır.

Sonuç

Moment aktaran ereve sistemde taban kesme kuvveti TBDY 2019 'göre eşdeğer deprem yüküne göre 848 kN hesaplanmıştır. Sap2000'de elemanların ağırlıklarının toplam olarak hesaba katılmasıyla bu değer 878 kN çıkmıştır. Eş değer deprem yükü hesabında azaltılmıő iç kuvvetlerin ve yer değiştirme büyüklükleri dikkate alınmış. Modal analizde yapının birinci modunu Y yönünde ikinci modunun X yönünde ve üçüncü modunun burkulmaya çalışması tasarlanan elik taşıyıcı sistemin tutarlılığını göstermiştir. Modal analiz hesap yöntemine göre taban kesme kuvvetine ait modal etkin kütlelerin toplamı, bina toplam kütlesinin %95'inden yüksek bir değere ulaşmıştır.

Yeni elik yönetmeliği ile birlikte hesaplarda ikinci mertbe teorisinde denge denklemleri yapı sisteminin Şekil deęiőtirmiő ekseni üzerinde yazılmaktadır. Yapı sisteminin Şekil deęiőtirmiő ekseni bilinmediğinden, ikinci mertbe teorisi doğrusal (lineer) değildir. Kullanılan kombinasyonlar non-lineer elemanların eğilme, kayma ve eksenel Şekil değiştirmeleri ile birlikte yapı sisteminin yer deęiőtirmesinde dolayı süper pozisyon prensibi geçerli olmadığından düşey işletme yüklerinin ilgili yük katsayıları ile çarpımından oluşan toplam düşey yükler altında analiz yapılmıştır.

Düğüm noktasında birleşen kirişlerin toplam eğilme momenti kapasiteleri saptanmıştır. Düğüm noktasına ait güçlü kolon ve zayıf kiriş birleşim kontrolü yapılar yapının alacağı hasar sonucunda ilk bağlantı kaybı kirişlerde gözlenmiştir.

Rijitleőtirilmiő en kesit parçasına ait kontroller yapılarak sehim Şartı sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda moment aktaran elik ereve sistem düşey yükler altında zorlanmazken yataydan gelen rüzgar ve deprem yükleri altında sınır değerlere ulaşmıştır. Birinci kattaki yer deęiőtirmenin diğer katların yer deęiőtirmesinden fazla olmasında burkulma boyu önemli bir rol oynamıştır.

8. Kaynaklar

1. Ahmet UZ, Çok Katlı Bir Çelik Yapının Tbdy-2019 Ve Çelik Yapılar Yönetmeliği-2016 Kullanılarak Modellenmesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2020.
2. R. Sabelli.(2001). Research on Improving The Design and Analysis of Earthquake-Resistant Steel-Braced Frames (The 2000 NEHRP Professional Fellowship Report).
3. G. Brandonisio, M. Toreno, E. Grande, E. Mele and A. D. Luca.(2012).Journal of Construction Steel Research.78,22-37.
4. Ahmet Yesevi Aktaş, Çelik Yapılarda “Yük Ve Dayanım Katsayıları İle Tasarım (Ydkt)” Ve “Güvenlik Katsayıları İle Tasarım (Gkt)” Yaklaşımlarının Değerlendirilip Karşılaştırılması, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, 2019.
5. Salmon C.G., Johnson J. E., Malhas F. A., ”Steel Structures Design and Behavior”. Ders Kitabı, 5. Baskı, Pearson Uluslararası Baskı, 2009
6. Yorgun C., Vatansver C., Özer E., “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği-2016”. Seminer, İstanbul, Kasım 2016.
7. Akbaş B., ”Çelik Yapılarda LRFD ve ASD Tasarım Yöntemlerinin Esasları”. İMO Semineri, Mayıs 2012.
8. Ubeydullah Zararsız, Çelik Yapı Sistemlerinin Tçy-2016 Ve Ts648 Yönetmeliklerine Göre Analizleri, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021.
9. Asiye Karayer, TS648 ve 2016 Türk Çelik Yönetmeliğine Göre Çelik Yapıların Hesap Ve Tasarım Esaslarının İrdelenmesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2020.
10. Burak Tütüncü, Çok Katlı Bir Çelik Yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018’e Göre Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran 2019
11. TS-498, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
12. TBDY, 2019. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
13. ÇYTHYE Uygulama El Kılavuzu, 2017. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik Uygulama Kılavuzu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
14. ÇYTHYE, 2018. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
15. ANSI/AISC 360-10 (2010) Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Chicago, Il.
16. SAP2000 Analysis Reference Manual. (1998). Computers and Structures Inc.Berkeley, California.
17. AFAD, 2016, Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması [online], AFAD, Ankara, <https://tdth.afad.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 14 Şubat 2021].

Vibratörün Ürettiği Harmonik, Sweep Sinyali Olarak Kullanılır mı ?

Orhan Gürel¹

Giriş

Petrol, Doğalgaz, Jeotermal ve Maden Aramacılığında Jeofiziğin bir yöntemi olan “Sismik Yansıma Yöntemi” yaygın olarak kullanılır. Sismik yansıma yönteminde kaynak olarak yaygın olarak Vibratör denilen yeri titreştirerek dalga gönderen bir araç kullanılır. Bu Vibratörler sinyal (bu sinyale sweep olarak isimlendirilir) üretirken, harmonik denilen gürültüleri de üretir.

Bir vibratör grubu (Bir atış noktasında genelde 4 adet vibratör kullanılır, vibratör grubu denir) kullanılarak elde edilen sismik verilerin harmonik bozulmaları iyi bilinen bir olaydır. Kaydedilen ham verilerdeki bu harmonikler, kayıtlarda harmonik hayaletler olarak bilinen kaynak (Vibratör grubu) ile ilişkili gürültü dizileri ile sonuçlanır (Wei, Phillips, ve Hall, 2010).

Harmonikler, vibratör mekanik aksamına bağlı olarak doğrusal olmayan etkilerinden (Walker 1995; Wei, Sallas, Crowell, ve Teske, 2007; Wei, Phillips, ve Hall, 2010; Wei ve Hall, 2011) ve özellikle yakın yüzeyde (Lebedev ve Beresnev, 2004) oluşur. Sismik veri toplama (Silverman, 1979; Rozemond, 1996; Moerig, Barr, Nyland, ve Sitton, 2004; Bagaini, 2006; Benabentos, Ortigosa, Moldoveanu, ve Munoz, 2006; Bagaini 2010; Abd El-Aal, 2011) ve veri işleme aşamasında bu harmonikleri ortadan kaldırmaya çalışan birçok teknik geliştirilmiştir (Sorkin, 1972; Eisner, 1974; Rietsch, 1981; Schrodt, 1987; Martin ve White, 1989; Okaya, Karageorgi, McEvelly, ve Malin, 1992; Martin, 1993; Li, Sollner, ve Hubral, 1995; Walker, 1995; Li, 1997; Polom, 1997; Dal Moro, Scholtz, ve Iranpour, 2007; Abd El-Aal, 2011; Jianjun, Jie, Yong, ve Xiling, 2012).

Temel sweep’ten (Fundamental sweep) elde edilen ham verilerdeki harmonikleri zayıflatmak için çeşitli teknikler geliştirildi ve bu durumda veri kalitesini artırdı (Sorkin, 1972; Eisner, 1974; Rietsch, 1981; Schrodt, 1987; Martin ve White, 1989; Okaya, Karageorgi, McEvelly, ve Malin, 1992; Martin 1993; Anderson, 1995; Li, Sollner, ve Hubral, 1995; Walker, 1995; Li, 1997; Polom, 1997; Scholtz, 2002; Scholtz, 2003; Meunier ve Bianchi, 2003; Scholtz, 2004; Dal Moro, Scholtz, ve Iranpour, 2007; Larsen, Hewitt ve Siewert, 2007; Sharma, Tildy, Iranpour, ve Scholtz, 2009; Juan, Yong, Long, Jiexin, ve Jinlan, 2014; Gang ve Yuan, 2014).

Faz kaydırma yöntemi, harmonik bozulma etkisinin giderilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Her sweep, $\theta = 360 / N$ 'ye eşit bir başlangıç faz (θ) kayması ile üretilir, burada N, kayıt başına düşen sweep sayısıdır (Sorkin, 1972; Eisner, 1974; Rietsch, 1981; Schrodt, 1987; Espey, 1988; Martin ve White, 1989; Okaya, Karageorgi, McEvelly, ve Malin, 1992; Martin 1993; Anderson, 1995; Li, Sollner, ve Hubral, 1995; Walker, 1995; Li, 1997; Polom, 1997; Sercel User Manual, 1999; Dal Moro, Scholtz, ve Iranpour, 2007; Abd El-Aal, 2010; Wuxiang, 2010; Yongsheng vd., 2011). Böylece sweep frekansı kullanılarak harmonik gürültüler elimine edilmeye çalışılır.

¹ Orhan Gürel, Dr., ARAR Petrol ve Gaz AÜP AŞ, Sismik Grubu, orhangureli@gmail.com

Yukarıda görüldüğü gibi, farklı yazarlar çalışmalarında harmonikleri bir gürültü olarak değerlendirmişler ve bunları ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yazarlara göre harmonikler istenmeyen gürültü olarak kabul edilir ve kayıtlardan çıkarılması gerekir.

Harrison (2011 ve 2012) çalışmasına göre, Gabor dönüşümü kullanılarak Vibratörün ürettiği sweep ile ilgili temel ve harmonik bileşenlerine ayrıştırılmasını sağlamıştır. Ayrıca yeni bir yaklaşım ve harmoniklerin ek bir sinyal olarak kullanılması konusunda öncü bir çalışma oluşturmuştur. Sığ ve ince tabakaların sismik görüntülemesi için harmoniklerin ve bunlarla ilişkili yüksek frekans içeriklerinin kullanılabilmesini önermektedirler. Uygulamalarında temel sweep'in harmonik bileşenlerden kaldırılmadığı unutulmamalıdır. Bu noktada harmoniklerin sadece istenmeyen bir gürültü olarak değil aynı zamanda, amaca uygun yüksek frekanslı bir sismik kesit elde etmede kullanılabilir.

Bu makalede, harmoniklere gürültü olarak değil, sinyal olarak kullanılması anlatılmıştır. Bu teknikte sweep'ler 0 ve 180 derece fazlı üretilmektedir. Böylece farklı fazlı sweep'ler hem toplanmış, hemde bir birinden çıkarılmıştır. Böylece iki ayrı kayıt elde edilmiştir. Bu kayıtlardan bir tanesi, temel frekanslı (f_1-f_2), diğeri ise iki kat frekanslı ($2f_1-2f_2$) olmuştur.

Sweep Sinyalinin Elde Edilişi

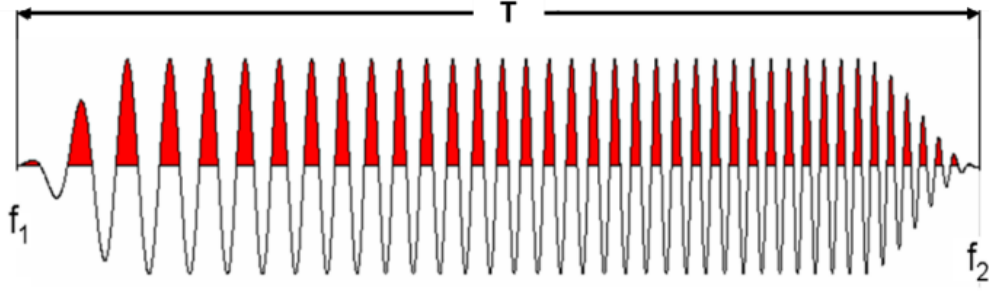
Sweep Vibratör grubu tarafından yere gönderilen sinyaldir. Vibratörler yere daha önceden belirlenmiş frekans aralığında (f_1 'den f_2 'ye doğru artan veya azalan) ve belirli bir sürede (sweep süresi) yeri titreştiren makinalardır (Şekil.1).



Şekil.1: Bir Vibratör grubunun görünüşü (Resim: ARAR Petrol ve Gaz AÜP AŞ.).

Harmoniklerin Analizi

Seriff ve Kim (1970) ifade ettiği üzere sweep ve harmoniklerinin teorik kısımlarını anlatmıştır. Sweep denilen sinyal düşük frekanstan yüksek frekansa doğru frekansı değişen bir sinüs dalgası şeklindedir.



Şekil.2: Bir Vibratör grubu ürettiği Sweep sinyalinin görünüşü (T: Sweep süresi (saniye), f_1 : Başlangıç frekansı (Hz.) ve f_2 : Bitiş frekansı (Hz.)).

Seriff and Kim (1970) tipik linear bir sweep'i $S_1(t, \theta)$ aşağıdaki formülle açıklamıştır.

$$S_1(t, \theta) = \alpha_1 \sin[2\pi(f_1 + Qt)t + \theta], \quad 1$$

burada α_1 ve Q birer sabittir. Q sabiti ise aşağıdaki gibidir

$$Q = \frac{f_2 - f_1}{T}. \quad 2$$

Sweep $S_1(t)$ 'nin kth harmonik bozulma formülü ise aşağıdaki gibidir

$$S_k(t, k\theta) = \alpha_k \sin[2\pi k(f_1 + Qt)t + k\theta], \quad 3$$

burada α_k sinyal genliği, f_1 sweep başlangıç frekansı, f_2 sweep bitiş frekansı, T sweep süresi, k harmonik derecesi, θ sweep başlangıç fazı, $k\theta$ k.cı harmonik fazı t ise zamandır.

Tablo.1'de üç farklı sweep harmonikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo.1: Sweep, faz ve harmonik ilişkisi

Harmonik derecesi	θ (derece)	$k\theta$ (derece)	$k(f_1 \text{ to } f_2)$	$S_k(t, k\theta)$	$Sweep_A$ ($\theta=0^\circ$) $f_1 \text{ to } f_2$	$Sweep_B$ ($\theta=180^\circ$) $f_1 \text{ to } f_2$	$Sweep_C$ ($\theta=0^\circ$) $2f_1 \text{ to } 2f_2$
k=1	0	0	$f_1 \text{ to } f_2$	$H_1 = S_1(t, 0)$	H_1		
k=1	180	180	$f_1 \text{ to } f_2$	$-H_1 = S_1(t, 180)$	+	$-H_1$	
k=2	0	0	$2f_1 \text{ to } 2f_2$	$H_2 = S_2(t, 0)$	H_2	+	H_2
k=2	180	360=0	$2f_1 \text{ to } 2f_2$	$H_2 = S_2(t, 2 \times 180)$	+	H_2	+
k=3	0	0	$3f_1 \text{ to } 3f_2$	$H_3 = S_3(t, 0)$	H_3	+	
k=3	180	540=180	$3f_1 \text{ to } 3f_2$	$-H_3$ $= S_3(t, 3 \times 180)$	+	$-H_3$	
k=4	0	0	$4f_1 \text{ to } 4f_2$	$H_4 = S_4(t, 0)$	H_4	+	H_4
k=4	180	720=0	$4f_1 \text{ to } 4f_2$	$H_4 = S_4(t, 4 \times 180)$		H_4	

$Sweep_A$ ile $Sweep_B$ 'nin bütün parametreleri aynı, sadece başlangıç fazı farklıdır. $Sweep_A$ ile $Sweep_C$ 'nin bütün parametreleri aynı, sadece başlangıç ve bitiş frekanslar farklıdır, yani iki katıdır.

$$Sweep_A = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \dots + H_k, \quad 4$$

$$Sweep_B = -H_1 + H_2 - H_3 + H_4 - \dots \pm H_k, \quad 5$$

$$Sweep_C = H_2 + H_4 + \dots + H_k. \quad 6$$

$Sweep_C$ 'nin H_2, H_4, \dots gibi harmonikleri ile diğer Sweep'lerin harmoniklerinin arasında genlik farkı vardır. Genlikler kendi içinde normalize edildiğinde fark kaybolmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada genlikler ihmal edilmiştir.

Eğer Formül-4'te $Sweep_A$ ve Formül-5'te verilen $Sweep_B$ birbirleri ile toplanırsa tek sayılı harmonikler ve temel sweep elimine edilmiş olur.

$$Sweep_{A+B} = Sweep_A + Sweep_B = 2H_2 + 2H_4 + \dots + \text{çift sayılı harmonikler}, \quad 7$$

Eğer $Sweep_B, Sweep_A$ 'dan çıkarılırsa çift sayılı harmonikler elimine edilmiş olur.

$$Sweep_{A-B} = Sweep_A - Sweep_B = 2H_1 + 2H_3 + \dots + \text{tek sayılı harmonikler}, \quad 8$$

burada $Sweep_{A+B}$ ve $Sweep_{A-B}$ korele edilmemiş yeni sweep'lerdir.

Her bir sweep kendi Temel sweep (Fundamental sweep)'i ile korelasyon yapılır ve atışlar elde edilir. Bunlar da kayıt olup "Record" olarak isimlendirildi.

$$Record_A = H_1 \otimes Sweep_A, \quad 9$$

burada $H_1; Sweep_A$ 'nın Temel sweep'i, $Record_A; Sweep_A$ 'nın H_1 ile korelasyonundan elde edilen kayıt,

$$Record_B = H_1 \otimes Sweep_B, \quad 10$$

burada $H_1; Sweep_B$ 'nin Temel sweep'i, $Record_B; Sweep_B$ 'nin H_1 ile korelasyonundan elde edilen kayıt,

$$Record_C = H_2 \otimes Sweep_C, \quad 11$$

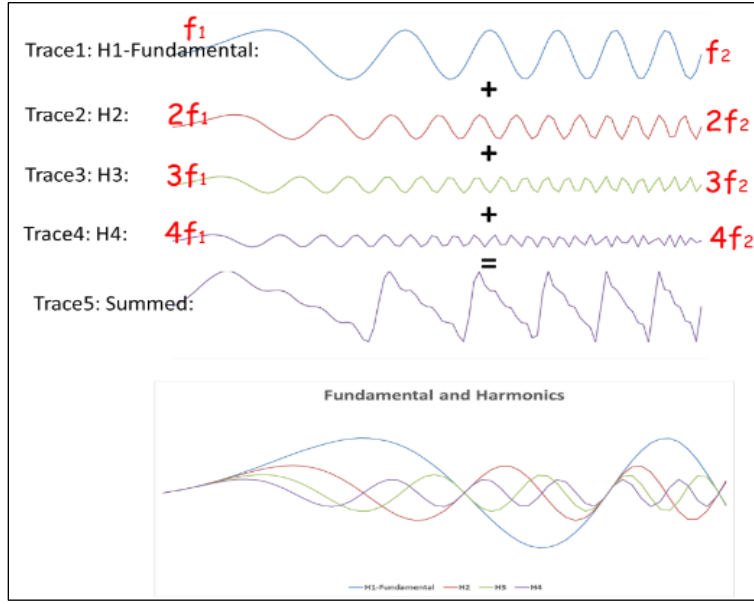
burada $H_2; Sweep_C$ 'nin Temel sweep'i, $Record_C; Sweep_C$ 'nin H_2 ile korelasyonundan elde edilen kayıt,

$$Record_{A-B} = H_1 \otimes Sweep_{A-B}, \quad 12$$

$$Record_{A+B} = H_2 \otimes Sweep_{A+B}, \quad 13$$

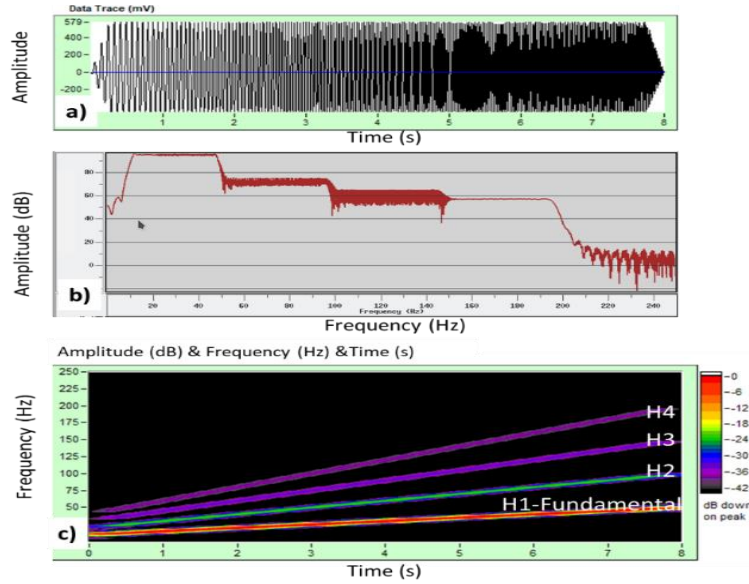
burada $Record_{A-B}, Sweep_A$ veya $Sweep_B$ 'nin H_1 olan Temel sweep'i ile $Sweep_{A-B}$ 'nin korelasyonu ile elde edilir. $Record_{A+B}$ ise $Sweep_C$ 'nin H_2 olan Temel Sweep'i ile $Sweep_{A+B}$ 'nin korelasyonundan elde edilir. Formül-9, 10, 11, 12 ve 13'teki \otimes korelasyon operatörünü temsil

eder. $Record_A$, $Record_B$, $Record_C$, $Record_{A+B}$ ve $Record_{A-B}$ "Raw shot" tabir edilen ham kayıtlardır.



Şekil.3: İz-1: Temel sweep- H_1 genliği- $\alpha_1 = 100$ birim, İz-2: Birinci harmonik- H_2 genliği- $\alpha_2 = 50$ birim. İz-3: İkinci harmonik- H_3 genliği- $\alpha_3 = 33$ birim. İz-4: Üçüncü harmonik- H_4 genliği- $\alpha_4 = 25$ birim. İz-5: Temel sweep $S(t, 0^0)$ ve harmoniklerinin toplamı. Temel sweep ve harmoniklerin birlikte görünüşü (altta).

Şekil.3 sentetik olarak üretilen temel sweep ve harmoniklerini göstermektedir. Burada H_1 - Temel sweep ve harmonikleri zaman ortamında (üstte), toplanmış durumu (ortada) ve aynı eksenle karşılaştırmaları (altta) göstermektedir.



Şekil.4: Sentetik Temel sweep $S(t, 0^0)$ ve harmoniklerinin analizi, a) Zaman ortamında, b) Frekans ortamında, c) Zaman-Frekans ortamında analizi.

Şekil.4'de Şekil-3'de verilen sweep'in Testif-i programında yapılan analiz sonucu görülmektedir. Analizde bir sweep'i oluşturan temel ve harmonikleri ayrı ayrı (Şekil.3c)) ve Genlik-Frekans (Şekil.3b) grafiğinde ise temel ve harmoniklerin frekans aralığı ve genlikleri görülmektedir.

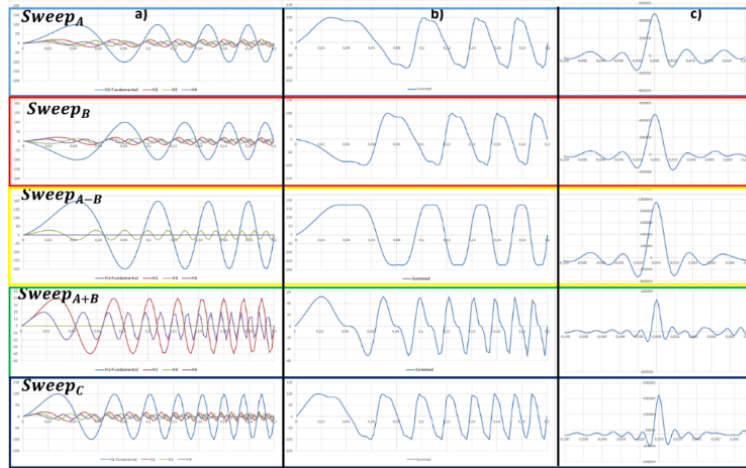
Sentetik Veri Üzerinde Harmonik Analizi

Tablo.2'de parametreleri verilen 3 adet sweep sentetik olarak üretildi. Temel sweep ile birlikte kıyaslamak için üç adet harmonik te (Temel sweep- H_1, H_2, H_3 ve H_4) üretildi.

Tablo.2: Sentetik veri için sweep parametreleri.

	Başlangıç Fazı	Sweep Frekansları	Sweep Uzunluğu
$Sweep_A$	0 derece	12-64 Hz.	8 saniye
$Sweep_B$	180 derece	12-64 Hz.	8 saniye
$Sweep_C$	0 derece	24-128 Hz.	8 saniye

Şekil-5'te verilen Sweep'ler için Tablo.2'deki parametreleri kullanıldı.



Şekil.5: $Sweep_A, Sweep_B, Sweep_{A+B}, Sweep_{A-B}$ ve $Sweep_C$ analizi, a) Her bir sweep'in Temel sweep ve harmoniklerinin görünüşü, b) Her bir Sweep'in Temel sweep ve harmoniklerinin toplamının görünüşü, c) $Sweep_A, Sweep_B, Sweep_C, Sweep_{A-B}$ 'nin temel sweep'leri ile korelasyonu ve $Sweep_{A+B}$ 'nin birinci harmonik ile korelasyonu.

Şekil.5’te sentetik olarak üretilen $Sweep_A$, $Sweep_B$, $Sweep_C$, $Sweep_{A+B}$ and $Sweep_{A-B}$ analizleri görülmektedir. $Sweep_A$ ve harmoniklerinin başlangıç fazı sıfır (0) derece. Fakat $Sweep_B$ ’nin Temel sweep’i ve tek sayılı harmoniklerinin başlangıç fazı 180 derece, çift sayılı harmoniklerin başlangıç fazı ise sıfır (0) derecedir. $Sweep_C$ ’nin ise giriş fazı sıfır (0) derece olup Sadece başlangıç ve bitiş frekanslar $Sweep_A$ ve $Sweep_B$ ’ni başlangıç ve bitiş frekanslarının iki katıdır.

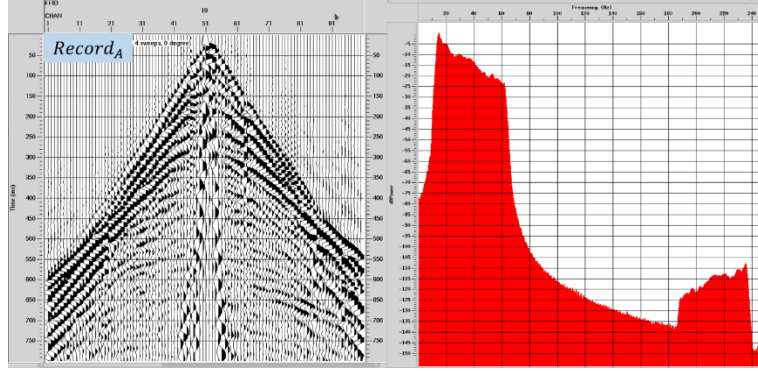
Gerçek Veri Uygulaması

Veri toplama çalışması:

2020 yılında, Arar Petrol ve Gaz AUP AS (ARAR) tarafından Osmaniye ili sınırları içinde (Türkiye’nin güneyinde) sismik programı kapsamında bu test çalışması yapıldı. Bunun için birbirini takip eden 28 farklı atış noktasında $Sweep_A$, $Sweep_B$ ve $Sweep_C$ Tablo.3’te verilen parametrelerle ayrı ayrı sweep’leri üretildi ve kayıt edildi. Herbir atış 20 m aralıkla, ve 500 adet 20 m aralıklara toprak üzerine yerleştirilmiş alıcılar (jeofonlar) ile kayıt alındı. Herbir atış noktasında 12 sn uzunluğunda ve 12-64 Hz. frekanslarında sweep’ler üretildi. Atışlarla ilgili diğer parametreler Tablo.3’te verilmiştir.

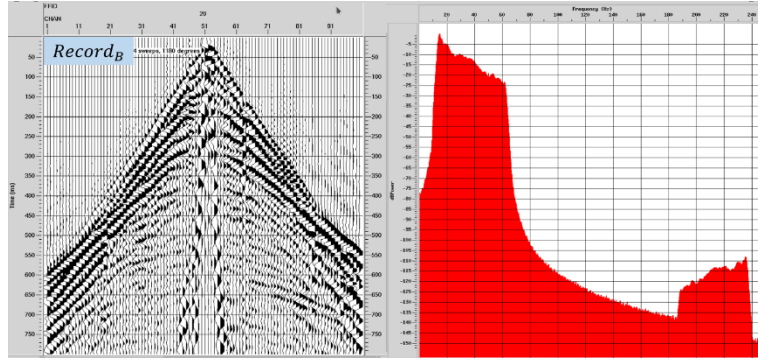
Survey Parameters of real data			
	$Sweep_A$	$Sweep_B$	$Sweep_C$
Initial phase shift	0 degree	180 degrees	0 degree
Number of sweep	2	2	2
Sweep Length	12 sec	12 sec	12 sec
Sweep description	12-64 Hz	12-64 Hz	24-128 Hz
Sweep type	Linear	Linear	Linear
Sweep taper-sinus	400ms (start)-400 ms (end)	400ms (start)-400 ms (end)	400ms (start)-400 ms (end)
Sample rate	2 msec	2 msec	2 msec
Source parameters			
Source	Vibrator	Vibrator	Vibrator
Vibrator type	AHV-IV	AHV-IV	AHV-IV
Number of Vibes	4	4	4
Peak force	61.000 pounds	61.000 pounds	61.000 pounds
Derive level	80 %	80 %	80 %
Survey parameters			
Receiver group interval	20 m	20 m	20m
Shot interval	20 m	20 m	20 m
Number of active channel	400	400	400
Geophone type	SM24	SM24	SM24
Number of geophone per group	24	24	24
Natural frequency	10 Hz	10 Hz.	10 Hz.

Tablo.3: Saha ve sweep parametreleri.



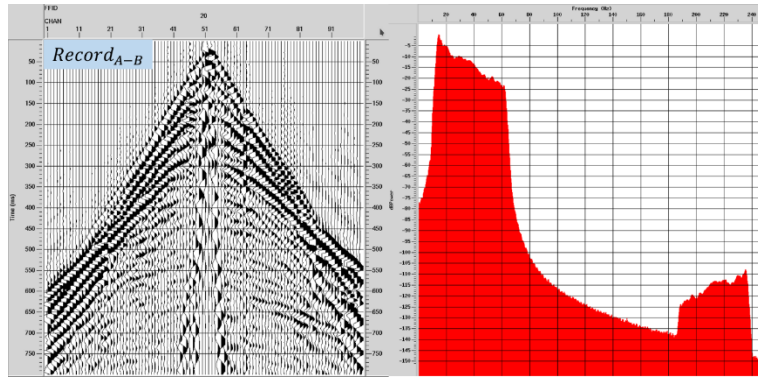
Şekil.6: $Record_A$ ham arazi kayıtu ve genlik-frekans spektrumu.

Şekil.6'da Tablo.3'te parametresi verilen sweep'ten elde edilen $Record_A$ ham arazi kayıtu ve spektrumu görülmektedir. Bu kayıtu $Sweep_A$ ile Temel sweep'i- H_1 'in Formül(9)'daki denkleme göre korelasyonu ile elde edilmiştir.



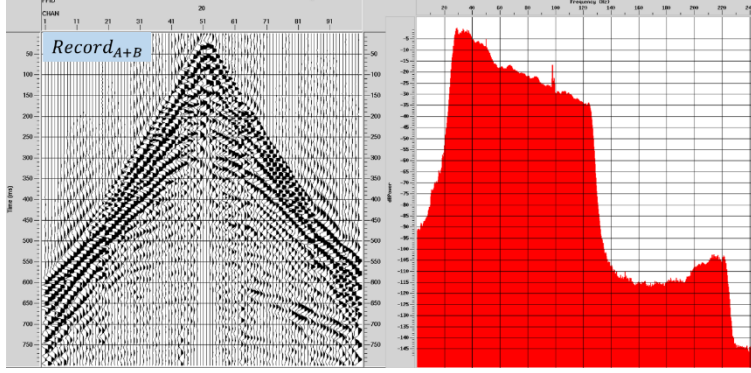
Şekil.7: $Record_B$ ham arazi kayıtu ve genlik-frekans spektrumu.

Şekil.7'de Tablo.3'te parametresi verilen sweep'ten elde edilen $Record_B$ ham arazi kayıtu ve spektrumu görülmektedir. Bu kayıtu $Sweep_B$ ile Temel sweep- H_1 'in Formül-10'daki denkleme göre korelasyonu ile elde edilmiştir.



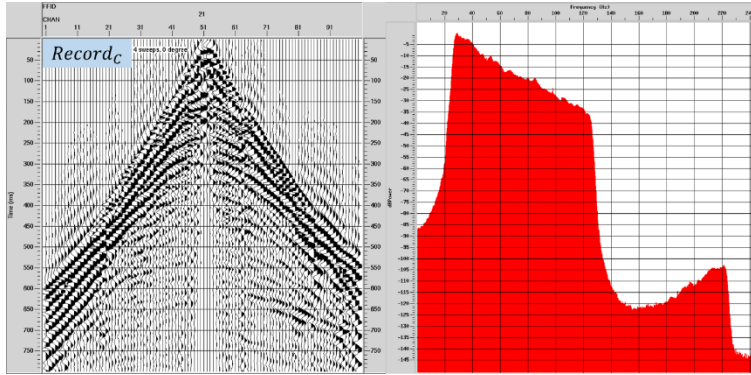
Şekil.8: $Record_{A-B}$ ham arazi kayıtu ve genlik-frekans spektrumu.

Şekil.8’de, $Record_{A-B}$ ham arazi kayıtları ve spektrumu görülmektedir. Bu kayıt $Sweep_A$ ve $Sweep_B$ ’ni farkı alınarak elde edilmiştir. Formül-12’deki denklem kullanılarak elde edilmiştir. Proseste bu arazi kayıtları kullanıldı.



Şekil.9: $Record_{A+B}$ ham arazi kayıtları ve genlik-frekans spektrumu.

Şekil.9’da, $Record_{A+B}$ ham arazi kayıtları ve spektrumu görülmektedir. Bu kayıt $Sweep_A$ ve $Sweep_B$ ’ni toplanmasıyla elde edilmiştir. Formül-13’deki denklem kullanılarak elde edilmiştir. Proseste bu arazi kayıtları kullanıldı.



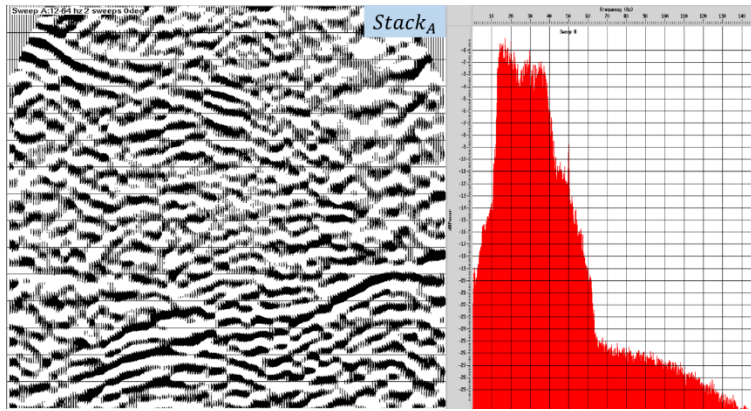
Şekil.10: $Record_C$ ham arazi kayıtları ve genlik-frekans spektrumu.

Şekil.10’da Tablo.3’te parametresi verilen sweep’ten elde edilen $Record_C$ ham arazi kayıtları ve spektrumu görülmektedir. Bu kayıt $Sweep_C$ ile Temel sweep- H_2 ’in Formül-11’deki denkleme göre korelasyonu ile elde edilmiştir.

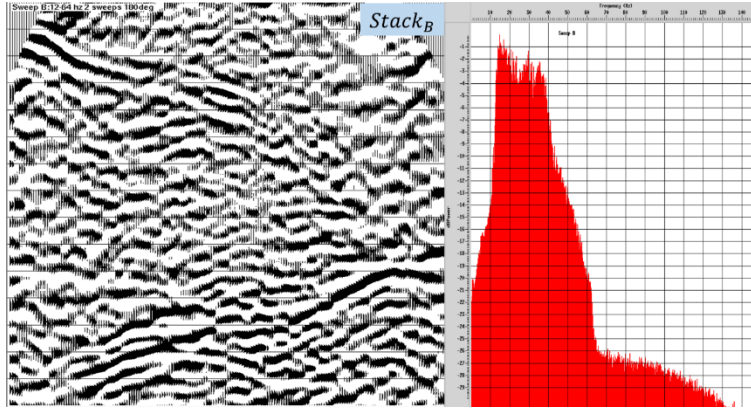
Veri işlem çalışması:

Tablo.4: Temel veri işlem iş akışı.

Basic processing of field data					
	$Stack_A$:	$Stack_B$:	$Stack_C$:	$Stack_{A+B}$:	$Stack_{A-B}$:
Input data:	$Record_A$	$Record_B$	$Record_C$	$Record_{A+B}$	$Record_{A-B}$
Number of Shots	28	28	28	28	28
Data type	Uncorrelated data	Uncorrelated data	Uncorrelated data	Uncorrelated data	Uncorrelated data
Pilot sweep for cross-corelation	H_1 of $Sweep_A$ H1: 12-64 Hz	H_1 of $Sweep_B$ H1: 12-64 Hz	H_2 of $Sweep_C$ H2: 24-128 Hz	H_2 of $Sweep_C$ H2: 24-128 Hz	H_1 of $Sweep_A$ H1: 12-64 Hz
Geometry	yes	yes	yes	yes	yes
Deconvolution	yes	yes	yes	yes	yes
Elevation statics	yes	yes	yes	yes	yes
Velocity analysis-1	yes	yes	yes	yes	yes
Residual static-1	yes	yes	yes	yes	yes
Bandpass filter	yes	yes	yes	yes	yes
Normal Move Out (NMO)	yes	yes	yes	yes	yes
Common Mid Point (CMP) Stack	yes	yes	yes	yes	yes

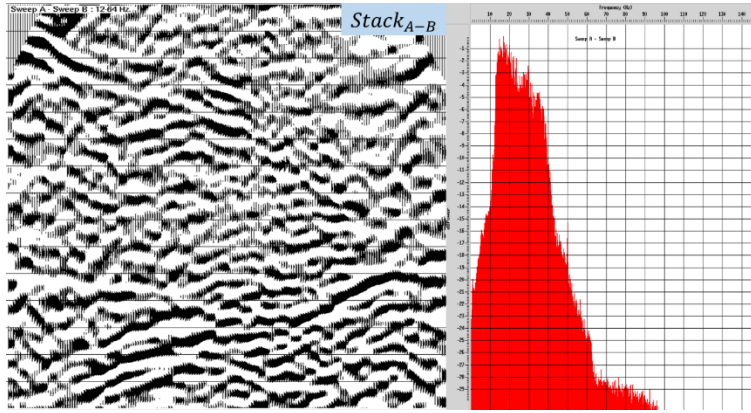


Şekil.11: $Record_A$ 'dan elde edilen $Stack_A$ proses kesiti ve spektrumu.



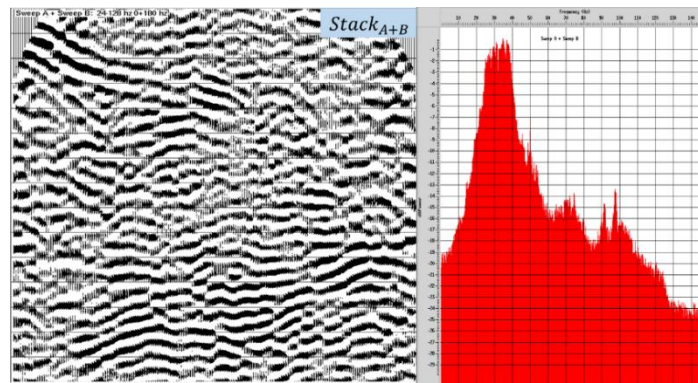
Şekil.12: $Record_B$ 'den elde edilen $Stack_B$ proses kesiti ve spektrumu.

$Record_A$ ve $Record_B$ veriler ayrı ayrı proses edildi ve $Stack_A$ and $Stack_B$ kesitleri elde edildi. Bu kesitler ve spektrumları incelendiğinde neredeyse aynıdır.



Şekil.13: $Record_{A-B}$ 'den elde edilen $Stack_{A-B}$ proses kesiti ve spektrumu.

Şekil.13'te $Record_{A-B}$ 'den elde edilen $Stack_{A-B}$ proses kesiti ve spektrumu görülmektedir. Proses Tablo.4'te verilen proses akışına göre yapılmıştır. Şekil.11, 12 ile 13 kıyaslandığında kesitte fark azdır. Fakat spektrumları incelendiğinde farklar daha belirgindir. Bu farkın sebebi ise Şekil.13'de H_2, H_4, H_6 , gibi çift sayılı harmonikler elimine edilmiş olmasıdır.

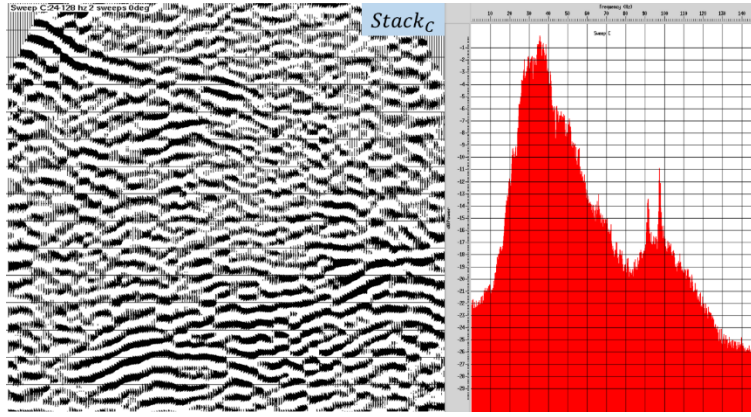


Şekil.14: $Record_{A+B}$ 'den elde edilen $Stack_{A+B}$ proses kesiti ve spektrumu.

Şekil.14'de $Record_{A+B}$ 'den elde edilen $Stack_{A+B}$ proses kesiti ve spetrumu görülmektedir. Proses Tablo.4'te verilen proses akışına göre yapılmıştır. Şekil.13 ile Şekil.14 kıyaslandığında aradaki fark hem sismik kesitte hemde spektrumlarda çok fazladır. Bu farkın sebebi Temel sweep ve tek sayılı harmoniklerin elimine edilmesidir. Temel sweep'in elimine edilmesi ile veri yüksek frekanslara kaymıştır. Böylece yüksek frekanslı kesit elde edilmiştir. Bu yeni işlem ile ayrımlılık artmış ve ince tabakaları kesitlerde daha görünür hale gelmiştir.

Bu yeni teknik ile aynı veriden iki ayrı kesit elde etmek mümkün olmuştur. Bu kesitlerden bir tanesi konvensiyonel kesit ($Stack_{A-B}$) aynı zamanda bazı harmonikleri elimine edilmiş olup diğeri ise yüksek frekanslı kesit ($Stack_{A+B}$) dir. Bunda da bazı harmonikleri elimine edilmiştir.

Yüksek frekanslı sweep sinyali sahada vibratör tarafından üretilmese bile, bu yeni vibrosismik veri toplama tekniği ile yüksek frekanslar üretiliyormuş gibi bir sismik kesit elde etmek mümkündür.



Şekil.15: $Record_C$ 'den elde edilen $Stack_C$ proses kesiti ve spetrumu.

Şekil.15'de $Record_C$ 'den elde edilen $Stack_C$ proses kesiti ve spetrumu görülmektedir. $Stack_C$, $Stack_{A+B}$ kıyaslamak amacıyla üretilmiştir. $Stack_C$, $Stack_{A+B}$ parametreleri ile sahada üretilmiştir. Şekil.14 ve Şekil.15 karşılaştırıldığında birbirinin aynı oldukları açıkça görülmektedir. Bu sonuç bize gösteriyor ki sahada $Stack_C$ üretilmese bile aynı kesiti bu teknik ile üretmek mümkün olmuştur.

Sonuçlar

Vibratör tarafından üretilen harmonikler, geleneksel olarak, sismik veri toplama ve veri işleme aşamaları sırasında kayıtlardan ve kesitlerden elimine edilmek istenen gürültü olarak görülmüştür. Bu araştırma çalışmasında, temel sweep olmaksızın daha yüksek harmonik frekansların sığ, ince reflektör katmanlarını görüntülemek için kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, vibrosismik verilerdeki harmonikleri kullanmak için yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Bu teknik bize iki farklı kesit elde etmemizi sağlamıştır. Böylece hem geleneksel parametrelere göre elde edilen kesitler, hemde yüksek ayrımlıklı kesitler sunmuştur.

Teşekkür

Bu deneysel çalışmada kullandığımız saha verilerini kullanma izni için ARAR Petrol ve Gaz AUP AŞ'ye (Türkiye) teşekkür ederim.

Referanslar

- Abd El-Aal, A. E. K. (2010). Eliminating upper harmonic noise in vibroseis data via numerical simulation. *Geophys. J. Int. (2010)* 181, 1499–1509. doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04594.x
- Abd El-Aal, A. E. K. (2011). Harmonic by harmonic removal technique for improving vibroseis data quality. *Geophysical Prospecting (59)*: 279-294.
- Andersen, K. D. (1995). Method for cascading sweeps for a seismic vibrator. *U.S. patent*, 4 410 517.
- Bagaini, C. (2006). Overview of simultaneous Vibroseis acquisition methods. *SEG Annual Meeting, New Orleans*, SEG: 70-74.
- Bagaini, C. (2010). Acquisition and processing of simultaneous vibroseis data. *Geophysical Prospecting* 58: 81-99.
- Benabentos, M., Ortigosa, F., Moldoveanu, N., ve Munoz, P. (2006). Cascaded sweeps - A method to improve vibroseis acquisition efficiency: A field test. *The Leading Edge June* 693-697.
- Dal Moro, G., Scholtz, P. ve Iranpour, K. (2007). Harmonic noise attenuation for Vibroseis data. *GNGTS – 26°. C. Nazionale*.
- Eisner, E. (1974). Method for determining optimum seismic pulse. *US Patent*. 3,815,704.
- Espey, H. R., (1988). Attenuation of vibrator harmonic ghosts. *ASEG/SEG Conference-ADELAIDE*.
- Gang, M. Y., ve Yuan, Z. (2014). Harmonic noise removal on vibroseis slip-sweep data based on Model method. *CPS/SEG Beijing 2014 International Geophysical Conference*.
- Harrison, C. B., Margrave, G. F., Lamoureux, M. P., Siewert, A., ve Barrett, A. (2011). Harmonic decomposition of vibroseis sweeps using Gabor analysis. *CREWES Research Report* 2011.
- Harrison, C. B., Margrave, G., Lamoureux, M., Siewert, A., Barrett, A., ve Isaac, L. H. (2012). Towards using harmonic “contamination” as signal for thin reflectors. *CREWES Research Report - Volume 24*
- Jianjun, X., Jie, Y., Yong, G., ve Xiling, C. (2012). Suppressing harmonics based on singular value decomposition in time frequency domain. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 1052-3812, DOI <http://dx.doi.org/10.1190/segam2012-0119.1>
- Juan, L., Yong, L., Long, P., Jiexin, S., Jinlan, ve W. (2014). Discussion on a method for harmonic noise elimination on vibroseis Slip-sweep data. *CPS/SEG Beijing 2014 International Geophysical Conference*.
- Larsen, G., Hewitt, P., ve Siewert, A. (2007). Correlating versus inverting vibroseis records: recovering what you put into the ground. *CSPG CSEG Convention*.
- Lebedev, A. V., ve Beresnev, I. A. (2004). Nonlinear distortions of signals radiated by vibroseis sources. *Geophysics* 69(4): 968-977.

- Li, X. P., Sollner, W., ve Hubral, P. (1995). Elimination of harmonic distortion in vibroseis data. *Geophysics* 60(2): 503-516.
- Li, X. P. (1997). Decomposition of vibroseis data by the multiple filter technique. *Geophysics* 62(3): 980-991.
- Martin, J. E., ve White, R. E. (1989). Two methods for continuous monitoring of harmonic distortion in vibroseis signals. *Geophysical Prospecting* 37: 851-872
- Martin, J. E. (1993). Simultaneous vibroseis recording. *Geophysical Prospecting* 41: 943-967.
- Meunier, J., ve Bianchi, T. (2003). Method of reducing harmonic noise in vibroseis operations. *U.S. patent*, 6 603 707.
- Moerig, R., Barr, F. J., Nyland, D. L., ve Sitton, G. (2004). Method of using cascaded sweeps for source coding and harmonic cancellation. *U. Patent*. US. 6,687,619.
- Polom, U. (1997). Elimination of source-generated noise from correlated vibroseis data (the 'ghost-sweep' problem). *Geophysical Prospecting* 45: 571-591.
- Rietsch, E. (1981). Reduction of harmonic distortion in vibratory source records. *Geophysical Prospecting* 29: 178-188.
- Rozemond, H. J. (1996). Slip-sweep acquisition. *SEG meeting, Denver, Colorado, USA, SEG. Extended Abstracts*: 64-67.
- Sercel User Manual. (1999). VE432 Training Course Manuel. Chapter: 8, 6-1,6-10.
- Seriff, A.J. ve Kim, W. H. (1970). The effect of harmonic distortion in the use of vibratory surface sources. *Geophysics* 35(2), 234-246.
- Schrodt, J. K. (1987). Techniques for improving Vibroseis data. *Geophysics* 52: 469-482.
- Scholtz, P. (2002). Amplitude analysis of harmonics on vibrator generated direct waves. *in EAGE 64th Conference & Exhibition*, Florence, Italy, Z-99.
- Scholtz P. (2003). Constructing an output signal estimate of a vibratory source. *EAGE 65th Conference & Exhibition*, Stavanger, Norway, 2 5 June 2003.
- Scholtz P. (2004). Validating the basic assumptions in a vibratory source signal estimation method, *EAGE 66th Conference & Exhibition*. Paris, France, 7-10 June 2004.
- Sharma, S. P., Tildy, P., Iranpour, K., ve Scholtz, P. (2009). Attenuation of harmonic noise in vibroseis data using Simulated Annealing. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-8693.
- Silverman, D. (1979). Method of three dimensional seismic prospecting. *U.S. Patent*. 4,159,463.
- Sorkin, S. A. (1972). Sweep signal seismic exploration *U.S. Patent*. 3,786,409.
- Okaya, A. D., Karageorgi, E., McEvelly, T. V., ve Malin, P. E. (1992). Removing vibrator induced correlation artifacts by filtering in frequency-uncorrelated time space. *Geophysics* 57: 916-926.

Yongsheng, S., Changhui, W., Mugang, Z., Xuefeng, Z., Zhenchun, L., Fenglei, L., ve Lieqian, D. (2011). A method for harmonic noise elimination in slip sweep data. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 30. 10.1190/1.3627600.

Wei, Z., ve Hall, M. A. (2011). Analyses of vibrator and geophone behavior on hard and soft ground. *The Leading Edge* Feb: 132-137.

Walker, D. (1995). Harmonic resonance structure and chaotic dynamics in the earth-vibrator system. *Geophysical Prospecting* 43: 487-507.

Wei, Z., Sallas, J. J., Crowell, J. M., ve Teske, J. E. (2007). Harmonic distortion reduction on vibrators – suppressing the supply pressure ripples. *SEG conference, Expanded Abstract* 26(1), 51–55.

Wei, Z., Phillips, T. F., ve Hall, M. A. (2010). Fundamental discussions on seismic vibrators. *Geophysics*, 75, No. 6, W13–W25. <http://dx.doi.org/10.1190/1.3509162>.

Wuxiang, C. (2010). To attenuate harmonic distortion by the force signal of vibrator. *SEG Denver Annual Meeting*.

Günümüz Koşullarında Türkiye Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu ve Orta Asya Devletlerinin Orta Asya Bölgesindeki Sosyo-politik Gelişimi Çerçevesinde Hedef Alma Entegrasyon Eylemleri

Moskalenko Valentin A.¹

1.GİRİŞ

Çalışmanın ilgi düzeyi, Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya Devletleri ve Rusya Federasyonu'nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi açısından hedef alma entegrasyon eylemlerin çerçevesinde Orta Asya devletlerin 30 yıl önce bağımsızlıklarını kazanmaları ve dış politikada farklı etkileri yaratan araç ve yöntemleri kullanarak bağımsız dış politikalarını yürütmeleri ile açıklanmaktadır. Bununla birlikte Orta Asya devletlerin Türkiye ve Rusya ile sürekli etkileşim içinde olmamalarına rağmen geçmişe dayalı etkileşim tecrübeleri vardır. Bu tecrübeyi kullanarak Orta Asya ülkeleri ve genel olarak Orta Asya bölgesinin gelişimi için hedef alma entegrasyonu teorik yöntemler ve pratikte kullanılacak öneriler ile, tüm bölgesel aktörlerin çıkarlarını göz önünde bulundurarak, sunulmaktadır.

Hedef alma entegrasyonu dünya çapında kullanılan en yaygın ve aynı zamanda modern entegrasyon türüdür.

Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya Devletleri ve Rusya Federasyonu'nun hedef alma entegrasyonu bağımsızlık deneyimi, sosyoekonomik ve sosyo-politik gelişme düzeyinin az olan ülkeler için devlet inşa sürecinde yardımcı olduğunu göstermektedir. Hedef alma entegrasyonu, devlet inşa sürecinde doğal kaynakların tüketilmesi ve daha da gelişmiş devletlere hizmet verilmesi değil uluslararası hukuk, devlet egemenliğine saygı, eşitlik ve başka devletin iç işlerinde karışmama ilkelerine göre düzenlenmektedir.

Araştırmanın esas amacı, günümüz koşullarında Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya ülkeleri ve Rusya Federasyonu'nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi içerisinde hedef alma entegrasyon eylemlerin rolünün incelenmesidir.

Araştırmanın bir başka amacı da Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya devletleri ve Rusya Federasyonu'nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi üzerine hedef alma entegrasyonun fırsat

¹ Moskova Devlet Uluslararası İlişkiler Enstitüsü, araştırmacı, siyaset bölümü, valenchinmoskalkov@yandex.ru

ve nedenlerini analize etmek ile Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin hedef alma entegrasyonun olumlu yönlerini de ortaya çıkarmaktır.

Çalışmanın ilgi alanı Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya devletleri ve Rusya Federasyonu'nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi açısından hedef alma entegrasyon sürecidir.

Araştırma yöntemlerin arasında Türkiye, Rusya ve Orta Asya devletlerin etkileşim çeşitlerini inceleyerek yapısal ve işlevsel, kurumsal, sistematik, uygarlık ve kültürel farklılıkları ile ülkelerin nüfus araştırılması üzerinde karşılaştırmalı analiz yöntemi (2010-2020 seneleri) yer almaktadır.

2. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Araştırma metodolojisinde günümüz Türkiye, Rusya ve Orta Asya devletlerinin Orta Asya bölgesindeki sosyo-politik gelişimi açısından etkileşim sürecinde karşılaştırmalı siyaset yöntemi kullanılmaktadır. Bununla birlikte entegrasyon prensibi ve siyaset biliminde hedef alma stratejisi araştırmada uygulanmaktadır.

Günümüz Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerin Orta Asya bölgesindeki sosyo-politik gelişimi üzerine etkileşim konusunda karşılaştırmalı siyaset analizi, 1991 yılından 2020 yılına kadar devam eden birçok etkileşim türleri ve yöntemleri etkileşim verimliliğini göstermektedir.

Siyaset biliminde entegrasyon prensibi ya da siyasal entegrasyon, (Latince'den "Integratio" "bütünleşme", "geri kazanma") karşılıklı işbirliğini içeren iki veya fazla siyasal yapıların yaklaşmasını ifade etmektedir. Basit bir tabirle devletler arası siyasal yapıların bir bütün niteliğinde olan oluşumdur (S.R. Abgaryan[1]). Siyasal yapıların birleşmesi entegrasyon sonuçlarından bir tanesidir. Bununla beraber sorunların ortak çözümü için hem resmi hem de gayri resmi kurumların entegre olması gerekmektedir.

Ülke içerisinde entegre edilmiş devletlerin, başka devletler ile yaklaşması ve aralarında ortak çıkar ile değerlerin oluşması daha da kolay sağlanmaktadır. (V.G. Baranovskiy [3]).

Siyasal entegrasyon, uluslararası politika ve (A.A. Baikov, A.D. Bogaturov [2], M.M. Lebedev [11], P.A. Tsyganov [20]) dünya çapında bölgeselleşme aracıdır. (M.L. Lagutin [9]). Siyaset biliminde entegrasyon kavramı, devlet içi ve devletler arası olarak ikiye ayrılmaktadır. (N.V. Sokolova [18]). Geleneksel olarak uluslararası örgütlenmeler entegrasyonun bir şeklidir. Üye devletler tarafından ortak çıkar ve amaçlar ile birlikte sözleşme ve antlaşma yapabilecek kapasitede oluşturulan uluslararası

örgütlenmelerin arasında siyasi, askeri politikayı içeren, siyasi ekonomi, kültürel birlikler, kutuplar, birleşmeler yer almaktadır. Uluslararası faaliyetlerde ekonomi, uluslararası hukuk, dünya bölgeleri üzerinde toplumsal politika ve uluslararası ilişkiler gibi alanlarda birden fazla hedeflere ulaşabilmek için iki taraflı, çok taraflı devlet dışı aktörler ve uluslararası örgütler daha da baskındır.(S.İ. Bostan [4]).

Entegrasyon birleşme, bütünleşme ve sadece birlik temellerini oluşturmaktan ziyade farklı konulardaki ortak çıkarları da ele almaktadır. Ayrıca entegrasyon hedef ve amaçlar dışında olan meselelerde de uzlaşmayı önermektedir. Dolayısıyla araştırmanın temelinde hedef alma entegrasyonu önerilmektedir. Bununla beraber hedef alma entegrasyonu (İngilizcesi “target integration”, “target” kelimesi “atış hedefi”, “hedef”, “maksat”, “niyet”, “amaç”, “gaye” anlamına gelmektedir [17]) ortak sorunu ele alma, odaklanma ve çözüm getirme üzerinde yoğunlaşma yöntemidir. Mevcut araştırmanın hedefi günümüz koşullarında Türkiye Cumhuriyeti ile Orta Asya ülkeleri ve Rusya Federasyonu’nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi içerisinde karşılıklı etkileşimidir. Son olarak entegrasyon, Türkiye, Rusya ve Orta Asya devletlerinin karşılıklı etkileşim çabaları sadece sosyo-politik gelişimi açısından değil Orta Asya bölgesindeki etkileşimin farklı gelişim çizgilerini (örn., ekonomik, finansal ve yatırım) takip ederek sağlanmaktadır. Hedef alma entegrasyonunun özellikle bu konuda önem ve katkıları görülmektedir.

Aristoteles, J. J. Rousseau, E. Durkheim, T. Parsons, siyaseti birey ile toplumsal gruplar tarafından bilinçli ve amaçlı faaliyetlerin toplumsal ihtiyaçların karşılanması üzere yetkili makam ve mercileri kullanarak yürütülmesi şeklinde yorumlamaktadır. Siyaset, aşağıdaki olguların aracı olduğu varsayılmaktadır:

- Toplumun maddi kaynakların paylaşımında çıkan savaş ve tahriplere karşı insanların korunmasıdır;
- Toplulukların çeşitli kaynaklarını yeniden dağıtılmasıdır;
- Devlet, halk ve uluslar arasında çıkan tartışma ve çatışmaların barış yoluyla çözüme kavuşturmasıdır;

Dış politika devlet ve devlet liderlerin sosyo-politik etkileşimin aracıdır. Dış politika aracılığıyla kamu ve uluslararası ilişkiler bilinçli bir şekilde düzenlenmektedir.

Araştırmada günümüz koşullarında Türkiye Cumhuriyeti, Orta Asya ülkeleri ve Rusya Federasyonu’nun Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi üzerine hedef alma entegrasyonun

etkileşim eylemleri bölgenin gelişimini hedefleyen bir plan çerçevesinde hareket etmeleri kabul edilmektedir.

Günümüz koşullarında Türkiye, Orta Asya devletleri ve Rusya arasındaki Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi açısından etkileşim şekilleri şu şekilde öngörülmektedir:

- işbirlik ve sosyal ortaklık çerçevesinde tek kutuplu amaçlar ve üye devletlerin etkileşim gayesidir;
- rekabet içerisinde çıkarların kesişmesi ve çakışması durumunda ülke amaçları öncüleri ve devletler arası gayesi, ilk etkileşim etaplarında öne sürülmeyen üye devlet stratejik hedeflerin uygulanmasıdır;
- devletler arası sosyo-politik çatışma, çıkarların çakışması, bakış açıları, duruşlar, birliğin çökmesi veya kurucu amaçlar ve gayelerin değiştirilmesine gidilmesi, ayrıca farklı savaşların (hibrit, ekonomik, enformasyon, “soğuk”, dini vs.) ortaya çıkması durumunda etkileşim (yüzleşme) niteliğinde olmasıdır.

Esas itibarıyla modern koşullarda Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimini, dayanışma ve sosyal ortaklık teşvik etmektedir. Ayrıca rekabet ile anlaşmazlıklar, fikir ayrılıklar ve uyuşmazlıkların çözümlenmesini ortaklaşa hareket ederek daha da hızlandırabilir.

Günümüz koşullarında Türkiye, Orta Asya ülkeleri ve Rusya arasındaki Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi çerçevesinde etkileşim temelleri BM Antlaşmasında yer alan uluslararası işbirliğin prensipleri çerçevesinde kurulmuştur. BM Antlaşmasına göre uluslararası işbirliği “uluslararası ilişkilerde var olan aktörlerin ilgili alanlarda kendi iddialarını açıklayarak beraberlik içerisinde hareket etme, eylemlerin koordinasyonun sağlama, genel sorunların giderme ve ortak çıkarların barışça korunması” anlamına gelmektedir [7]. Devletler “ekonomik, sosyal, kültür ve insancıl nedenlerden dolayı ortaya çıkan uluslararası uyuşmazlıkları barışçıl yollarla çözümlenmesini” taahhüt etmişlerdir. Ayrıca “uluslararası barış ve güvenliğin korunması amacıyla etkili kolektif önlemlerin alınmasını” da temin etmişlerdir.

Uluslararası işbirliği temellerin milli egemenlik ilkesi ile birlikte uygulaması gerekmektedir.

Geleneksel olarak ülkeler arası veya bölgesel aktörler arasındaki siyasi etkileşim, devlet ve sivil toplum kuruluşların (V.V. Murhib [6], TM Murzabekov [16], M.A. Feldman [19]) veya ayrı yapılandırmalar ile devlet kurumların işbirliği (İ.V. Butova [5]) küresel sorunların çözümlenmesine ilişkin gayelerin birleşmesi örneğinde değerlendirilmektedir. Örneğin, doğal kaynakların korunması,

iklim değişikliğine dair önlemlerin alınması, salgın hastalıklara karşı mücadele edilmesi, açlık ve susuzluğun giderilmesi ve doğal afetlerin sonucunda gereken yardımların yapılmasıdır.

Ülke ve devletler arasında etkileşim iki temel üzerinde değerlendirilmektedir:

- Ayrı olarak devlet ile sivil toplum, ticari faaliyetler, pazar, özel sektör ve insan arasındaki etkileşimdir (L. A. Dobrynin, E. I. Markovskaya, A. A. Medved, N. G. Privalov, N. S. Ragimova, I. V. Troitskaya [6]);
- Terörle mücadele, hukuk (insan hakları ihlalleri, cinayet, kaçakçılık ve uyuşturucu maddeler ile mücadele), çevre, gümrük, sağlık, eğitim ve başka belirli konular üzerinde devletler arası etkileşimdir.

Hedef alma entegrasyonu, devletler arası etkileşimin çok taraflı olmakla birlikte merkeze hareket eden bir veya birkaç yön göstermektedir. Bunların arasında iş gücü, maddi ve çeşitli kaynaklar ile birlikte sanayi, enerji, eğitim, sağlık ve başka alanlara da yapılan yatırımlar yer almaktadır. Bununla birlikte tüm alanlara yönelik çalışmaların devam ettiği görülmektedir. Ayrıca, doğal afet ile acil durumlar sırasında yardımlar yapılmaktadır.

İnsan hakları, hayat, sağlık, aile ile çocuk haklarının korunmasına ilişkin uluslararası çalışmalar, açlık ile hastalıklarla karşı mücadele işbirliği, insanlara temel eğitimin sağlanması, çocuk ile gençlere dünya standartlarına göre eğitim ve terbiyenin verilmesi, insanların refahının sağlanması, mültecilerin kendi yurtlarına geri dönülmesi, bölgesel sivil koruma yapılarının iyileştirilmesi, ortak eğitim ve tatbikatların yapılması, acil durumlarda arama ve kurtarma birimlerinin eylemlerini koordine etmek için bir mekanizmanın geliştirmesi gibi sosyo-politik konular devletler arası etkileşimde yer almaktadır.

Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi üzerine modern koşullarda etkileşimi şu alanları içerir: kültür, eğitim, din, insani-yasal, askeri-insani, bilim, kitle iletişim, acil durumlarda insani yardım.

3. Türkiye Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu Ve Orta Asya Ülkeleri Arasında Orta Asya

Bölgesinin Modern Koşullarda Sosyo-Politik Gelişimi Üzerine Etkileşim Çalışmasının Sonuçları Ve Değerlendirmesi

Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin entegrasyon nedenlerini incelerken, aşağıdaki ana nedenler ortaya çıkmaktadır:

- XX. yüzyılın doksanlı yıllarından XXI. yüzyılın başlarına kadar Türkiye ile Orta Asya ülkeleri arasındaki insani yardım, işbirlik stratejisi ve düşük seviyedeki etkileşim ile bölgenin araştırılmasıdır;
- Türkiye ile Orta Asya ülkeleri arasındaki insani yardımların sistematik bir şekilde yapılmaması ve insani yardım amaçların dinamiğidir;
- Türk iş dünyasının Orta Asya ülkelerine ekonomi yatırım yapmak isteyen az sayıda temsilcisi olmakla birlikte, Türkiye'nin sınırlı kaynak ve araçlarla mümkün olduğunca farklı alanlarda işbirliği yapma arzusudur;
- Kendi devlet çıkarlarının önceliği, kalıcı ve değişmeyen çifte ittifaklara yönelmesi (Türkiye - Kazakistan, Türkiye - Kırgızistan, Türkiye - Tacikistan, Türkiye - Türkmenistan, Türkiye - Özbekistan) ile birlikte başka örgütlenmelerin ve blokların var olmaması ("sadece bizimle dost olmak") Türkiye ve müttefikler ile olan (V.A. Moskalenko [12]) amaçlar ve niyetlerin değişmesidir.

Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin ikinci etkileşim nedeni de, Orta Asya ülkelerin uluslararası toplum tarafından tanınması, dünya pazarlarına entegre edilmesi ve bağımsız bir statüye sahip olan devletlerin uluslararası deneyimin kazanmasıdır.

Nedenlerden bir başka birisi de Türkiye tarafından Orta Asya ülkelerine kendi siyasetini dayatmasıdır. Orta Asya devletlerin toplumsal faaliyetlerine Türk kurumların tarafından Türk-İslam bakış açısı empoze edilmektedir. Düzensiz ve sistemsiz bir şekilde Türkiye'nin Orta Asya ülkeleri ile işbirliğinin yapılması ve kendi çıkarlarını bölge devletlerin çıkarlarında üstün tutma çabaları entegrasyon nedenlerin içerisinde yer almaktadır.

Dördüncü neden de Türkiye ile Orta Asya ülkeleri arasındaki ilişkiler olumsuzdan daha çok olumlu ve iki taraf için yararlı niteliğindedir. Çünkü bölgesel işbirliği çerçevesinde sosyo-politik, etnokültürel, İslam eğitimi, ticari ve ekonomik entegrasyonunda Türkiye'nin var olan kaynakları büyük

bir potansiyel olarak görülmektedir. Perspektifte Cumhurbaşkanı R.T. Erdoğan'ın "Bir millet altı devlet" sloganı hayata geçirebilir fakat ülkeler egemenliğini tehdit edilmeyecek şekilde ve bölgesel devletlerle sınırlı kalmayıp Rusya Federasyonu, Çin Halk Cumhuriyeti, Afganistan ve başka komşu ülkelerin çıkarları da ele alınmalıdır (V.A. Moskalenko [13]).

Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkeleri arasındaki etkileşim deneyimleri oldukça önemlidir. Çünkü Türk elitleri arasında Pan-Türkizm ve neo-Osmanlılık fikirlerinin baskın olması Orta Asya ülkelerinin her yerinde hoş karşılanmamaktadır. Bu da etkileşimi engellemektedir. Rusya Federasyonu, bu etkileşimdeki en proaktif aktörlerinden biri olmakla birlikte bölgede temkinli hareket eden aktörler için daha fazla fırsat sağlayan "üçüncü" bir taraf olarak hareket etmektedir (M.M. Lebedeva [10]).

Bu nedenle, günümüz Orta Asya bölgesinin sosyo-politik gelişimi üzerine Türkiye Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu ve Orta Asya ülkeleri arasındaki etkileşim temellerinden biri, Rusya Federasyonu'nun arabuluculuk tecrübesi ve uzun süre içerisinde bağımsız ve egemen olmayan devletler ile müzakerelerin başarılı bir şekilde yürütülmesidir. Özellikle 21. yüzyılın uluslararası sorunların arasında yer alan Suriye Arap Cumhuriyeti ve Dağlık Karabağ krizlerinde Rusya Federasyonu, kendisi deneyimli arabulucu ile müzakereci olarak göstermiştir.

Rusya Federasyonu'nun bu etkileşim içerisinde yer almasının ikinci önemli nedeni de Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliğinin ardıl devleti olarak kabul edilmesidir. SSCB, gelişim açısından farklılık gösteren bölgelerin sosyo-politik, ekonomik ve toplumsal bütünleşmesini sağlayan yetmiş yıllık bir entegrasyon tecrübesine sahiptir.

Rusya Federasyonu'nun Türkiye ve Orta Asya ülkelerinin etkileşiminde yer almasının üçüncü nedeni ,SSCB tarafından benzer eylemlerin gerçekleştirilmesi ve SSCB'nin bilimsel, teknik ve teknolojik gelişimi ile ilgili bilgilerin günümüz Rusya'da birikmiş olmasıdır.

Rusya Federasyonu'nun Türkiye ve Orta Asya ülkelerinin etkileşiminde yer almasının dördüncü nedeni Rusya Federasyonu'nun kaynaklarıdır: tükenbilir (yenilenemez toprak altı kaynakları, nispeten yenilenebilir topraklar, ormanlar, bitki örtüsü, fauna, bazı mineral hammaddeleri) ve tükenmez (güneş radyasyonu, deniz gelgiti vb.; iklimsel olarak atmosferik hava, su). Bazı kaynaklar açısından, Türkiye ve Orta Asya ülkelerinin Rusya Federasyonu'ndan daha önde olduğu, ancak genel olarak kaynakların teknolojik kullanımı Rusya'nın önemli ölçüde daha fazla deneyim ve kapasiteye sahip olduğu tespit edilmektedir.

Rusya Federasyonu, Türkiye ve Orta Asya ülkeleri ile etkileşimin önemli bir nedeni daha, bölgedeki Orta Asya ülkelerinin komşuları Çin, Afganistan, İran, Pakistan ile Rusya Federasyonu'nun arasında ve genel olarak uluslararası arenada tarihsel işbirliğin var olmasıdır. Bu, aynı zamanda Orta Asya ülkelerinin nüfuzlarını, Orta Asya bölgesini de kapsayacak şekilde genişletmeye çalışan daha gelişmiş Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri tarafından nitelendirilen "hammadde ülkeleri" anlayışına karşı çıkmalarına izin vermektedir.

Türkiye Cumhuriyetinin bu entegrasyona katılması hem kendisi hem de Orta Asya ülkeleri için birçok olumlu yönler bulunmaktadır (V.A. Moskalenko [14, 15]).

İlk başta, Orta Asya ülkeleri ile Türkiye tarihsel etnokültürel birliği ve Türk kimliği (Tacikistan hariç), ortak tarih, kültür ve dine ait olan devletlerdir. Türkiye Cumhuriyeti Orta Asya ülkelerin bağımsızlığını ilk tanıyan devlettir. Geleceğe dair işbirliği ve ilişkilerin gelişmesini ortak köken ve kültür üzerine (Tacikistan hariç) inşa etmeye çalışmıştır. Türkiye ile Orta Asya ülkelerinin işbirliği ve dostça ilişkilerinde Pantürkizm ile Neo-Osmancılık, Osmanlı devletinin yeniden inşası, gibi ideolojiler ön plana çıkmaktadır.

İkinci olarak, Türkiye ile Orta Asya ülkeleri ilişkilerin sayesinde Türkiye'nin Orta Doğu bölgesinde ve dünyada ayrıca bölgesel ve uluslararası arenadaki otoritesi yükselmektedir. Türkiye, 1980'li yıllarda dünya ve komşu devletler tarafından bir bölgesel güç olarak kabul edilmediğinden dolayı dönemin yönetici elit kesiminin gayelerini karşılamamaktadır.

Üçüncüsü, 21. yüzyılın yirmili yılına gelindiğinde Türkiye doğrudan arabuluculuk ve müzakere süreçlerine katılım deneyimine sahiptir. Ustana sürecine ve Karabağ sorununun çözümüne, Güney Kafkasya ile ilgili gelecekteki müzakerelere (altı partili) Azerbaycan, İran, Türkiye ve Ermenistan, Gürcistan, Rusya arasındaki yapılan görüşmeler katılmaktadır.

Dördüncüsü, bir NATO üyesi olan Türkiye bazı konularda bağımsız bir politika izlemekte ve bazen blok dayanışmasına ters düşmektedir.

Beşincisi, Türkiye'nin coğrafi konumu, Orta Asya ülkelerin etkileşimine katılmasına ve Orta Asya ülkeleri ile Orta Doğu, Güney Avrupa ve Afrika ülkeleri arasında bir arabulucu olarak görev görmesine izin vermektedir.

Türkiye, Rusya Federasyonu (eski adıyla SSCB, Rusya İmparatorluğu) ile beş yüz yıldan fazla

ilişki ve etkileşim geçmişine sahiptir. Kafkasya, Orta Doğu, Balkanlar'daki topraklar için savaşlar, Avrupa ve Orta Doğu ülkelerinde siyasi nüfuz rekabeti, II. Dünya Savaşı'nda tarafsızlığın ihlali ve Üçüncü Rehinci ile işbirliği gibi tarihsel özgeçmişe sahiptir. Fakat iki ülke arasında ticari ve kültürel ilişkilerin geliştiği dönemler de bulunmaktadır:

- Osmanlı İmparatorluğu, Orta Doğu ve Balkan ülkeleri arasında Rusya'nın dış ticaretinde birinci sırada yer almasıdır (20. yüzyılın başlarında);
- Türkiye Büyük Millet Meclisinin ilk dış politika yasası, Rusya Sovyet Federatif Sosyalist Cumhuriyeti ile ilişkiler kurma önerisiydi. 16 Mart 1921'de RAFSIZ ile Türkiye arasında Dostluk ve Kardeşlik Antlaşmasının imzalanmasından sonra, silah temini ve 10 milyon ruble altın tutarında karşılıksız yardım sağlanmasıdır;
- Türkiye Cumhuriyetinin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk'de karşılıksız mali yardım sağlayan tek ülke Rusya olmuştur. SSCB ile Türkiye arasında Dostluk ve İşbirliği Antlaşmasına ek bir protokolün 1929'da imzalanmasıdır;
- 1934 yılında SSCB Türkiye'ye malı ile ödenmesi gereken 20 yıl süreyle Türk malları ile tekstil sektörünün gelişmesi için faizsiz kredi verilmiştir. XX. yüzyılın 30'u yıllarının ortalarında ilk tekstil fabrikaları Kayseri ve Nazilli'de açılarak, Türkiye'nin yurtlanmış ödemelerinin ana kalemini oluşturan pamuklu kumaş ithalatından yerli üretime geçmesinin sağlanmasıdır.

Rusya Federasyonu ile Türkiye Cumhuriyeti arasındaki karmaşık ve uzun geçmişe dayalı ilişkiler deneyimini dikkate alarak sadece ikili değil, aynı zamanda çok taraflı ilişkiler kurmayı da mümkün kılmaktadır.

Nitekim Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerin bölgesel gelişimini amaçlayan entegrasyonu yukarıda belirtilen etkileşim nedenler ile faktörleri kanıtlamaktadır.

Buna istinaden entegrasyon hedefinin doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki kriterler göz ardı edilmelidir:

- Entegrasyon tarafların kendi ülke kaynak ile kapasitenin net olarak bilmesi ve değerlendirilmesidir;

- Orta Asya ülkelerin bölgesel sorunlarının tespit edilmesidir;
- Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerin entegrasyon yol haritası adalet ve hak içerisinde çizilmesidir;

Örnek vermek gerekirse, Türkiye güneş ışığı ile rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakların kullanılmasına dair teknolojik yatırımlar yapmaktadır. Aynı bu tür yenilebilir enerji kaynaklara Orta Asya ülkeleri de sahiptir. Rusya da güneş panelleri ile rüzgar santrallerin üretimini yapmaktadır. Günümüzde sadece Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinde değil Orta Doğu, Afrika, Güney Amerika, Avustralya, Avrupa ülkeleri tarafından güneş panelleri kullanılmaktadır. İleri zamanlarda güneş panellerin sürücüsüz arabalar, uçaklar, zeplinler ile trenlerde de kullanımı daha aratacaktır. Böylece enerji alanında entegrasyon taraftarların işbirliği ekonomik ve teknolojik gelişimi ve yeni iş fırsatları Orta Asya devletlerinde sağlanacaktır.

Bir başka bir örnek ise, Türkiye'deki aktif bir şekilde gelişen inşaat sektörü ve inşaatla kullanılan malzemelerin ülke içerisinde üretilmesidir. Dünyanın en büyük yüz ölçümüne sahip olan Rusya Federasyonu devleti tarafından ülke genelinde altyapı inşaatı geliştirme projesi başarılı bir şekilde hayata geçirilmesine ve gereken hedeflere ulaşmasına planlanmaktadır. Orta Asya ülkelerinde altyapı inşaat ile ilgili ciddi sorunlar vardır. Ayrıca altyapı tesis veya birçok tesislerin kurulması bölgenin ekonomik gelişimine neden olmaktadır. Altyapı tesisleri şunlardır: ulaşım tesisleri, teknik malzemelerin üretim, dönüşüm ve taşınmasını sağlayan sanayi tesisleridir. Ulaşım tesisleri içerisinde araba yolları, demirliyorlar, deniz ve nehir limanları, aktarma noktaları, havaalanları ve hava kargo taşıma terminalleri yer almaktadır. Yukarıda örnek verilen tesisatlar arası ulaşımı sağlayarak doğal kaynakları çıkartan ve işleyen üretim tesisleri de böylece bağlanmaktadır. Ayrıca üretim ve taşıma tesislerin enerji ihtiyacını karşılayan ve altyapıda yardımcı olan bir enerji sistemleri bölgede bulunmaktadır. Endüstriyel tesislerin temel altyapılarını şu şekilde ayırt edilmektedir: enerji (enerji santralleri ve elektrik hatları); madencilik ve hammadde işleme; hamledersin taşınması (petrol boru hatları ve gaz boru hatları). Yeni inşa edilen tesislerin hizmete sunulması gerektiren yardımcı tesisler oluşmasına neden olmaktadır. Yardımcı tesisler bölgeye iş gücünü çekmekle birlikte şehirler ve köyler gibi yerleşim yerlerinin çoğalmasını sağlamaktadır.

Orta Asya ülkelerinin ekonomik-coğrafi konumu, ulaşım-coğrafi ve doğal kaynak açısından, Doğu, Güney ve Güneydoğu Asya ülkelerini Avrupa ülkeleriyle bağladıkları için büyük bir avantaja

sahip oldukları unutulmamalıdır. Orta Asya bölgesinin transit ülkeler konumu, Avrupa ve Asya'nın farklı bölgelerinin ulaşım sistemlerini birbirine bağlamayı mümkün kılmaktadır. Orta Asya'nın jeopolitik konumu özeldir. Davranmayarak ana jeopolitik güç merkezlerinin dış çıkarlarının kesişme bölgesidir. Orta Asya ülkelerinin komşuları Çin, Rusya, İran yanı sıra Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Türkiye, Suudi Arabistan, Hindistan, Pakistan gibi "jeopolitik oyuncular"dır. Orta Asya'nın jeopolitik konumun olumsuz yönleri, iç askeri çatışmaların durmadığı Afganistan ile komşuluk ve Avrupasının diğer potansiyel çatışma bölgelerine yakınlığıdır.

Altyapı inşayı, aynı zamanda büyük bir maden potansiyeline ve önemli insan kaynaklarına sahip olan Orta Asya da dahil olmak üzere tüm Asya ülkelerine önemli bir ekonomik "atılım" sağlayabilmektedir.

Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin hedeflenen entegrasyonunun daha bir örneği, Rusya ile Türkiye'nin teknoloji gelişimidir. Ancak Orta Asya ülkelerindeki özellikle gelişmemiş sağlık gibi alanında işbirliğin yapılması ve kamu tarafından her zaman verilemeyen sağlık hizmetlerin verilmesidir. Özellikle tıbbi teknolojiler, nüfus için sağlık hizmetlerinin organizasyonu, tıbbi malzeme üretimi, tıbbi ve rekreasyon turizmi ve benzeri alanlarda işbirliğin yapılmasıdır.

Bu nedenle, Orta Asya bölgesinin sosyo-politik kalkınmasına ilişkin Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkelerinin eylemlerinde hedeflenen entegrasyon büyük bir potansiyele sahiptir. Uluslararası ilişkiler açısından Türkiye, Rusya ve Orta Asya ülkeleri aralarındaki ilişkilerin geliştirilmesi acil olmakla birlikte umut verici bir perspektife sahiptir.

Kaynakça

1. Abgaryan S.R. Polonya «integrasyon» v politicheskoy nauke //Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Gumanitarnye i obshchestvennye nauki. 2011. № 3. – s.13-16.
2. Bajkov A.A., Bogaturov A.D. Sravnitel'naya integraciya. Praktika i modeli integracii v zarubezhnoj Evrope i Tihookeanskoj Azii. – M.: Aspekt Press. 2012. – s.256.
3. Baranovskij V.G. Politicheskaya integraciya v Zapadnoj Evrope: nekotorye voprosy teorii i praktiki. – M.: Nauka, 1983. - s.264.
4. Bostan S.I. Osobennosti razvitiya integracii kak formy mezhdunarodnoj politiki v kontekste sovremennyh globalizacionnyh processov. //Studia Humanitatis 2014. № 4. Rezhim dostupa: www/st-hum.ru. (data obrashcheniya 1.02.2021 g.).
5. Butova T.V. Vzaimodejstvie institutov grazhdanskogo obshchestva s organami gosudarstvennoj vlasti// Vestnik Universiteta. 2013. № 3. – s.119-128.
6. Vzaimodejstvie gosudarstva i biznesa/ /L.A. Dobrynin, E.I. Markovskaya, A.A. Medved', N.G. Privalov, N.S. Ragimova, I.V. Troickaya. – SPb: Izd-vo SPbGEU, 2014. – s.192 .
7. Grib V.V. Vzaimodejstvie organov gosudarstvennoj vlasti i institutov grazhdanskogo obshchestva v Rossijskoj Federacii d.yu.n. 2011. M.: GNU «Gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij institut sistemnogo analiza Schetnoj palaty Rossijskoj Federacii». s.49.
8. Deklaraciya o principah mezhdunarodnogo prava, kasayushchihsyazhne druzhestvennyh otnoshenij i sotrudnichestva mezhdru gosudarstvami v sootvetstvii s Ustavom OON/ (Prinyata 24.10.1970 g. Rezonanslı 2625 (UX) a 1883-em parlamentom zannediniz Generalliğine Asamble OON) Rezhim dostupa: [hapset://www.un.org/u/arter-united-nations/indexletme](http://www.un.org/u/arter-united-nations/indexletme) (data obrashcheniya 1.02.2021 g.).
9. Lavantin M.L. İntegrasyon kak inseytaryum globalliğin regionalizacii. //Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Gumanitarnye i obshchestvennye nauki. 2015. №3 (227). – s. 9-18. DOI 10.5862/JHSS.227.1.
10. Lebedeva M.M. Aktory sevdiremeyen viroloji politiki: trend razvitiya. Vestnik Üniversitelileştirme. 2013. № 1 (28). - s. 38-42.
11. Lebedeva M. M. Mirovaya politika. - M.: Aspekt Press, 2007.- s.365.
12. Moskalenko V.A. Rol' gumanitarnogo sotrudnichestva v üniformalaşan mezhnacional'nyh svyazey Turneci do stranami Central'noj Azii (S 1991 g. po 2020 g.)» /Mat-ley VINCI Mevcuduna. Ucuna.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy social'nyh i trudovyh otnoshenij», posvyashchennaya 75-lutiye Destansılık federasyonsal issledovatel'skogo centra RAN. – Halkalamacı: Destansılık federalleş

issledovatel'skij centr RAN Institut social'no-ekonomicheskikh issledovaniy DFIC RAN. 2020.

13. Moskalenko V.A. Rol' Turcii v sovremennom vektore mezhdunarodnyh otnoshenij v Central'noj Azii. //Vestnik Instituta mirliva lacivertlili. 2020. № 4. –

s.56-62.

14. Moskalenko V.A. Rol' Tutuverecek putperestlik v uregulirovanii regional'nyh konfliktov v mezhdunarodnyh otnosheniyah. M.: Izdatel'stvo Nestor-Istoriya. 2016.–s.101.

15. Moskalenko V.A. Vliyanie postmodernli regional'nyh konfliktov a Bilinemez Vokaliste a politik Tutuverecek Putperestlik. M.: Nardenk obrazovanie, 2018. — s.208.

16. Murzabekov T.M. Vzaimodejstvie institutov gosudarstva i grazhdanskogo obshchestva v social'no-politicheskom razvitii Respubliki Ingushetii: avtoref. dis. ... k. polit. n. - M.: RANHiGS pri Prezidente RF, 2014. - s.21.

17. Novyj bol'shoj anglo-russkij slovar'. V 3-h ti. /Od redaktör YURDAY. Yapraklanan i EM. Medenilik. - M: Rustik yazık, 1993 – 1994 GB. T.3. – s.156.

18. Sokolova N.V. Politicheskaya integraciya: gezisiz i perspektif razvitiya (a primlere ES, SANGI, Soyunmuyoruz gosudarstva Prosesi i Belirsizsi). Avtoref. öd....politikan. -Koroner: OMU POPO Voronezhskij institut ekonomiki i social'nogo upravljeniya. 2010. – s.21.

19. Fel'dman M.A. Povyshenie effektivnosti vzaimodejstviya organov ispolnitel'noj vlasti i institutov grazhdanskogo obshchestva v regione: institucional'nye aspekty. // Socium i vlast'. 2016. № 4 (60). - s.37-42.

20. Cygankov P.A. Teoriya mezhdunarodnyh otnoshenij. - M.: Gardariki, 2003. —s.590.

Comparison of Lead, Zinc and Copper Equilibrium Adsorption Capacities of Nano-Structured Calcium Silicate, Rice Hull Ash and Activated Carbon

*Onur Y. Ozcan¹
Ozgul Taspinar²*

1. INTRODUCTION

Removal of heavy metals from waters and waste waters is very important and one of the mostly used technology is adsorption. There are several types of adsorbents used for this aim, such as activated carbons, clays and zeolites, lignin-based adsorbents, rice husk, activated silica, clay, saw dust etc. (1-3). Nano-structured calcium silicate, CS produced from rice hull ash in our laboratory was also started to be used in the adsorption of lead, zinc, copper and arsenic ions from aqueous solutions with a high efficiency as explained in our previous studies (4-6).

The production of nano-structured calcium silicate from rice hull ash as a new noble material for removal of heavy metals from aqueous medium is firstly done in our laboratory using the method applied by Bormann et al. (7-9). The comparison of the Pb, Cu and Zn heavy metal adsorption capacities of synthetically produced nano-structured calcium silicate, original rice hull ash and activated carbon was firstly done in this study. The adsorption mechanism of the uptake process of Pb, Zn and Cu ions on this new material is also firstly analyzed by FTIR-ATR technique in this study.

2. EXPERIMENTAL MATERIALS AND METHODS

Nano-structured calcium silicate, CS was produced from rice hull ash, RHA in our laboratory with a simple process as described in previous studies (8, 9). RHA, acquired from the Rice Industry in Thrace region in Turkey was first re-burned at 600°C for 6 h to reduce the amount of carbonaceous material in its structure. A 100 g of this re-burned RHA was then boiled with 600 ml of 1 N NaOH for 1 h, for taking the SiO₂ content of the material into the aqueous solution. The obtained suspension was filtered and sodium silicate solution was obtained. This solution was then used to precipitate calcium silicate by adding calcium chloride solution and together with some dissolving water for avoiding the co-precipitation of impurities, such as sodium chloride by product. The white precipitate calcium silicate was then washed with 50 ml of spacer i.e. diethylene glycol (to avoid the collapsing of the framework structure during filtration and drying) several times, dried in the open air; characterized and used as adsorbent in the experiments.

The obtained calcium silicate product was a white crystal powder with a hydrated chemical structure, CaSiO₃.xH₂O and 153 m²/g surface area. The calcium silicate product has a nano-porous structure with the pore sizes 5-50 nm. Rice hull ash used for adsorption experiments was in the original

¹ Istanbul Technical University, Environmental Engineering Department, Maslak/Istanbul, Turkey (Mail Eksik)

² Piri Reis University, Marine Engineering, Tuzla/Istanbul, Turkey (Mail Eksik)

(non-re-burnt) state as came from the rice industry. Activated carbon was an industrial product acquired from a chemical company.

Experiments were carried out to determine the optimum pH, adsorbent amount and contact time using 100 mg/L (ppm) initial concentrations of Pb^{+2} , Zn^{+2} and Cu^{+2} ions, firstly. The solutions of these ions were prepared by dissolving the lead acetate, zinc sulfate and copper acetate salts in distilled water. The most convenient pH was determined as 5 for Pb^{+2} and Cu^{+2} , and 6 for Zn^{+2} ; the adsorbent amount was found 0.1 g for 50 ml of 100 ppm initial ion concentrations for the three of the ions. The time necessary for the highest adsorption values of these three ions by the adsorbents were found as 2 h and more at room temperature, 25°C.

0.1 g of each adsorbent was then treated with the 50 ml of solutions containing several initial concentrations of the three ions separately on the orbital shaker by mixing at 300 rpm at room temperature. After 2 h contact time, the solutions were filtered and the ion concentrations left in the clear solutions were analyzed by AAS (atomic adsorption spectrophotometer).

3. RESULTS AND DISCUSSION

At the end of the 2 h adsorption treatment and filtration separation of clear solutions, the concentrations of Pb^{+2} , Zn^{+2} and Cu^{+2} ions left in the solutions (equilibrium concentrations, C_e) were analyzed by AAS as stated above. Using the initial concentrations taken at the beginning of the experiments, C_0 ; equilibrium concentrations, C_e values analyzed at the end of the experiments; and the amount of adsorbent used, W (0.1 g/50 ml or 2 g/L in present study) the equilibrium adsorption capacities of adsorbents, q_e were calculated from the Eq. (1) below:

Adsorption capacity (mg/g):

$$q_e = (C_0 - C_e) / W \quad (1)$$

where,

C_0 : Initial concentration of ions at the beginning, mg/L or (ppm)

C_e : Equilibrium concentration: Ion concentration left in the solution after adsorption, mg/L or (ppm)

W : Adsorbent dosage, g/L

The change of the so calculated equilibrium adsorption capacities q_e with the initial ion concentrations, C_0 were given graphically in Fig.1.

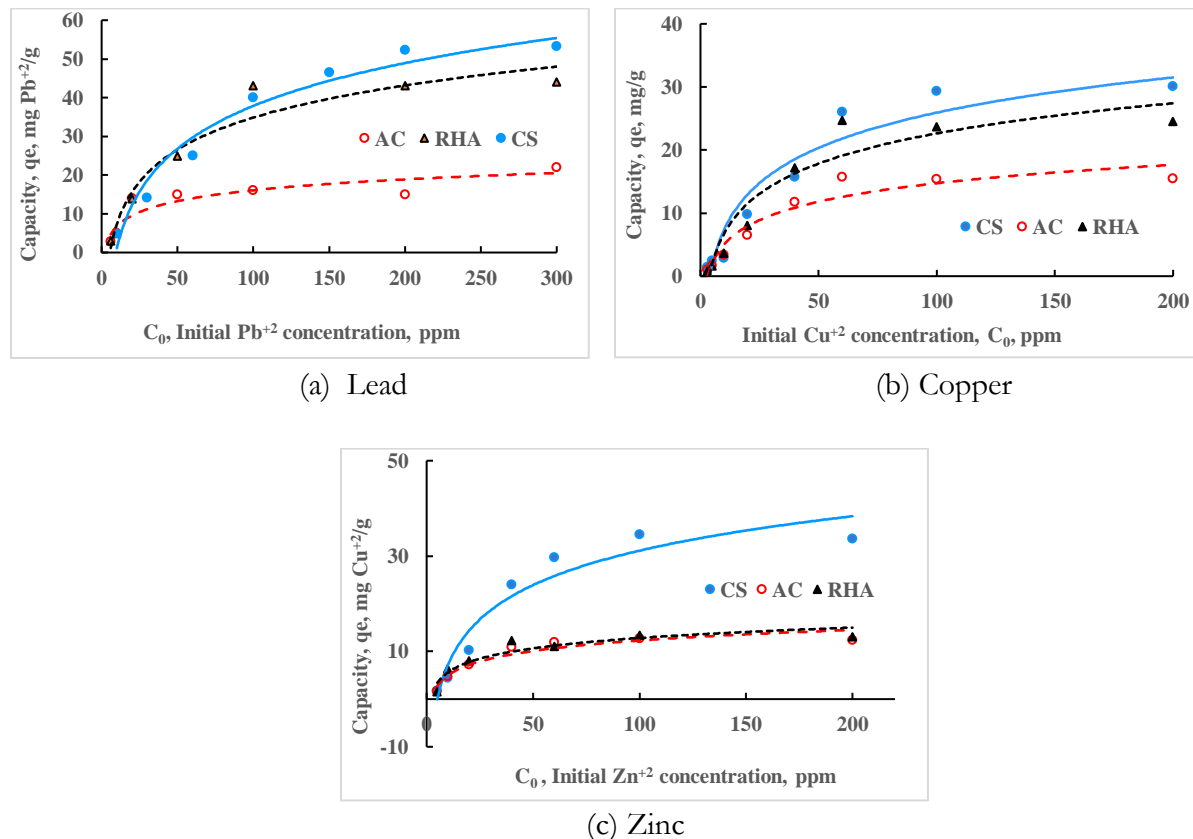


Fig. 1. The change of the equilibrium adsorption capacity, q_e with the initial ion concentrations of lead, zinc and copper on CS, AC and RHA: a) Lead, b) Copper, c) Zinc

As it is seen from Fig.1, calcium silicate, CS adsorbed three of the ions much higher than that of the activated carbon, AC and RHA. Especially Pb²⁺ ions are adsorbed up to 53 ppm by 0.1 g of CS at 300 ppm initial ion concentration. Although activated carbon reaches its equilibrium at around 50 ppm Pb²⁺ initial concentrations, calcium silicate and RHA are still continuing to adsorb the lead ions up to 200 ppm initial concentrations. For the initial concentrations up to 50 ppm Pb²⁺, the lead adsorption capacity of calcium silicate is about twice that of activated carbon. And the Pb²⁺ adsorption capacity of calcium silicate is much higher for the higher concentrations being around three times compared to the value of activated carbon. Copper and zinc adsorption capacity of calcium silicate for 200 ppm initial ion concentrations is around 30-34 mg/g. This value is around 25 and 13 ppm copper and zinc for RHA and 15 and 13 ppm zinc for activated carbon, respectively. The least adsorbed element is zinc among these three elements by rice hull ash and activated carbon. Zinc adsorption capacity of calcium silicate is almost three times compared to the activated carbon and rice hull ash capacities.

As the equilibrium capacity, q_e can be taken the measure of the adsorption affinity of the materials; calcium silicate, CS and rice hull ash, RHA affinity to these ions is in the order of Pb > Cu > Zn; and this order is in the form Cu > Pb > Zn for activated carbon, AC.

This result obtained for Zn^{+2} adsorption on the three of the materials is also coincides with the literature. Strelko and Malik [10] have found in their study that, activated carbon sorption of 4-d elements of periodical table has shown the Irving-Williams affinity series exactly as $Mn^{+2} < Co^{+2} < Ni^{+2} < Cu^{+2} > Zn^{+2}$. The only exception in this series is zinc, Zn^{+2} . They have experimentally showed that, zinc ions are less adsorbed by activated carbon compared to copper, Cu^{+2} . They have explained the highest copper sorption affinity of activated carbon among all the cations analyzed is because of the formation of distorted and more stable octahedral complexes of Cu^{+2} ions.

CONCLUSIONS

Lead, copper and zinc adsorption capacity of laboratory produced nano-structured calcium silicate is almost three times of the capacity of industrial activated carbon. As a new product, calcium silicate can safely be used industrially instead of activated carbon especially for the removal of higher concentrations of lead, copper and zinc ions from the aqueous medium.

REFERENCES

- M.K. Uddin, 2017. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade, *Chemical Engineering Journal*, 308, pp. 438-462.
- F. Fu, Q. Wang, 2011. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, *Journal of Environmental Management*, 92, pp. 407-418.
- R. Baccar, J. Bouzid, M. Feki, A. Montiel, 2009. Preparation of activated carbon from Tunisian olive-waste cakes and its application for adsorption of heavy metal ions, *Journal of Hazardous Materials*, 162, pp. 1522-1529.
- J.H. Johnston, A.J. McFarlane, T. Borrmann, J. Moraes, J., 2004. Nano structured silicas and silicates-new materials and their applications in Paper, *Current Applied Physics*, 4, pp. 411-414.
- E. Sadic, O. Taspinar, O. Ozcan, 2010. Comparison of surface areas and oleic acid adsorption characteristics of various silicates produced from rice hull ash, *Fresenius Environmental Bulletin*, 19 (12), pp. 2823-2831.
- O. Taspinar, T. Buyukyilmaz, T. Baglar, I. Kol, O. Ozcan, 2011. Comparison of the heavy metal desorption properties of RHA origin calcium silicate and other adsorbents, *Proceedings of the 8th Int. IWA Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries*, 22-24 June (2011), Cesme-Izmir, Turkey.
- J.H. Johnston, A.J. McFarlane, T. Borrmann, 2008. Nano-structured silicate, functionalized from thereof, preparation and uses. United States Patent and Trademark Office, No: 20080305027 dated 12.11.2008.
- O. Taspinar, T. Buyukyilmaz, A. Altmisoglu, 2013. Effect of Various Compounds on the Nano-Structured Framework of Calcium Silicate, in: *TMS2013 Supplemental Proceed.*, (ed. TMS), John Wiley & Sons, Inc., NJ, (2013) Doi: 10.1002/9781118663547.ch11.
- O. Y. Ozcan, P. T. Yazoglu, M. Pourshakiba, O. Taspinar, 2018. Use of Nano-Porous Calcium Silicate for Heavy Metal Removal from Aqueous Solutions, *Eurasian Journal of Environmental Research*, 2 (2), pp. 8-13.
- V. Strelko, D. Malik, 2002. Characterization and metal sorptive properties of oxidized active carbon, *Journal of Colloid Interface Science*, 250, pp. 213-220.

Bir Dizel Enjektör Gövdesinin Alın Yüzeyinde Taşlama Yanığından Kaçınmak İçin Taşlama Proses Parametrelerinin Optimizasyonuna Yönelik Deneysel Bir Çalışma

*Hasan Melih Kınagu¹
Mehmet Atak²
Şevki Turmuş³
Cemil Günhan Erhuy⁴*

1.Giriş

Taşlama prosesinde talaş kaldıran taşlama taşı ile iş parçası arasındaki sürtünme nedeniyle iş parçası yüzeyine yüksek miktarda ısı girdisinin söz konusu olması, yüzeyde “taşlama yanığı” olarak anılan bir oluşuma sebebiyet verebilmektedir. Taşlama yanığı ile yüzey ve yüzey altı katmanda, sertlik değişimi ile kendini gösterebilen mikroyapısal değişimler oluşmakta; bu noktalardaki kalıntı çekme gerilmeleri kılcal mikro-çatlakların gelişimine yol açarak parçanın yapısal dayanımını zayıflatabilmektedir. Taşlama yanığının sertlik değişimine etkisi, parçanın malzemesi, ısıl işlem geçmişi ve mikroyapısına göre farklılık gösterebilir. Örneğin, taşlanan parça sert martenzitik yapıya sahip bir çelik ise taşlama yanığı ile sertlikte düşüş beklenirken, su verme sonrası menevişlenmiş bir çelikte yanık oluşun bölgenin yeniden sertleşmesi de mümkün olabilir.

Zhang vd. (2012), 1Cr11Ni2W2MoV paslanmaz çelikte taşlama yanığı mekanizmasını deneysel bir çalışma yürüterek incelemişlerdir. Parça yüzeyinin altında belli bir mesafede yerleştirilen ısıl çiftlerle taşlama esnasında sıcaklık artışı gözlemlenmiş; kesme derinliğindeki artışa bağlı olarak meydana gelen sıcaklık artışı ile faz dönüşüm sıcaklığı aştığında, orijinal gri görünümlü bant (lata) martenzit yapının siyah görünümlü menevişli sorbit yapısına dönüştüğü ve sertliğin azaldığı tespit edilmiştir. Kesme derinliği 0,01 mm’de ölçülen 368 °C sıcaklığa kadar yüzeyin düzgün olduğu ve taşın aşındırıcı noktalarının iş parçası ile etkileşiminden kaynaklı, birbirinin üzerine binen çiziklerin olduğu gözlenmiştir. Kesme derinliği 0,03 mm’ye arttırılınca, talaş yapışması ile paslanmaz çelik malzemesinin taşın aşındırıcı taneleri etrafındaki plastik akışındaki yarılmanın artıp aşındırıcı tanelerin tarafına doğru ekstrüde olduğu; kesme derinliği 0,05 mm’ye arttırıldığında ise plastik deforme olmuş bir kaplama tabakasının görüldüğü ve artan sıcaklık ile parça yüzeyine yayıldığı belirtilerek taşlama yanığının olduğu bu bölgelerde gözle görülebilir mikro-çatlakların ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Dong vd. (2015) tarafından, farklı ısıl işlem çevrimlerine tabi tutulmuş 9Mn2V çeliğinden mamul dişli çarklar üzerinde yapılan çalışmada, malzeme yapısında karbürlerin ciddi bir segregasyon sergilemesi, yapıda

¹ Hasan Melih Kınagu, Makine Yük. Müh., Doğu Pres Otomotiv ve Teknik San. Tic. A.Ş., melihkinagu@dogupres.com

² Mehmet Atak, Doğu Pres Otomotiv ve Teknik San. Tic. A.Ş., mehmetatak@dogupres.com

³ Şevki Turmuş, Doğu Pres Otomotiv ve Teknik San. Tic. A.Ş., sevkiturmus@dogupres.com

⁴ Cemil Günhan Erhuy, Dr. Makine Yük. Müh., Doğu Pres Otomotiv ve Teknik San. Tic. A.Ş., cemilerhuy@dogupres.com

aşırı miktarda kalıntı östenit bulunması ve malzemenin kaba ve homojen olmayan bir yapıya sahip olmasının taşlama yanığı ve çatlağı için neden teşkil ettiği belirtilmiştir. Isıl işleminin kriyojenik yöntemle uygulanması ve menevişleme ile bu oluşumlar ortadan kalktığı veya azaldığı için malzemenin taşlanma kabiliyetinin iyileştiği ifade edilmiştir. Lin vd. (2018), rayların taşlanmasında proses parametrelerinin ray sıcaklığı ve taşlama yanığı oluşumuna etkisini incelemiştir. Söz konusu çalışmada, sıcaklığın 600 °C'yi aşması halinde taşlama yanığının olduğu ve bunun beyaz dağlama tabakasının gözükmesine eşlik ettiği, sıcaklığın artmasıyla yüzey oksidasyonunun şiddetlenip demir dışı oksitlerin toplandığı ve 802 °C'ye ulaşması halinde gözle görülebilen taşlama ve su verme çatlaklarının olduğu raporlanmıştır. Çalışmada, rayın yüzey durumu, taşlama yanığı ve taşlama sıcaklığı arasındaki ilişkiler de belirlenmiştir. Handa vd. (2020) ise, Ti6Al4V alaşımında düşük ısı iletkenlikten ötürü taşlama yanığının oluşumu ve ona bağlı sertlik artışı; aynı zamanda iş parçası malzemesi ile taş malzemesi arasında kimyasal afinitenin gelişim eğilimi üzerine çalışmışlardır. Burada, taşlama işleminin bölümlendirilmiş (segmentli) taşlar ile kesintili olarak uygulanması düşünülmüş ve ABAQUS programı ile oluşturulan sonlu eleman modeline göre proses analiz edilmiştir. Simülasyonda, kesintili taşlama ile yanığa neden olan sıcaklık artışında belirgin bir azalma görülmüş; söz konusu yöntemin uygulanması ile yanık ve çatlak hasarlarının engellenebileceği belirtilmiştir.

Taşlama yanığının tespit edilmesi ve düzeyinin tanımlanabilmesine olanak tanıyacak şekilde sınıflandırılması da çok sayıda çalışmanın konusu olmuştur. Aguiar vd. (2005) tarafından, satıh taşlama işlemindeki yanma eşiğinin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, akustik emisyon ve güç sinyalleri ile bu sinyalleri işleyen bir algorithmadan faydalanılarak, taşlama yanığı oluşmaya başladığında operatöre haber vermek ya da prosesi kesintiye uğratmak üzere geliştirilmiş bir sistem tanıtılmıştır. Yang vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada da taşlama yanığını otomatik olarak tanımlamak amacıyla bir tahmin ve sınıflandırma sistemi geliştirilmiş; sinyal işleme tabanlı bu dolaylı yöntemin doğrulama testlerinde %90'ı aşan başarı oranına ulaşıldığı belirtilmiştir. Gu vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, taşlama yanığını simüle eden lazer yüzey işlemindeki termal hasar oluşumu, deneysel olarak bu işleme tabi tutulan AISI 1045 çeliğinden numunelerde mikroyapı, sertlik ve kalıntı gerilme dikkate alınarak analiz edilmiştir. Sertlik değerinin yansıttığı faz dönüşümü kaynaklı mikroyapı değişiminin termal hasarda dikkate alınmasının gerektiği; proste kaçınılmaz oluşumlardan bir diğeri olan kalıntı çekme gerilmelerinin X-ışını difraksiyonu (XRD) ile saptanıp, hasarsız bir yöntem olarak, taşlama yanığının sınıflandırılmasında kullanılabileceği; termal hasar tespitinde yüksek dereceli gerinim modu yönteminin rezonans frekansı ve deplasman moduna göre hasara daha duyarlı olması nedeniyle yüzey taşlama işlemindeki termal hasarın tespitinde, yanık derecesinin sınıflandırıldığı XRD ile birlikte uygulanabileceği ifade edilmiştir. Baumgart vd. (2018), proses esnasında sıcaklığı sürekli şekilde ve iş parçası temelinde ölçtüğü silindirik taşlama operasyonunda, parça yüzeyinden itibaren derinliğe bağlı ısınma ve soğuma hızlarını, bunların taşlama sertleşmesine etkisini irdeleme ve modelleme amacıyla saptamışlardır. He vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada ise, taşlama yanığının tahmin ve tespitine yönelik uygulanan yöntemler irdelenmiştir. Yanık tahminine ilişkin, taşlama kuvveti ve spesifik enerji ölçümü, taşlama sıcaklığının takibi ve yapay sinir ağı uygulamaları; tespiti için ise nital dağlama, yüzey mikro-sertlik ölçümü, metalografik test, görsel kontrol, XRD kalıntı gerilme testi, kimyasal bileşim analizi, Eddy akımı testi, manyeto-elastik yöntemler ve akustik emisyon izleme yöntemleri belirtilerek bunların avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır.

Taşlama işleminde taş malzemesi ve aşındırıcı tane büyüklüğü, iş parçasının malzeme özellikleri ve ısl işlem geçmişinin yanı sıra kullanılan soğutma sıvısının özellikleri ve debisi, kesme derinliği, ilerleme hızı, taş hızı gibi parametreler taşlanan yüzey kalitesine etki etmektedir ve bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Alagumurthi vd. (2007) tarafından silindirik taşlama prosesine yönelik yürütülen çalışmada taşlama taşı olarak Al_2O_3 , soğutucu akışkan olarak da emülsiyon kullanılmış; kesme derinliği, iş parçası hızı ve taş hızının birer parametre olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi hem tam faktöriyel hem de Taguchi deney tasarımı ile incelenmiştir. Tam faktöriyel tasarımda Yates yöntemi ile parametrelerin etkisi belirlenere bir matematik model türetilmiş ve optimizasyona gidilmiş; Taguchi deney tasarımında ise varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Her iki yöntem de yüzey pürüzlülüğü ile ilgili en önemli parametrenin parça hızı olduğunu göstermiştir. Prabhu ve Vimayagan (2012) tarafından yapılan çalışmada, AISI D3 takım çeliğinin taşlanmasında soğutucu sıvı olarak nano-akışkan kullanımının yüzey kalitesine etkisi Taguchi deney tasarımı ile incelenmiş olup yüzey pürüzlülüğü ve mikro-çatlak oluşumu bakımından nano-akışkan kullanılmasının avantaj sağladığı belirtilmiştir. Külekci (2013) ise, AISI 1040 çeliğinin taşlanmasında minimum yüzey pürüzlülüğünü elde edebilmek için Taguchi yöntemi ile bir optimizasyon çalışması yürütmüştür. Yapılan varyans analizi, kesme derinliği ve taş hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin yüksek; ilerleme hızının ise düşük olduğunu göstermiştir. Aravind ve Periyasamy (2014) tarafından yapılan çalışmada ise AISI 1035 çeliğinin satuh taşlama parametreleri Taguchi yöntemi ve Yanıt Yüzeyi Metodolojisi (RSM- Response Surface Methodology) ile optimize edilmiştir. Deney tasarımıyla elde edilen veriler Box-Bohen yöntemi ile işlenmiş; yüzey pürüzlülüğüne etkisi en fazla olan parametrelerin, taşın aşındırıcı tane boyutu ve kesme derinliği olduğu saptanmıştır. Bir paslanmaz çeliğin çapraz silindirik taşlamasında proses parametrelerinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmak için Rudrapati vd. (2016) tarafından yapılan deneysel ve analitik çalışmada Box-Behnken tasarım matrisi kullanılmış; parametreler ile çıktılar arasındaki bağıntıların incelenmesi için RSM metodolojisi uygulanarak matematiksel modellemeye gidilmiştir. Sonuçlar varyans analizi ile test edilmiş; çok amaçlı genetik algoritma (MOGA) ile titreşim ve yüzey pürüzlülüğü aynı anda optimize edilerek deneyle doğrulanmıştır. Jeevanantham vd. (2017), C40E çeliğinden parçanın iç delik taşlama işleminde taşlama kuvveti, taşlama hızı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada Taguchi deney tasarımı ve varyans analizi uygulanarak parametreler optimize edilmiş ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin diğer parametrelere kıyasla daha az olduğu görülmüştür. Zhang vd. (2017), 20CrMnTi çeliğinin kübik bor nitrür (CBN) taş ile taşlanmasında taş hızı, parça hızı ve kesme derinliğinin taşlama kuvveti, kalıntı gerilme, sertlik ve yüzey kalitesine etkisi ile bunların aralarındaki korelasyonun araştırıldığı deneysel ve analitik bir çalışma yürütmüş; çalışmanın optimizasyonla ilgili kısmında Pareto gücü algoritmasından faydalanmışlardır. Günay vd. (2018) ise, tam faktöriyel deney tasarımı ve memnuniyet fonksiyonu yaklaşımı (Desirability Function Approach) ile çalışmış; kam makaralarının taşlanmasında yüzey pürüzlülük değerlerini ve çevrim süresini, çok amaçlı optimizasyon tekniği ile eş zamanlı olarak minimize etmişlerdir. Shahri vd. (2018), AISI 1045 çeliğinin tavlama sonrasında yüzey sertliğini iyileştirmek amacıyla Taguchi deney tasarımı ve regresyon analizinden faydalanarak taşlama parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışmış; yüzey sertliğini arttırmada en etkin parametrenin kesme derinliği olduğunu raporlanmışlardır. Saravanakumar vd. (2018), parça yüzey kalitesini artırmak için taşlama taşının hızı, tabla hızı, kesme derinliği gibi taşlama parametrelerini Taguchi deney tasarımı ile incelemişlerdir. Bu çalışmada da yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkin parametrenin kesme derinliği olduğu belirlenmiş, minimum yüzey pürüzlülüğü için

parametreler optimize edilmiştir. Parametrelerin taşlama yanığı oluşumundaki etkisini ve termal hasar oluşumundaki rolünü irdelemek amacıyla Del vd. (2019) tarafından istatistiksel deney tasarımından faydalanılarak yürütülen çalışmada ortaya konan regresyon modelinin, iş parçası malzemesinin menevişleme ve östenitleme sıcaklığının bilinmesi halinde, proses parametreleri ile taşlama yanığı oluşma olasılığını tahmin edebildiği görülmüştür. Deresse vd. (2020), EN45 çeliğinin ısıtma işlem öncesi ve sonrası silindirik taşlama prosesinde talaş kaldırma hızını etkileyen parametrelerin optimizasyonuna çalışmış; Taguchi tasarımı ile talaşlı işleme hızına en fazla etki eden parametrenin, ısıtma işlem öncesi %65 ile kesme derinliği, ısıtma işlem sonrasında ise %57 ile ilerleme hızı olduğu saptamışlardır.

Seçilen taşlama parametrelerinin taşlama yanığı oluşumuna etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, parça olarak bir dizel enjektör gövdesi ele alınmıştır. Binek araçlarda elektrifikasyon hız kazanmakla birlikte, yük taşıma araçlarında dizel motorlara yakın zaman için bir alternatif öne çıkmamış olup daha uzunca bir süre bu motorların hizmet vereceği öngörülmektedir. Dizel motorların verimini artırırken karbon ve sera gazı salımını azaltmak amacıyla yürütülen çalışmalarında yakıt sistemlerine yönelik geliştirmeler önemli yer tutmaktadır. Bu motorlar için yaygın olarak kullanılan “common rail” yakıt sistemlerinde enjeksiyon basıncının artırılmasına yönelik geliştirmelerin devam ettiği bilinmektedir. Yüksek yakıt basınçları, sistemdeki dağıtıcı ve enjektör gibi bileşenlerin yapısal dayanımını; dolayısıyla tasarımını, malzemesinin seçimini, ısıtma işlemini ve imalat yöntemini kritik hale getirmektedir. Örnek olarak enjektör gövdesi ele alınırsa, yüzeyde yüksek sertlik değerleri yorulma çatlaklarına karşı bir önlemken, yüzeyden çekirdeğe doğru sertliğin azalması ile gövdenin tok bir yapıda olması istenmektedir. Böyle bir yapıya ulaşabilmek için sementasyon ile yüzey sertleştirme işlemi ön plana çıkmakta; yüzeylerde oluşan kalıntı bası gerilmelerinin mikro-çatlak oluşumuna ve yorulmaya karşı sağladığı direnç, bu yöntemi diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine kıyasla daha avantajlı kılmaktadır. Bir yakıt enjektörünü oluşturan bileşenlerin dar geometrik toleranslara sahip ve yüzey kalitesi yönünden hassas olması ise, üretim proseslerini kritik bir hale getirmektedir. Yine enjektör gövdesi ele alınırsa, yakıt çıkış deliklerinin olduğu alın yüzeyinin ısıtma işlem sonrası taşlanması gerekmektedir.

Sementasyon ile yüzeyde sağlanan sertleştirme, taşlama derinliği ile azalmakta olup izin verilen sertlik düşüşü ürün şartnamesinde tanımlanmıştır. Taşlamada yüzeyde oluşabilecek yanıklar, yüksek basınç altında çalışan enjektör gövdelerinin dayanımı açısından ciddi bir risk teşkil ettiğinden, bunun kesinlikle istenmediği özellikle belirtilmektedir. Bu çalışmada, düşük alaşımlı bir Cr-Ni çeliğinden imal edilerek sementasyon ve menevişleme ısıtma işlemine tabi tutulmuş bir dizel enjektör gövdesinin alın yüzeyinin taşlanma prosesinde, seçilen proses parametrelerinin taşlama yanığı oluşum eğilimine etkisi ele alınmış ve parametreler optimize edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Yakıtı motorun yanma odasına yüksek basınç ile sevk eden dizel enjektörler, merkezde bulunan bir ana gövdenin üzerine alt bileşenlerin monte edilmesi ile üretilmekte olup gövde üzerinde belli sayıda yakıt deliği yer almaktadır (Şekil 1). Bu parça, dairesel kesitte çubuk olarak üretilmiş çelik malzemenin imal edilirken tornalama, frezeleme, derin delik delme, aşındırıcı akış ile işleme (AFM), satıh taşlama gibi talaşlı imalat ve üretim akışının belli aşamalarında yıkama proseslerine tabi tutulmaktadır. Gövdelere sementasyon ile yüzey sertleştirme ve menevişleme ısıtma işlemleri de uygulanmaktadır.



Şekil 1. Sementasyon ve menevişleme ısıl işlemine tabi tutulmuş bir dizel enjektör gövdesi

Enjektör gövdesi ile diğer enjektör bileşenlerinin temas yüzeylerinde sızdırmazlığın sağlanması kritiklik arz eden bir konudur. Yakıt çıkış deliklerinin yer aldığı gövde alın yüzeyi, geometrik ve yüzey pürüzlülük toleranslarının sağlanabilmesi için, ısıl işlem sonrasında çanak taşlama operasyonuna tabi tutulmaktadır.

2.1.Malzeme özellikleri

Çalışmaya konu dizel enjektör gövdesinin malzemesi 18CrNi8 standardında düşük alaşımlı çelik olup bu çelik için tanımlanmış standart kimyasal bileşim aralığı Tablo 1’de verilmiştir. Gövdenin alın yüzeyinin taşlanması öncesinde söz konusu parça, gaz sementasyon yöntemi ile yüzey sertleştirme ve ardından menevişleme ısıl işlemlerine tabi tutulmakta; bu ısıl işlemlerin sonucunda yüzey sertliğinin 700-825 HV aralığında olması istenmektedir.

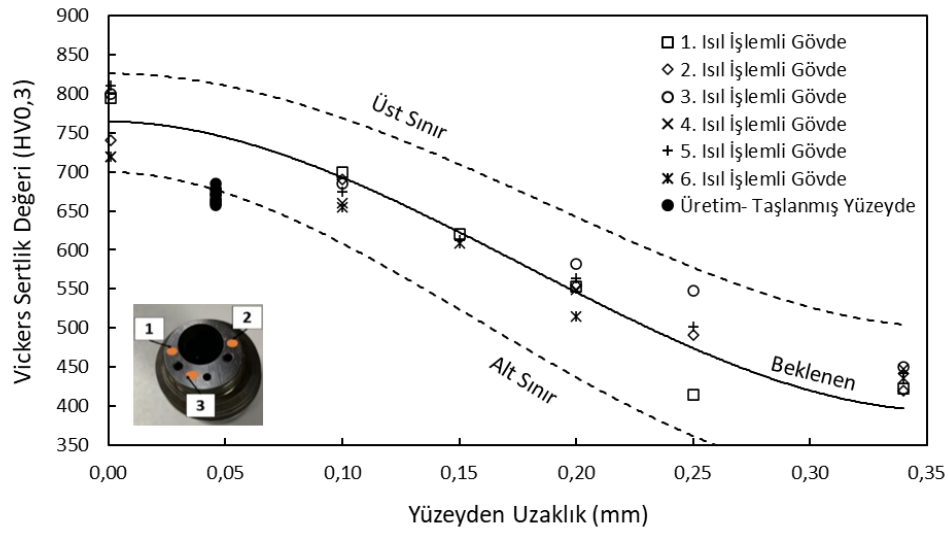
Tablo 1. Enjektör gövdesinin imal edildiği 18CrNi8 çeliğinin standart kimyasal bileşim aralığı

Alaşım Elementleri (% Ağırlık)									
C	Cr	Mn	Mo	Ni	P	Si	S	V	Fe
0,15-0,20	1,80-2,10	0,40-0,60	≤0,10	1,80-2,10	≤0,035	0,15-0,35	≤0,002	≤0,10	Kalan

Sementasyon ve menevişleme ısıl işlemlerinden sonra, enjektör gövdesinin menevişli martenzit ve bir miktar beynit içeren yapıya sahip ve karbonca zengin yüzeyinden çekirdeğe doğru sertlik değerlerinin değişimi için istenen eğri, alt ve üst sınırlar ile birlikte Şekil 2’de görülmektedir.

Farklı tarihlerde ısıl işleme tabi tutulmuş olan 6 adet enjektör gövdesinin alın yüzeyinde ve bu yüzeyden boyuna (eksenel) yönde farklı derinliklerde ölçülen sertliklerin dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Sertlikler, DuraVision 20 G5 cihazında 0,3 kgf’lik yük altında yürütülen Vickers sertlik deneyleri ile belirlenmiştir.

Enjektör gövdesinin imalatında uygulanan endüstriyel proseste, ısı ile işlenmiş gövdenin alın yüzeyi toplam 0,046 mm'lik bir kesme derinliği verilerek taşlanmaktadır. Taşlanan yüzeyde sertlik değeri, Şekil 2'de görüldüğü gibi, 3 numunede 3 farklı noktada yaklaşık olarak 660-685 HV aralığında ölçülmüştür. Sertlik değişim eğrisine göre bu derinlikte daha yüksek sertlik değerleri beklenirken, taşlama işlemi sonrası sertliğin alt sınırdan ve kısmen alt sınırın altında ölçülmesi, proseste taşlama yanığı gelişme riskini akla getirmiştir. Zira taşlamada soğutma sıvısı olarak su bazlı bir emülsiyonun kullanılması arzu edilmesine karşılık, enjektör gövdelerinde son derece kritik bir konu olan korozyon riski de göz önüne alındığı için, üretim koşullarında ısı transfer performansı daha düşük olan bir yağ kullanılmaktadır. Dolayısıyla taşlama yanığı riskini bertaraf edecek şekilde taşlama prosesine ilişkin parametrelerin optimize edilmesi, bu çalışmanın çıkış noktası olmuştur.

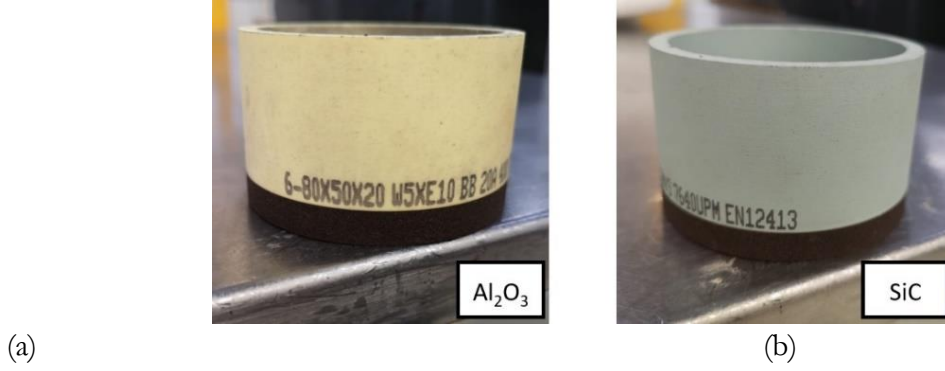


Şekil 2. Sementasyon ve menevişleme ısı işlemine tabi tutulmuş enjektör gövdelerinin yüzeyinden çekirdeğe doğru beklenen sertlik değişimi, alt ve üst toleransları ve ısı işlem sonrası gerçek üretim koşullarında (0,046 mm'lik kesme derinliği, yağ ile soğutma) taşlanan yüzeyde ölçülen sertlik değerleri

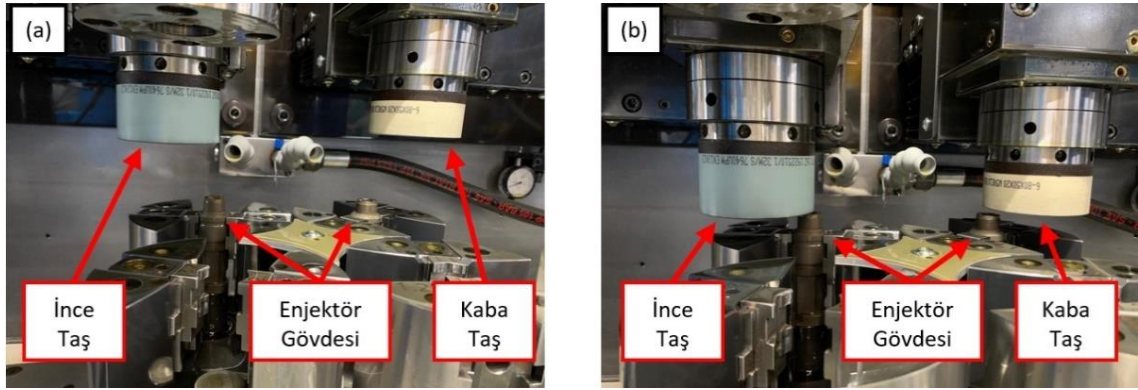
2.2. Taşlama operasyonu

Enjektör gövdesinde yakıt çıkış deliklerinin bulunduğu alın yüzeyi ısı işlem sonrasında taşlanmaktadır. Taşlama operasyonu iki aşamalı olarak uygulanmaktadır. Kaba aşındırıcı taneli çanak taş (kaba taş) ile yapılan ön taşlama işlemindeki asıl amaç yüzeyden talaş kaldırılması iken ince aşındırıcı taneli taş (ince taş) ile yapılan son taşlama işleminde yüzey pürüzlülüğünün istenen değer aralığında elde edilebilmesi amaçlanmaktadır. Çanak taş kullanılmasının nedeni ise, sızdırmazlığın şartlarından olan içbükey formu bir temas yüzeyinin oluşturabilmesi için taşı çok küçük değerlerde bir açı ile konumlandırma serbestisinin bulunmasıdır. Ön taşlamada kullanılan (kaba) taşın aşındırıcı tane malzemesi Al_2O_3 ve tane büyüklük numarası 400 kum iken son taşlamada kullanılan (ince) taşın aşındırıcı tane malzemesi SiC olup tane büyüklük numarası 800 kum olarak seçilmiştir (Şekil 3).

Deneysel çalışma kapsamındaki taşlama operasyonları, enjektör gövdesi alın yüzeyinin taşlanmasına yönelik özel olarak tasarlanmış ve gövde üretim prosesinde kullanılan bir taşlama makinesinde yürütülmüştür (Şekil 4). Gerçek üretim koşullarındaki taşlama operasyonlarında soğutma sıvısı olarak, korozyon riskine karşı özel bir yağ kullanılmakla birlikte, soğutma sıvısı ile ilgili kontrol edilmesi güç olan debi, basınç gibi akış parametrelerden bağımsız şekilde diğer proses parametrelerine odaklanabilmek için deneysel çalışmalarda akışkan kullanılmamış; çalışmalar kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Enjektör gövdesi alın taşlama işleminde kullanılan kaba (a) ve ince (b) aşındırıcı taneli çanak taşlar

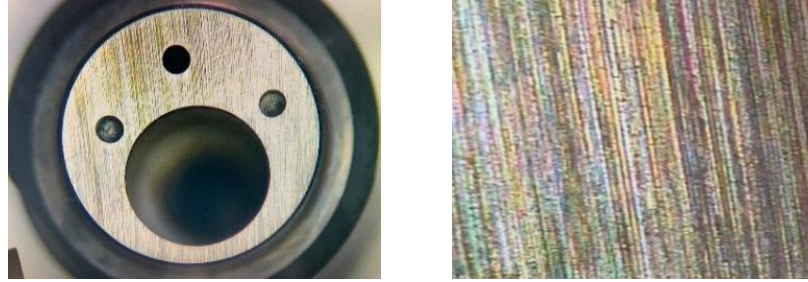


Şekil 4. Taşlama taşlarının ve parçaların taşlama tezgahına bağlanmış (a) ve tezgâhın taşlama pozisyonuna getirilmiş (b) hali

2.3. Taşlama yanığının tespiti

Enjektör gövdelerinin alın yüzeyinde taşlama yanığı, Nital 4 çözeltisiyle yapılan dağlama sonrası gözle kontrol ve Vickers sertlik deneyleri ile belirlenmiştir. Taşlama yanığını belirgin bir şekilde gözlemleyip örneklemek için 400 kum taş kullanılarak kuru şartlarda ve 0,1 mm civarında kesme derinliği verilerek 8-10 s süreyle gerçekleştirilen manuel bir taşlama işlemi ve ardından yapılan nital dağlama sonrasında enjektör gövdesinin alın yüzeyinin görünümü Şekil 5'te verilmiştir. Yüzeyde renk farklılaşması gözlenen kısımlarda yanığın geliştiği; martenzitik yapının daha kolay dağlanması sebebiyle bu kısımlarda yeniden sertleşmenin meydana geldiği değerlendirilmiştir. Yoğun renk değiştiren kısımda sertliğin 650-680 HV aralığında ölçülmesi; diğer kısımlarda ise 510 HV düzeyine kadar düşmüş olması

bu değerlendirmeyi doğrular niteliktedir. Yoğun dağlanmış noktalarda martenzitik yapı ağırlıkta olmak üzere, genel yapının menevişli martenzit ve beynit olduğu öngörülmüştür.



Şekil 5. Ağır şartlarda alını kuru olarak taşlanmış bir enjektör gövdesinin taşlanan yüzeyinde Nital 4 çözeltisi ile dağlama sonrası gözlenen taşlama yanığı

3.Deneysel Çalışma

Deneyler, sementasyon ile yüzeyi sertleştirilmiş ve menevişlenmiş enjektör gövdeleri ile yürütülmüş; bu numunelerin alın yüzeyi 0,03 mm'lik kesme derinliği ($a_0 = 0,03$ mm) verilerek 800 kum taş ile yağda taşlanmıştır. Böylece, orijinal ısıl işlemlenmiş numunelerin yüzeyinde ısıl işlem kaynaklı süreksizliklerin ve tabakaların kaldırılması ile yalnız taşlama yanığına etki eden proses parametrelerine odaklanılması amaçlanmıştır.

Deney programı dahilinde enjektör gövdesi alın yüzeyinin taşlanmasında, endüstriyel olarak uygulanan çanak taşlama prosesi esas alınmış ve parametreler bu prosese göre seçilmiştir. Sırasıyla 400 kum ve 800 kum taş ile yapılan ön ve son taşlama adımlarında 1500 dev/dak ile dönen parçanın tersi yönde ve farklı ekseninde dönen taşlama taşının devir sayıları (n_1, n_2), kesme derinlikleri (a_1, a_2) ve taşın ilerleme (dalma) hızları (v_1, v_2), deney programında seçilen 7 adet parametrenin 6'sını tanımlamaktadır. Hem ön taşlama hem de son taşlama adımında istenen kesme derinliklerine kadar taşlama yapıldıktan sonra, taşlama makinesinden kaynaklanabilecek denge ve salgı problemlerinden ötürü yüzey toleransları ve pürüzlülük değerlerinin istenen düzeyde sağlanamama riski mevcuttur. Bu açıdan, taşlama işleminde stabilitenin sağlanması veya iyileştirilmesi amacıyla her iki taşlama adımının sonunda, taş ve enjektör gövdesi dönerken, parlatma işlemine benzer şekilde bir süre beklenmektedir. Bekleme süresi t_b de ön ve son taşlama adımları için tek ve ortak bir parametre olarak deney tasarımına dahil edilmiştir. Seçilen parametreler ve seviye değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ele alınan taşlama parametreleri ve bu parametreler için seçilen seviyeler

İlgili Proses	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kaba Aşındırıcı Taneli (400 Kum) Taş ile Ön Taşlama	Taşın Devir Sayısı, n_1 (dev/dak)	1000	3500	5000
	Kesme Derinliği, a_1 (mm)	0,015	0,023	0,031
	İlerleme (Dalma) Hızı, v_1 ($\mu\text{m/s}$)	32	65	98
İnce Aşındırıcı Taneli (800 Kum) Taş ile Son Taşlama	Taşın Devir Sayısı, n_2 (dev/dak)	500	2500	4500
	Kesme Derinliği, a_2 (mm)	0,015	0,023	0,031
	İlerleme (Dalma) Hızı, v_2 ($\mu\text{m/s}$)	8	14	20
Ön ve Son Taşlama	Bekleme Süreleri, t_b (s)	0,50	1,00	1,50

3.1.Deney tasarımı

Çalışma kapsamında seçilen 7 adet parametrenin etkisinin 3'er seviye ile analiz edilmesi uygun görülmüş; bu bağlamda, istatistiksel deney tasarımı için Taguchi'nin 3 seviyeli L_{27} orthogonal dizisinden

faaydalanılmıştır. Seçilen parametreler ve seviyelerine ilişkin Minitab 20 programı ile oluşturulan deney tasarımı Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ele alınan taşlama parametreleri ve seçilen seviyelerine göre Taguchi $L_{27}(3)^7$ deney tasarımı

D deney No	Ön Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_1 (dev/dak)	Ön Taşlama- Kesme Derinliği, a_1 (mm)	Ön Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_1 (μ m/s)	Son Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_2 (dev/dak)	Son Taşlama- Kesme Derinliği, a_2 (mm)	Son Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_2 (μ m/s)	Ön ve Son Taşlama- Bekleme Süreleri, t_b (s)
1	1000	0,015	32	500	0,015	8	0,5
2	1000	0,015	32	500	0,023	14	1,0
3	1000	0,015	32	500	0,031	20	1,5
4	1000	0,023	65	2500	0,015	8	0,5
5	1000	0,023	65	2500	0,023	14	1,0
6	1000	0,023	65	2500	0,031	20	1,5
7	1000	0,031	98	4500	0,015	8	0,5
8	1000	0,031	98	4500	0,023	14	1,0
9	1000	0,031	98	4500	0,031	20	1,5
10	3500	0,015	65	4500	0,015	14	1,5
11	3500	0,015	65	4500	0,023	20	0,5
12	3500	0,015	65	4500	0,031	8	1,0
13	3500	0,023	98	500	0,015	14	1,5
14	3500	0,023	98	500	0,023	20	0,5
15	3500	0,023	98	500	0,031	8	1,0
16	3500	0,031	32	2500	0,015	14	1,5
17	3500	0,031	32	2500	0,023	20	0,5
18	3500	0,031	32	2500	0,031	8	1,0
19	6000	0,015	98	2500	0,015	20	1,0
20	6000	0,015	98	2500	0,023	8	1,5
21	6000	0,015	98	2500	0,031	14	0,5
22	6000	0,023	32	4500	0,015	20	1,0
23	6000	0,023	32	4500	0,023	8	1,5
24	6000	0,023	32	4500	0,031	14	0,5
25	6000	0,031	65	500	0,015	20	1,0
26	6000	0,031	65	500	0,023	8	1,5
27	6000	0,031	65	500	0,031	14	0,5

Isıl işlem sonrası enjektör gövdesi alın yüzeyinin hazırlık amacıyla taşlamasında verilen kesme derinliği ($a_0 = 0,03$ mm) ile deneylerde iki taşlama adımındaki verilen toplam kesme derinlikleri (a_1+a_2) toplandığında, Şekil 2'deki beklenen eğriye karşılık gelen sertlik H_0 değeri ile taşlanan yüzeylerde ölçülen sertlik H_t değeri arasındaki fark ($\Delta H = H_0-H_t$) tasarlanan deney programının sayısal çıktısı olarak tanımlanmıştır. Söz konusu farkın pozitif olması taşlama sonrası sertlikte düşüş; negatif olması ise sertlikte artış anlamına gelmektedir. Sertlikteki farklılaşmanın düşük olması istenmektedir.

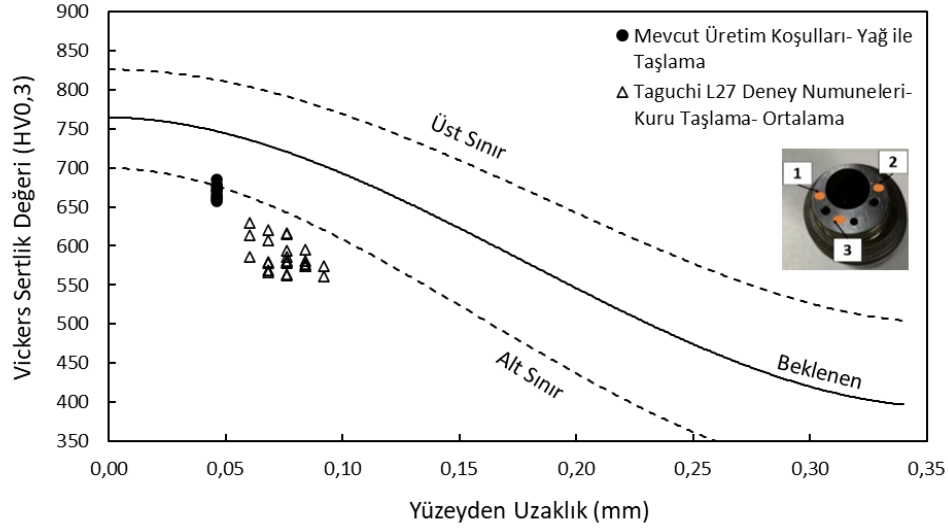
3.2.Bulgular

Sementasyon ve menevişleme ısıl işlemi uygulandıktan sonra 0,03 mm'lik kesme derinliği ile deneysel çalışmalara hazırlık amacıyla taşlanmış enjektör gövde numunelerine, Tablo 3'te verilen Taguchi $L_{27}(3)^7$ deney tasarımına göre taşlama deneyleri uygulanmıştır. Kuru şartlarda, 3 tekrarlı olarak yürütülen 27 adet deney sonrasında, taşlanan alın yüzeylerinde 3 farklı noktada ölçülen Vickers sertlik değerleri ve bu değerlerin ortalaması Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Yüzeyi sertleştirilmiş ve deneylere hazırlık amacıyla alını 0,03 mm derinlikte taşlanmış enjektör gövde numunelerinin deneylerde kuru taşlanan alını yüzeylerinde ölçülen sertlik değerleri

Deney No-Numune No	Vickers Sertlik Değerleri (HV0,3)			Ortalama	Deney No-Numune No	Vickers Sertlik Değerleri (HV0,3)			Ortalama	
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm			1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm		
1-1	633	628	640	630	15-1	582	601	563	577	
1-2	622	615	618		15-2	599	601	586		
1-3	658	643	613		15-3	560	540	559		
2-1	639	615	624	620	16-1	601	584	555	578	
2-2	600	610	608		16-2	614	596	569		
2-3	631	638	618		16-3	548	563	575		
3-1	614	619	636	615	17-1	567	559	571	574	
3-2	600	615	601		17-2	619	575	579		
3-3	610	614	627		17-3	562	568	563		
4-1	559	592	573	567	18-1	569	567	548	562	
4-2	575	577	592		18-2	584	575	555		
4-3	536	555	540		18-3	551	559	547		
5-1	566	584	598	580	19-1	584	566	588	586	
5-2	588	571	584		19-2	591	574	584		
5-3	578	563	586		19-3	601	610	579		
6-1	565	578	567	574	20-1	563	544	592	569	
6-2	559	600	635		20-2	582	575	566		
6-3	548	544	567		20-3	559	551	592		
7-1	597	610	551	586	21-1	569	567	584	562	
7-2	592	586	578		21-2	557	584	569		
7-3	582	599	580		21-3	538	536	557		
8-1	571	594	575	581	22-1	601	579	571	578	
8-2	555	586	577		22-2	563	569	584		
8-3	597	608	565		22-3	569	602	560		
9-1	573	598	564	575	23-1	531	578	587	564	
9-2	557	575	542		23-2	542	580	511		
9-3	580	597	586		23-3	607	571	570		
10-1	640	643	597	614	24-1	592	599	582	595	
10-2	605	608	605		24-2	581	604	586		
10-3	603	601	628		24-3	610	600	599		
11-1	588	584	587	580	25-1	567	592	581	581	
11-2	557	609	588		25-2	569	599	585		
11-3	542	597	567		25-3	582	574	584		
12-1	590	578	582	594	26-1	576	600	597	574	
12-2	563	582	538		26-2	559	581	569		
12-3	638	648	631		26-3	561	529	592		
13-1	628	603	588	607	27-1	603	588	570	584	
13-2	619	608	599		27-2	559	602	585		
13-3	597	633	590		27-3	569	622	557		
14-1	617	592	605	617						
14-2	644	624	619							
14-3	614	621	617							

Deney tasarımına göre kuru şartlarda yapılan taşlama sonrası enjektör gövde numunelerinin taşlanan alını yüzeyinde ölçülen sertliklerin ortalamasının, ısıl işlemlili orijinal numune alını yüzeyinden mesafeye ($a_0+a_1+a_2$) bağılı olarak dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Isıl işlemlili orijinal yüzeyden itibaren aynı mesafeler göz önüne alındığında, ölçülen bu sertliklerin hem beklenen aralığın altında kaldığı hem de taşlamanın 0,046 mm'lik kesme derinliğinde ve yağ soğutmalı olarak yapıldığı gerçek üretim prosesinde ölçülen değerlerden genel itibariyle daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Yüzeysel sertleştirilmiş ve hazırlık amacıyla alını 0,03 mm derinlikte taşlanmış enjektör gövde numunelerinin deneylerde kuru olarak taşlanan alını yüzeylerinde ölçülen sertlik değerlerinin ısı işlemlili orijinal numune alını yüzeyinden mesafeye göre dağılımı ve üretimde yağ ile yapılan taşlama sonrası ölçülen sertlikler ile karşılaştırılması

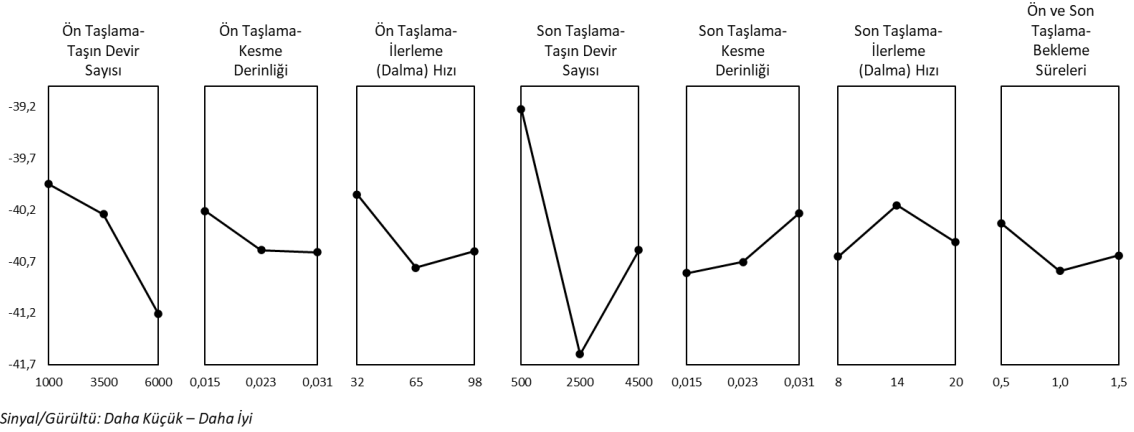
Numunelerin taşlanan alını yüzeyi Nital 4 çözeltisi ile dağlanmış. Dağlanan yüzeyde taşlama yanığı olarak değerlendirilebilecek bir renk değişimine veya yüzey çatlaklarına rastlanmamıştır. Sertlik düşüşünün, kuru taşlama ile malzemenin maruz kaldığı ısı girdisinin yanık meydana getirmeye yetecek düzeyde olmamasına rağmen ilave bir meneviş etkisi ortaya çıkartarak yüzey mikroyapısında değişime yol açmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Sementasyon ve menenşleme işlemlerine tabi tutulmuş orijinal enjektör gövde numunelerinin alını yüzeyinden, hazırlık amaçlı taşlamanın derinliği ve deneylerdeki toplam kesme derinliği ($a_0+a_2+a_2$) kadar mesafede beklenen sertlik değerleri ile deney programına göre taşlanmış yüzeylerde ölçülen sertlik değerlerinin ortalaması arasındaki fark olan ΔH değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Yüksek değerlerde olması taşlama yanığı oluşum riskini yansıtan ΔH değerleri için Taguchi'nin "daha küçük - daha iyi" performans karakteristiği esas alınmış; bu karakteristik için hesaplanan Sinyal/Gürültü (S/N) oranları da Tablo 5'te verilmiştir. Her parametre için S/N oranlarının grafiksel gösterimi ise Şekil 7'de yer almaktadır. Bu oranın maksimum değerine karşılık gelen seviye değeri ilgili parametrenin optimumu olurken; maksimumu ve minimumu arasındaki fark, ilgili parametrenin sertlik düşüşüne etki düzeyini ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Enjektör gövde numunelerinin taşlanan alını yüzeylerinde ölçülen ortalama sertlik H_t ile ısı işlemlili orijinal numunelerin alını yüzeyinden toplam taşlama derinliği kadar mesafede ($a_0+a_1+a_2$) beklenen sertlik H_0 arasındaki farklar ($\Delta H = H_0-H_t$) ve Taguchi'nin "daha küçük - daha iyi" performans karakteristiğine göre hesaplanan Sinyal/Gürültü oranları

Kınagu, Hasan Melih; Atak, Mehmet; Turmuş, Şevki; Erhuy, Cemil Günhan; Bir Dizel Enjektör Gövdesinin Alın Yüzeyinde Taşlama Yanığından Kaçınmak İçin Taşlama Proses Parametrelerinin Optimizasyonuna Yönelik Deneysel Bir Çalışma

D deney No	$a_0+a_1+a_2$ (mm)	ΔH (HV0,3)	S/N Oranı	D deney No	$a_0+a_1+a_2$ (mm)	ΔH (HV0,3)	S/N Oranı	D deney No	$a_0+a_1+a_2$ (mm)	ΔH (HV0,3)	S/N Oranı
1	0,060	110	-40,82	10	0,060	126	-42,00	19	0,060	154	-43,75
2	0,068	112	-40,98	11	0,068	152	-43,63	20	0,068	163	-44,24
3	0,076	108	-40,66	12	0,076	129	-42,21	21	0,076	161	-44,13
4	0,068	165	-44,34	13	0,068	125	-41,93	22	0,068	154	-43,75
5	0,076	143	-43,10	14	0,076	106	-40,50	23	0,076	159	-44,02
6	0,084	140	-42,92	15	0,084	137	-42,73	24	0,084	119	-41,51
7	0,076	137	-42,73	16	0,076	145	-43,22	25	0,076	142	-43,04
8	0,084	133	-42,47	17	0,084	140	-42,92	26	0,084	140	-42,92
9	0,092	128	-42,14	18	0,092	141	-42,98	27	0,092	119	-41,51



Şekil 7. Sertlik farkına yönelik olarak deney tasarımındaki her parametre için “daha küçük – daha iyi” performans karakteristiğine göre hesaplanan Sinyal /Gürültü oranlarının grafiksel gösterimi

Parametrelerin sertlik değişimindeki katkı yüzdeleri de varyans analizi ile hesaplanmış olup, grafiksel gösterimi de doğrular şekilde, en etkin parametrenin %58,8’lik katkı ile son taşlama adımında taşın devir sayısı olduğu saptanmıştır. Bunu, %18,9’luk katkı ile ön taşlama adımında taşın devir sayısı izlemiştir. Üçüncü sırada %8,9 ile son taşlama işlemindeki ilerleme (dalma) hızı, dördüncü sırada %6,3 ile son taşlamadaki kesme derinliği, beşinci sırada da %4,8 ile ön taşlamadaki ilerleme (dalma) hızı yer almıştır. Her iki taşlama adımının sonundaki bekleme süreleri ve ön taşlama adımındaki kesme derinliğinin ise, sırasıyla %1,3 ve %1,0 katkı oranları ile son sıralarda olduğu görülmüştür.

Mevcut üretim prosesindeki taşlama parametreleri Tablo 6’da görülmektedir. Hesaplanan S/N oranlarına göre, taşlama ile sertlik değişimi ΔH ’yi minimize edecek optimal parametre seviyeleri ise Tablo 7’de verilmiştir. Optimal koşullardaki taşlamanın, ısıl işlem sonrası 0,03 mm derinlikte taşlanmış olan numunelere uygulandığı, taşlamanın kuru olarak yapıldığı ve taşlama esnasında iş parçasının 1500 dev/dak hız ile taşın tersi yönde döndüğü göz önünde bulundurulmalıdır.

D deney tasarımına göre belirlenen optimal taşlama koşullarının doğrulanması amacıyla 3 adet enjektör gövde numunesi ile doğrulama testleri yapılmıştır. Isıl işlemler bu orijinal gövdelerin alın yüzeyi, deney tasarımında olduğu gibi 0,03 mm derinlikte taşlandıktan sonra, Tablo 7’de verilen optimal koşullarda taşlama deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 6. Mevcut enjektör gövdesi üretim prosesinde taşlama parametrelerinin seviyeleri
(Soğutma şartları: Yağ ile taşlama / Numunede taşlama deneyinin başlangıcı: Isıl işlemlili orijinal alın yüzeyinden itibaren / Numunenin dönüş yönü ve hızı: Taşın tersi yönde ve 1500 dev/dak)

Ön Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_1 (dev/dak)	Ön Taşlama- Kesme Derinliği, a_1 (mm)	Ön Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_1 ($\mu\text{m/s}$)	Son Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_2 (dev/dak)	Son Taşlama- Kesme Derinliği, a_2 (mm)	Son Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_2 ($\mu\text{m/s}$)	Ön ve Son Taşlama- Bekleme Süreleri, t_b (s)
3500	0,023	65	2500	0,023	14	1

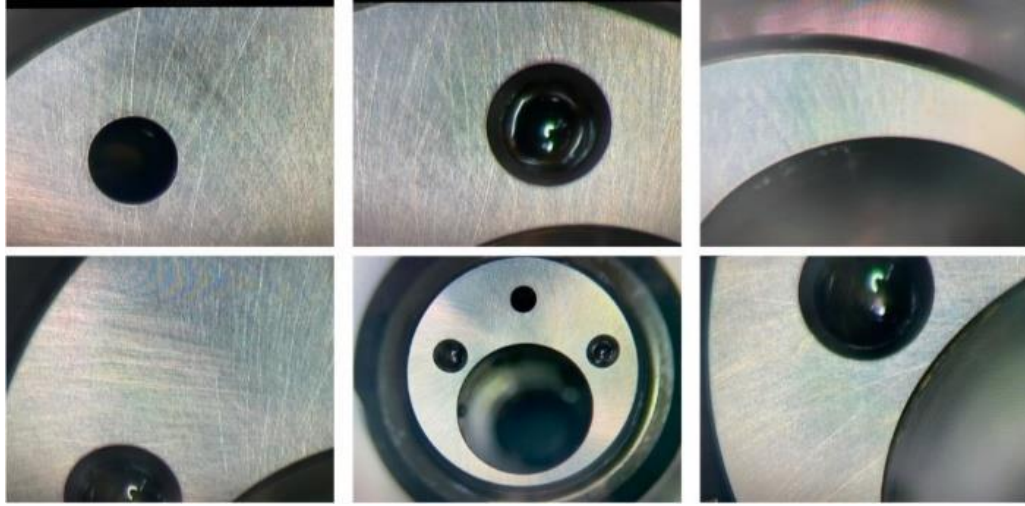
Tablo 7. Deney tasarımına göre sertlik düşüşünü minimize edecek optimal taşlama koşulları
(Soğutma şartları: Kuru taşlama / Numunede taşlama deneyinin başlangıcı: Isıl işlemlili orijinal alın yüzeyinden 0,03 mm'lik mesafe / Numunenin dönüş yönü ve hızı: Taşın tersi yönde ve 1500 dev/dak)

Ön Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_1 (dev/dak)	Ön Taşlama- Kesme Derinliği, a_1 (mm)	Ön Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_1 ($\mu\text{m/s}$)	Son Taşlama- Taşın Devir Sayısı, n_2 (dev/dak)	Son Taşlama- Kesme Derinliği, a_2 (mm)	Son Taşlama- İlerleme (Dalma) Hızı, v_2 ($\mu\text{m/s}$)	Ön ve Son Taşlama- Bekleme Süreleri, t_b (s)
1000	0,015	32	500	0,031	14	0,5

Doğrulama testi sonrası taşlanan yüzeyin ısıl işlemlili orijinal numune yüzeyinden mesafesi 0,076 mm'ye ulaşmış olup söz konusu yüzeyde Nital 4 çözeltisi ile yapılan dağlama sonrası taşlama yanığını karakterize eden bir renk değişimine rastlanmamıştır (Şekil 8).

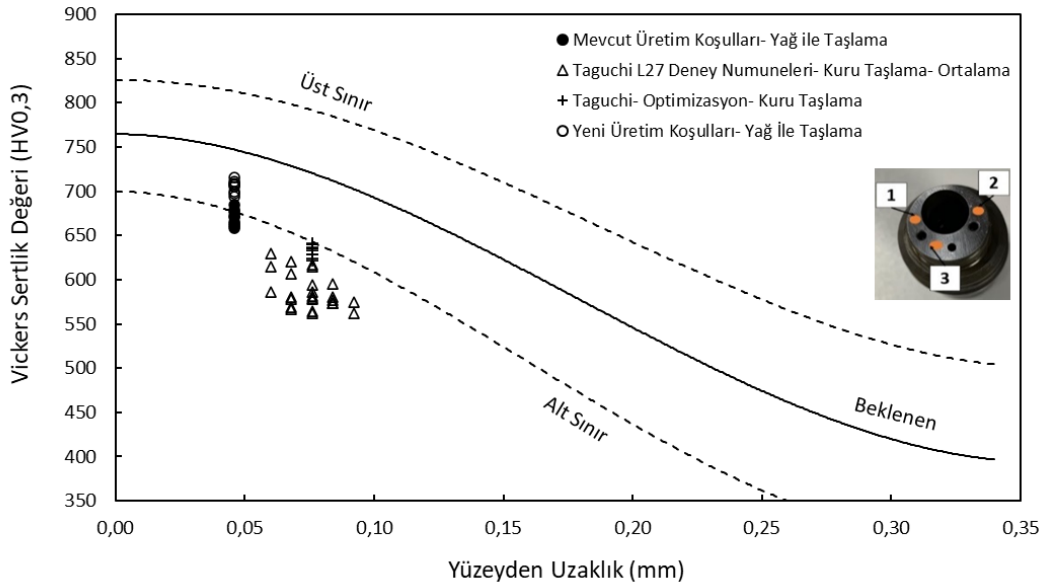
Doğrulama testi sonrası numunelerin taşlanmış alın yüzeyinde 3 noktadan yapılan ölçümlerde sertlik değerleri 622-641 HV aralığında (ortalama 632 HV) saptanmış olup ısıl işlemlili orijinal gövdenin alın yüzeyinden mesafeye göre sertliğin dağılımı Şekil 9'da verilmiştir. Taşlanmış yüzeyde beklenen sertliğe göre farkı ifade eden ΔH değerinin söz konusu derinlik (0,076 mm) için 81-100 HV aralığında (ortalama 90 HV) olduğu görülmüştür. Buradaki sertlik düşüşü, Taguchi deney tasarımına göre yapılan taşlama deneylerinde ortaya çıkan ve Tablo 5'te verilen ortalama ΔH değerlerinden küçüktür.

Mevcut enjektör gövdesi üretim prosesindeki taşlama operasyonları yağ soğutmalı olarak ve taşlamaya ısıl işlemlili orijinal enjektör gövdesinin alın yüzeyinden başlanıp ($a_0 = 0$) ön ve son taşlama adımlarında 0,023 mm'lik kesme derinliği verilerek ($a_1+a_2 = 0,046$ mm) yapılmaktadır. Mevcut prosesdeki diğer parametrelerin değeri Tablo 6'da verilmiş olup taşlanmış yüzeydeki sertlik değeri 660-685 HV aralığında (ortalama 670 HV) ölçülmüştür (Şekil 2, 6, 9). Söz konusu derinlikte (0,046 mm) beklenen sertlikten farklılaşmayı ifade eden ΔH değeri ise 61-88 HV arasındadır (ortalama 76 HV). Sertlikteki düşüşü minimize etmek için Taguchi deney tasarımı ile yapılan optimizasyondan faydalanılmıştır.



Şekil 8. Deneysel tasarımına göre belirlenen optimal koşullarda alını taşlanmış enjektör gövde numunelerinin taşlama yüzeyinin Nital 4 çözeltisi ile yapılan dağlama sonrası görünümü

(Soğutma şartları: Kuru taşlama \ Numunede taşlama deneyinin başlangıcı: Isıl işlemlili orijinal alın yüzeyinden 0,03 mm'lik mesafede \ Numunenin dönüş yönü ve hızı: Taşın tersi yönde, 1500 dev/dak)



Şekil 9. Deneysel tasarımdaki ve üretim koşullarındaki şartlara göre optimize edilmiş taşlama proses parametreleri ile enjektör gövdelerinin taşlanmış alın yüzeylerinde ölçülen sertlik değerlerinin ısıl işlemlili orijinal gövde alın yüzeyinden mesafeye göre dağılımı

Isıl işlemlili orijinal enjektör gövde numunelerinin alın yüzeyinden itibaren 0,03 mm derinlikte başlayan, kuru olarak gerçekleştirilen, numunelerin taşın tersi yönde ve 1500 dev/dak hız ile döndüğü taşlama işlemlerini kapsamında, Taguchi deney tasarımına göre oluşturulmuş deney programına göre, seçilen parametreler için belirtilen şartlarda saptanan optimal seviye değerleri (Tablo 7) gerçek üretim koşullarına uyarlanmıştır. Optimal koşullardaki toplam kesme derinliği, mevcut üretim prosesindeki taşlama işlemindeki ile aynı ($a_1+a_2 = 0,046$ mm) olmakla birlikte ön ve son taşlama adımlarındaki

değerleri farklıdır. Yeni üretim koşullarındaki taşlama prosesi, mevcut üretim koşullarındaki gibi yağ ile gerçekleştirilmiş; taşlamaya yine ısıl işlemlerle orijinal gövde alın yüzeyinden başlanmıştır ($a_0 = 0$). Yeni üretim koşullarındaki testler 3 adet numune ile yürütülmüş; taşlanan yüzeydeki 3 noktada sertlik 694-715 HV aralığında (ortalama 705 HV) ölçülmüştür (Şekil 9). Bu da 31-52 HV aralığında (ortalama 41 HV) sertlik düşüşüne karşılık gelmektedir. Taşlanmış yüzeyin Nital 4 çözeltisi ile dağlanmasında taşlama yanığını karakterize eden bir renk değişimine yine rastlanmamıştır.

Böylelikle, yağ ile taşlama yapılan mevcut üretim koşullarında 61-88 HV aralığında olan sertlik düşüşü, yapılan optimizasyon ile 31-52 HV aralığına gerileyerek taşlanmış yüzeydeki sertlik değeri alt tolerans sınırından uzaklaşmıştır. Enjektör gövdesinin yeni üretim koşullarında da taşlama operasyonu yağ ile yapılmakta olup beklenen sertlik değerine bir miktar daha yaklaşmanın farklı bir soğutucu akışkanla, örneğin su bazlı bir emülsiyon ile mümkün olabileceği öngörülmektedir. Buna karşılık, ürünün korozyon hassasiyeti nedeniyle taşlama prosesi için kullanılan özel yağ dışında farklı bir soğutma sıvısının seçimi mümkün olmadığından, taşlanan yüzeydeki sertlik düşüşüne rağmen sertliğin sınırlar dahilinde kalması nedeniyle taşlamanın yeni koşullar altında sürdürülmesi uygun görülmüştür.

4.Sonuç

Yüksek basınçlarda çalıştığı için dizel motorlarda kritik bir bileşen olan ve bu nedenle üretim prosesinde hassasiyet gerektiren enjektör gövdesinin taşlama operasyonu ve bu operasyonda taşlama yanığı oluşum riski ele alınmıştır. Gövde yüzeyi sementasyon ile sertleştirildikten ve menevişleme ısıl işlemine tabi tutulduktan sonra yakıt çıkış deliklerinin bulunduğu alın yüzeyine çanak taşlama işlemi uygulanmaktadır. Taşlanan yüzeyde kalıntı çekme gerilmesi oluşturarak gövdenin yapısal dayanımını zayıflatan taşlama yanıkları kesinlikle istenmemekte ve bunun bir göstergesi olan sertlik değişiminin, taşlama derinliğinde, ısıl işlemlerle orijinal gövde yüzeyinden itibaren mesafeye göre tanımlanmış sınırlar dahilinde kalması talep edilmektedir.

Enjektör gövdesinin mevcut üretim prosesinde, kaba aşındırıcı taneli taşla ön taşlama ve ince aşındırıcı taneli taşla son taşlama olarak iki kademedeki uygulanan çanak taşlama işleminde, parçadaki korozyon hassasiyetine de yanıt veren özel bir yağ kullanılarak soğutma sağlanırken, taşlanan alın yüzeyindeki sertlik alt sınıra yakın veya bu sınırın altında (beklenen değerden ortalama 76 HV daha düşük değerde) ölçülmektedir. Farklılığın nedeni, taşlamada malzemenin maruz kaldığı ısı girdisinin menevişli martenzit ve beynit yapıda bulunan, karbonca zengin olan yüzeye yakın bölgede ilave bir menevişleme etkisi sağlamasına dayandırılmıştır. Taşlanan yüzey Nital 4 çözeltisi ile dağlandığında taşlama yanığını karakterize eden herhangi bir renk değişimi gözlenmemesine rağmen ortaya çıkan sertlik düşüşünün, parçanın taşlamada maruz kaldığı ısı girdisinden kaynaklandığı yorumlanmıştır. Oluşan ısının taşlama yanığı meydana getirecek bir düzeyde olmamasına karşılık, bu yönde bir eğilim geliştirdiği değerlendirilmiştir.

Taşlama yanığının tespiti için nital dağlama sonrası yüzeyin görsel kontrolü, kimyasal analiz, mikroyapı inceleme, mikro-sertlik ölçümü, XRD, Eddy akımı testi, manyeto-elastik testler ve akustik emisyon izleme gibi yöntemlerden faydalanabilmekteyken; düşük yük değeri (0,3 kgf) altında Vickers sertlik testi ve nital dağlama sonrası görsel kontrol gibi, endüstriyel ortamda uygulanması kolay iki yöntem ile enjektör gövdesi taşlama prosesinde taşlama yanığı oluşum riski irdelenmiş; taşlama parametrelerinin bu oluşuma etkisi araştırılmıştır.

Enjektör gövdesi üretim akışındaki taşlama prosesi göz önüne alınarak çalışmada toplam 7 adet parametre ele alınmıştır. Bunlar, ön ve son taşlama adımlarında taşın devir sayısı, kesme derinliği ve ilerleme (dalma) hızı ile ön ve son taşlama adımlarındaki bekleme süreleridir. Her bir parametre için 3 seviye belirlenmiş ve Taguchi $L_{27}(3)^7$ deney tasarımı ile çalışılmıştır. Mevcut imalat prosesindeki gibi, ön ve son taşlama olarak iki adımda yapılan ve imalat prosesindeki gibi parçanın taşın tersi yönde ve prostesteki aynı devir sayısı ile döndüğü taşlama deneylerinde, kontrolü zor olan parametrelerin etkisini minimize etmek için, imalat koşullarından farklı olarak soğutucu sıvı kullanılmamış ve deneylere hazırlık amacıyla numuneler alın yüzeyinden itibaren 0,03 mm derinliğe kadar taşlanmıştır. Isıl işlemlerle orijinal gövdelerin alınından itibaren toplam taşlama derinliğinde beklenen sertlik değeri ile bu derinlikte taşlanan yüzeyde ölçülen sertlik arasındaki fark, deneylerin sayısal çıktısı olarak değerlendirilmiştir. Taşlanan yüzeylerin Nital 4 ile dağlanması sonucunda taşlama yanığına işaret eden bulguya rastlanmamıştır. Buna karşılık, deney tasarımındaki parametre seviye kombinasyonlarına bağlı olarak, taşlama sonrası sertlikte 106-163 HV arasında azalma kaydedilmiştir. Bu sertlik düşüşünün, mevcut üretim prosesinde yağla yapılan taşlama sonrasında kaydedilen düşüşten daha fazla olması, sertlik kaybına yol açan metalurjik dönüşümlerin, kuru şartlarda parçanın maruz kaldığı daha yüksek ısı girdisine bağlı olarak daha etkin hale gelmesine dayandırılmıştır.

Yapılan varyans analizi, sertlik düşüşünde en etkin parametrenin %58,8'lik katkı ile son taşlama adımında taşın devir sayısı olduğunu göstermiştir. Bunu, ön taşlama adımında taşın devir sayısı ve son taşlama adımında ilerleme (dalma) hızı, sırasıyla %18,9 ve %8,9'luk katkılarla izlemiştir. Dördüncü sırada %6,3'lük katkıyla son taşlamadaki kesme derinliği, beşinci sırada da %4,8'lik katkı ile ön taşlamadaki ilerleme (dalma) hızı yer almıştır. Ön taşlamada kesme derinliği ve her iki taşlama adımının sonundaki bekleme sürelerinin katkısı ise %1,5'un altında hesaplanmıştır.

Sertlikteki düşüşün en az düzeyde olması istendiğinden “daha küçük – daha iyi” performans kriteriyle her bir parametre için hesaplanan Sinyal/Gürültü oranlarına göre, sertlik düşüşünü minimize edecek seviyeler belirlenmiştir. Numune dönüş yönü ve devir sayısı ile taşlamanın başlatıldığı derinlik deney tasarımı çerçevesinde yürütülen deneyler ile aynı olmak üzere, yine kuru olarak yapılan doğrulama testleri sonrası taşlanan yüzeydeki sertlikler ölçülmüştür. Isıl işlemlerle orijinal gövde yüzeyinden itibaren toplam taşlama derinliği kadar mesafede beklenen sertlik değeri ile taşlanmış alın yüzeyinde ölçülen sertlik arasında belirlenen ortalama 90 HV'lik farkın, deney tasarımı kapsamında yapılan deneyler için kaydedilen sertlik düşüşlerinden az olduğu görülmüştür. Doğrulama test numunelerinin taşlanan alın yüzeyi Nital 4 çözeltisi ile dağlandığında, taşlama yanığını karakterize eden bir renk değişimi algılanmamıştır.

Deney tasarımındaki koşullara göre optimize edilen parametre seviyeleri, mevcut üretim prosesinde yağ soğutmalı olarak yapılan, kesme derinliğinin doğrudan ısı ile işlemlerle orijinal gövdenin alın yüzeyinden verildiği ve parçanın (devir sayısı değişmeden) taşın tersi yönde döndüğü enjektör gövdesi taşlama operasyonuna uygulanmıştır. Yeni taşlama koşullarında gerçekleştirilen testlerde ise, taşlanan yüzeyde ölçülen sertlik, aynı derinlikte beklenen sertlikten ortalama 41 HV daha düşük olarak kaydedilmiştir. Optimizasyon ile sertlik farklılaşmasında ortalama 35 HV'lik bir iyileştirme sağlanarak mevcut üretim koşullarında taşlanan yüzeyde ölçülen sertlik alt sınırdan uzaklaştırılıp güvenli bölgeye

taşınmıştır. Daha ileri düzeydeki bir iyileşmenin ise, soğutma sıvısı olarak yağ yerine su bazlı bir emülsiyonun kullanılması ile sağlanabileceği değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, ısı transfer özellikleri daha iyi bir taşlama yağı geliştirilmedikçe korozyon riski açısından bunun zor olacağı görülmüştür.

Kaynaklar

- Alagumurthi, N., Palaniradja, K., & Soundararajan, V. (2006). Optimization of grinding process through design of experiment (DoE)- A comparative study. *Materials and Manufacturing Processes*, 21(1), 19-21.
- Aravind, M. & Periyasamy, S. (2014). Optimization of surface grinding process parameters by Taguchi method and response surface methodology. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 3(5), 1721-1727.
- Baumgart, C., Heizer, V., & Wegener, K. (2018). In-process workpiece based temperature measurement in cylindrical grinding. *Procedia CIRP*, 77, 42-45.
- Aguiar, P. R., Dotto, F. R. L., & Bianchi, E. C. (2005). Study of thresholds to burning in surface grinding process. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 27(2), 150-156.
- Del R.F., Dix, M., & Tagliaferri, F. (2019). Grinding burn on hardened steel: Characterization of onset mechanisms by design of experiments. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(9), 2889-2905.
- Deresse, N. C., Deshpande, V., & Taifa, I. W. (2020). Experimental investigation of the effects of process parameters on material removal rate using Taguchi method in external cylindrical grinding operation. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(2), 405-420.
- Dong, D., Guo, G., Yu, D., An, Q., & Chen, M. (2015). Experimental investigation on the effects of different heat treatment processes on grinding machinability and surface integrity of 9Mn2V. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(5-8), 1165-1174.
- Gu, B.P., Yang, Z.S., Pan, L., & Wei, W. (2016). Evolution of the microstructure, mechanical properties, and high-order modal characteristics of AISI 1045 steel subjected to a simulative environment of surface grinding burn. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82(1-4), 253-263.
- Günay E., Yurdakul M., İç, Y. T., Mızrak H. V., & Güneş S. (2018). Kam makarasının dış çap yüzey taşlama işleminde etkili olan faktörlerin deney tasarımı kullanılarak en iyilenmesi. *Politeknik Dergisi*, 21(1), 27-37.
- Handa, D., Kumar, S., Surendran, S. B. T., & Sooraj, V. S. (2021). Simulation of intermittent grinding for Ti-6Al-4V with segmented wheel. *Materials Today: Proceedings*.
- He, B., Wei, C., Ding, S., & Shi, Z. (2019). A survey of methods for detecting metallic grinding burn. *Measurement*, 134, 426-439.

Jeevanantham, S., Sivaram, N. M., Smart, D. S. R., & Nallusamy, S. (2017). Optimization of internal grinding process parameters on C40E steel using Taguchi technique. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(19), 8660-8664.

Külekcı, M. K., (2013). Analysis of process parameters for a surface-grinding process based on the Taguchi method. *Materiali in Tehnologije / Materials and Technology*, 47(1), 105-109.

Lin, B., Zhou, K., Guo, J., Liu, Q. Y., & Wang, W. J. (2018). Influence of grinding parameters on surface temperature and burn behaviors of grinding rail. *Tribology International*, 122, 151-162.

Prabhu, S. & Vinayagam, B. K. (2012). AFM investigation in grinding process with nanofluids using Taguchi analysis. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60(1-4), 149-160.

Rudrapati, R., Pal, P. K., & Bandyopadhyay, A. (2016). Modeling and optimization of machining parameters in cylindrical grinding process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82(9-12), 2167-2182.

Saravanakumar, A., Dhanabal, S., Jayanand, E., & Logeshwaran, P. (2018). Analysis of process parameters in surface grinding process, *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 8131-8137.

Shahri, H. R. F., Akbari, A. A., Mahdavinejad, R., & Solati, A. (2018). Surface hardness improvement in surface grinding process using combined Taguchi method and regression analysis. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 12(2), 1-14.

Yang, Z. & Yu, Z. (2013). Experimental study of burn classification and prediction using indirect method in surface grinding of AISI 1045 steel. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(9-12), 2439-2449.

Zhang, H., Chen, W., Fu, X., & Huang, L. (2012). Temperature measurement and burn mechanism of stainless steel 1Cr11Ni2W2MoV in grinding. *In Materials Science Forum*, 723, 433-438.

Zhang, Y., Li, B., Yang, J., & Liang, S. (2018). Modeling and optimization of alloy steel 20CrMnTi grinding process parameters based on experiment investigation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(5), 1859-1873.

Investigating the Loading Abilities of Pistachia Sporopollenin Exine Capsules for Drug Delivery

Ayşe Asiye Culum¹
Funda Ersoy Atalay²
Harun Kaya³
Emel Yigit⁴

Introduction

Microencapsulation of molecules is an eminent strategy for protection from harsh conditions. This strategy sustains the stability of the molecule against degradation and solubility and is extensively applied in the pharmaceuticals, drug delivery, cosmetics and food industry [1]. Sporopollenin exine capsule (SEC) is the most robust structure in nature and extracted from the outer layer of the pollen grain. With their stability, uniformity and including apertures that enable molecule loading, SECs are recognized as a unique encapsulating material for drug delivery systems. They can pass through the gut wall intact, then, is degraded by an enzyme in the blood [2]. The advantages of SECs over other encapsulants involve their biocompatibility, uniformity in size and shape, characteristics of the surface, structural and thermal stability and mucoadhesiveness [3].

Pistachia SECs were included in this study for their porous morphology. SECs were extracted from pistachio pollen grains by the acidolysis method. The loading capacities of SECs with BSA were tested by two methods. The results proved the effective loading of SECs.

Materials and methods

SEC Extraction

SECs were extracted from pistachio pollen grains by the acidolysis method. The pollen grains were obtained from Gaziantep Pistachio Research Center. Twenty grams of pollen grains were suspended in 200 mL acetone. The mixture was placed in an ultrasonic bath and sonicated at 60 °C, 45 kHz and 100% power for 30 min. The mixture was stirred at 60 °C for 30 min. Treated pollen grains were divided into six 50 mL plastic tubes. The acetone was discarded and the samples were washed three times with pure water by centrifuging at 9000 rpm for 15 min. The samples were transferred to a clean 500 mL flask and 200 mL 6% KOH solution was added, then sonicated at 60 °C, 45 kHz and 100% power for 30 min. The mixture was stirred at 60 °C for 30 min. Treated pollen

¹ Ayşe Asiye Culum, Assist. Prof., Malatya Turgut Ozal University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Malatya Turkey, ayse.culum@ozal.edu.tr

² Funda Ersoy Atalay, Prof., Inonu University, The Faculty of Science and Arts, Department of Physics, Malatya, Turkey, funda.atalay@inonu.edu.tr

³ Harun Kaya, Assoc. Prof., Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Malatya, Turkey, harun.kaya@ozal.edu.tr

⁴ Emel Yigit, Prof., Inonu University, The Faculty of Science and Arts, Department of Biology, Malatya, Turkey, emelyigit@inonu.edu.tr

grains were divided into six 50 mL plastic tubes. The KOH was discarded and the samples were washed twice with pure water by centrifuging at 9000 rpm for 15 min. The samples were transferred to a clean 500 mL flask and 200 mL orthophosphoric acid was added, then sonicated at 70 °C, 45 kHz and 100% for 30 min. The mixture was stirred at 70 °C for 30 min. Treated pollen grains were divided into six 50 mL plastic tubes. The KOH was discarded and the samples were washed twice with pure water and ones with ethanol by centrifuging at 9000 rpm for 15 min. Then the SECs were dried in an oven at 60 °C.

BSA loading

The standard protein bovine serum albumin (BSA) was loaded into the SECs by passive and centrifuge loading. A hundred milligrams SEC and 10 mg/mL BSA were put into a microcentrifuge tube, vortexed for 10 min, then placed on to shaker for 1 hour for passive loading and centrifuged for 3 min at 12,000 rpm for centrifuge loading. Loaded samples were filtrated, rinsed with water, and frozen overnight. Then, they dried at room temperature and stored at -20 °C for further analyses. The loaded SECs were analyzed by TGA and FT-IR for their loading abilities.

Results

SEM images

The SEM images of raw pollen grains and the cross-section of SEC are shown in Fig. 1. The cross-sectional image of pistachio SEC indicates that the inner elements were evacuated, the surface was cleaned from fat and surface components.

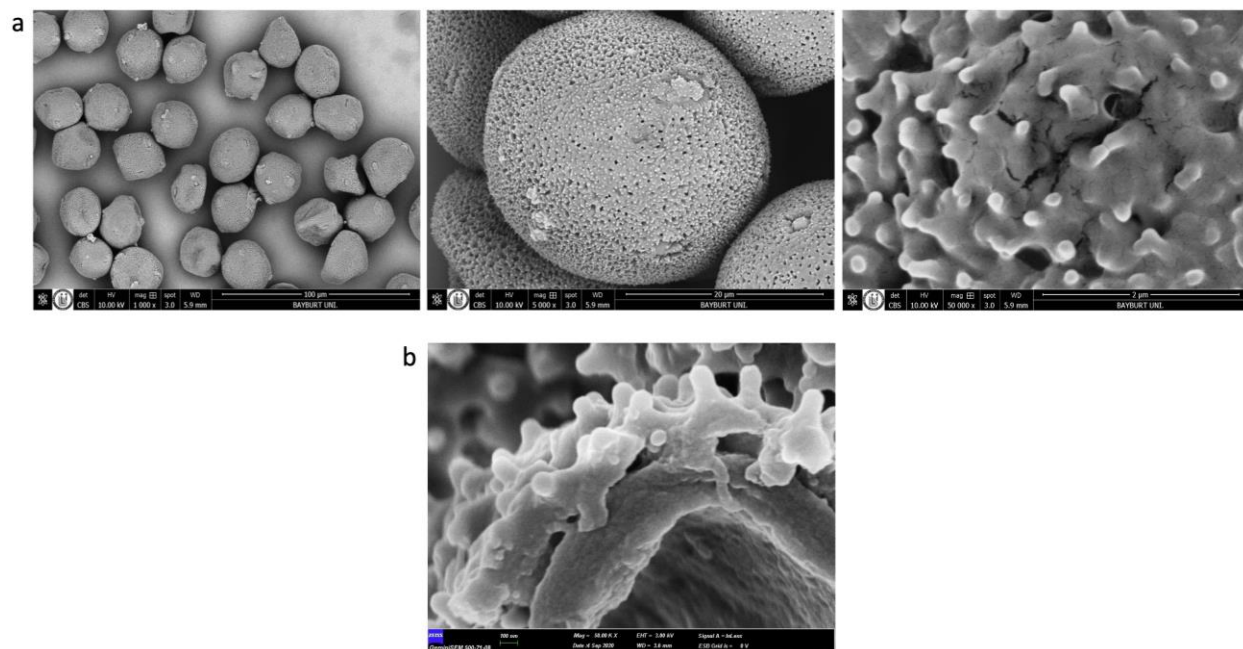


Fig. 1. The SEM images of raw pistachio pollen in different magnitudes (a), and cross-sectional image of pistachio SEC (b)

Elemental analysis

The nitrogen content indicates the amount of protein. The protein content is important, because, it is the source of allergic reactions. The content of carbon is found at 63.97%, hydrogen at 8.933% and nitrogen at 0.636%. 0.636% nitrogen content is acceptable and demonstrates successful protein removal.

FT-IR spectrum

The amide and carboxyl picks indicate the presence of protein as well as BSA in the FT-IR spectrum. The vertical lines represent protein picks, namely BSA. The absorbances of loaded SECs are increased when compared with SEC indicating that BSA was loaded to the SECs (Fig 2).

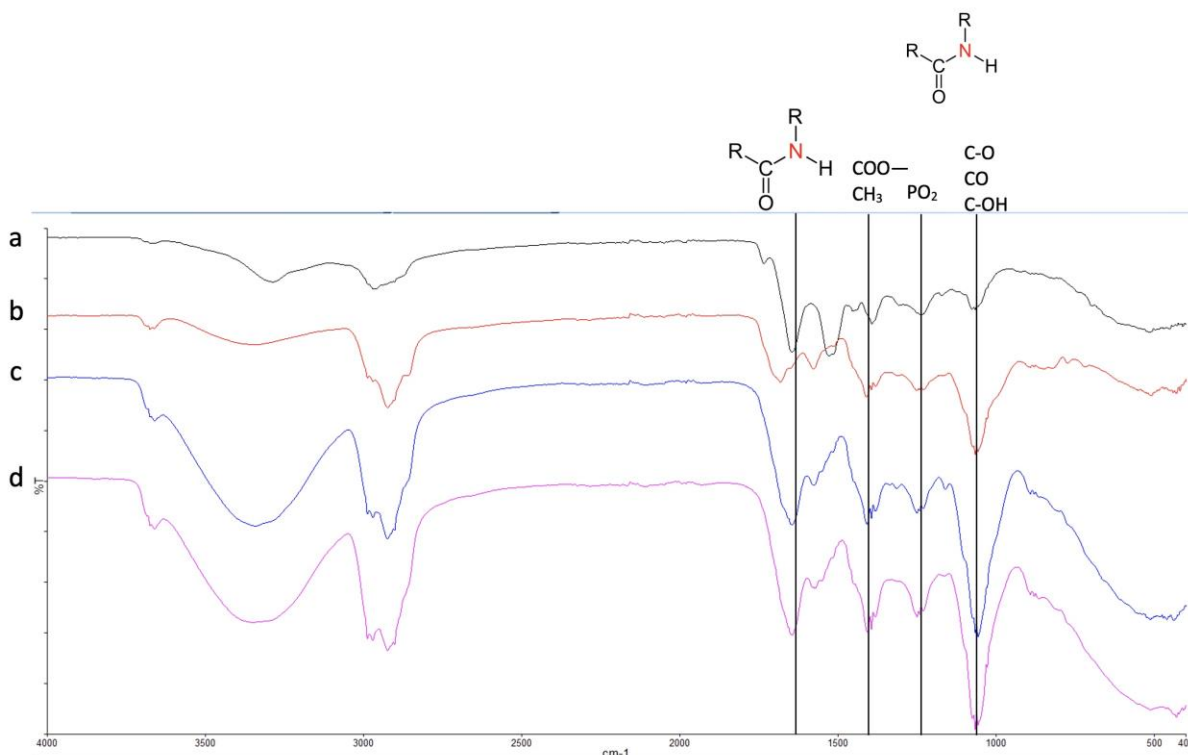


Fig. 2. The FT-IR spectrums of BSA (a), pistachio SEC (b), passive-loaded SEC (c), and centrifuge-loaded SEC (d)

TGA analysis

The thermogram of BSA consists of two steps, whereas SEC includes three main mass loss steps. The first mass loss step of BSA can be attributed to the phenol ring decomposition [4]. After loading BSA, the mass loss steps of thermograms of loaded SECs increased to four in both loading methods (Fig 3). The maximum decomposition and the higher thermal stability were recorded at 610 - 620 °C in SEC, and in BSA around at 600 °C. BSA shifted higher stability to 580 - 600 °C in loaded SECs. The additional second and third steps in loaded SECs are attributed to carbohydrates, protein, and fatty acids respectively [5], which is proof of BSA loading.

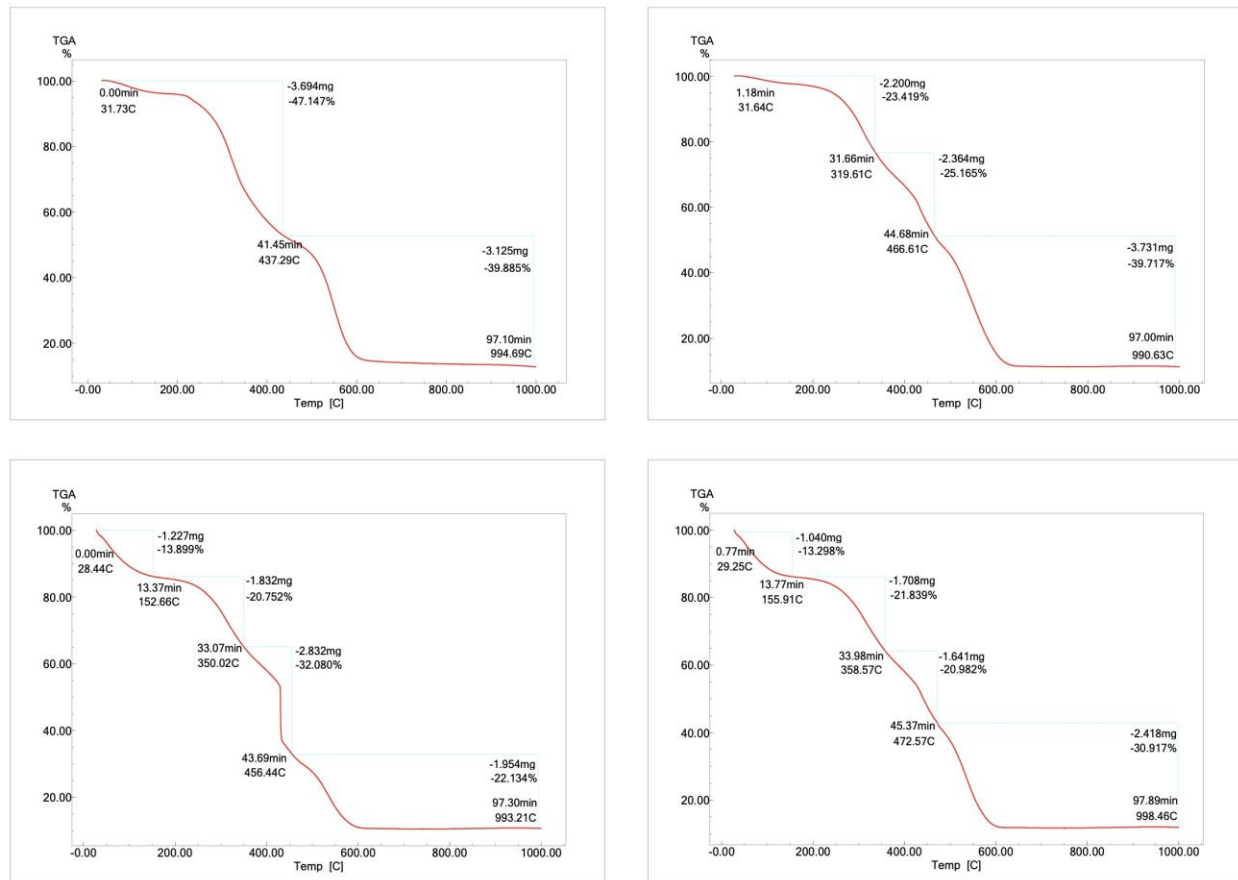


Fig. 3. The thermograms of BSA (a), pistachio SEC (b), passive-loaded SEC (c), and centrifuge-loaded SEC (d)

Conclusion

SECs are ecofriendly and cheap bio-templates for the use of multiple purposes. They carry a few advantages over other encapsulants with their nature, and the obtainability by nature-friendly and cost-effective extraction methods. SECs are safe and suitable vehicles for drug delivery, and this study indicates the loading capacities of SECs by passive and centrifuge-loading methods.

Acknowledgement

This work was supported by TUBITAK with project number 218M267 and Inonu University BAP with project number FBG-2019-1709 and FYL-2019-1710.

References

- [1] S. Barrier *et al.*, “Viability of plant spore exine capsules for microencapsulation,” *J. Mater. Chem.*, vol. 21, no. 4, pp. 975–981, 2011.
- [2] S. A. Hamad, A. F. K. Dyab, S. D. Stoyanov, and V. N. Paunov, “Encapsulation of living cells into sporopollenin microcapsules,” *J. Mater. Chem.*, vol. 21, no. 44, pp. 18018–18023, 2011.
- [3] L. Akyuz, I. Sargin, M. Kaya, T. Ceter, and I. Akata, “A new pollen-derived microcarrier for pantoprazole delivery,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 71, pp. 937–942, 2017.
- [4] M. Mujtaba, I. Sargin, L. Akyuz, T. Ceter, and M. Kaya, “Newly isolated sporopollenin microcages from *Platanus orientalis* pollens as a vehicle for controlled drug delivery,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. C 77, pp. 263–270, 2017.
- [5] M. Mujtaba, M. Kaya, and T. Ceter, “Differentiation of thermal properties of pollens on genus level,” *Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Ser. C*, vol. 27, no. 2, pp. 177–184, 2018.

Savaş Gemilerindeki Su Geçirmez Perde Yapısının Sualtı Patlama Yüklerine Karşı Optimizasyonu

*Mert Ayaz¹
Özgür Demir²*

Giriş

Savaş gemilerini, ticari gemilerden ayıran en önemli özellik savaş gemisinin silah sistemlerine sahip olmasıdır. Modern deniz savaşları, oldukça gelişmiş silah sistemlerine sahip savaş gemileri arasında yapılmaktadır. Su üstü savaş gemileri, teknolojisi günden güne hızla gelişen sensörler tarafından yönlendirilen hava, su üstü ve sualtı silahlarının tehdidi altında görevlerini sürdürmektedirler. Su üstü savaş gemileri bahsedilen görevlerini yerine getirmek amacıyla, karmaşık elektronik sistemlerle donatılmıştır. Gemilerde yer alan elektronik silah ve sistemlerin fazla olması tasarımcı açısından ağırlık problemleri yaratmış ve yapısal ağırlık anlamında tasarruf ihtiyacı doğmuştur. Bu sebeple eski savaş gemilerindeki ağır zırhlı plakalar rahatlıkla kullanılmayarak, yeni ve efektif bir yapısal tasarım anlayışı benimsenmiştir (Papanikolaou & Boulougouris, 2000).

Savaş gemileri için beka konusu, II. Dünya Savaşı sonrası çok daha önemli bir hal almıştır. Ülke donanmaları artık bazı silahların savaş gemileri için ciddi bir tehdit olduğunu kabullenmişti. Bunun ışığında savaş gemisi tasarımlarında defansif bir özellik olan beka kabiliyeti önemli yer edinmeye başlamıştı. Beka, savaş gemilerinin tehditlere karşı hasar almadan görev yapabilmesi, isabet alıp hasar gördüğünde de batmadan hayatta kalabilmesi yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Ball & Calvano, 1994).

NATO tarafından Ocak 2014'te savaş gemilerinin beka kavramı üç terim altında değerlendirilmiştir; tespit edilebilirlik (susceptibility), hasar görebilirlik (vulnerability) ve kurtarılabilirlik (recoverability) (Ataseven & Yılmaz, 2019). Bu üç terim, beka soğanı olarak adlandırılan kavramın ardışık katmanlarını temsil etmektedir. Beka soğanı anlayışında ilk katman, tehdit tarafından tespit edilmeyi engellemektir. Engellenemediğinde ikinci katman olarak hasar alındığında yapısal olarak bunu karşılayabilmek, direnebilmek gerektiği vurgulanmaktadır. Son katman ise hasar gördükten sonra platformun işlevini kaybetmesinin önlenmesi, platformun hasar alan sistem ve yapısının durumdan kurtarılabilmesi olarak değerlendirilmektedir. Bu konseptin tamamı savaş gemisinin beka kabiliyetini temsil etmektedir (Woolley vd., 2016).

Savaş gemilerinin, ticari gemilerden farklı olarak, yüksek koruma konseptinden kaynaklı daha fazla tehdide, dolayısıyla daha fazla yük bileşenine maruz kalması beklenmektedir. Bu beklenti gemi tasarımcıları tarafından farklı bir yapısal tasarım anlayışı benimsenmesine yol açmaktadır. Tasarım anlayışının katı olması, önemli bir yapısal eleman olan ve gemiyi bölmelere ayıran su geçirmez

¹ Mert Ayaz, Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, mertayaz93@gmail.com

² Özgür Demir, Dr. Öğr. Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Mak. Müh. Bölümü, ozgur@yildiz.edu.tr

perdelerin sayısının, savaş gemilerinde daha fazla sayıda konumlandırılmasına sebep olmaktadır (Piperakis vd., 2012).

Savaş gemilerinde bulunan su geçirmez perdelerin, yapısal taşıyıcılık ve bölmelendirme görevlerinin yanı sıra patlamaya ve parçalanmaya dayanıklı yapıda olması gerekmektedir. Tek katmanlı elemanlarla desteklenmiş panel yapısı yaygın kullanım olarak karşımıza çıkacağı gibi, çift katmanlı güçlendirilmiş ve elemanlarla desteklenmiş yapıdaki perde uygulamaları da görülmektedir. Bu perde uygulamaları, patlama basınçlarını yapı üzerinde doğru ileterek ve kendi bünyesinde sönmüleyerek, patlama etkilerinin diğer kompartımanlara ulaşmasını, orada bulunan önemli sistem ve ekipmanların zarar görmesini engellemeyi hedeflemektedir (Hetherington & Smith, 2014).

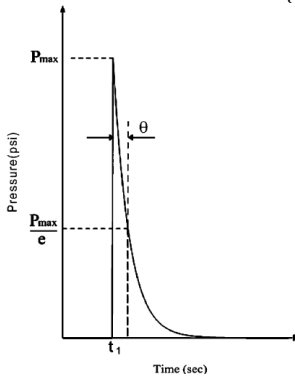
Mayın, torpido, sualtı bombası vb. sualtı patlayıcıların infilak etmesi sebebiyle bir şok dalgası oluşmakta ve su üstündeki savaş gemilerine etki etmektedir. Bu nedenle yüksek basınca dayanıklı savaş gemisi yapıları tasarlanması beklenmektedir. Savaş gemilerinin tasarım aşamasında, sualtı patlama basınçlarını ve yapının bu yüklere dayanımını üç boyutlu simülasyonlar ile görebilmek mümkündür (Sinha & Sarangdhar, 2008). Bu çalışmada, savaş gemilerinde bulunan farklı tipte su geçirmez perdelerin, sualtında gerçekleşen patlama yüklerine karşı yapısal optimizasyonu amaçlanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemiyle, ampirik olarak hesaplanan sualtı patlama basıncının perde yapısına zamana bağlı olarak uygulanmasıyla perde üzerindeki etkileri incelenerek, savaş gemilerindeki perde yapısını belirlemek adına bir optimizasyon yaklaşımı geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Sualtı Patlamalar

Sualtı patlama dinamikleri oldukça karmaşık olduğundan gemi tasarımcıları için endişe uyandırıcı bir olaydır. Su içerisinde belirli bir derinliğe yerleştirilmiş olan patlayıcının kimyasal reaksiyon sonucu yüksek basınç ve sıcaklıkta gaz durumuna geçme olayı sualtı patlaması olarak tanımlanmaktadır. Patlama ile patlayıcı içinde ve müteakiben etrafında yüksek sıcaklıklar ile birlikte çok yüksek basınçlar oluşmaktadır. Oluşan basınç patlayıcı etrafındaki gazdan suya geçerek patlayıcı geometrisine bağlı olarak çevredeki suya basınç dalgası şeklinde ses hızıyla yayılır. Buna ilk şok dalgası adı verilmektedir (Shin, 2004). Patlama sonucunda oluşan şok basıncının zamana bağlı grafiği Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1

Şok Basıncının Zamana Bağlı Grafiği



Not. Sualtında meydana gelen patlama sonucunda meydana gelen maksimum basınç ve zamana bağlı olarak azalım grafiğidir (Kim & Shin, 2008).

İlk şok dalgasının ardından, patlama etkisiyle oluşan yüksek sıcaklıkta gaz ve partikül içeren gaz baloncuk oluşmaktadır. Suyun hidrostatik basıncıyla kıyaslandığında daha yüksek basınca sahip gaz baloncuğunun çapı hızla artmakta ve iç basıncı yavaş yavaş düşmektedir. Bu basınç düşüşünden dolayı, su basıncı, kabarcık basıncından yüksek seviyeye geldiğinde bu defa baloncuk çapı azalarak, iç basıncı artmaktadır. Suyun kabarcık içine doğru hareketi, gazın sıkıştırılabilir hale gelmesine kadar devam etmektedir ve hareketin o andan itibaren aniden tersine dönmesine neden olmaktadır. Baloncuk bu hareketleri yaparken aynı zamanda, suyun kaldırma kuvveti etkisiyle de su yüzeyine doğru hareket etmektedir. Baloncuğun çapının büyüyüp küçülmesi hareketi ve dinamik basınç değişimleri, baloncuk su yüzeyine ulaşıncaya kadar sürmektedir (Shin, 2004).

Şekil 2

Sualtı Patlaması



Not. Amerikan donanmasına ait USS Arkansas gemisi yakınında meydana gelen sualtı patlaması, 17 Mart 1982 (Szturomski, 2015)

Sualtı Patlama Ampirik Basınç Hesaplamaları

Sualtı patlaması sonucu oluşan basınç dalgasının profili birçok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır. Araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen sualtı patlama testleri sonucunda kaydedilen verilerden ampirik formüller elde edilmiştir. Zamana bağlı olarak değişen sualtı patlama basıncını hesaplamak için gereken parametreler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1

Sualtı Patlama Temel Parametreleri

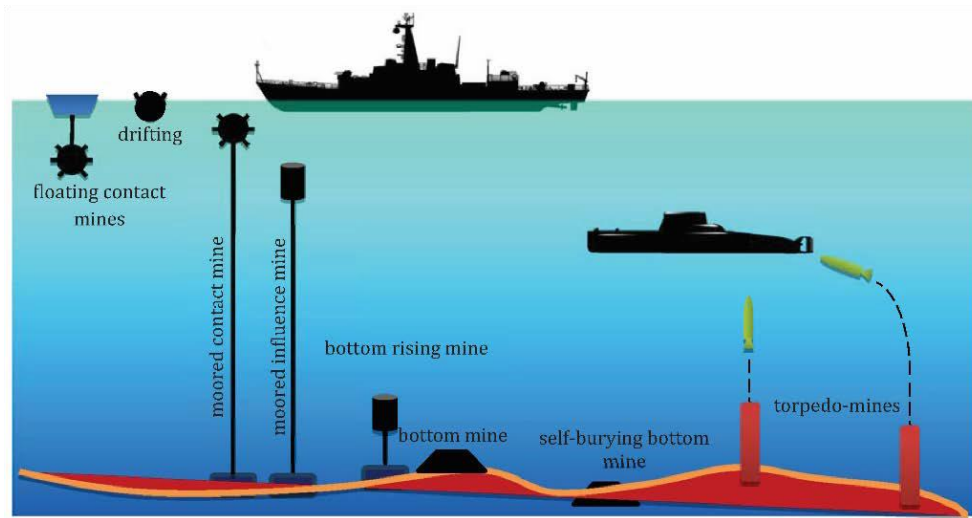
Sembol	Açıklama	Birim
m	Patlayıcı Kütlesi	kg
r	Patlayıcının hedefe olan uzaklığı	m
θ	Azalmı sabiti	ms
t	Zaman	ms

Not. Sualtı patlamasında meydana gelen basıncın ampirik olarak hesaplanabilmesi için gereken temel parametrelerdir. (Kiciński & Szturomski, 2020)

Patlama senaryosunu kurabilmek için öncelikle literatürde yer alan bir patlayıcı belirlenmiştir. Sualtı patlayıcıları arasında en yaygın kullanım alanına sahip olan deniz mayını, ilk kez Rus donanması tarafından Kırım Savaşı (1853-1856) esnasında kullanılmıştır. Şekil 3’de gösterilen mayın çeşitlerinden sabit dip mayını (bottom fixed mine) olarak kullanılan, Rus Donanması’na ait 750 kg TNT eşdeğerinde Serpey mayını, patlayıcı olarak belirlenmiştir (Szturomski, 2015). Patlama senaryosu Şekil 4’te gösterilmiştir.

Şekil 3

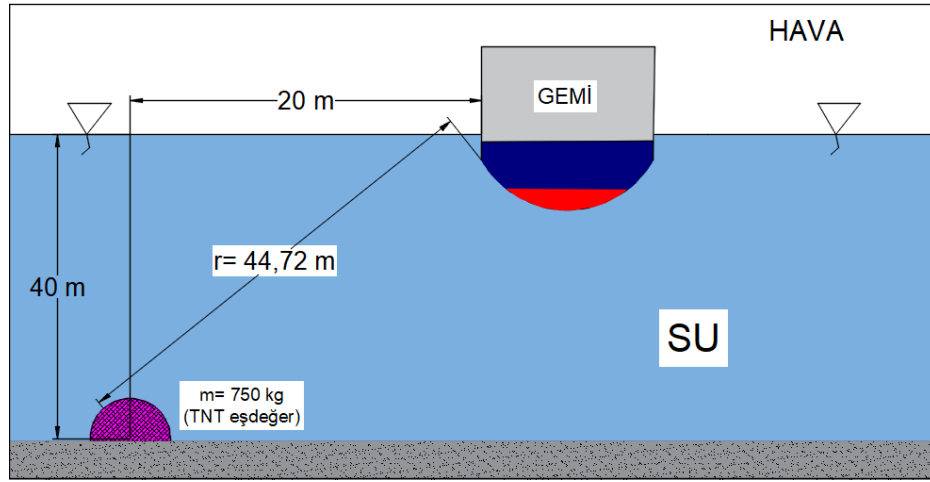
Deniz Mayını Çeşitleri



Not. (Szturomski, 2015)

Şekil 4

Patlama Senaryosu



Sualtı patlaması ile oluşan şok basıncını tespit edebilmek amacıyla literatürde de yer alan testler yapılmış, patlayıcı miktarı ile ölçüm mesafesi arasındaki bağıntı tespit edilerek ampirik formüller oluşturulmuştur. Literatürde yer alan bazı formüller Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışmada bu formüller kullanılarak basınç hesapları yapılmış, nihai basınç değerleri müteakibinde değerlendirilerek karar verilmiştir.

Tablo 2

Ampirik Sualtı Patlama Basıncı Hesaplama Formülleri

Sıra Nu.	Yazar, Yıl	Basıncı “P _{max} ve P(t)”				Azalış Sabiti “θ”
1	R.H. Cole, 1948	$P_{max} = 52.3 \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{1.13}$		$P(t) = P_{max} \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}$	$0.093 \sqrt[3]{m} \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{-0.22}$	
2	W. Stiepanow, 1966	$P_{max} = 52 \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{1.19}$		$P(t) = P_{max} \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}$	$0.07 \sqrt[3]{m} \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{-0.17}$	
3	A. H. Keil, 1956	$P(t) = K1 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{A1} \cdot e^{-\frac{t}{\theta}}$				
4	W. D. Reid, 1996	W. D. Reid	A. H. Keil	Raj. &Nar.	F. R. Ming	$0.07 \sqrt[3]{m} \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{r} \right)^{-0.17}$
5	Raj. &Nar., 2006	K1= 52.12 A1= 1.18	K1= 148.93 A1= 1.13	K1=52.16 A1= 1.13	K1= 29.9 A1= 1.81	
6	F. R. Ming, 2016	K2= 0.092 A2= -0.185	K2= 0.058 A2= -0.22	K2= 0.058 A2= -0.22	K2= 0.058 A2= -0.22	

Not. Altı adet yazar tarafından gerçekleştirilen sualtı patlama testleri sonucunda oluşturulan ampirik basınç ve parametrelerin formülleri verilmiştir. K1, K2, A1 ve A2 patlayıcı çeşidine göre değişen katsayılarıdır (Cole & Weller, 1948), (Kiciński & Szturomski, 2020), (Rajendran & Narasimhan, 2006), (Ming vd., 2016).

Tablo 2'deki formüller doğrultusunda, Şekil 4'te verilen patlama senaryosundaki değerler kullanılarak zamana bağlı basınç değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan basınç değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Hesaplanan Zamana Bağlı Basınç Değerleri

Zaman (ms)	Basınç (MPa)					
	R.H. Cole	W. Stiepanow	A. H. Keil	W. D. Ried	Raj. &Nar.	F. R. Ming
0,00	9,47	8,60	24,59	7,95	8,61	1,67
0,20	7,99	6,74	18,83	6,65	6,59	1,28
0,40	6,74	5,29	14,41	5,57	5,05	0,98
0,60	5,69	4,14	11,03	4,66	3,86	0,75
0,80	4,80	3,25	8,44	3,90	2,96	0,57
1,00	4,05	2,55	6,46	3,26	2,26	0,44
1,20	3,42	2,00	4,95	2,73	1,73	0,34
1,40	2,89	1,57	3,79	2,28	1,33	0,26
1,60	2,44	1,23	2,90	1,91	1,02	0,20
1,80	2,06	0,96	2,22	1,60	0,78	0,15
2,00	1,73	0,76	1,70	1,34	0,59	0,12

Altı farklı basınç hesaplaması elde edildiğinden, çalışmada uygulanacak değer için bir karar verilmiştir. 'A.H. Keil' adlı yazarın formülünden yapılan hesaplama sonucunda elde edilen basınç değerleri, diğer basınç değerlerine nazaran çok yüksek olduğundan riskli olduğu değerlendirilmiş ve ihmal edilmiştir. Kalan beş hesaplama değerleri için aritmetik ortalama değerler alınarak, çalışmanın nihai basınç değerleri (Tablo 4) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4

Çalışmada Kullanılan Nihai Zaman-Basınç Değerleri

Zaman (ms)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Basınç (MPa)	7,26	5,85	4,72	3,82	3,10	2,51	2,04	1,66	1,36	1,11	0,91

Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Yapısal Analiz

Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık mühendislik problemlerinde, bütünü parçalara ayırarak çözüme ulaşma prensibine dayanmaktadır. Sonlu eleman; bütün yapının ayrılan küçük parçası yani bölgesidir. Ayrılan küçük parçalara sayısal ağ (mesh) adı verilmektedir. Bu sayısal ağlara, yüklem koşulları altında nasıl davranış sergileyeceğini belirleyen malzeme bilgileri tanımlanarak, sayısal ağların yani yapının yer değiştirme, gerilme vb. analizleri yapılabilmektedir (Liu & Quek, 2003). Bu yöntem ilk olarak 1950'li yıllarda uzay alanındaki mühendislik çalışmalarında kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte makine, gemi, inşaat, uçak, atom vb. mühendislik alanlarında da kullanımı yaygınlaşmıştır (Fish & Belytschko, 2007).

Önceki bölümlerde kararı verilen nihai basınç değerleri, sonlu elemanlar yöntemi vasıtasıyla, savaş gemilerinde bulunan sızdırmaz perde yapılarına uygulanmıştır. SE (sonlu elemanlar) uygulaması için bilgisayar destekli mühendislik (CAE) paket programı olan ANSYS kullanılmıştır. Perde yapısı olarak üç farklı alternatif yapı tasarımı yapılmıştır.

Gemilerde bulunan sızdırmaz perdeler, yapısal taşıyıcılık görevlerinin yanında gemiyi boyuna bölmelere ayırarak, yaralanma ve akabinde bölmeye su dolması durumunda, gemi stabilitesinin kaybolmadan yüzme işlevini gerçekleştirmesini sağlamaktır. Savaş gemilerinde ise temel görevlerinin yanı sıra beka isteklerinden kaynaklı olarak, sualtı veya su üstünde gerçekleşebilecek patlamalara karşı kendi yapısı içerisinde sönmeye yapmak, komşu mahallere bu patlama etkisinin iletilmesini önlemek gibi görevleri üstlenmektedirler. Savaş gemileri tasarlanırken, tüm bu görevleri gerçekleştirebilecek, tüm yüklere dayanabilecek mukavemet açısından en iyi sızdırmaz perde yapısının tasarlanması hedeflenmektedir.

Yaygın kullanıma sahip sızdırmaz perde yapısı, enine ve boyuna profil elemanlarla güçlendirilmiş tek plaka şeklindedir. Bazı savaş gemilerinde bu yapıdan farklı olarak, patlamaya ve parçalanmaya daha dayanıklı çift katmanlı perde uygulamaları bulunmaktadır (Hetherington & Smith, 1994).

Sonlu elemanlar yöntemi ile yapısal analizi gerçekleştirmek için aşamalar şu şekildedir:

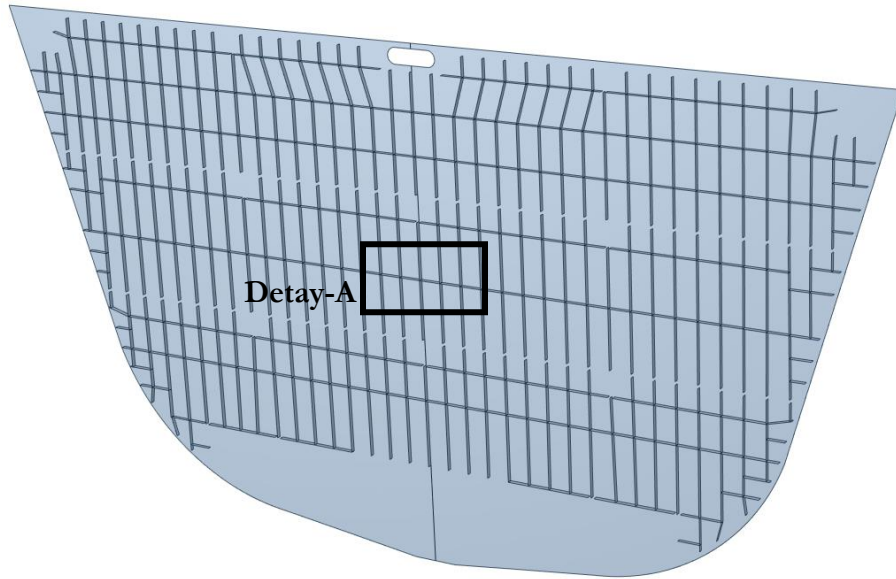
- Yapıların modellenmesi
- Malzeme bilgisi tanımlanması
- Eleman tipi belirlenmesi
- Sayısal ağ boyutu belirlenmesi ve sayısal ağ oluşturulması
- Sınır koşulu tanımlanması
- Yükleme koşullarının tanımlanması

Modelleme

Tasarlanan üç farklı tipte perde yapısı “Yapı-1”, “Yapı-2” ve “Yapı-3” olarak adlandırılmıştır. Yapı-1, tek katmandan oluşan, boyuna ve enine olarak eşit aralıklarla profillerle güçlendirilmiş olan alternatiftir. Yapı-2, çift katmanlı arası profil elemanlarla güçlendirilmiş olan alternatif olarak belirlenmiştir. Yapı-3 ise Yapı-2’ye ilave olarak ikinci katman ile güverte arasına profillerin bastığı yerlere braket eleman yerleştirilmiştir. Yapı-1’den başlayıp Yapı-3’e kadar yapılan yapısal iyileştirmelerin, aynı patlama yüklerine karşı yapısal olarak verdiği tepkiler incelenerek mukavemetleri kıyaslanmıştır. Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de üç farklı alternatif sızdırmaz perde yapısı gösterilmiştir.

Şekil 5

Elemanlarla Desteklenmiş Tek Perde Yapısı ‘Yapı-1’

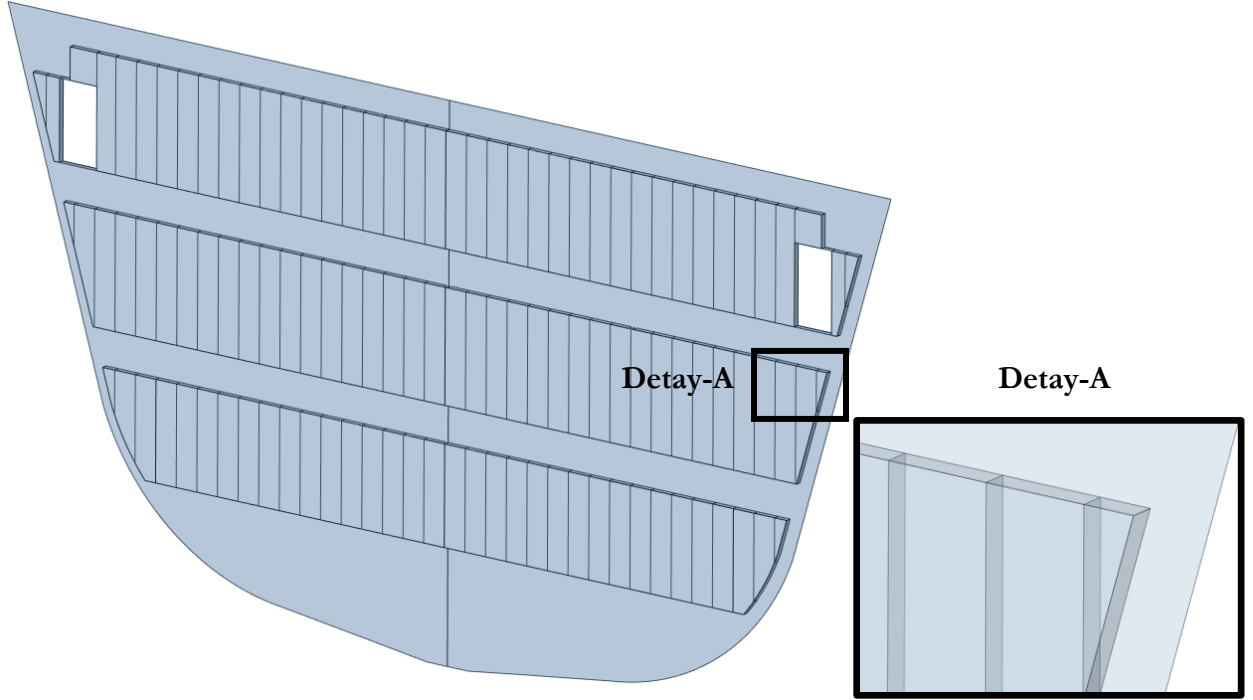


Detay-A



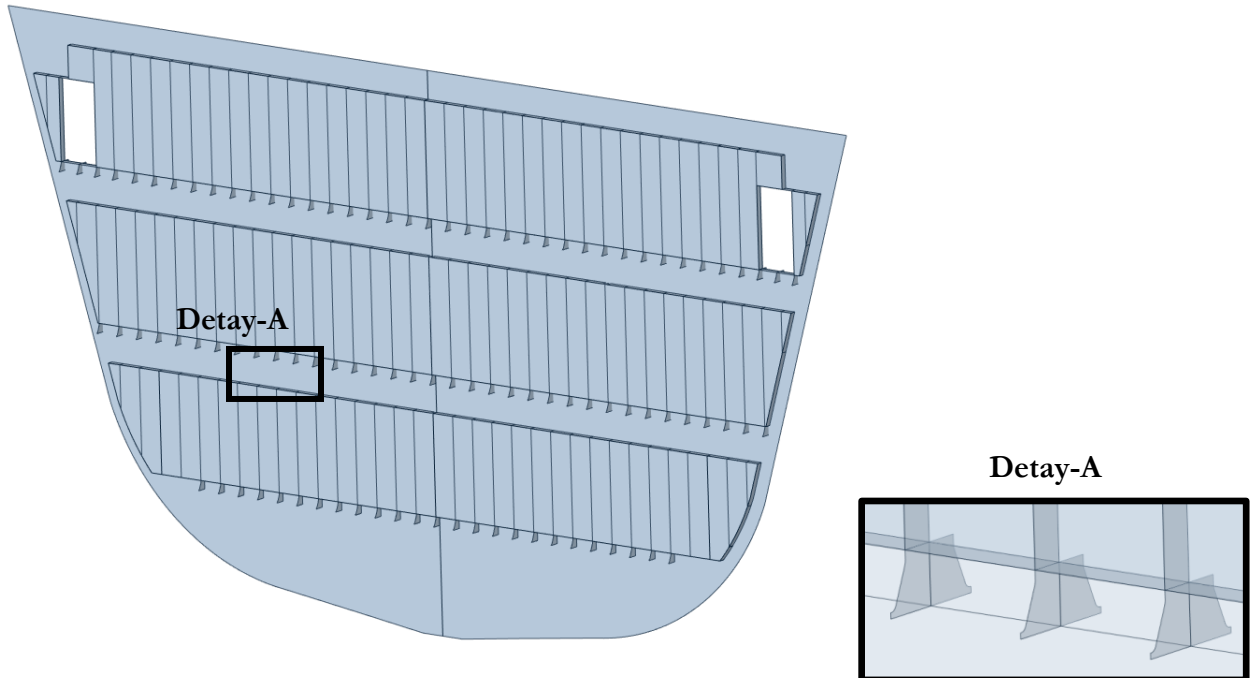
Şekil 6

Elemanlarla Desteklenmiş Çift Perde Yapısı 'Yapı-2'



Şekil 7

Elemanlarla ve Braketlerle Desteklenmiş Çift Perde Yapısı 'Yapı-3'



Malzeme Bilgisi

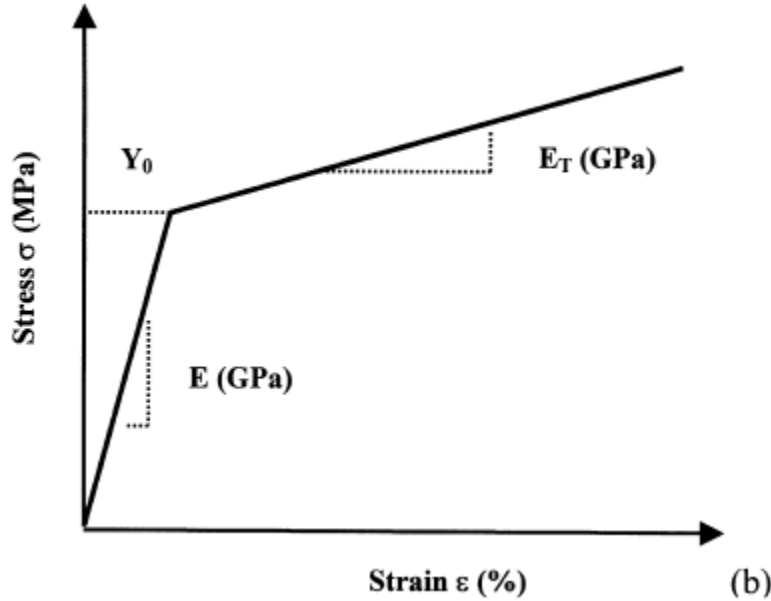
DH-36 yapı çeliği, sertlik, korozyona dayanım, mukavemet ve işlenebilirlik açısından yüksek özelliklere sahip yüksek mukavemetli yapı çeliği olarak denizcilik sektöründe ve diğer yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır (Nemat-Nasser & Guo, 2003). Çalışmada kullanılan yapılar, doğrusal olmayan malzeme mekanik özelliklerine sahip bilineer DH-36 malzeme özelliği tanımlanmıştır.

Günümüzde yapılan yapı analizlerinin çoğu doğrusal elastik teori baz alınarak gerçekleştirilmektedir. Malzeme akma noktasının üzerindeki gerilmeler için doğrusal olmayan (elastik-plastik) malzeme davranışı olmakta ve bu yüzden elastik teoriyle yapılan hesapların sonuçlarının gerçekliği tartışılmaktadır. Hesap ve analizlerde doğrusal olmayan malzeme özellikleriyle yapılan yapı analizlerinde gerçek yapısal davranışa daha çok yaklaşılarak, daha emniyetli ve daha ekonomik yapılar tasarlanabilmektedir (Damcı, 2008).

Doğrusal olmayan malzemelere ait malzeme modeli oluşturulurken bilineer malzeme kanunundan faydalanılmıştır. Bilineer malzeme modelinde, yük altındaki malzeme, akma gerilmesine ulaşana kadar elastik bölgede elastisite modülü doğrultusunda hareket etmektedir. Akma gerilmesi noktasından sonra malzeme plastik uzama davranışı sergilemektedir ve tanjant modülü (E_T) tanımlanarak gerilmeye karşılık gelen uzama belirlenmektedir (Pelletier vd., 2000). Bilineer malzemeye ait gerilme-gerinme grafiği Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8

Bilineer Malzeme Gerilme-Gerinme Grafiği



Not. 'E' elastisite modülü, 'E_T' plastik bölgedeki tanjant modülü, stress (gerilme) MPa birimi cinsinden, strain (gerinme) % cinsinden verilmiştir (Pelletier vd., 2000).

Bilineer malzeme grafiği (Şekil 8) baz alınarak DH-36 mekanik malzeme özellikleri tanımlanmış ve çalışmada kullanılan malzeme modeli nihayetlendirilmiştir. DH-36 çeliğine ait malzeme özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

DH-36 Çeliği Mekanik Malzeme Özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Poisson Oranı	Yoğunluk (t/mm ³)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Tanjant Modülü (N/mm ²)
DH-36	2.1x10 ⁵	0.28	7.85x10 ⁻⁹	355	490	1450

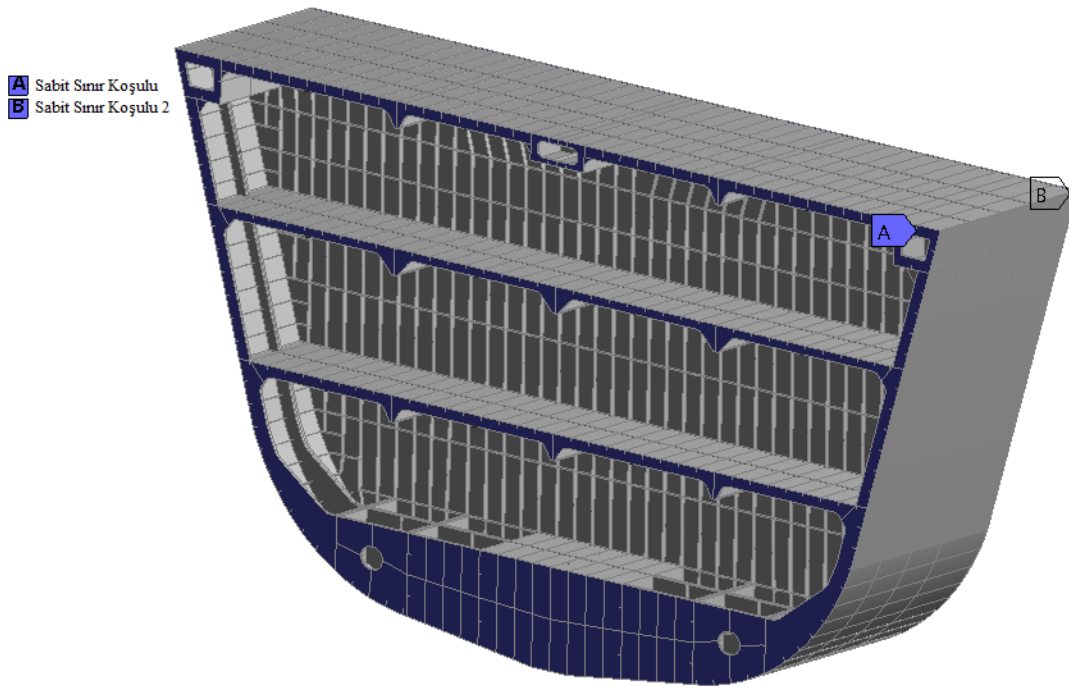
Not. Doğrusal olmayan bilineer mekanik malzeme özellikleri verilmiştir. Tanjant modülü, malzemeye ait plastik bölgedeki birim uzama için gerekli gerilmeyi ifade etmektedir (Matmatch GmbH, t.y.).

Sınır Koşulu

Sızdırmaz perde yapılarının yapısal davranışını doğru şekilde inceleyebilmek için gemi kesiti modellenmiştir. Uygulanan sınır koşulu gemi kesitinin baş ve kılıcında bulunan tüm çizgi ve yüzey elemanlarından sabitlenmiş, hareketleri kısıtlanmıştır (ALLDOF=0). Modele ait sınır koşulu Şekil 9'da gösterilmiştir.

Şekil 9

Sınır Koşulları (ALLDOF=0)



Sayısal Ağ Boyutu

Analizi yapmadan önce, sayısal ağ boyutunun sonuca etkisini incelemek açısından sayısal ağ yakınsama çalışması yapılmıştır. 250 mm, 175 mm ve 125 mm boyutlarındaki elemanlarla sayısal ağ oluşturularak basit perde modeli üzerindeki sonuçlar incelenmiş ve gerilme değerleri %1-2 seviyesinde yakınsadığı için, daha düşük sayısal ağ boyutu denemesi yapılmamış, 125 mm sayısal ağ boyutuna karar verilmiştir. Yakınsama çalışması sonuçları Tablo 6'da nihai kararı verilen sayısal ağ boyutuna sahip modelin görüntüsü Şekil 10'da gösterilmiştir.

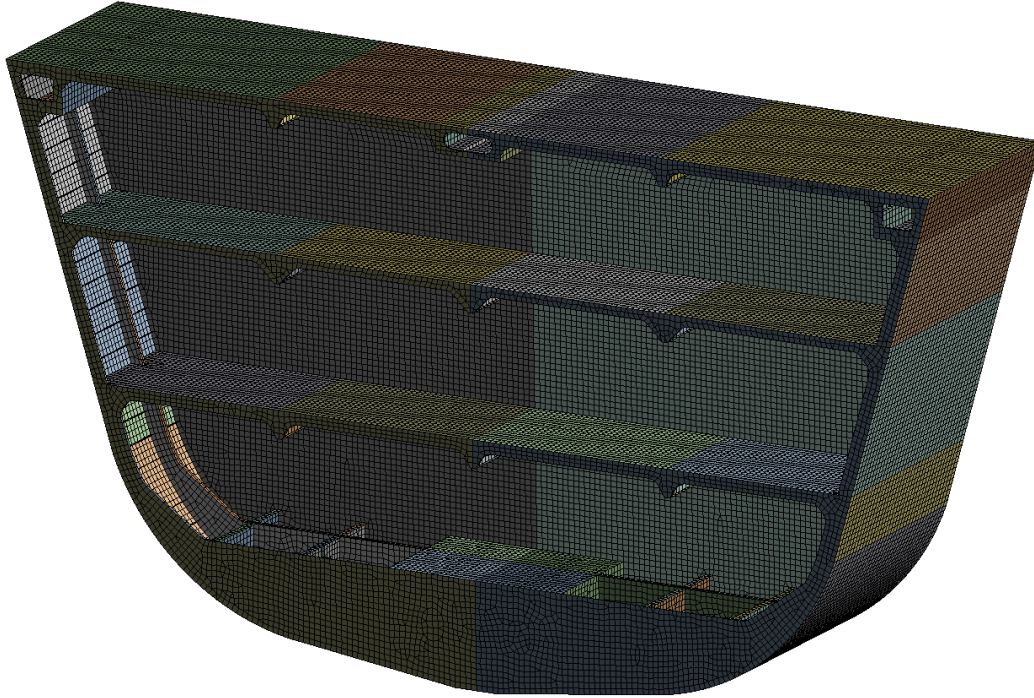
Tablo 6

Sayısal Ağ (Mesh) Boyutu Yakınsama Çalışması Gerilme Değerleri

Sayısal Ağ Boyutu	Maksimum Von-Mises Gerilmesi
250 mm	424 MPa
175 mm	467 MPa
125 mm	475 MPa

Şekil 10

125 mm Sayısal Ağ Boyutuna Sahip Model

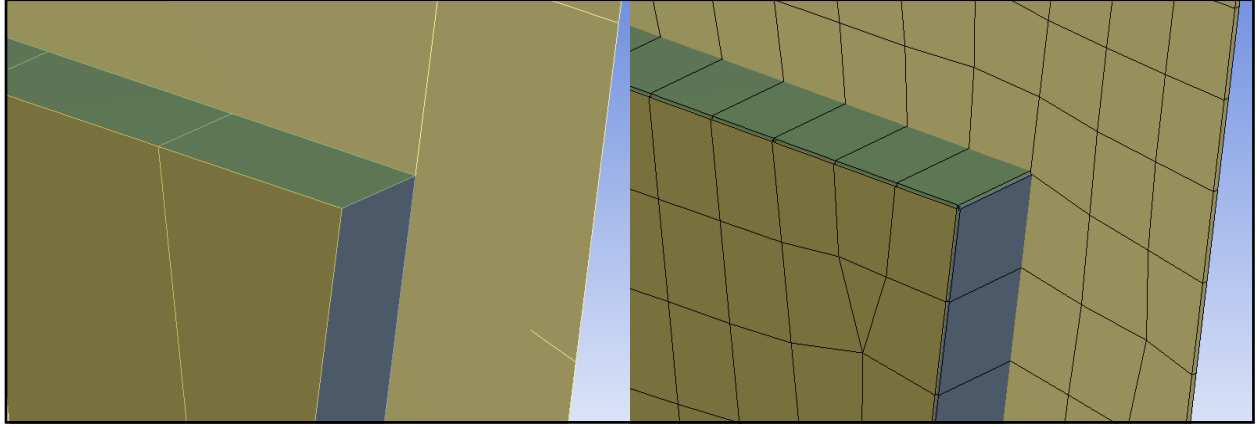


Eleman Tipi

Sonlu elemanlar analizi yapılacak yapıların modelleri oluşturulurken, tüm yüzeyler için kabuk (shell) eleman kullanılmıştır. Kabuk elemanlara kalınlık tanımlaması yapılmıştır. Yapıların tamamında, perde kabuk elemanlarına 7 mm kalınlık atanması yapılmıştır. Perde üzerlerindeki boyuna ve enine destek profil kabuk elemanları için ise 6 mm kalınlık atanmıştır. Sınır koşulu yaratmak amacıyla oluşturulan diğer tüm gemi kesiti yapılar için, muhtelif kalınlıklar atanmıştır. Kalınlık atamaları yapılırken üç yapı için de eşit inceleme koşulu oluşturmak hedeflenmiştir. Modellenen yapı üzerinde kabuk eleman ve kalınlık tanımlaması yapıldıktan sonraki sayısal ağ görünümü Şekil 11’de temsili olarak gösterilmiştir.

Şekil 11

Kabuk Elemanın Kalınlık Görünümü

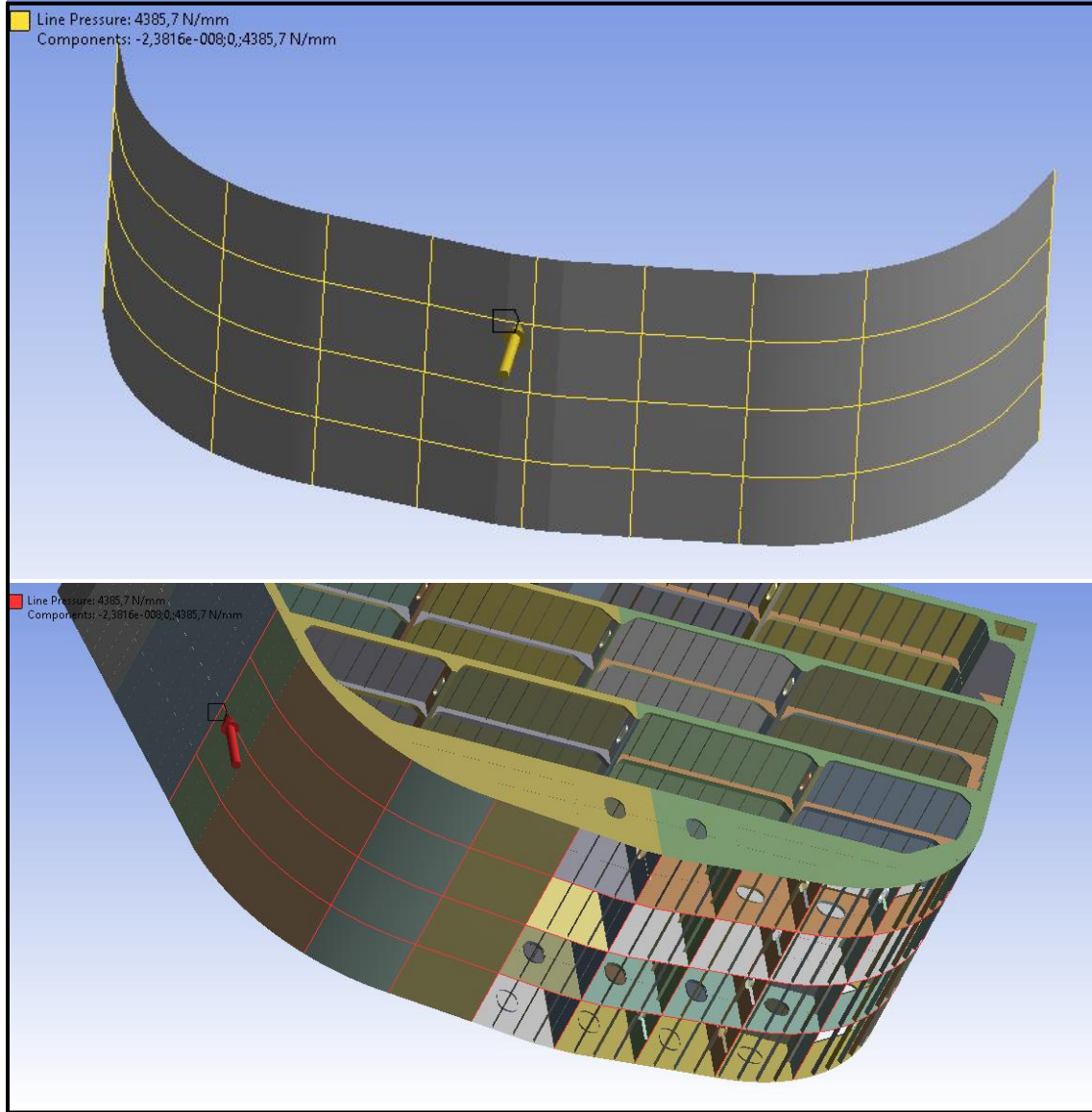


Yükleme Koşulları

Ampirik olarak hesaplanan sualtı patlama basınçları Tablo 4’te verilmiştir. Bu tabloda yer alan basınçlar, modelin rijit bölümlerine, yani derin elemanların çizgilerine, modeli alt kısmından uygulanmıştır. Tablo 4’teki basınçlar sualtı patlamasından dolayı modelin alt bölümündeki alana uygulanması gereken basınçlardır. Direk olarak bu alana basınç uygulandığında plakanın desteksiz kısımlarında lokal yüksek gerilmelerle karşılaşmamak için, alanın derin elemanlar bulunan çizgilerine çizgi basıncı (line pressure) uygulanmıştır. Basınç değeri, patlamanın maruz kalacağı sualtındaki alan değeri ile çarpılarak uygulanması gereken toplam kuvvet değeri hesaplanmış, daha sonra uygulanacak çizgi (line) elemanların uzunluğu toplam kuvvete bölünerek çizgi basıncı (N/mm) değerlerine ulaşılmıştır. Modelde yükleme koşulunun uygulandığı çizgiler Şekil 12’de gösterilmiştir.

Şekil 12

Patlama Basıncının Etkilediği Alan ve Yükleme Koşulu Uygulanan Çizgi Elemanlar

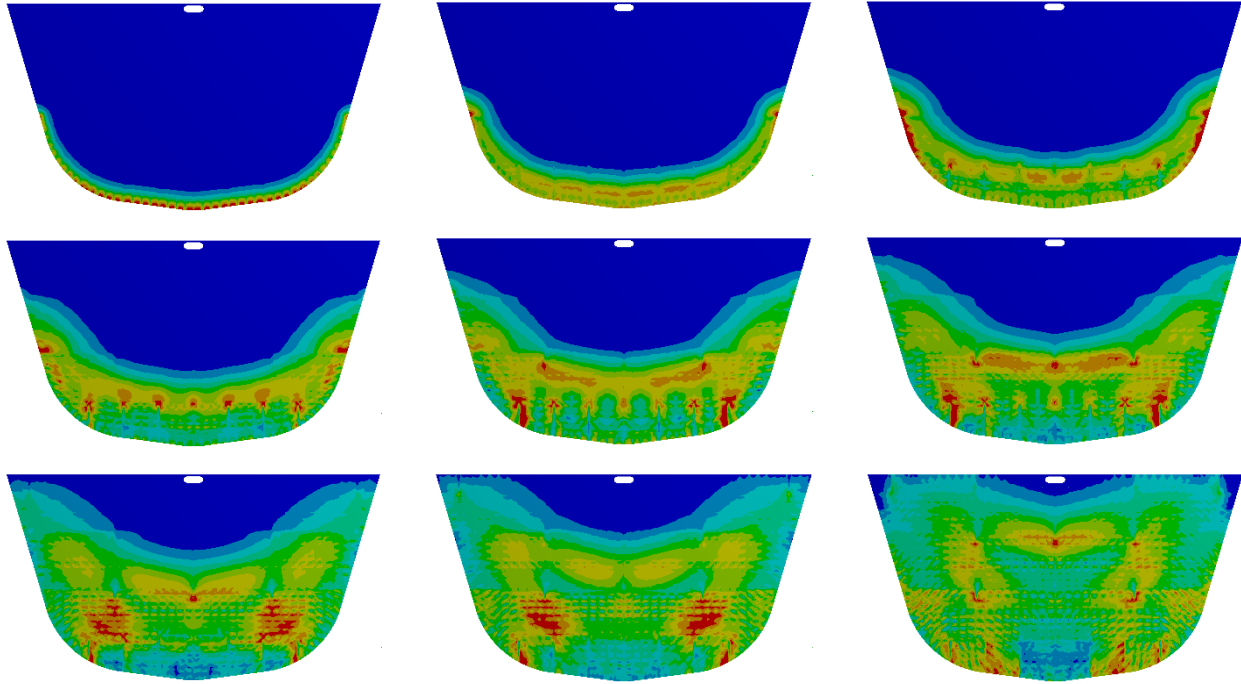


SEM Analiz Sonuçları

Sonlu elemanlar analiz için modelin hazırlanması aşamalarından önceki bölümde bahsedilmiştir. Analizin toplam süresi 2 (iki) milisaniye (ms) olacak şekilde basınçlar tanımlanmıştır. Zamana bağlı (transient) analiz yapılarak, doğrusal olmayan malzeme tanımlanmış perde yapısı üzerindeki von-mises gerilme dağılımı ve deformasyon sonuçları üç yapı için görseller ile gösterilmiştir.

Şekil 13

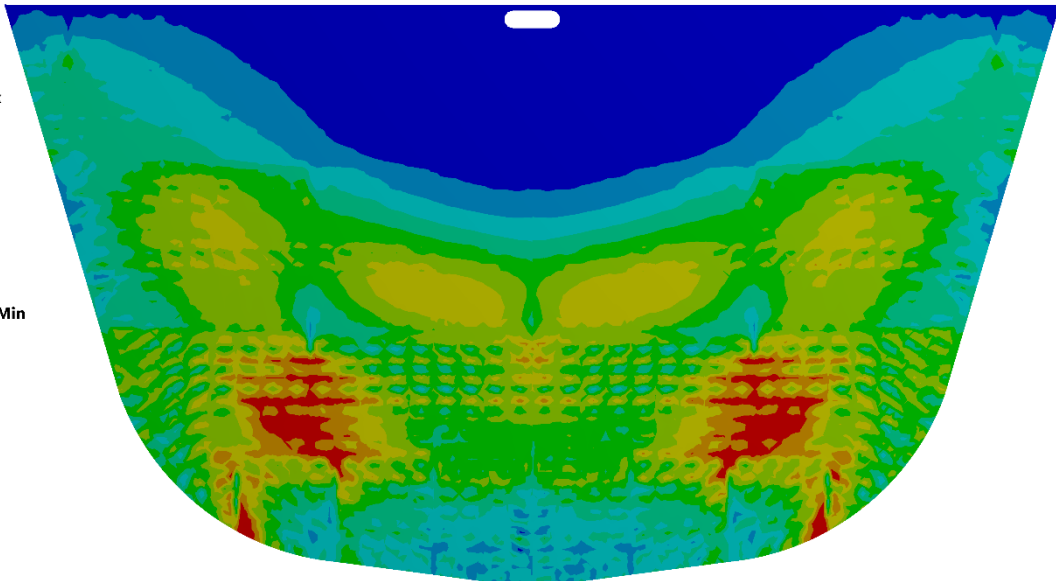
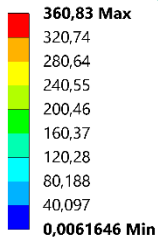
Yapı-1 Üzerindeki Zamana Bağlı Von-Mises Gerilme Dağılımı (MPa)



Şekil 14

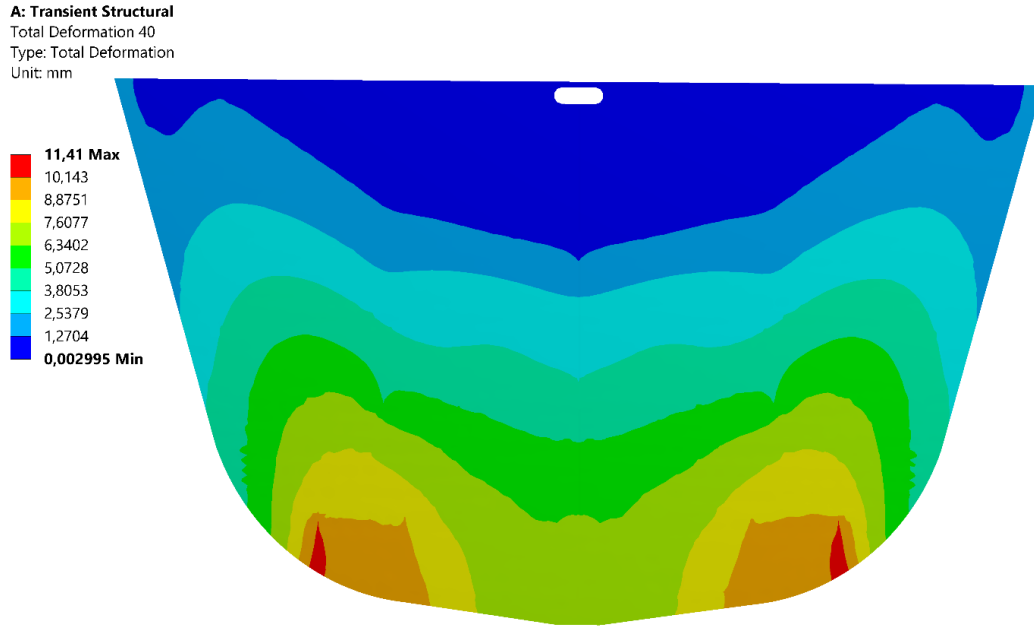
Yapı-1 Üzerindeki Maksimum Gerilme (MPa)

A: Transient Structural
Equivalent Stress 36
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom
Unit: MPa



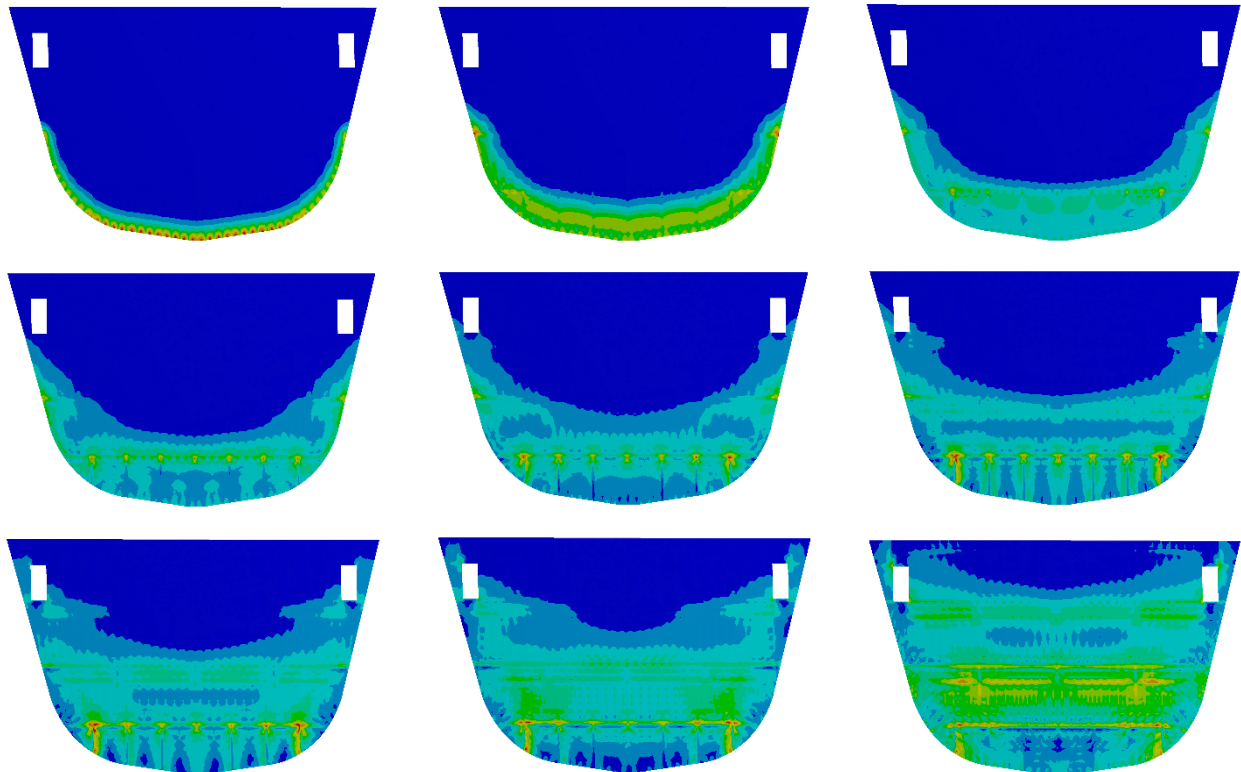
Şekil 15

Yapı-1 Üzerindeki Maksimum Deformasyon (mm)



Şekil 16

Yapı-2 Üzerindeki Zamana Bağlı Von-Mises Gerilme Dağılımı (MPa)



Şekil 17

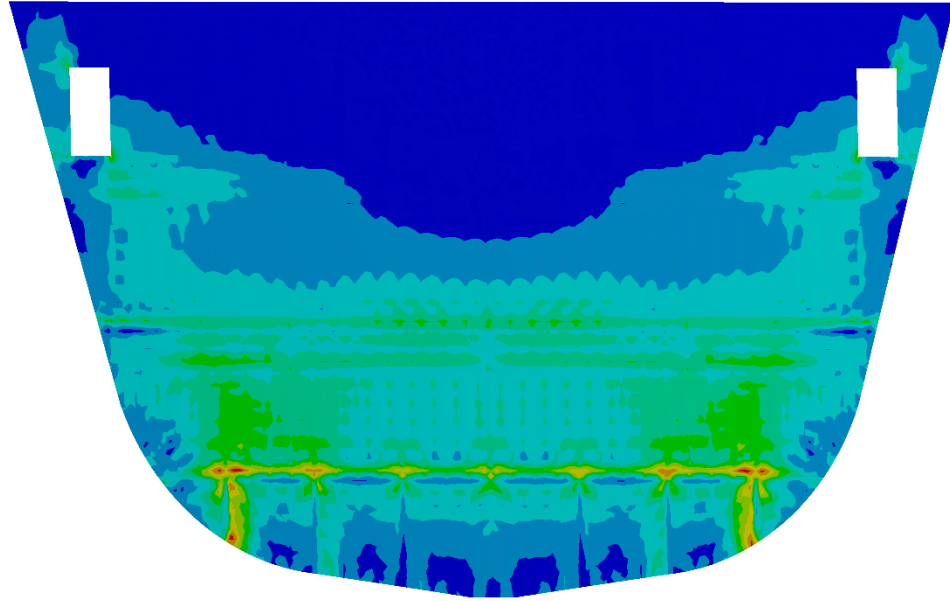
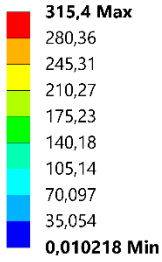
Yapı-2 Üzerindeki Maksimum Gerilme (MPa)

A: Transient Structural

Equivalent Stress 58

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa



Şekil 18

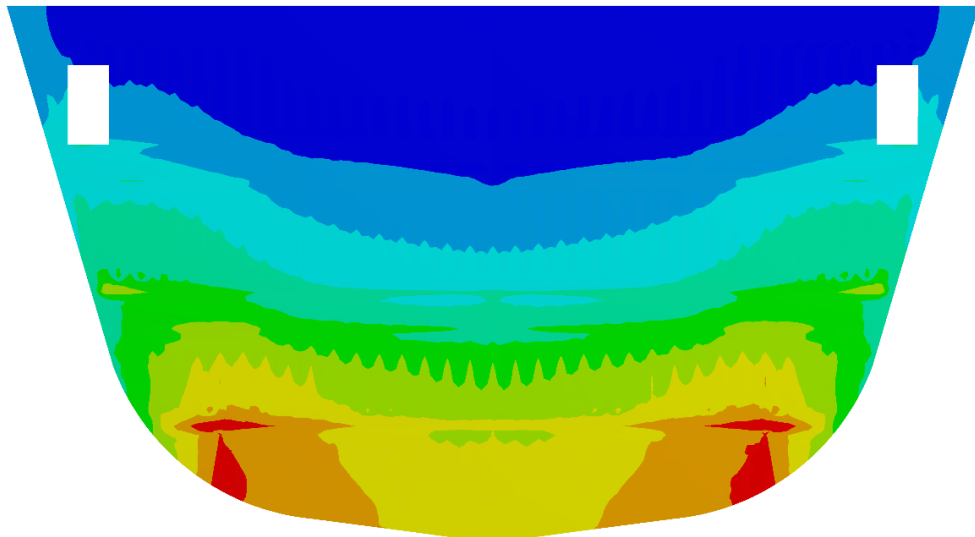
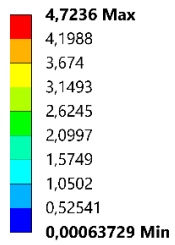
Yapı-2 Üzerindeki Maksimum Deformasyon (mm)

A: Transient Structural

Total Deformation 41

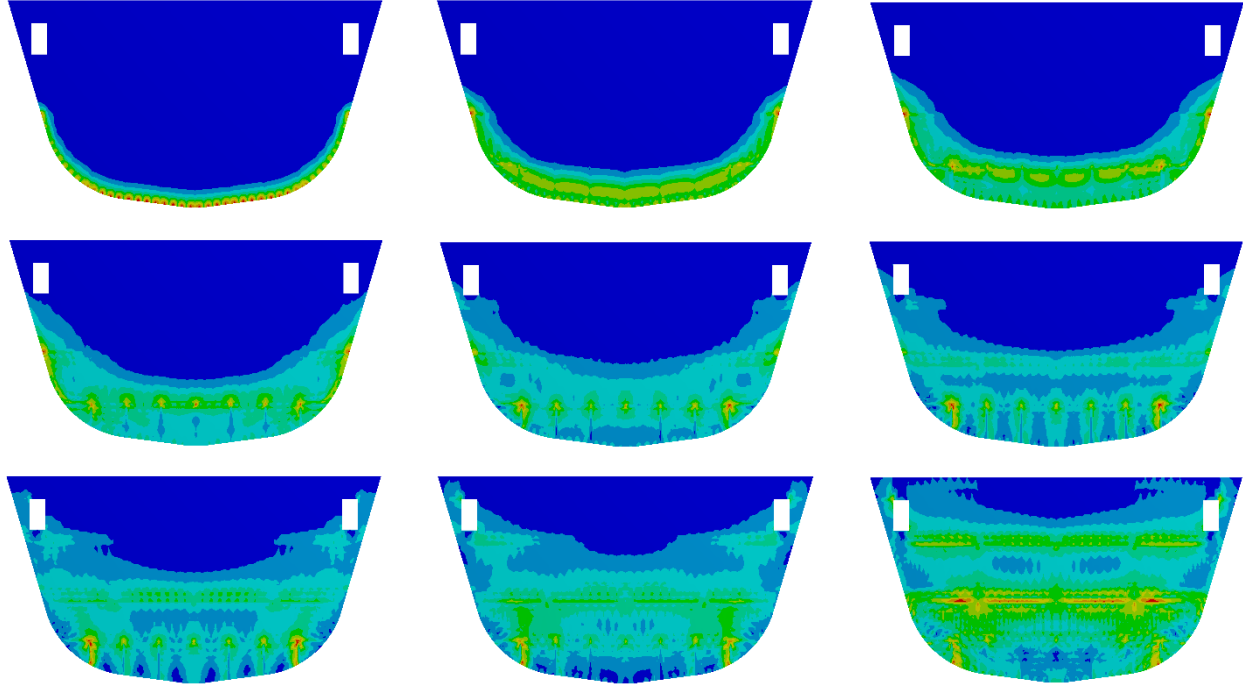
Type: Total Deformation

Unit: mm



Şekil 19

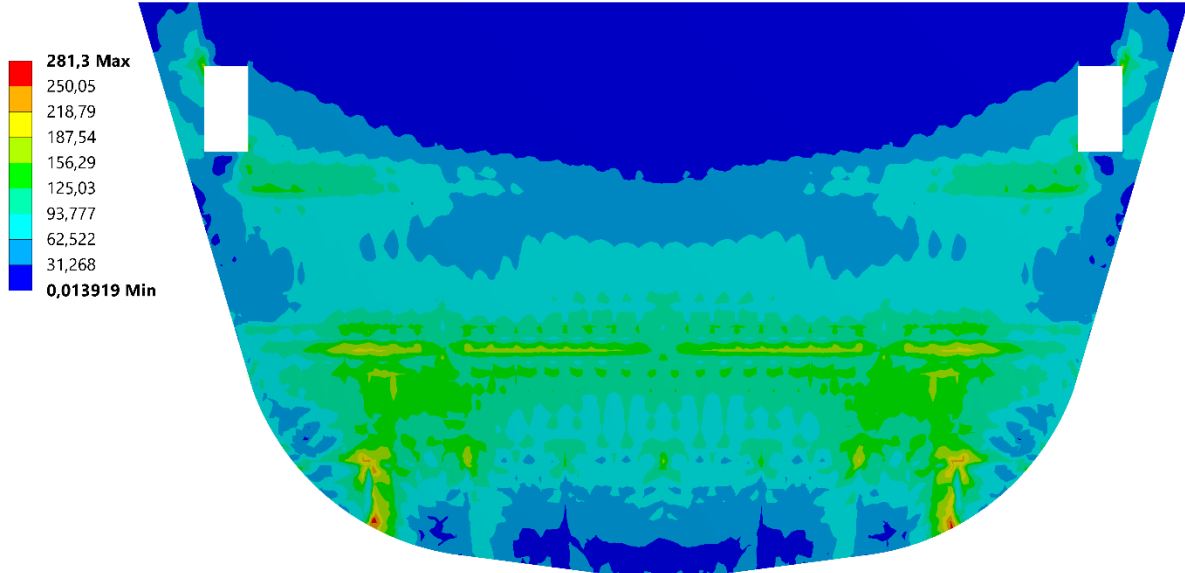
Yapı-3 Üzerindeki Zamana Bağlı Von-Mises Gerilme Dağılımı (MPa)



Şekil 20

Yapı-3 Üzerindeki Maksimum Gerilme (MPa)

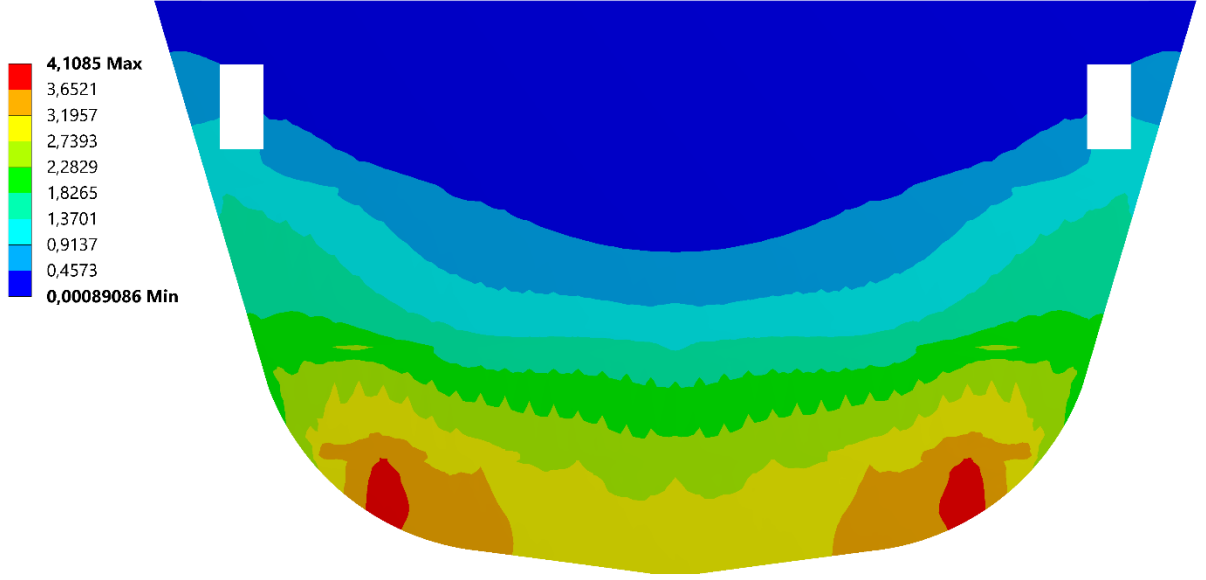
A: Transient Structural
Equivalent Stress 59
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom
Unit: MPa



Şekil 21

Yapı-3 Üzerindeki Maksimum Deformasyon (mm)

A: Transient Structural
Total Deformation 58
Type: Total Deformation
Unit: mm



Değerlendirme ve Gelecekte Yapılacak Çalışmalar

Savaş gemilerinde bulunan ve üç farklı tipte tasarlanmış sızdırmaz perde yapılarının, 750 kg TNT eşdeğerinde patlayıcının, sualtı patlama senaryosu belirlenmiş bir şekilde infilak etmesiyle meydana gelen şok basıncına karşı dayanımları, sonlu elemanlar yöntemiyle ANSYS programında analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Üç yapıya ait analizlerin nihai sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7

Yapılar Üzerindeki Nihai Gerilme Sonuçları

	Maksimum VM Gerilmesi (MPa)	DH-36 Çeliği Akma Dayanımı (MPa)
Yapı-1	360,83	
Yapı-2	315,4	355
Yapı-3	281,3	

Sonuçlardan anlaşılacağı üzere Yapı-1 üzerinde oluşan maksimum gerilme 360,83 MPa, malzeme akma dayanımının üzerinde kalarak, elastik bölgeden plastik bölgeye geçiş yapmaktadır. Yapı-2’de yapılan elemanlarla güçlendirilmiş çift katmanlı perde iyileştirmesi, perde üzerindeki maksimum gerilmeyi %15 oranında düşürmektedir. Yapı-3’te ise çift katmanlı perdeye eklenen taban braketleri detayı Yapı-1’e oranla %28, Yapı-2’ye oranla %13 mukavemet iyileştirmesi sağlamıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde, yüksek sualtı beka kabiliyeti beklentisi olan savaş gemilerinde Yapı-3 benzeri, enine ve boyuna elemanlarla güçlendirilmiş aynı zamanda güverteye braket detayı ile bağlanmış sızdırmaz perde yapısı kullanılmasının, tek katmanlı elemanlarla desteklenmiş perde yapısı kullanımına oranla, mukavemet açısından daha avantajlı olacağı sonucuna varılmıştır. Savaş gemisi tasarımlarında problem olabilecek ağırlık kısıtları nedeniyle, yalnızca bazı önemli bölme sınırlarında çift katmanlı sızdırmaz perde kullanımının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Çalışmaların ışığında, birkaç bölmeden oluşan daha büyük bir gemi kesiti modellenerek, bölmeler Yapı-3 perdelerle sınırlandırılacak ve belirlenen patlama senaryosu doğrultusunda dinamik patlama simülasyonu, ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) metodu ile gerçekleştirilecektir. Gerçek patlayıcı, su hacmi modeli ve gemi modeli üç boyutlu olarak modellenerek gerçek patlama ortamı koşulları bilgisayar ortamında simülasyon programı ile temsil edilecek ve yapı üzerindeki davranışlar incelenecektir. Ampirik olarak hesaplanan sualtı patlama basınç değerleri, üç boyutlu çalışmadaki dinamik basınç değerleriyle karşılaştırılacaktır.

Kaynaklar

- Ataseven, K., & Yilmaz, H. (2019). On the assessment of survivability of surface combatants. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 15(1), 63–85.
- Ball, R. E., & Calvano, C. N. (1994). Establishing the fundamentals of a surface ship survivability design discipline. *Naval Engineers Journal*, 106(1), 71–74.
- Cole, R. H., & Weller, R. (1948). Underwater explosions. *Physics Today*, 1(6), 35–35.
- Damcı, E. (2008). Yapıların doğrusal olmayan çözümlenmesi ve deprem performansları. İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Hetherington, J., & Smith, P. (1994). *Blast and Ballistic Loading of Structures* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482269277>.
- Kiciński, R., & Szturomski, B. (2020). Pressure Wave Caused by Trinitrotoluene (TNT) Underwater Explosion-Short Review. *Applied Sciences*, 10(10).
- Kim, J. H., & Shin, H. C. (2008). Application of the ALE technique for underwater explosion analysis of a submarine liquefied oxygen tank. *Ocean Engineering*, 35(8–9), 812–822.
- Liu, G. R., & Quek, S. S. (2003). *Finite Element Method: A Practical Course*. Butterworth-Heinemann.
- Matmatch GmbH (t.y.). ASTM A131 Grade DH-36 Steel Mechanical Properties. 24 Nisan 2021 tarihinde, <https://matmatch.com/materials/minfm54323-astm-a131-grade-dh36>.
- Ming, F. R., Zhang, A. M., Xue, Y. Z., & Wang, S. P. (2016). Damage characteristics of ship structures subjected to shockwaves of underwater contact explosions. *Ocean Engineering*, 117, 359–382.
- Nemat-Nasser, S., & Guo, W. G. (2003). Thermomechanical response of DH-36 structural steel over a wide range of strain rates and temperatures. *Mechanics of Materials*, 35(11), 1023–1047.
- Papanikolaou, A., & Boulougouris, E. (2000). Design aspects of survivability of surface naval and merchant ships. *Contemporary Ideas on Ship Stability*, (January 2018), 553–564.
- Pelletier, H., Krier, J., Cornet, A., & Mille, P. (2000). Limits of using bilinear stress strain curve for finite element modeling of nanoindentation response on bulk materials. *Thin Solid Films*, 379(1–2), 147–155.
- Piperakis, A. S., Andrews, D. J., & Pawling, R. (2012). An integrated approach to naval ship survivability in preliminary ship design. RINA, Royal Institution of Naval Architects - International Conference Warship 2012: The Affordable Warship, 4(3), 75–90.
- Rajendran, R., & Narasimhan, K. (2006). Deformation and fracture behaviour of plate specimens subjected to underwater explosion-a review. *International Journal of Impact Engineering*, 32(12), 1945–1963.
- Shin, Y. S. (2004). Ship shock modeling and simulation for far-field underwater explosion. *Computers and Structures*, 82(23–26), 2211–2219.

- Sinha, S., & Sarangdhar, O. G. (2008). FE analysis of ship structures under blast loads. Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE, 2, 295–302.
- Szturomski, B. (2015). The effect of an underwater explosion on a ship. *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej*, 201(2), 57–73.
- Woolley, A., Ewer, J., Lawrence, P., Travers, A., Deere, S., & Whitehouse, T. (2016). A modelling and simulation framework to assess naval platform integrated survivability. *Maritime/Air Systems & Technologies*, (August), 21–23.

Volatil Composition of Ginger (*Zingiber Officinale*) in Relation to Different Cultivation Practices

*Bala Mimoza*¹
*Bujar Seiti*²
*Dritan Topi*³

Introduction

Z. officinale Roscoe (Zingiberaceae), commonly known as ginger, is a flowering plant with root named ginger, widely used as a spice or a folk medicine. The plant is indigenous to South China (Mbaveng & Kuete, 2017). Ginger is a rhizomatous plant grown throughout South-eastern Asia, China and in parts of Japan, Australia, Latin America, Jamaica and Africa. Ginger has been used as a spice and medicine in India and China since ancient times (Kaufman, 2016).

Z. officinale has been used since ancient times in Ayurvedic and traditional Chinese medicine to treat a wide range of ailments including common cold, fever, sore throat, pain, rheumatism, bronchitis, as a carminative and appetite stimulant, antipyretic, for digestive problems, gastrointestinal disorders, nausea and vomiting associated with motion sickness and pregnancy, and abdominal spasm (Baliga et al., 2013).

Z. officinale is a perennial, herbaceous plant that grows up to a height of about 1 m. The leaves develop from the branched rhizome and the flowers, which resemble the orchids, are inconspicuous and occur in a dense spike, consisting of several overlapping scales on an elongated stalk (Mbaveng & Kuete, 2017).

Chemical composition

Ginger rhizome contains about 1–3.5% essential oil following steam distillation (Govindarajan, 1982). Chemical composition of the essential oils contains a mixture of zingerone, shogaols, gingerols and volatile oils are responsible for its characteristic odor and flavor. The major pungent compounds in ginger are gingerols, particularly 6-gingerol. Other constituents include, capsaicin, gingediol, galanolactone, gingesulfonic acid, galactosylglycerols, gingerglycolipids, diarylheptanoids, neral, monoacyldi-vitamins, and phytosterols (Chrubasik, Pittler & Roufogalis, 2005).

¹ Department of Industrial Chemistry, Faculty of Natural Sciences, University of Tirana mimoza.bala@gmail.com

² Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, University of Tirana (Mail Not Found)

³ Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, University of Tirana (Mail Not Found)

Use and application in food

Ginger is widely used in a variety of foods because of its nutritional composition and flavoring compounds. Ginger rhizomes are a rich source of carbohydrates, vitamins, minerals, and iron (Azeez & Lunghar, 2021). Ginger oil has been reported to possess antimicrobial effects on food pathogens *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Listeria monocytogenes*, with a minimum concentration of 6.25 µg/mL to inhibit *B. cereus* and *L. monocytogenes* (Natta et al., 2008).

Scientific studies have shown that ginger oil was effective in inhibiting hydrogen peroxide-induced oxidative damage, by inhibiting the free radical damage, preventing rancidity, and increasing the shelf life of food (Lu *et al.*, 2003).

Pharmacological activity

Ginger is consumed worldwide as a spice and for its therapeutic properties. Medicinal plants such as herbs and spices play a vital role in treating pathologies associated with inflammatory reactions (Azeez & Lunghar, 2021). The plant has a number of chemicals responsible for its various medicinal properties, such as antiarthritis, antiinflammatory, antidiabetic, antibacterial, antifungal, anticancer effects (Mbaveng & Kuete, 2017).

Methods and reagents

Plant material of the fresh rhizomes (1000 g) of ginger plant were purchased by local market. Isolation of essential oil were achieved by using ground fresh ginger (300g) rhizomes with steam distillation apparatus for 6 hrs. The oils were dried over anhydrous Na₂SO₄ and analysed by GC-MS. The oil yields were 2.2±0.02% in fresh ginger. Experiments were carried out in triplicate and average was taken.

GC-MS analyses

GC-MS analyses were carried out in a GC-MS (Thermo Scientific Co.). A 30 m capillary silicon column was used for the analysis. Temperature programming conditions were as follows, 85° -220°C, rate at the rate of 4°C per min, hold at 85°C for 1 min, hold at 220°C for 20 min, column start temperature 85°C, injection temperature 230°C, carrier gas Helium, flow rate of 1 ml/min, split ratio 1:50.

Results and discussions

Ginger (*Zingiber officinale*) is not produced in Albania. Imported 100%. Used as a plant for medicinal purposes and as a food additive (in the form of kitchen spices). Imported mainly from Egypt and India. Consumption about 10 - 12 tons / year.

Table 1: Table 1: Percentage chemical composition of ginger oils (%)

Component	Organic ginger (%)	Conventional ginger (%)
(E)-nerolidol	1.4	1.2
(Z,E)-farnesol	0.6	0.4
1,8 -cineole	2.4	2.8
6-methyl-5-hepten-2-one	0.9	1.1
a-curcumene	5.6	6.1
Borneol	1.2	0.9
Bornyl acetate	0.2	0.3
Camphene	4.0	3.6
Camphor	0.2	0.3
Decanal	0.3	0.1
Elemol	1.2	1.1
Geranial	8.5	9.7
Geraniol	1.8	1.2
Geranyl acetate	0.1	0.2
Germacrene	1.3	1.5
Heptanol	0.2	0.1
Limonene	1.9	2.5
Menthone	0.2	0.3
Neral	1.8	1.2
Nerol	0.4	0.4

Sabinene	3.0	3.2
Terpinen-4-ol	0.2	0.3
Zingerone	0.6	0.7
Zingiberene	28.6	29.0
α -bergamotene	1.3	1.4
α -eudesmol	1.4	1.2
α -murolool	0.2	0.2
α -muurolene	1.0	1.1
α -pinene	0.1	0.1
α -terpineol	1.3	1.1
β -bisabolene	5.8	5.6
β -bisabolol	0.3	0.3
β -elemene	0.4	0.6
β -pinene	1.6	1.7
β -sesquiphellandrene	2.5	2.3
γ - terpinene	0.8	0.9
γ -eudesmol	0.5	0.3
γ -muurolene	1.2	1.4
δ -cadinene	2.2	2.3
δ -elemene	0.5	0.8

In samples of fresh Australian ginger, 6-gingerol was the major pungent phenolic compound, while 8-gingerol and 10-gingerol were present in lower concentrations. The mean concentration of these three gingerol compounds in fresh ginger rhizomes were $215 \pm 54 \mu\text{g/g}$, $75 \pm 31 \mu\text{g/g}$, and $73 \pm 26 \mu\text{g/g}$, respectively (Wohlmuth et al, 2005).

Organoleptic characterization and microbiological safety

Comparison of color to the product was evaluated according to the spectrophotometry method. The rhizomes' color resulted dark grey. Regarding the aroma and taste was found as typical sweetish, soft/spicy, and warm bitterish.

The microbiological status of the ginger rhizomes indicators included yeast and molds (< 1000 cfu/g), *Escherichia coli* (negative) and *Salmonella* spp. (absent).

Nutritional value

Analysis of the main ingredients are presented in the Table 2. There is found that values on primary metabolites are comparable. Regarding to the microelements, the amounts of potassium was found the highest for both types of gingers samples. In conclusion these spices used as food additive, constitutes an important source of primary metabolites. Also, it is an important source of magnesium and potassium.

Table 2: Main ingredients and microelement present in ginger rhizome

Main ingredients	Organic ginger (%)	Conventional ginger (%)
Water	9.38%	9.42%
Carbohydrates	50.5%	51.1%
Fats	5.95%	5.83%
Calories	347 kcal/100g	347 kcal/100g
Vitamin C	7mg/100g	7.3mg/100g
Sugar	3.39 mg/100g	3.47 mg/100g
Protein	9.12%	9.15%
Fiber	12.5%	12.3%
Microelements	Quantity (mg/100g)	Quantity (mg/100g)
Iron	11.52	11.34
Calcium	116	120
Sodium	32	35
Potassium	1343	1376
Magnesium	184	167

Conclusions

Ginger (*Zingiber officinale*), rhizomes analysis concluded that samples of both agricultural practices, according to the certificate of origin show similar chemical composition, microbiological safety, nutritional values.

The major constituents that ginger contains includes carbohydrates were found in the interval 50.5-51.1%), lipids, 5.83-5.95%, and proteins 9.12-9.15%. Analysed microelements iron, calcium, potassium and magnesium were found in most significant values. GC-MS analysis of the volatile oils extracted in 1.5 - 1.7 % per dry weight. Fresh ginger oil had more oxygenated compounds (27.9%).

Reference

1. Ali, B.H., Blunden, G., Tanira, M.O., Nemmar, A., (2008). Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research. *Food Chem. Toxicol.* 46 (2), 409–420.
2. Azeez, T. B. & Lunghar, J. (2021). Antiinflammatory effects of turmeric (*Curcuma longa*) and ginger (*Zingiber officinale*). Editor(s): S. Gopi, A. Amalraj, A. Kunnumakkara, S. Thomas. *Inflammation and Natural Products*. Academic Press, 127-146, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819218-4.00011-0>.
3. Baliga, M.S., Latheef, L., Haniadka, R., Fazal, F., Chacko, J., Arora, R., (2013). Chapter 41—ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the treatment and prevention of arthritis. In: Preedy, R.R.W.R. (Ed.), *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases*. Academic Press, San Diego, pp. 529–544.
4. Chrubasik, S., Pittler, M.H., Roufogalis, B.D., (2005). *Zingiberis rhizoma*: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine*, 12 (9), 684–701.
5. Donald, G. & Barceloux, MD. (2008). Ginger. In: *Medical Toxicology of Natural Substances*, John Wiley & Sons, Inc.
6. Govindarajan VS. (1982). Ginger—chemistry, technology, and quality evaluation: part 1. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 17: 1–96.
7. Jakribettu, R.P., Bloor, R., Bhat, H.P., Thaliath, A., Haniadka, R., Rai, M.P., George, T., Baliga, M.S. (2016). Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00050-X>
8. Jiang H, Solyom AM, Timmermann BN, Gang DR. (2005). Characterization of gingerol-related compounds in ginger rhizome (*Zingiber officinale* Rosc.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom*, 19: 2957–2964.
9. Kaufman S, 2016. *Zingiber officinale* (ginger). *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CABI. DOI:10.1079/ISC.57537.20203482903.
10. Lu, P., Lai, B.S., Liang, P., Chen, Z.T., Shun, S.Q., (2003). Antioxidation activity and protective effects of ginger oil on DNA damage in vitro. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 873–875.
11. Mbaveng, A.T. & Kuete, V. (2017). *Zingiber officinale*. In: *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*. Elsevier, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00030-3>.
12. Natta, L., Orapin, K., Krittika, N., Pantip, B., (2008). Essential oil from five Zingiberaceae for anti-food-borne bacteria. *Int. Food Res. J.* 15, 337–346.
13. Sasidharan, I.A., Menon, N., (2010). Comparative chemical composition and antimicrobial activity fresh & dry ginger oils (*Zingiber officinale* Roscoe). *Int. J. Curr. Pharm. Res.* 2, 39–43.
14. Wohlmuth, H., Leach, D.N., Smith, M.K. and Myers, S.P. (2005). Gingerol content of Diploid and Tetraploid Clones of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J. Agric. Food Chem.* 53, 14, 5772–5778.

Gideros Koyu (Cide-Kastamonu) Kıyı Peyzaj Tasarım Projesi

*Nurhan Koçan¹
Zehra Tuğçe Öksüz²
Ömer Lütfü Çorbacı³*

Giriş

Karasal ve denizel ekosistemler arasındaki geçiş alanı olarak tanımlanan kıyı ekosistemleri, hem kara hem de deniz canlıları için yaşam ortamı sunmaktadır. Kıyılar, sahip oldukları doğal ve kültürel kaynak değerleri, iklim, jeoloji, hidroloji, flora ve fauna gibi çok sayıda etkene bağlı olarak değişiklik ve çeşitlilik gösterse de, bu özellikleri ile hem ekolojik hem de kültürel açıdan önemli peyzaj alanları arasında yer almaktadır (Garipağaoğlu vd., 2014).

Son yıllarda, kıyıların bir hizmet alanı olarak algılanışı değişime uğramış ve kıyılar sadece bir çalışma alanı değil, aynı zamanda yaşama alanı olarak görülmeye başlanmıştır. Buldukları alanlara estetik açıdan değer kazandıran kıyılar; kullanıcılarına canlılık verir, yaşam kalitelerini artırır ve manzaralara süreklilik katarlar. İnsanların psikolojik açıdan huzur bulduğu su kıyıları sosyalleşme için en ideal ortamı sunar. Yüzme, su sporları, balık tutma, dinlenme, eğlenme, öğrenme, seyir ve fotoğraf çekme gibi çeşitli rekreatif olanaklara sahip olan kıyılar turizm açısından da oldukça tercih edilen alanlar arasında bulunmaktadır (Güneroğlu, 2017).

Kıyıları yeniden canlandırmada ve bu alanları kentin daha canlı bir parçası haline getirmede peyzaj tasarım projeleri etkili olmaktadır. İnsanlar için mekanların yaratılması yeniden yapılandırma ve ıslah etmenin en gerekli öğelerinden biridir. Peyzaj tasarım projeleri mekân kurucu ve düzenleyici yaklaşımlarla koruma ile kullanım arasındaki dengeyi kurmaktadır. Bu kapsamda çevresel değerler her durumda önemli ve öncelikli olmaktadır.

Kıyıların rekreasyonel alanlar olarak kullanılması, kentlerin imajını, karakterini ve yaşam kalitesini iyileştirecek gelişmelere yönelik çok sayıda fırsat sunar. Bu başlangıçla birlikte kıyı düzenleme projelerinde artış olmuş ve bu projelerin önemi artmıştır. Çünkü kıyı projeleri, bir alan için yeni bir anlam ve kimlik yaratmayı içermektedir. Ancak, süreklilik ile geçmiş arasındaki dengeyi sağlamak önemlidir.

Kıyı alanlarının rekreasyonel amaçla kamusal kullanıma yönelik alternatif sunması bu alanları daha önemli hale getirmektedir. Bu alanlarda gerçekleştirilen sosyal kullanımlar alana görsel ve

¹ Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın, Türkiye, nkocan@bartin.edu.tr

² Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın, Türkiye, zetugce@gmail.com

³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Rize, Türkiye, omerlutfu.corbaci@erdogan.edu.tr

sembolik anlamlar yüklemekten daha fazla anlama gelmektedir. İyi tasarlanmış kentsel kıyı duyuşal deneyimi arttırmaktadır ve çevrenin doğal ilgi çeken özelliklerini geliştirmektedir.

Her su birimi farklı mekânsal form ve karaktere sahiptir ve bu kıyıya özgü bir durumu göstermektedir. Kıyı tasarlanırken, kıyının sadece içinden geçilen bir mekân olarak değil aynı zamanda bir varış yeri olarak rolü vurgulanmalıdır. İyi bir kıyı tasarımı hem çekici ve hem esnektir. Tek bir amaç çerçevesinde tasarlama yapılmamalıdır; bunun yerine, iyi kıyı tasarımı amaçların ve anlamların çeşitliliğini araştırmalıdır ve mekânın değişmesine, uyum sağlamasına ve zamanla değer kazanmasına imkân tanınmalıdır.

Materyal-Yöntem

Çalışma alanı Kastamonu ili Cide ilçesine bağlı Gideros koyudur. Çalışmada öncelikle konuya ve çalışma alanına ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra çalışma alanında yerinde yapılan gözlem ve incelemelerle alandaki sorunlar tespit edilmiş ve ihtiyaçlar belirlenmiştir. Sörvey çalışmasından sonra alanın mevcut durumu ile sahip olduğu potansiyeller değerlendirilerek öneri üç peyzaj tasarım projesi oluşturulmuştur. Projelerde temelde aynı ihtiyaçlar doğrultusunda alan kullanım kararları ve tasarım ilkelerine göre belirlenmiş farklı kullanımlar eklenmiştir. Projelerde öncelikle master plan ile kullanımların alan seçimleri yapılmıştır. Ana ulaşım aksı düşünülerek ihtiyaç programında belirlenen kullanımlar arası bağlantılar kurulmuştur. Daha sonra eskiz çalışmaları yapılarak el çizimi ile tasarım alternatifleri üretilmiştir. Kesinlik kazanan proje çizimleri AutoCad 2018 programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Projenin nihai hali, SketchUp 2017 ve Lumion 6 yazılımıyla modellenmiş ve projenin üç boyutlu görselleri elde edilmiştir.

Bulgular

Çalışma Alanı Doğal ve Kültürel Peyzaj Özellikleri

Kastamonu ili Batı Karadeniz bölgesinde 41° 21' kuzey enlemi ile 33° 46' doğu boylamları arasında yer alır. İlin kuzeyinde Batı Karadeniz Dağları bulunmaktadır (KTB, 2021). Cide, Kastamonu iline bağlı, il merkezine uzaklığı 135 km olan bir ilçedir (Zeyrek, 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı konumu (Anonim, 2021).

Bartın ili Kurucasıle ilçesine ise 28 km uzaklıkta yer almaktadır. Bu nedenle ilçenin ekonomik ve sosyal bağlantıları Bartın iliyle daha fazladır. Bartın-Sinop Karayolu üzerinde yer alan ve 103 km. uzunluğunda bir kıyı şeridi ile Karadeniz'e açılan Cide, kuzeyde Karadeniz, doğuda Doğanyurt, güneyde Şenpazar ve Pınarbaşı, batıda Bartın ilinin Ulus ve Kurucasıle ilçeleri ile çevrilidir. Bartın ile Kastamonu arasındaki ulaşım 1968 yılına kadar deniz yoluyla yapılmıştır. Dolayısıyla iki kent arasında bulunan kıyılar ve koylar tarihin her döneminde önemli olmuştur (KTB, 2021).

İlçede Batı Karadeniz iklimi hüküm sürer. Yıllık m^2 'ye düşen ortalama yağış miktarı 1.088,3 kg'dır. Yıllık sıcaklık ortalaması $14,5^{\circ}C$ 'dir. Ortalama rüzgâr hızı 4,9 m/sec olup hâkim yön güney batı rüzgârlarıdır. İlçenin %70'i ormanlarla kaplıdır. Başlıca ağaç türleri: kayın, köknar, gürgen, meşe, çam ve kestanedir (KTB, 2021).

Cide, tarih boyunca ipek yolu üzerinde önemli bir liman olma özelliğini sürdürmüş, Osmanlı İmparatorluğu döneminde de bir liman olarak önem kazanmıştır (KTB, 2021). Cide nüfusu 2020 yılı verilerine göre 21.919'dur (TÜİK, 2021). Ekonomik nedenlerden dolayı uzun yıllardan beri ilçe genelinde yaşanan göç sonucu, ilçe nüfusu merkezde ve köylerde sürekli azalmaktadır. Dışarıda yaşayan insanların ilçede yaşayan akrabalarıyla sosyal ve ekonomik yönden çok sıkı ilişkileri mevcuttur. Yaz döneminde ilçe nüfusunda artış görülmektedir verilere göre nüfusun %77'si ilçe dışında yaşamaktadır (KTB, 2021).

Cide ilçesinin turizm açısından iyi bir potansiyele sahip olduğu açıktır. Gideros koyu, Ilgarini Mağarası, Valla Kanyonu gibi doğa harikalarına sahip Cide'de turistik tanıtım ve altyapının geliştirilmesiyle bölge ekonomisine büyük katkı sağlayabilecektir. Ayrıca Cide'de yerel halk kültüründen otantik kıyafetler ve "Sarı Yazma" ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir. İlçede her yıl yapılan Rıfat Ilgaz kültür sanat ve sarı yazma şenlikleri ilçe turizmini hareketlendirici etkenlerdir (KTB, 2021).

Peyzaj Tasarım Projesi

Gideros bitki örtüsü ve deniz varlığı ile doğal güzelliğe sahip korunan bir alandır. Gideros doğal koya sahiptir. Alan ziyaretçilerin merak ettiği mekanların oluşturulduğu, yıl boyu rahatlıkla kullanılacak bir alana dönüştürülmek istenmiştir. Proje ile alanın doğal güzelliğini birçok insanın görmesi ve yaşaması sağlanacaktır. Bu şekilde bölge ekonomisine de katkı sağlanacak doğal kaynaklar korunup kullanılacaktır.

Alan mevcut durumda çoğunlukla Bartın ve Kastamonu'dan gelen ziyaretçiler tarafından kullanılmaktadır. Alanda mevcut durumda sadece yazın faaliyet yapan derme çatma bir restoran-kafe işletmesi bulunmaktadır. Alanda kullanımlar olmaması insanların aktif olarak kullanamaması demektir.





Şekil 2. Çalışma alanından görünüm

Öneri Proje 1

İhtiyaç listesi: Otopark, teras, konaklama alanı, iskele, butik otel, meydan, oyun alanı, çim amfi, cam teras, mesire alanı, oturma alanı.

Gideros kıyısına batı yönünden girildiğinde 7 araçlık bir otopark konumlandırılmıştır. Otoparkın 1 metre altında eğimden faydalanılarak ahşap bir teras oluşturulmuştur. Alanda kıyıya doğru inen yol boyunca insanların yürürken ihtiyaç duyabileceği 3 adet dinlenme noktası konumlandırılmıştır. Yolu kıyıya indiği yerde araçların rahat dönmeleri için bir kavşak tasarlanmıştır. Bu kavşak bir meydanla birleşerek bir bütünlük oluşturmaktadır. Meydanda bir adet restoran bulunmaktadır. Meydan ile kıyı arasında 1 adet iskele ve teras tasarlanmıştır. Meydandan çıkan orman içi yürüyüş yolları ormanın içinde konumlandırılmış bungalovlara ve ahşap terasa ulaşmaktadır. Ahşap yol ve teraslar Gideros kıyısı boyunca devam edip mevcutta birbiriyle bağlantısı bulunmayan doğu ve batı yamaçlarını birbirine bağlamaktadır. Bu şekilde doğu yönüne ulaşan iskele ve yollarla denize bağlantı sağlanmıştır.



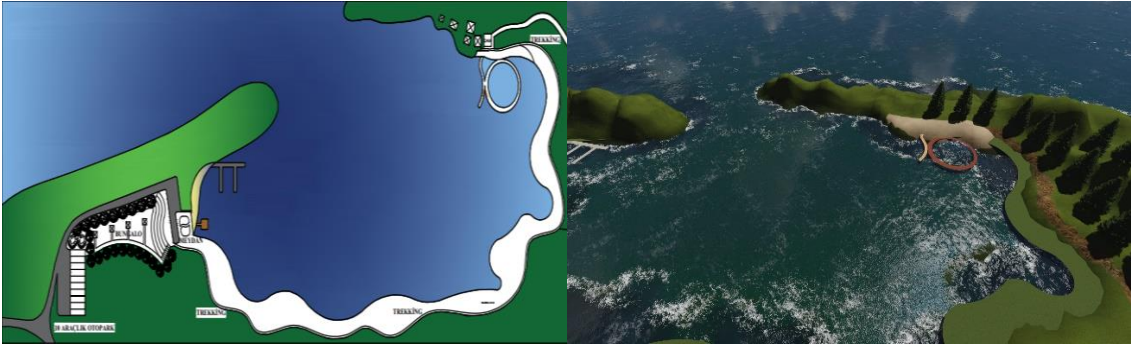


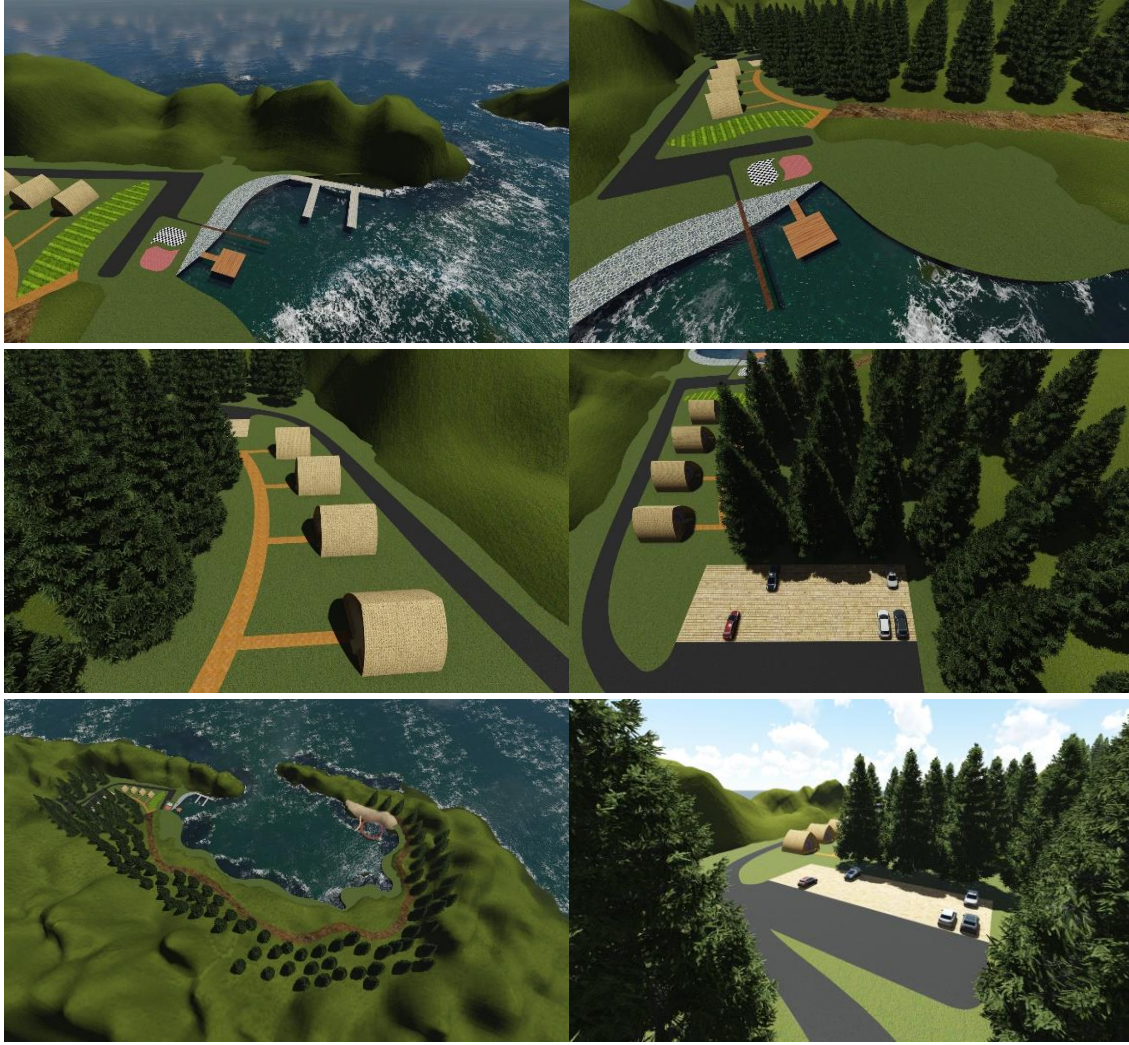
Şekil 3. Öneri proje 1'den görünüm

Öneri Proje 2

İhtiyaç listesi: Otopark, çim amfi, restoran, aktif rekreasyon alanı, kamping alanı, çay bahçesi ve kafeterya, yüzen sahne.

Alanda eğimin fazla olması nedeniyle kot farkı teraslama ile çözülmüştür. Alana girişteki düzlük bölüm 20 araçlık otopark olarak tasarlanmıştır. Eğimin olduğu yerde ise teraslayarak 30 araçlık daha otopark alanı kazanılmıştır. Alana girişte otoparkın yanında ve en tepede olması nedeniyle çay bahçesi ve kafe konumlandırılmıştır. Sahile geçiş eğimli küp taş döşemeli yoldan sağlanacaktır. Otoparkın yanından verilen geçiş alanında kot farkıyla oluşturulan her iki kademede bir bungalov yerleştirilmiştir. Böylece konaklama alanı çözümü sağlanırken kullanıcılar için alan görüşü kapatılmamıştır. Bungalov çim amfilere bağlanmış, buradan yol devam ederek sahile geçiş sağlanmıştır. Çim amfi sahneyi seyredilebilir amaçla tasarlanmıştır. Bununla birlikte alanın yukarı kısmında restoran düşünülmüştür. Sahilde deniz turu için marina tasarlanmıştır. Yaya iskelesi ve yüzen sahne ile denizde konser ve programların yapılabileceği mekanlar oluşturulmuştur. Yüzen sahne ile alanda çekici bir ortam oluşturulmak istenmiştir. Farklı zemin kaplaması tasarlanmış meydan oluşturulmuştur. Meydan trekking yoluna bağlanmış böylece Gideros kıyısı boyunca devam eden doğal orman içi yollar oluşturulmuştur.



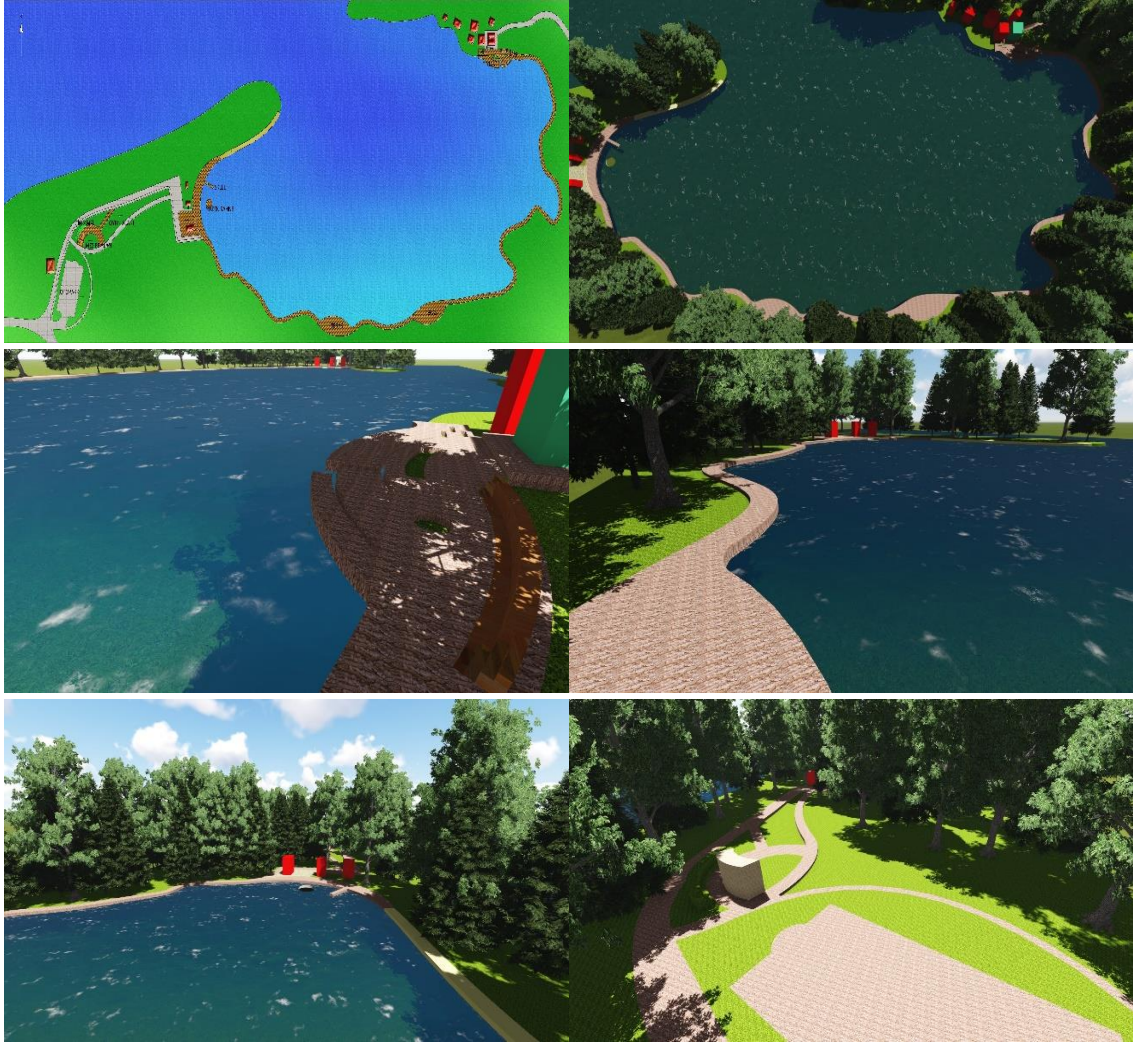


Şekil 4. Öneri proje 2'den görünüm

Öneri Proje 3

İhtiyaç listesi: Otopark, mesire alanı, çim amfi, oyun parkuru, restoran, yüzen sahne, meydan, teras, dinlenme ve konaklama alanı.

Gideros doğallığın ön planda olduğu bir alan olduğu için projede alanın kimliğine uygun doğal kullanım alanları oluşturmak hedeflenmiştir. Alana giriş doğu ve batı yönlerinden sağlanmaktadır. Alana girişte 20 araçlık otopark tasarlanmıştır. Mevcutta yer alan yarım kalmış kaldırım yol boyunca devam ettirilmiştir. Alana batı kısmından girildiğinde seyir noktası oluşturması için çim amfi düşünülmüştür. Yol üzerinde mesire alanı ve oyun alanları oluşturulmuştur. Kıyıda yeme-içme alanları tasarlanmıştır. Kıyı boyunca devam eden ahşap teras düşünülmüştür. Bu alan yürüyüş ve seyir amaçlı kullanılacaktır. Restoranların önünde iskele ve yüzen sahne yer almıştır. Alana doğu kısmından giriş sağladığımızda mevcutta yer alan cami ve çevresi meydan olarak düzenlenmiştir. Meydanın altında diğer uçtan gelen yolla birleşen ahşap bir teras tasarlanmıştır. Bu terasın üzerinde farklı yeşil alanlar oluşturulmuş ve terasın yanına manzarayı görebilen bir amfi yerleştirilmiştir. Kıyıda planlanmış olan trekking rotası ile alanın doğu ve batı kısmının birbiri ile bağlantısı kurulmuştur.



Şekil 5. Öneri proje 3'den görünüm

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ile insanların doğayla etkileşime girebileceği ve doğanın değerini yeniden değerlendirebileceği potansiyel bir alan kazanılmıştır. Bu kapsamda projelerde doğal güzelliklerin geri planda kalmasını engellemek, sahili ve denizi korumak, insanları davet edici kullanımlar getirmek üzere alanlar tasarlanmıştır.

Önerilen tüm projelerde yapısal kullanımlar alanın sahip olduğu doğal manzarayı rahatsız etmeyen, hizmetleri iyileştiren biçimdedir. Bu şekilde doğaya saygılı çözümler önerilmiştir. Tüm projelerde erişim alanları, dolaşım alanları gibi arazi kullanımları yeniden düzenlenmiştir. Malzemeler kıyı alanının doğal koşullarına uygun seçilmiştir. Alanın mevcut durumda bitki örtüsü yeterli olduğu için yeni bir bitki rekabeti oluşturmamak için bitki çeşitliliğine yer verilmemiştir.

Alanın fazla eğimli olması nedeniyle projelerde eğimler, kademeli alanlar oluşturularak çözümlenmiştir. Aynı zamanda kotların yükseldiği yerlerde dinlenme amaçlı sahanlık alanları oluşturulmuştur. Bu alanlarda deniz ve orman manzarasının seyri sağlanmıştır.

Proje alanının peyzaj kimliğini koruma ve güçlendirmede etkili olmuştur. Gideros Koyu için geliştirilen peyzaj tasarım projeleri ile genel olarak ziyaretçiler için temiz ve güvenilir mekânlar oluşturulmuştur. Çay bahçeleri, spor alanları, piknik alanları, yürüyüş parkurları gibi ortak kullanım alanlarının artırılması ile insanların gününbirlik veya kısa tatil ziyaretleri için alternatif rekreasyon alanı sağlanmıştır. Alan özellikle gençler için macera ve spor amaçlı eğitim noktası haline gelecektir. Bartın ve Kastamonu gibi kültürü ile zengin iki kent arasında turistik bağlantılar, ekonomik ve kültürel alışveriş gelişecektir.

Teşekkür

Çalışmada desteklerini gördüğümüz Burak Baş, Dilruba Merve Coşkun ve Elvan Demir'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim (2021). Türkiye Mülki İdare Haritaları. <http://cografyaharita.com>. Erişim Tarihi: Ocak, 2021.
- Bonaz. A.M.B. (2017) Coastal Landscape and Public Use. A Landscape Architecture Proposal for the Los Limites Beach, Chubut, www.fupress.net/index.php/ri-vista/ Firenze University Press.
- Garıpağaoğlu, N., Özcan, S., Uzun, M. (2014). Moda-Caddebostan (Kadıköy) Arası Kıyı Alanındaki Değişimin İncelenmesi, Marmara Coğrafya Dergisi, 29, 60-80.
- Güneroğlu, N. (2017). Landscape Value of Urban Coastal Zones, Current Researches in Geography, Arslan, H., İçbay, M.A., Stoychev, K., (Eds), E-BWN, Sofia, 196-203s.
- KTB (2021). Kültür ve Turizm Bakanlığı, Cide, <http://ktb.gov.tr>. Erişim Tarihi: Ocak, 2021.
- Tüik (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, <https://www.tuik.gov.tr/>. Erişim Tarihi: Ocak, 2021.
- Zeyrek, G.A. (2021). Cide ilçe Analizi, Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı 2013. Erişim Tarihi: Ocak, 2021.

Evaluation of Re-functioning in Terms of Conservation: The Case of Çukurhan

Filiz KARAKUŞ¹

Introduction

Changes in the comfort conditions of contemporary life cause the use of historical buildings to lose their validity over time. Although these structures can continue their original use, they can be worn out and become idle due to social, technological and environmental effects (Douglas, 2006: 14-15). These structures can also become unnecessary due to various reasons such as changing economic and industrial applications, demographic changes and increasing maintenance costs (Orbaşlı, 2008). The re-use of historic buildings has occurred in the past because demolition and the construction of new buildings required more time, energy and money than reuse (Velthuis&Spennemann, 2007). Adaptation for reuse began to be discussed architecturally in the 1960s and 1970s due to the growing interest in the historical environment (Cantell, 2005). Adaptive reuse strategies help support the development of a sustainable built environment (Conejos et al., 2011). On the other hand, architectural conservation provides economic, cultural and social benefits to urban communities. Therefore, the role of architectural conservation has changed from conservation to being part of urban transformation and sustainability (Bullen and Love, 2011). Adaptive reuse brings social benefits by animating known landmarks and giving them new life (Conejos et al., 2011).

The shaping of historical buildings according to new needs by giving new functions depends on the spatial and structural features of these buildings (Altınoluk, 1998; Koçan, 2011). These structures can be protected by modernizing their original use or adapting them to a suitable use. Reuse adaptation stands out as one of the preservation approaches adopted today (Bullen and Love, 2011: 412).

The main purpose of conservation approaches for the preservation of cultural assets is to preserve original values. Article 5 of the Venice Charter imposes restrictions on re-use, emphasizing that the changes required by the new function can be designed without changing the plan and decorations of the building (Erder, 1977: 172-173; Ahunbay, 1996: 150). The most appropriate reuse is the closest to the original function as it will require less intervention to the original of the building (Fielden, 2003: 278).

Reuse is a very challenging process for designers. Changing the function of a structure brings new regulatory conditions (Langston and Shen, 2007). Deciding to reuse a historic building is very difficult as it depends on many factors that affect the process. It is very important to find the most suitable function in order to preserve the cultural significance of the heritage structure.

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Architecture and Fine Arts, Department of Architecture, fkarakus@ybu.edu.tr

In this study, Boutique Hotel function given to Çukurhan in Altındağ District of Ankara Province is discussed. The interventions and changes that occurred in the original of the building during the re-functioning were examined. As a result, the positive and negative results brought about by re-functioning were evaluated.

Ankara, Altındağ Çukurhan

Çukurhan, located in Altındağ District of Ankara Province, has been registered on behalf of the General Directorate of Foundations as a result of the lawsuit that started in 2003 and ended in 2004 (Archive of the General Directorate of Foundations). Located in Atpazarı Square, opposite the Castle gate, the building is located to the west of Çengelhan (Figure 1). It does not have an inscription and the exact date of construction is unknown. Some sources claim that it was built in the 18th century. Öney (1971), on the other hand, writes that it is from the 16th or 17th century, and that it was largely renovated after the 1950 fire (Öney, 1971: 139). There is no record about Çukurhan in 16th century censuses and Şer'iyye registries (Ongan, 1958 and 1974), but information about Çukurhan is found in the Ankara şer'iyye registry for the years 1620-22 (Taş, 2006: 199). In the Ankara Şer'iyye registers of 1797, 1791 and 1801, it is recorded that Şeyhülislam Ankaravi Mehmet Efendi donated Şengül Hamam, Hasan Pasha Bath, Suluhan, Çukurhan and some shops to bring income to some works he built in Ankara (Özdemir, 1986: 30-37).

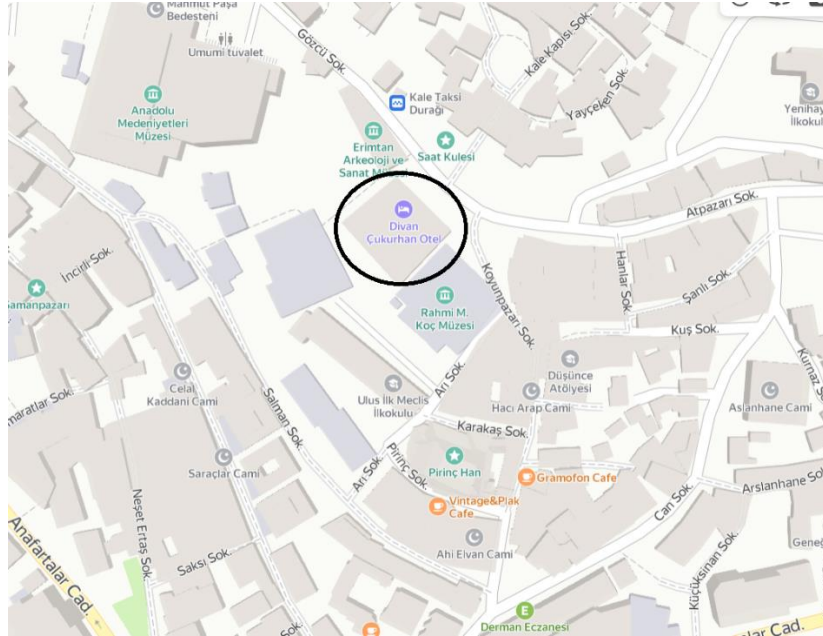


Figure 1. Çukurhan site plan (URL: <https://yandex.com.tr/harita/115676/altindag/?ll=32.863769%2C39.936967&z=18>)

Çukurhan has been registered with the decision of the High Council of Real Estate Antiquities and Monuments, dated 14.10.1972 and numbered 6691, dated 12.04.1980 and numbered A-2167, and by the decision of the High Council of Immovable Cultural and Natural Heritage dated 10.07.1986 and numbered 2458. It was used as a wholesale store and warehouse in the Republic Period (Bakırer and Madran, 1984: 110). Çukurhan was abandoned after 1985 when GIMAT was established and wholesalers moved there. In a document dated 1993, it appears to have shares on behalf of 53 people

(VGM Archive). The building has been rented for 29 years with a tender held in 2006, using the restore-operate-transfer method (Aksoy, 2010: 39). Çukurhan was used as a prison for heavily sentenced prisoners and as a headquarters during the War of Independence and lost its originality to a great extent after the fire in 1950 (Renda et al, 2004: 139).

Çukurhan is an important building in terms of being one of the rare examples of wooden inn architecture in Ankara, especially in terms of wooden carcass inns in terms of the period it was built and the periods it was repaired (Ersoy, 1996). It was built in the classical "Ottoman City Inn" tradition in the form of semi-open spaces (portico) and closed spaces (rooms) around an open common courtyard. It is constructed in different systems as rough stone with wooden beams, rows of rubble stone, wooden carcass, brick and adobe filling (Figure 2), and its ceilings and floors are wooden (Özgönül, 1992).



Figure 2. Çukurhan rubble stone and wood carcass system (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

According to the plan study of Ersoy (1991) in Ottoman Inner City Inns, it has the characteristics of a single courtyard, 2-storey and partial basement-floor plan scheme (Ersoy, 1991). The outer body walls of the inn are 80 cm thick bearing masonry walls (back and side facades). Rough cut stone was used in the basement floor, and rows of rubble stone in the ground floor and the upper floor. The entrance facade, courtyard facades and partitions of the building are built in a wooden carcass system and the filling material is brick and adobe (Figure 3). There are wooden beams on the lower and upper levels of the floor levels and window spaces. The inn sits on an area of 37.38x32.59 meters and the inner courtyard measures 13.08x19.84 meters (Figure 4). The inn is in the form of 2 floors, the shop floor and the upper floor on the entrance facade facing the castle, and 3 floors as the basement, ground and upper floors due to the elevation difference on the other facade (on the slope). The upper floor of the inn has a porch except for the entrance facade (Figure 5).



Figure 3. Wooden carcass system and the filling material (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

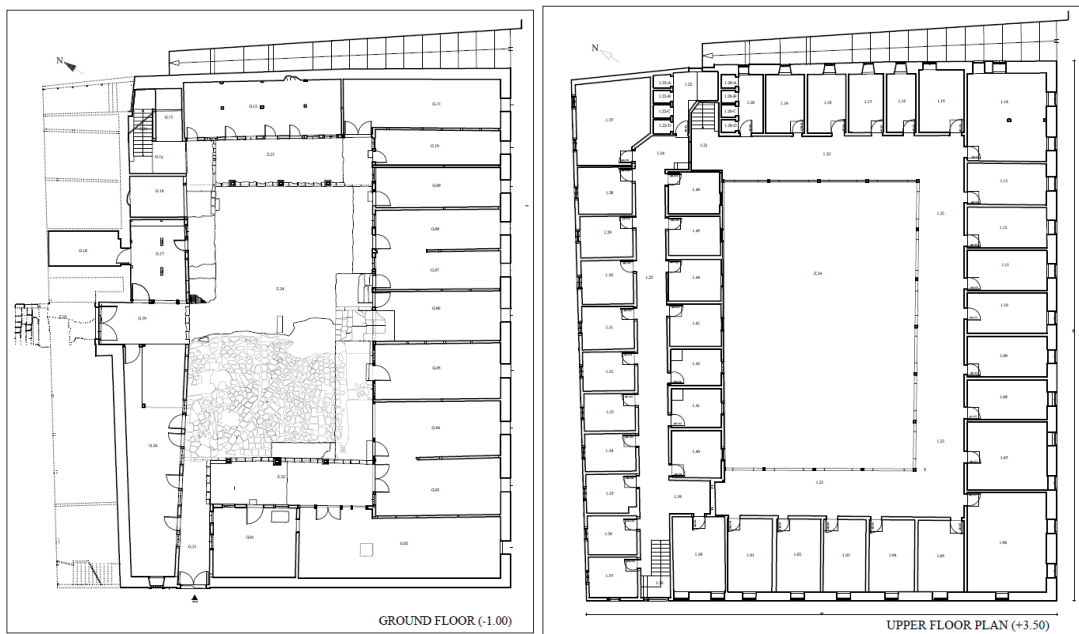


Figure 4. Ground floor and first floor plan before re-functioning (Processed from the project in Promim Architecture Restoration Construction Limited Company Archive)



Figure 5. Çukurhan courtyard and exterior before restoration (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

Before the restoration, there were problems such as neglect during the usage process, the wall, beams, pillars and structural elements that formed the bearing system due to natural factors in time, such as knitting and material losses.

Processes Regarding the Reuse of the Building:

In the report prepared by Çengelhan- Çukurhan Protection and Evaluation Investments Consultancy:

“The building is in a state of collapse in 1992 due to abuse. According to the Zoning Plan report, it is open to all central business functions except production and storage services that may disturb the region. It is essential to encourage the public's administrative, health, culture-tourism functions and touristic uses such as hostel hotels and restaurants. In the plan, touristic accommodation + bazaar functions are proposed for the inns. In the neighboring parcels, it is planned to use Pilavoğlu and Safran Han as a tourist bazaar, to build an additional building for the Museum of Anatolian Civilizations in the west, and a new tourist accommodation-bazaar facility in the south where the school is located. Before this study, including suggestions about the studies made by METU and Gazi University, but for the environment, touristic accommodation and commercial use gained weight...” (Kabaoğlu, 1994: 74-75) is expressed.

In the project prepared in 1992, when the building was owned by the Ankara Metropolitan Municipality, it was presented to the conservation board as a "Protocol Culture and Art House" with a re-use proposal (Figure 6). It is thought that this use consisting of meeting-seminar halls, library, archive and offices that require large-sized spaces and special equipment, will require more intervention to the building (Kabaoğlu, 1994: 75).

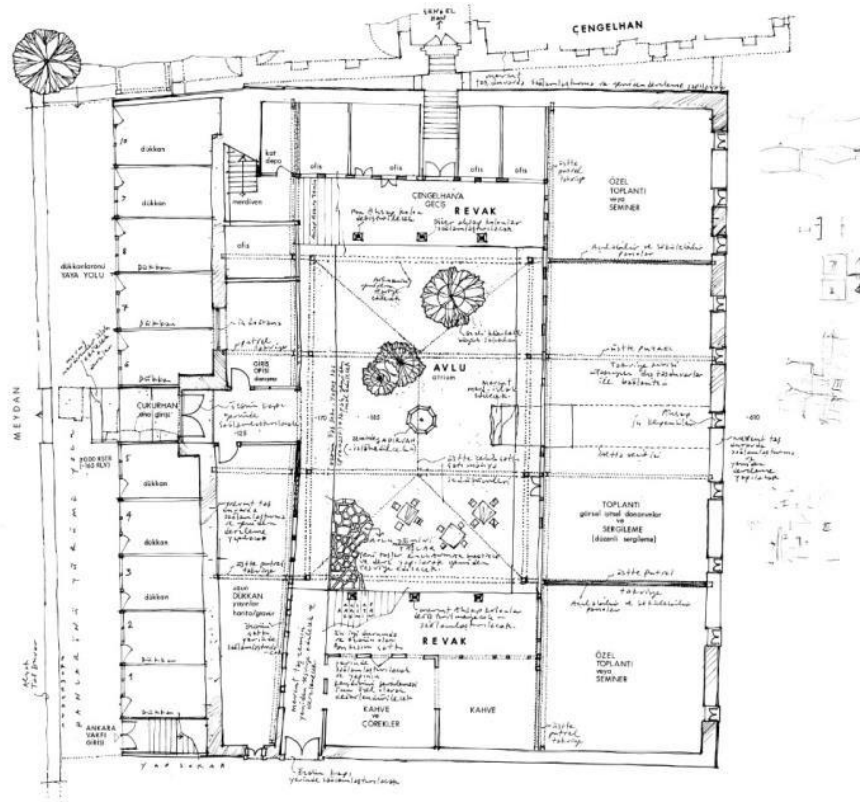


Figure 6. Çukurhan's project for the use of "Protocol Culture and Art House" prepared by the Ankara Metropolitan Municipality

After the building was registered on behalf of the General Directorate of Foundations, in 1994, additional flooring removal, paint and plaster blasting were carried out. As a result of the lawsuit that started in 2003 and ended in 2004, the entire inn was registered on behalf of the General Directorate of Foundations. The survey projects belonging to Çukurhan were approved by the decision of the Ankara Cultural and Natural Heritage Preservation Regional Board, dated 2/2/2007 and numbered 2089. The reuse function has been designated as Boutique Hotel and the restitution and restoration projects have been approved by the Ankara Renovation Area Cultural and Natural Heritage Preservation Regional Board's decision dated 11/05/2007 and numbered 24.

According to the reuse project, a total of 19 hotel rooms, 5 rooms on the ground floor and 14 rooms on the upper floor, have been planned (Figure 7). Çukurhan is planned to be completed functionally within the courtyard with Çengelhan, which is used as a museum. Inside the inn, the rectangular planned, open-top courtyard is covered with tempered laminated insulating glass, and the cover system is carried with steel trusses and steel legs (Figure 8). The basement floor is divided into service areas, consists of a kitchen, laundry, rooms for staff and storage. The restoration renovation project was approved by the Ankara Renewal Area Cultural and Natural Heritage Preservation Regional Board's decision dated 16/01/2008 and numbered 123 (Figure 9). In line with the reuse of the inn, it is planned to arrange a mezzanine floor in the northeast wing of the rooms on the Çengelhan side of the main entrance door, with reception/ information desk, administrative offices, staff room and toilet in the administrative office.



Figure 7. Hotel rooms (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)



Figure 8. Courtyard top cover system (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

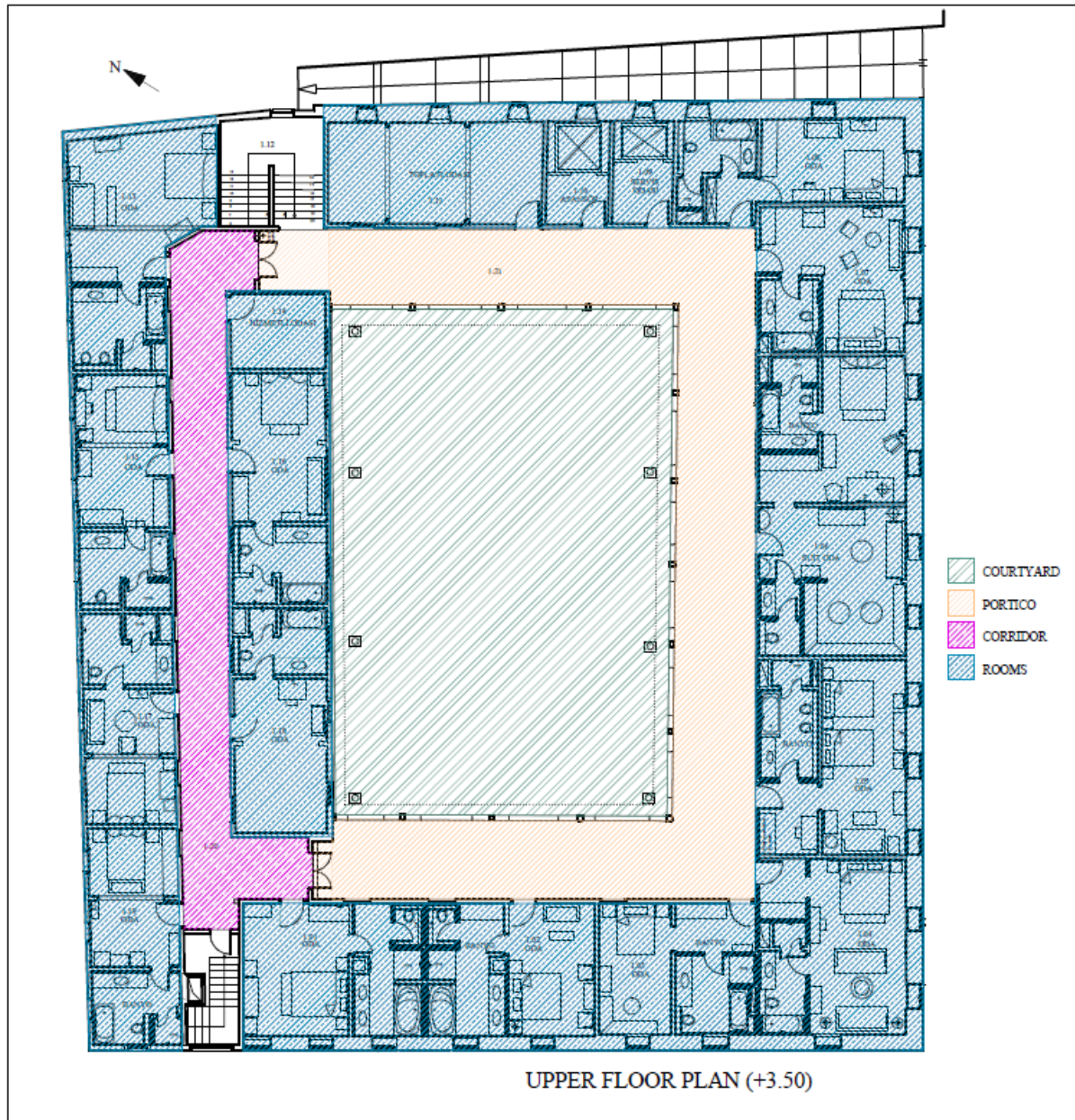


Figure 9. Upper floor plan according to restoration Project (Processed from the project in Promim Architecture Restoration Construction Limited Company Archive)

The shops in the other wing have the function of a restaurant-café serving both hotel customers and outside. At the very corner, a staircase leading to the upper floor is designed. On the ground floor, there is a reception, a lobby and a bar area in the northwest direction, and further on, there are toilets for men and women and a baby care room. Two pools were designed in the courtyard, with a sitting area around it and eating and drinking areas in the southeast direction (Figure 10). In the south-east direction of the ground floor, on the short arm on the Çengelhan side, there is a two-armed stone staircase leading to the upper floor, followed by a service ladder that provides access to the cellar and service spaces, and an elevator and service elevator that provides access to the upper floor. In the rear long wing, the ramp going down to the basement floor was turned into stone steps, the iwan was

designed as a resting and sitting area, and the other spaces were arranged as 5 hotel rooms, one of which is a suite.



Figure 10. Ground floor, pool and eating areas (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

Wet areas of the corner room, the room where some paintings and stuffed animals in the private collection of the Rahmi Koç Museum are exhibited (Figure 11) and the inn door opening to the northwest are located on the short wing on the northwest facade of the building. On the southwestern and northwestern wings of the upper floor, the hotel rooms were expanded by removing the walls and added wet areas such as bathrooms and toilets. On the northeastern wing, the spaces lined up around the corridor are arranged as hotel rooms. On the basement floor, there is a service ladder and service elevator descending on the short wing in the southeast direction. The rooms in the southeast are reserved for the kitchen and storage rooms, and the rooms in the northwest are reserved for the staff.



Figure 11. The room where some paintings and stuffed animals are exhibited and first floor portico

The heating system of the hotel rooms, the general areas such as the guest reception and waiting rooms, the bathroom and toilet spaces that should be located in the rooms, electricity, ventilation, fire systems, occupational health and safety applications are placed in a way to penetrate the main walls of the building and the flooring.

Reuse Interventions:

It is possible to consider the interventions for reuse in Çukurhan as sorting (cleaning), strengthening the carrier system, consolidation, contemporary additional interventions.

Sorting (Cleaning): On the ground floor, the portico wall, which was later closed on the northwest facade, the additional buildings in the courtyard, the unqualified additions in the inn and the woodwork of the shops on the entrance facade were removed.

Reinforcement of the carrier system: Steel reinforcements have been made in various places to strengthen the carrier system and the structure. At the back of the building, under the courtyard level, the additional structure, which is planned to be built independently from the building and will serve the water and electricity system of the main building, has been deemed appropriate to be made of reinforced concrete.

On the front facade of the inn, a new foundation was built under 3 stone pillars on the entrance axis. In the basement floor, a room measuring approximately 4.00x1.00 m in the direction of Çengelhan (to be used as an elevator and staircase house), parallel to the short edge of the middle courtyard, and a 1.80 m wide corridor parallel to the existing basement floor along the slope facade have been added. All of these spaces, some of which will lean against existing stone walls, are made of reinforced concrete.

In accordance with the Earthquake Code, a reinforced concrete foundation was built under the three wooden pillars that carry the upper storey portico system on the southeast and northwest facades of the middle courtyard. In order to cover the middle courtyard, 4 steel columns were made on the north and south sides of the courtyard and a reinforced concrete foundation system was created under these columns. Larger rooms were obtained by removing the partition walls of the existing rooms. For this reason, due to the increase in load on the carriers, the wooden carcass system in the protected partition walls was supported by a steel carrier system and steel supports were made to the wooden elements in the original carrier system of the inn. This system is designed in such a way that it is not visible from the outside, inside the walls and floors. The heating system and fire alarm systems of the wet areas and other spaces are hidden by renewed wooden beams and the wooden carcass system on the walls.

Consolidation: The rubble stones in the existing main load-bearing walls on all facades have been reinforced and the deficiencies in the stone structure have been completed. Spilled joints have been completed according to the original material (Figure 12). The wooden beamed ceiling that carries the ground floor of the basement and the wooden floors of the ground floor were gradually removed, and the steady beams were rehabilitated and reused. After the beams of the basement were removed, reinforced concrete beams were made on the upper level of the rubble stone main body wall. All wooden partition walls on the ground floor have been renovated in accordance with the original. The collapsed and decayed woods of the upper floor and roof were renewed. The room and partition walls of the upper floor have been renovated in accordance with the original (Figure 13). Wood and brick materials were used in the partition walls made for reuse and reinforced with steel. In wet areas, reinforced concrete flooring is made with wire mesh.



Figure 12. Spilled joints have been completed (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)



Figure 13. The room and partition walls of the upper floor have been renovated (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

The steady ones of the feet in the courtyard of the inn were used. The clover bases under the wooden legs have been preserved. Wooden joinery are made in accordance with the original, with jambs and classic interlocking iron bars. The wooden carcass system was renewed, built with brick filling system and plastered on all of the upper floor rooms facing the courtyard and the upper floor walls facing north (entrance facade). Original gates have been improved. Ground floor ceilings are made of wood. Imitation classical brick flooring is used in the courtyard of the inn and on the floors other than wooden beamed flooring.

Contemporary supplement interventions: The central courtyard is covered with a vaulted roof system consisting of aluminum glass and aluminum sunshade system on the steel system (Figure 13) where cleaning and safety concerns are eliminated.

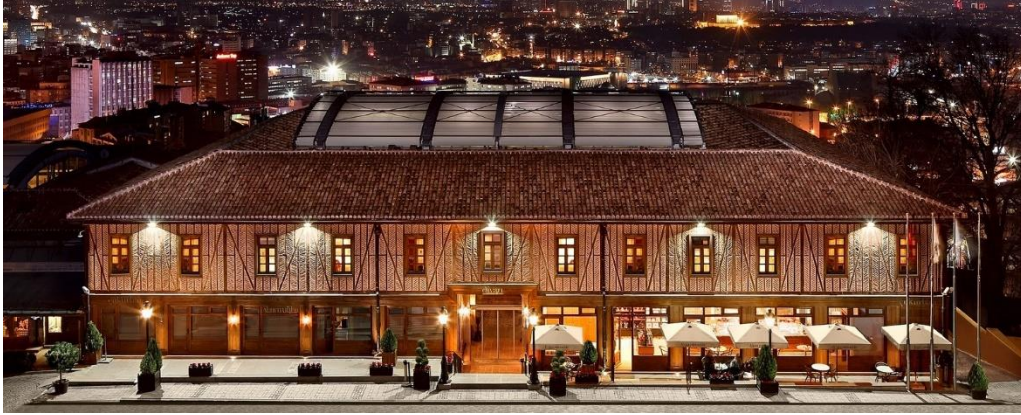


Figure 14. Exterior and covering of courtyard after restoration (Archive of Ankara Regional Directorate of Foundations)

Evaluation and Conclusion

Çukurhan is an important building for the region, as it is one of the 16th and 17th century inns with large programs, as well as the wooden carcass construction technique used in Ankara's civil architecture and the brick and mud brick filling material in Ankara. For this reason, the preservation of the inn with its original values and the quality of materials and workmanship used in re-use interventions has contributed to the preservation of cultural values and revealing the identity of the inn.

With the reuse interventions, it has gained value as a powerful landmark in the region again, contributing to the formation of a public recreation area, as well as increasing the attraction of Atpazarı Square as a public space in terms of tourism. Çukurhan serves for tourism purposes with its re-use as a "Boutique Hotel." Its use for hotel customers does not directly create a public space. In addition, the courtyard of the inn can be used in dining organizations in Safran Brasserie. Due to the customer profile of the inn, the service and service quality of the surrounding facilities has increased and the environment of the inn it has turned into a safer zone.

Çukurhan has been the center of attention of local and foreign tourists due to its specially designed rooms, the impressive atmosphere of the interior and courtyard. The contribution of Çengelhan as a museum to Çukurhan in the historical environment cannot be ignored. Traditional construction techniques and technology can be clearly observed in the inn, which preserves its historical identity despite the interventions it has seen.

The biggest loss in this practice is due to the renewal of original materials and construction techniques. Comparative studies to be carried out during the project phase could reveal the degree of reuse interventions, and studies on less intervention options could be carried out. The intermediate walls that were removed due to the spatial arrangement in the hotel use negatively affected the carrying capacity of the wooden carcass system, and the wood and brick materials that constitute the carrier system were renewed, as the existing materials could not reach sufficient strength. The system is supported by steel beams in order to prevent any weakness of the wooden carcass system in wide openings over time.

When evaluated in terms of protection-intervention relationship, it is an important component of the historical environment as a strong structure in the field, formally and symbolically, despite the loss of originality value of the materials that have survived from previous period repairs since traditional building materials cannot be used by reinforcing.

Resources

- Ahunbay, Z. (1996). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*. İstanbul: YEM Kitabevi.
- Altınoluk, Ü. (1998). *Binaların Yeniden Kullanımı*. İstanbul: YEM Kitabevi.
- Aksoy, Z. (2010). Kentsel Alanda Vakıf Taşınmazlarının Dönüşümü: Başkentlik Sürecinde Ankara Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara.
- Bakırer, Ö., Madran, E. (1984). Ankara Kent Merkezinde Özellikle Hanlar ve Bedestenin Ortaya Çıkışı ve Gelişimi”, *Tarih İçinde Ankara Eylül 1981 Seminer Bildirileri*, Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, 105-128.
- Bullen, P., Love, P. (2011). Adaptive Reuse of Heritage Buildings. *Structural Survey*, 29(5), 411-421.
- Cantell, S., F. (2005). The adaptive reuse of historic industrial buildings: regulation barriers, best practices and case studies. Unpublished Master Thesis, Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Conejos, S., Langston, C., Smith, J. (2011). Improving the implementation of adaptive reuse strategies for historic buildings, *Le vie dei mercanti S.A.V.E. Heritage. Safeguard of architectural, visual, environmental heritage*, Naples, Italy.
- Douglas, J. (2006). *Building Adaption*. Edinburg, UK: Heriot-Watt University.
- Erder, C. (1977). Venedik Tüzüğü Bir Anıt Gibi Korunmalıdır. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(2): 172-173.
- Ersoy, B. (1991). Osmanlı Şehir-İçi Hanları-Plan Tasarımı ile Cephe ve Malzeme Özellikleri. *Sanat Tarihi Dergisi*, 7(7), 75-98.
- Ersoy, B. (1996). *Çukur ve Çengel Han rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerine ilişkin 24.04.1996*. Ankara: Ankara Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Arşivi.
- Fielden, M., B. (2003). *Conservation of Historic Buildings*. Rome: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property (ICCROM).
- Kabaoğlu, A. (1994). Çengel Han- Çukur Han Koruma ve Değerlendirme Yatırımları Danışmanlık Projelerindirme ve Uygulama Çalışmaları”, *Ankara Dergisi*, Cilt: 2, Sayı:6, 73-84.
- Koçan, N. (2011). Tarihi Mekânlarda Koruma ve İşlevsel Yenileme, Uşak Hanı ve Çevresi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2): 97-108.
- Langston, C., Shen, L.Y. (2007). Application of the adaptive reuse application model in Hong Kong: a case study of Lui Seng Chun. *International Journal of Strategic Property Management*, 11:193-207.
- Ongan, H. (1958). *Ankara'nın I Numaralı Şer'iyye Sicili 21 Rebiülahir 991- Evahir-i Mubarem 992 (14 Mayıs 1583- 12 Şubat 1584)*. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları.
- Ongan, H. (1974). *Ankara'nın II Numaralı Şer'iyye Sicili 1 Mubarem 997- 8 Ramazan 998 (20 Kasım 1588- 11 Temmuz 1590)*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Orbaşlı, A. (2008). *Architectural conservation: principles and practice*. London: Blackwell Publishing.

Öney, Ö. (1971). Ankara'da Türk Devri Yapıları. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları.

Özdemir, R. (1986). *XIX. Yüzyılın İlk Yarısında Ankara, (Fiziki, Demografik, İdari ve Sosyo-Ekonomik Yapısı) 1785-1840*. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.

Özgönül, N., (1992). Çengelhan Müzesi Koruma-Onarım ve Yeniden İşlevlendirme Projesi Raporu, KA-BA, Eski Eserler Koruma ve Değerlendirme-Mimarlık Şirketi. Ankara Koruma Kurulu Arşivi, Ankara.

Renda, G., Durukan, A., Özta, Y. (2004). *Ankara Başkent'in Tarihi Arkeolojisi ve Mimarisi*. Ankara: Ankara Enstitüsü Vakıf Yayınları.

Taş, H. (2006). *XVII. Yüzyılda Ankara*. Ankara: Türk Tarih Kurumu.

Velthuis, K., Spennemann, D.H.R. (2007). The future of defunct religious buildings: Dutch approaches to their adaptive re-use. *Cultural Trends*, 16 (1): 43-66

Mor Reyhan Genotiplerinde Hasat Sayılarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi

Musa TÜRKMEN¹

Giriş

Ocimum basilicum L. cinsi, Lamiaceae familyasına ait Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın subtropikal bölgelerinde yetişen 65-150 arasında türü bulunan bir bitkidir (Altay vd., 2019). Bu bitki İran, Hindistan ve Akdeniz bölgesine özgüdür ve hemen hemen dünyanın her yerinde yetiştirilmektedir. Tatlı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) yerel olarak “fesleğen veya reyhan” olarak bilinmektedir (Adigüzel vd., 2005; Reuveni vd., 2002; Tada vd., 1996). Fesleğen, parfüm, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılan çok amaçlı tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Yaprak rengi (yeşil veya mor), çiçek rengi (beyaz, kırmızı, mor) ve aroması farklı olan birçok fesleğen çeşidi vardır (Morales ve Simon, 1996). Mor fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), geleneksel olarak tıpta, beslenme alanlarında ve tatlandırıcı olarak kullanılan önemli bir bitkidir. Mor fesleğen; antialerjik, antikanser, antimikrobiyal, antiseptik, antispazmodik, antifungal, antiviral, antiinflamatuvar, analjezik, immünoestimulan, yatıştırıcı ve antioksidan özelliklere sahiptir. Mor fesleğenin sağlıkla ilgili faydaları, içerdiği polifenollere ve aromatik bileşiklere bağlıdır (Yıkılmış & Tuğgüm, 2019). Fesleğen bitkisinin faydalı kısımları yaprakları ve tohumlarıdır. Fesleğen tıbbi tedavilerde baş ağrısı, öksürük, solucan, mide ağrısı ve böbrek fonksiyon bozuklukları için kullanılmıştır (Ekren, 2012; Simon vd., 1990).

Baharat bitkileri yetiştiriciliğine kaliteli ve yüksek verimli ürün almak amaçlanmaktadır. Bu amaca, istenen özelliklere uygun çeşitlerin geliştirilmesi, uygun yetiştirme tekniklerinin belirlenmesiyle elde edilebilir (Telci vd., 2006).

Bu çalışmada üç farklı Mor Reyhan genotipinden farklı hasat zamanlarının verim üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan reyhan genotiplerinden bir tanesi ülkemizde Arapgir/Malatya şehrinde yetişen ve coğrafi işareti alınmış bir genotiptir. İlçenin en önemli geçim kaynaklarından olan reyhan bitkisi birçok şekilde ürüne dönüştürülmüş ve aileler için ek geçim kaynağı oluşturmaktadır. Bu ürünlerden bazıları; Reyhan suyu, Mor Reyhan Lokumu, Mor Reyhan Sirkesi, Mor Reyhan Badem Şeker ve Mor Reyhan Çayı olarak bilinmektedir.

Materyal metod

Çalışma Akdeniz ekolojik koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan, Fransa tescilli Midnight ve Macaristan Garafarm'dan Pıros çeşitlerine ait tohumlar kullanıldı. Çalışmada kullanılan son genotip ise Malatya'nın Arapgir ilçesine bağlı ve coğrafi işaret, alınmış Arapgir Mor Reyhanına aittir.

¹ Musa Türkmen, Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, turkmenmusa@hotmail.com

Tablo1. Çalışmada kullanılan mor reyhan genotipleri

Çeşitler	Yaprak rengi	Orijin
Arapgir	Mor	Türkiye (Arapgir/Malatya)
Piros	Mor	Macaristan
Midnight	Mor	Fransa

Tohumlar, 28 Şubat'ta sera koşullarında (1: 1 torf ve perlit) ekildi. 3-5 yaprak evresine kadar yetiştirilen fideler, Antakya/Serinyol/Hatay mevkinde bulunan deneme alanına dikilmiştir. (1 Mayıs). Deneme, faktöriyel deneme desenine göre rastgele bloklar halinde, 3 m sıra uzunluğunda dört sıra ve üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede sıra üzeri mesafe 50 cm, sıra arası mesafe ise 50 cm olarak belirlendi. Ayrıca blok ve parseller arasında 100 cm boşluk kullanılmıştır. Blokların kenarlarında kenar tesir olarak birer sıra bırakıldı. Reyhan genotiplerinde yıl içerisinde tek hasat ve iki hasat yapıldığında verim üzerine etkisi araştırılmıştır. Tam çiçeklenme döneminde bitkiler 15 Temmuz ve 25 Ağustos tarihlerinde hasat edildi. Çiçek sonrası hasada bırakılan parseller ise Eylül ayı içerisinde hasat edilmiştir.

Bitkiler tam çiçeklenme döneminde iki kez ve çiçeklenme sonrası dönemde bir kez hasat edilmiştir.

İncelenen özellikler;

1. Bitki boyu (cm): Biçimden önce her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin boyu ölçülerek ortalaması alınmıştır.

2. Yeşil herba verimi (kg/da): Parsellerin kenar tesirleri alındıktan sonra kalan alanlardaki bitkilerin farklı yükseklerde biçilip hemen tartılmasıyla elde edilmiştir.

3. Kuru herba verimleri (kg/da): Yeşil herba için tartım yapıldıktan sonra, 500 g örnek 35 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulularak % nem ve kuru herba oranı belirlenmiştir. Bu oranlardan faydalanılarak kuru herba verimleri hesaplanmıştır.

4. Kuru yaprak verimleri (kg/da): Kuru herba verimi için alınan ve 35 °C kurutulup nem oranı belirlenen örnekte, yaprak ve saplar ayıklanarak yaprak oranları (%) belirlenmiştir. Bu oranlardan faydalanılarak, kuru yaprak verimleri hesaplanmıştır

Bulgular ve Tartışma

Mor reyhan genotiplerinin bir vejetasyon periyodu süresince bir defa hasat edilen parsellerinin bitki boyları incelendiğinde en yüksek bitki boyu 76.23 cm ile Arapgir genotipinde ölçülmüştür. En düşük bitki boyu ise 63.23 cm ile Midnight genotipinde ölçülmüştür. Piros genotipinde ise bitki boyu 72.30 cm olarak ölçülmüştür. Yaprak genişliği açısından incelendiğinde en büyük yaprak genişliği Arapgir genotipinden ölçülürken, en büyük yaprak uzunluğu 5.68 cm ile Piros genotipinde ölçülmüştür. En düşük yaprak genişliği 2.84 cm ile Midnight genotipinden ölçülmüştür. En düşük yaprak uzunluğu ise 4.67 cm ile en büyük genişliğe sahip Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Yaprak en/boy oranı incelendiğinde ise en yüksek oran %0.67 cm ile Arapgir genotipinden ölçülmüştür.

Tablo 2. Tek hasat hasat yapılan mor reyhan genotiplerinin bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki Boyu cm	Yaprak Genişliği cm	Yaprak Uzunluğu cm	En/Boy %
Arapgir	76.23±3.90	3.11±0.40	4.67±0.58	0.67±0.02a
Piros	72.30±5.64	2.97±0.20	5.68±0.37	0.52±0.02b
Midnight	63.23±4.55	2.84±0.25	4.82±0.38	0.59±0.01ab
F Value	1.39ns	0.15ns	1.00ns	12.35*
Coef. Var.	12.99	15.50	16.42	11.33
Std. hata ort.	3.06	0.15	0.28	0.02

Tek hasatta en yüksek yaş yaprak oranı %30.80 ile Midnight genotipinde belirlenirken, en düşük yaş yaprak oranı %28.73 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. En yüksek dal oranı %32.33 ile Arapgir genotipinde görülürken, en düşük yaş dal oranı ise %29.87 ile Piros genotipinden elde edilmiştir. Yaş çiçek oranları incelendiğinde ise en yüksek çiçek oranı %40.80 ile Piros genotipinden elde edilmiştir. En düşük oran ise %38.80 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. Kuru yaprak oranları incelendiğinde en yüksek kuru yaprak oranı % 28.45 ile Midnight genotipinden elde edilirken, en düşük kuru yaprak oranı %22.02 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir.

Tablo 3. Tek hasat hasat yapılan mor reyhan genotiplerinin yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı(%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı(%)
Arapgir	28.73±1.91	32.33±1.16	38.93±3.05	22.02±0.85
Piros	29.33±4.17	29.87±4.15	40.80±8.22	23.82±3.23
Midnight	30.80±1.15	30.40±1.15	38.80	28.45±0.49
F Value	0.16ns	0.21ns	0.04ns	2.46ns
Coef. Var.	14.18	13.03	19.37	16.55
Std. hata ort.	1.40	1.34	2.55	1.37

Kuru dal oranları ise en yüksek oran %33.72 Arapgir genotipinde elde edilirken bunu sırasıyla %21.58 ile Midnight ve %19.53 ile Piros genotipinin izlediği tespit edilmiştir. Kuru çiçek oranları açısından incelediğimizde ise en yüksek kuru çiçek oranı %56.65 ile Piros genotipinden elde edilirken, en düşük kuru çiçek oranı %44.26 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir.

Tek hasat yapılan genotiplerin yaş herba verimleri incelendiğinde Arapgir genotipinin verimi 2818.91 kg/da olarak tespit edilmiştir. Piros genotipinin yaş herba verimi ise 2365 kg/da olarak belirlenmiştir. En düşük yaş herba verimi ise 2035.86 kg/da ile Midnight genotipinde tespit edilmiştir. Kuru herba verimleri incelendiğinde ise en yüksek kuru herba verimi 1039.0 kg/da ile Arapgir genotipinden elde edilirken, en düşük kuru herba verimi 551.79 kg/da ile Midnight genotipinden elde edilmiştir.

Tablo 4. Tek hasat hasat yapılan mor reyhan genotiplerinin yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Arapgir	33.72±4.33	44.26±5.17	2818.91±1154.08	1039.00±307.09
Piros	19.53±4.44	56.65±7.60	2364.14±340.26	624.03±47.11
Midnight	21.58±1.62	49.96±1.38	2035.86±207.36	551.79±29.47
F Value	2.92ns	0.89ns	0.34ns	2.32ns
Coef. Var.	34.71	19.25	46.16	47.87
Std. hata ort.	2.89	3.23	370.28	117.80

İki defa hasadı yapılan genotipleri ilk hasatta bitki boyları incelendiğinde en uzun bitki boyu %40.07 cm ile tek hasatta olduğu gibi Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Yaprak enleri incelendiğinde en büyük yaprak eni 4.01 cm ile Arapgir genotipinde ölçülürken en düşük yaprak eni 1.93 cm ile Piros genotipinde ölçülmüştür. En uzun yaprak boyuda tek hasadın aksine 8.03 cm ile Arapgir genotipinde ölçülürken, en düşük yaprak boyu 4.78 cm ile Piros genotipinde ölçülmüştür. Yaprak en/boy oranı en yüksek Arapgir genotipinde ölçülürken bunu sırasıyla Midnight ve Piros genotiplerinden elde edilmiştir.

Tablo 5. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ilk hasatta bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu(cm)	En/boy (%)
Arapgir	40.07±0.22	4.01±0.22a	8.03±0.34a	0.50±0.01a
Piros	38.70±0.70	1.93±0.36b	4.78±0.82b	0.40±0.01b
Midnight	37.63±0.20	2.81±0.13b	6.85±0.13ab	0.41±0.01b
F Value	0.38ns	20.16**	9.32*	52.94**
Coef. Var.	3.21	33.70	24.72	11.40
Std. hata ort.	0.41	0.33	0.54	0.02

İki defa hasat yapılan parsellerin ilk hasadında yaş yaprak oranları incelendiğinde en yüksek yaş yaprak oranı %56.47 ile Piros genotipinde tespit edilirken, bunu sırasıyla %53.27 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. En düşük yaprak oranı ise %41.53 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Yaş dal oranları bakımından incelendiğinde en yüksek dal oranı %27.93 ile Arapgir genotipinden elde edilirken, en düşük yaş dal oranı %16.0 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. Piros genotipinin yaş dal oranı ise %21.27 olarak tespit edilmiştir. Yaş çiçek oranları incelendiğinde Arapgir ve Midnight genotiplerinin çiçek oranları arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamıştır. En düşük yaş çiçek oranı ise %22.27 ile Piros genotipinden elde edilmiştir. İlk hasatta en yüksek kuru dal oranı %57.21 ile Midnight genotipinden elde edilirken, en düşük kuru yaprak oranı %33.33 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Piros genotipinde kuru yaprak oranı %51.54 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ilk hasatta yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı (%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı (%)
Arapgir	41.53±0.29b	27.93±0.47a	30.53±0.29a	33.33b
Piros	56.47±1.44a	21.27±2.14b	22.27±0.71b	51.54±1.18a
Midnight	53.27±3.87a	16.00±1.36b	30.73±2.64a	57.21±2.71a
F Value	10.42*	14.68*	9.04*	46.79**
Coef. Var.	15.27	25.96	17.29	23.44
Std. hata ort.	2.57	1.88	1.61	3.70

Kuru dal oranları incelendiğinde en yüksek dal oranı %35.35 ile Arapgir genotipinde ölçülürken, en düşük kuru dal oranı ise %16.08 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. Kuru çiçek oranları incelendiğinde ise en yüksek çiçek oranı %31.31 ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru çiçek oranı %26.70 ile Midnight genotipinde belirlenmiştir. Piros genotipinde kuru çiçek oranı ise %29.69 olarak tespit edilmiştir.

Dekara yaş herba verimleri incelendiğinde en yüksek yaş herba verimi 661.01 kg/da ile Piros genotipinden elde edilirken, en düşük veri 376.62 kg/da ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Midnight genotipinin yaş herba verimi ise 593.33 kg/da olarak tespit edilmiştir. Kuru herba verimleri incelendiğinde ise en yüksek verim 157.38 kg/da ile Piros genotipinden elde edilirken, en düşük kuru herba verimi 89.67 kg/da ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Midnight genotipinin verimi ise 141.27 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ilk hasatta yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Arapgir	35.35a	31.31	376.62±45.54b	89.67±10.84b
Piros	18.78±1.96b	29.69±1.50	661.01±61.38a	157.38±14.62a
Midnight	16.08±1.14b	26.70±3.83	593.33±37.94a	141.27±9.03a
F Value	50.66**	0.74ns	17.68*	17.68*
Coef. Var.	39.51	14.03	27.29	27.29
Std. hata ort.	3.08	1.37	49.46	11.78

İki defa hadat yapılan genotiplerin ikinci hasatları incelendiğinde en uzun bitki boyu 51.40 cm ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 50.03 cm ile Piros genotipinden elde edilmiştir. En düşük bitki boyu ise 48.97 cm ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. Yaprak eni ölçümlerinde ise en yüksek yaprak eni 4.18 cm ile Midnight genotipinden elde edilirken, bunu sırasıyla 3.62 cm ile Arapgir ve 2.51 cm ile Piros genotiplerinin izlediği görülmektedir. Yaprak boyları bakımından incelendiğinde, en uzun yaprak boyu 6.92 cm ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. En düşük yaprak boyu ise 5.11 cm ile Piros genotipinden elde edilmiştir. En büyük yapra en/boy oranları ise %0.61 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir.

Tablo 8. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ikinci hasatta bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu(cm)	En/boy (%)
Arapgir	51.40±1.10	3.62±0.41	6.84±0.22a	0.53±0.04
Piros	50.03±1.23	2.51±0.20	5.11±0.20b	0.49±0.02
Midnight	48.97±0.82	4.18±0.16	6.92±0.39a	0.61±0.02
F Value	6.13ns	6.60ns	11.45*	2.74ns
Coef. Var.	3.81	24.60	15.58	12.66
Std. hata ort.	0.64	0.28	0.33	0.02

Yaş yaprak oranları incelendiğinde en yüksek yaprak oranı %46.58 ile Arapgir genotipinden elde edilirken, en düşük yaş yaprak oranı %36.87 ile Midnight genotipinde tespit edilmiştir. Yaş dal oranı en yüksek %31.76 ile Arapgir genotipinden elde edilirken en düşük oran %22.15 ile Midnight genotipinde görülmektedir. Yaş çiçek oranı %40.98 ile Midnight genotipinden elde edilirken, en düşük çiçek oranı %21.66 ile Arapgir genotipinde belirlenmiştir. Kuru yağrak oranları ise sırasıyla %57.21 Midnight, %51.54 Piros ve %33.33 Arapgir genotipinden elde edilmiştir.

Tablo 9. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ikinci hasatta yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı (%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı (%)
Arapgir	46.58±2.14	31.76±2.06	21.66±1.13b	33.33b
Piros	39.34±2.37	28.65±6.94	32.01±5.56ab	51.54±1.18a
Midnight	36.87±2.56	22.15±1.12	40.98±3.59a	57.21±2.71a
F Value	3.68ns	1.15ns	8.50*	46.79**
Coef. Var.	13.75	27.75	32.31	23.44
Std. hata ort.	1.88	2.55	3.40	3.70

Kuru dal oranları bakımından incelendiğinde en yüksek kuru dal oranı %35.35 ile Arapgir genotipinden elde edilirken, en düşük kuru dal oranı %16.08 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir. En yüksek kuru çiçek oranı %31.31 ile yine Arapgir genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru çiçek oranı ise %26.70 ile Midnight genotipinden elde edilmiştir.

Dekara verimler incelendiğinde ikinci hasatta bitki verimlerinin arttuğu tespit edilmiştir. En yüksek yaş herba verimi 3433.59 kg/da ile Arapgir genotipinden elde edilmiştir. En düşük yaş herba verimi ise 2028.02 kg/da ile Piros genotipinden elde edilmiştir. Midnight genotipinin yaş herba verimi ise 2193.93 kg/da olarak tespit edilmiştir. En yüksek kuru herba verimi 708.29 kg/da ile yine Arapgir genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru herba verimi ise 437.19 kg/da ile Midnight genotipinde görülmüştür.

Tablo 10. İki defa hasadı yapılan mor reyhan genotiplerinin ikinci hasatta yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Arapgir	35.35a	31.31	3433.59±156.95a	708.29±57.14
Piros	18.78±1.96b	29.69±1.50	2028.02±386.28b	438.14±114.45
Midnight	16.08±1.14b	26.70±3.83	2193.93±133.65b	437.19±17.11
F Value	50.66**	0.74ns	8.23*	3.73ns
Coef. Var.	39.51	14.03	30.00	33.25
Std. hata ort.	3.08	1.37	255.23	58.50

Sonuç ve Öneriler

Genel olarak bütün hasatlarda Arapgir genotipinin diğer genotiplere göre verim açısından daha üstün bir genotip olduğu açıkça görülmektedir. Coğrafi işareti alınmış olan bu genotipin yetiştiriciliğinin diğer bölgelerde de arttırılarak bölge halkına alternatif bir geçim kaynağı olabilecek bir bitki olduğu görülmektedir. Bu genotip üzerinde farklı çalışmalar ile verim oranlarının arttırılması çalışmalarını ilerleyen çalışmalarla devam etmelidir.

Kaynaklar

- Adigüzel, A., Güllüce, M., Ütcü, H. Ö., & Fikrettin, N. (2005). Antimicrobial Effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) Extract. *Turkish Journal of Biology*, 29(3), 155–160.
- Altay, K., Hayaloglu, A. A., & Dirim, S. N. (2019). Determination of the drying kinetics and energy efficiency of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves using different drying methods. *Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung*, 55(8), 2173–2184. <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02570-9>
- Ekren, S. (2012). The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural Water Management*, 109, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.004>
- Reuveni, R., Raviv, M., Krasnovsky, A., Freiman, L., Medina, S., Bar, A., & Orion, D. (2002). Compost induces protection against *Fusarium oxysporum* in sweet basil. *Crop Protection*, 21(7), 583–587. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00149-1)
- Simon, J. E.; Quinn, J.; Murray, J. G. (1990). Basil: A Source of Essential Oils. *Advances in New Crops, Heath 1981*, 484–489. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/pdf/v4-499.pdf>
- Tada, H., Murakami, Y., Omoto, T., Shimomura, K., & Ishimaru, K. (1996). Rosmarinic acid and related phenolics in hairy root cultures of *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*, 42(2), 431–434. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(96\)00005-2](https://doi.org/10.1016/0031-9422(96)00005-2)
- Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G., & Avcı, B. (2006). Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 34(6), 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2006.01.009>
- Yıkımış, S., & Tuğgüm, S. (2019). Evaluation of Microbiological, Physicochemical and Sensorial Properties of Purple Basil Kombucha Beverage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9), 1321. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1321-1327.2550>

Mikrodalga Kurutma Yöntemi ile Toprak Nem İçeriğinin Farklı Toprak Tekstürü Koşullarında Belirlenmesi

Ramazan Meral¹
Yasin Demir²
AzizeDoğan Demir³
Hasan Er⁴
Abdurrahman Şimşek⁵

Giriş

Günümüzde arazi ve su kaynaklarının etkin kullanımı, korunması ve sürdürülebilir tarım öncelikli konular arasında yer almaktadır. Toprak, bitki ve su ilişkilerinin bilinmesi bu konuda yapılacak tüm araştırmalara ve uygulamalara esas teşkil etmektedir. Toprak nem içeriği bitki gelişimini, bitki besin elementlerinin toprak profili boyunca dağılımlarını, toprak havalanmasını, infiltrasyon ve yüzey akışı doğrudan etkilemektedir. Toprak neminin bilinmesi tarımsal üretimin yanı sıra havza hidrolojisi, taşkın tahminleri, erozyon ve kuraklık çalışmaları açısından da büyük önem taşımaktadır (Öztaş 1997, Hardie 2020).

Artan su ihtiyacı ile birlikte su kaynakları üzerinde oluşan baskı, tarımsal sulama yönetiminde toprak neminin daha yenilikçi teknolojilerle takip edilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Toprak nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler mevcut suyun kütesinin ölçülmesi esasına dayanan direkt yöntemler ve nem içeriğine bağlı herhangi bir toprak özelliğinin ölçülmesi esasına dayanan dolaylı yöntemler olarak iki grupta toplanmaktadır. Direkt yöntemler gravimetrik yöntemler olup, toprak örneğindeki su buharlaştırma, yıkama ve kimyasal reaksiyon yolu ile uzaklaştırılmakta ve uzaklaştırılan miktar belirlenmektedir. (Öztaş 1997). Yöntem basit uygulanabilirliği ve kesin sonuç vermesine karşılık; anlık sonuç alınamaması, alansal ve zamansal bazda yeterli ölçüm olanağına sahip olmayışı, otomasyon uygulamalarına uyumlu olmaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. (Gorthi 2020). Toprak örneği fırın kuru ağırlığının belirlenmesi için 105 0C sıcaklık ve 24 saat süreyle yapılan kurutma işlemi hem zaman alıcı olması hem de enerji tüketimi açısından istenmeyen bir durumdur.

Dolaylı yöntemler toprağın belli fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin su miktarına bağlı olarak değişimlerini esas almaktadır. Bu yöntemler arasında nötron saçılma, (TDR:Time Domain Reflectometry), Frekans Etkili Yansıma Ölçer, (FDR: Frequency Domain Reflectometry) yöntemi, akustik ve diğer uzaktan algılama yöntemleri yer almaktadır (Babaeian 2019). Yöntemler her ne kadar anlık değerler vermesi ve otomasyon olanağı sağlamasına karşılık; kalibrasyon ihtiyacı, toprağa yerleştirilmesinde karşılaşılan sorunlar, toprak tuzluluğu, bitki besin elementleri ve yüksek kil içeriğinden olumsuz etkilenmesi, ekonomik olmayışı gibi dezavantajlara sahiptir. Bunların yanı sıra uzmanlık gerektirmesi gibi nedenlerle uygulamada yaygınlık kazanamamıştır (Bagnall ve ark., 2018; Bobrov ve ark 2019; Wyseure ve ark., 1997; Corwin ve Lesch 2005)

¹ Prof. Dr., Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, rmeral@bingol.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, rmeral@bingol.edu.tr

³ Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ademir@bingol.edu.tr

⁴ Araş. Gör., Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, hasaner@bingol.edu.tr

⁵ Dr. Öğrencisi, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, simsek33K@hotmail.com

Toprak neminin kesin olarak belirlendiği gravimetrik yöntemin sözkonusu kurutma süresinin kısaltılması durumunda daha etkin kullanılması mümkün olacaktır. Bu amaçla yapılan sınırlı sayıda çalışma microdalga kurutma yöntemi bu sürenin kısaltılabileceğini göstermiştir. (Gaspard 2002; Suwandi vd. 2009; Jastrzebska 2019). Günümüz gelişen teknolojiyle birlikte microdalga kurutma yöntemi özellikle meyve sebze kurutma uygulamalarında geniş uygulama alanı bulmuştur (Zarein ve ark 2015). Ancak toprak bilimcilerce bu konuda sınırlı sayıda çalışma yapılmış olup daha çok dolaylı yöntemler revaç kazanmıştır. Vaitekunas ve ark 1989 tartılı düzeneğe sahip bir mikrodalga fırını (2450 Mhz ve 600 W) üç farklı bünye için toprak nemi ölçünde kullanmışlardır. 100 gr toprak örneklerinin kullanıldığı ölçümlerde kuruma süreleri 5,0-6.5 dakika arasında değişmiştir. Araştırmacılar fırın kuru ağırlığına ulaşıldığından emin olunması gerektiğini ve artan sıcaklıktan topraktaki organik ve inorganik bileşiklerin zarar görmediğinin kontrol edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Söz konusu çalışmada kil içeriği yüksek örneklerde yaklaşık 170 0C ye kadar çıktığı belirlenmiştir. Darlene ve Sabey (1976) microdalga fırın yöntemiyle toprağın fırın kuru ağırlığının yeterli doğrulukta belirlenebileceğini ancak başlangıç nem içeriği ve bünyeye bağlı olarak kurutma süresinin belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar yürüttükleri çalışmada bu süresi 5-35 dakika arasında belirlemişlerdir. Miller ve ark (1974) kuruma süresinin nem içeriği ve örnek ağırlığına bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Berney (2011) toprağın nem içeriğini belirlemede çeşitli cihazların etkinliğini test etmeyi amaçlamıştır. Nem belirlemede laboratuvar fırını, mikrodalga fırın, nem tayin cihazı, Kimyasal nem test cihazı ve Elektriksel nem içerikli cihazları denenmiştir. Çalışma sonucunda mikrodalga fırının kurutma yöntemi için güvenilir bir yöntem olabileceği ifade edilmiştir.

Daod (2012), mikrodalga fırını kullanarak hem nem içeriği hem toprak kuruma süresini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmada farklı bölge ve derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Nem içeriğinin belirlenmesi için: Konveksiyonlu ve 900 Watt güce sahip Mikrodalga fırın kullanılmıştır. Kurutma için her bir numuneden yaklaşık 150-200 g'lık iki eşit numune alınmıştır. Mikrodalga fırın için numuneler aralıklarla, 10 dakika, 20 dakika ve 30 dakika olarak test edilmiştir. Konveksiyonel fırın için 24 saat 105 °C'de numuneler test edilmiştir. Araştırma sonucunda toprak nem içeriklerinin belirlenmesi için 150-200 g toprak örneklerinin 30 dakika süreyle 900 Watt'lık mikrodalga fırın kullanarak kurutulmasının uygun olabileceği ifade edilmiştir.

Cormick (2015) toprak nem tayini için toprak numunelerini kurutmada standart fırın ile mikrodalga fırının karşılaştırılmasını değerlendirmiştir. Araştırmada bentonit, illit, kaolinit, turba yosunu ve siltli toprak materyallerinden oluşacak şekilde 277 örnek test edilmiştir. Araştırmada % 30 nem içeren 192 örneğin sonuçlarının iki yöntem için birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda test edilen örneklerin iyi bir korelasyon göstermiş olduğunu ve mikrodalga fırın yönteminin kullanım için uygun olduğunu ifade edilmiştir.

Kramarenko vd. (2016), toprak nemini belirlemek amacıyla yüksek organik madde içeriğine sahip toprakları kurutmada mikrodalga fırın yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada toprak nemi ve organik madde içerikleri tayin edilmiştir. Toprak numuneleri 5-10 g, 15-20 g ve 100-200 g olacak şekilde tartılmış ve fırınlara yerleştirilmiştir. Araştırma sonucunda ev tipi mikrodalga fırınların toprakların hızlı nem içeriğinin belirlenmesinde kullanımının uygun olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca toprak numuneleri kurutulduktan sonra organik madde içeriklerinin iki yöntem içinde % 2-3 arasında benzer bir kaybın gerçekleştiği belirlenmiştir. Mohamad vd. (2020) Toprak nem içeriğinin belirlenmesi için konveksiyon fırında kurutma yöntemine alternatif olarak Mikrodalga fırın yönteminin kullanılmasını değerlendirmiştir. Toprak numuneleri 50 g olacak şekilde tartılmıştır. Örnekler hızlı bir

şekilde 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 14 dakikalarda tartılmış ve her örnek için sabit bir ağırlık elde edilene kadar değiştirilmiştir. Araştırma sonucunda toprak nem için kurutma işlemi mikrodalga fırın yöntemi ve konveksiyon fırın yöntemi kullanılarak yapılabileceği ve mikrodalga fırın yöntemi nem içeriği tayini için hızlı bir yöntem olabileceği vurgulanmıştır.

İncelenen literatür ışığında mikrodalga kurutma yönteminin toprak nem tayininde kullanılması için; organik madde içeriğinde bir değişim olmaksızın farklı koşullar için çalışılması ve bir standart tanım oluşturulması ihtiyacının olduğu görülmektedir. Bu çalışmada üç farklı bünyedeki toprak örneklerinde nem tayininin mikrodalga kurutma yöntemi ile belirlenebilirliği araştırılmıştır. Farklı nem içeriklerinde yapılan ölçümler etüv kurutma sonuçları ile karşılaştırılmış ve mikrodalga kurutmanın toprak organik madde içeriğine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Metod

Bu çalışma labortauvar koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan üç farklı bünyeye sahip topraklar tarım arazilerinden alınmıştır. Bu topraklara fiziksel ve hidrolik özellikler belirlenmiş ve Çizelge 1’de verilmiştir. Toprakların tane büyüklük dağılımı Gee and Bauder (1986) tarafından belirtilen hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Tarla kapasitesi ve Solma noktası özellikleri Tinsley (1967)’in tarif ettiği şekilde, hacim ağırlığı ve porozite ise Demiralay (1993)’in bildirdiği yöntemle göre belirlenmiştir.

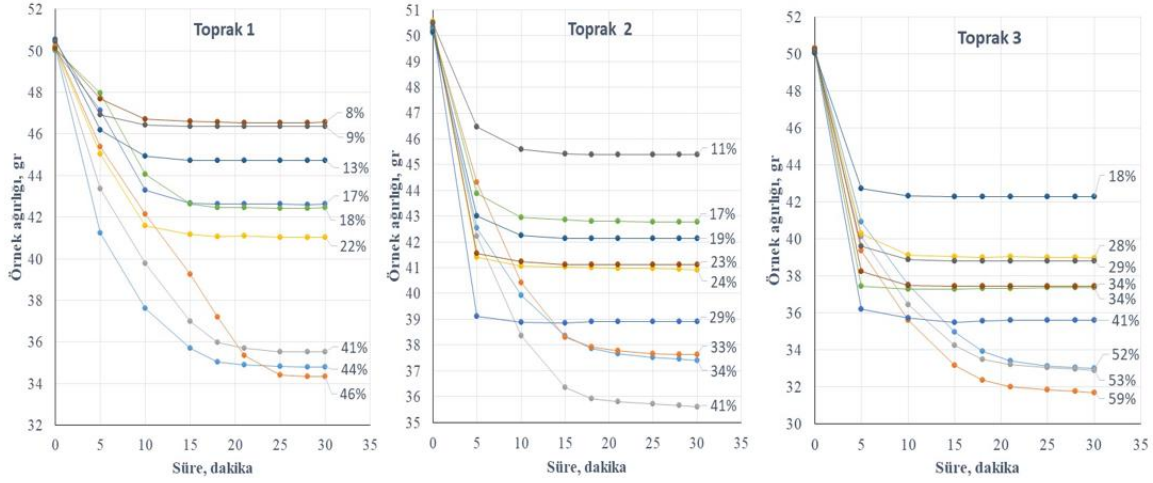
Topraklar laboratuvar koşullarında öncelikle suyla doymun hale getirilmiş ve serbest hava koşullarında kurumaya bırakılmıştır. Bu süreç içerisinde belir gün aralıklarla meydana gelen üç farklı nem içeriğinde çalışma yürütülmüştür. Eş zamanlı ve üçer tekerrürlü alınan 50 şer gram alınan iki grup örnekten biri yaş ağırlığı belirlendikten sonra 24 saat 105 0C de etüvde kurutulmuştur. Diğer örnek yine 50 şer gram alınmış, yaş ağırlığı belirlendikten sonra Mikro dalga fırına alınmıştır. Bu amaçla 2450 mHz ve 900 W güçte Mikrodalga fırın kullanılmıştır. Kurutma süresince belirli aralıklarla tartım yapılmış, ağırlık sabitleşinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutma işlemi bittikten sonra toprak örneklerinde Walkley and Black (1934) yöntemi ile organik madde tayini yapılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprakların bazı özellikleri

	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Hacim ağırlığı (mg m ⁻³)	Porozite (%)	Tarla Kapasitesi	Solma noktası
Toprak 1(T1)	32	30	38	1.22	51.00	0.285	0.165
Toprak 2(T2)	36	40	24	1.49	45.22	0.215	0.119
Toprak 3(T3)	46	40	14	1.42	46.21	0.145	0.070

Sonuç ve Tartışma

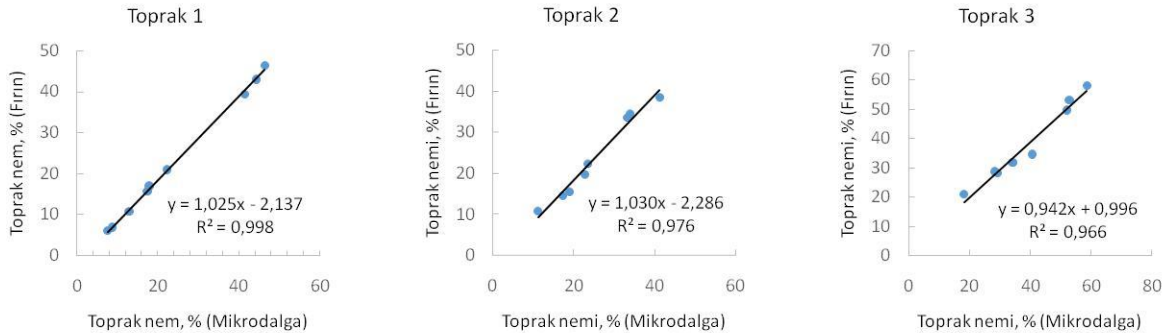
Toprak gruplarına bağlı olarak sabit ağırlığa ulaşınca kadar Mikrodalga kurutma süreleri Şekil 1 de verilmiştir. Sabitleşen ağırlıklar kullanılarak kuru ağırlık yüzdesi cinsinden nem içeriği belirlenmiş ve şekil üzerinde verilmiştir.



Şekil 1. Toprakların mikrodalga kurutma süreleri

Şekil 1 de görüldüğü gibi Kil içeriği en yüksek (% 38) olan T1 topraklarında % 40 nem içeriklerinden yüksek koşullarda 25. dakikadan itibaren sabit ağırlığa ulaşılırken; daha düşük nem içeriklerinde 18. dakikadan itibaren sabit ağırlığa ulaşılmıştır. Nem içeriği seviyesinin yanı sıra nem içeriğine bağlı olarak yüzeyde kabuk bağlama ve çatlıkların oluşması kuruma süresine etki edebileceği gözlemlenmiştir. Nem içeriğine bağlı kuruma süresindeki değişimler diğer toprak gruplarında da göreceli olarak izlenmiştir. Bu örneklerde yüksek nem koşullarında yine 25. dakikadan itibaren sabit ağırlığa ulaşılırken; daha düşük nem içeriklerinde bu süre T2 için 15. dakika, T3 için 10 dakika olarak gerçekleşmiştir. İncelenen literatür ışığında mikrodalga kurutma ile sabit sıcaklığa ulaşma süreleri 5-30 dakika arasında değişmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre söz konusu sürenin toprak nem içeriği ve bünyesine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ek olarak doygun koşullarda bünye etkisi sınırlı kalmış tüm örnekleri 25 dakikadan sonra sabit ağırlığa ulaştırılmıştır.

Mikro dalga kurutma ve Etüvde kurutma ile elde edilen nem değerleri değerlendirme amaçlı şekil 3 te verilmiştir. Ölçümlerin tamamında mikrodalga kuru ağırlıkların Etüv değerlerinden bir miktar düşük olduğu görülmektedir. İki yöntemle elde edilen sonuçların uyumluluğu için yapılan regresyon analiz sonuçları belirtme katsayıları ile Şekil 6 da verilmiştir.



Şekil 6. Regresyon analiz sonuçları (P<0.001)

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde iki yöntem arasında R2:0.9763-0.9986 arasında uyumluluk olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar mikrodalga yönteminin geleneksel fırın yerine kullanılabilirliğini

göstermektedir. Benze olarak Harris ve Safford (1992) 10 g toprak örneklerinde, 490 W güç ve 20-30 dakika süre yapılan mikrodalga kurutma işleminin standart bir fırında 24 saat 105 °C kurutulan örnekler ile karşılaştırılabilir bir doğrulukla güvenilir şekilde kurutulduğu belirlenmiştir. Jalilian vd. (2017) ise 600 watt'lık 10 dakikada mikrodalga fırında kurutulmasının etüv sonuçlarına benzer sonuçlar verdiğini belirtmişleridir. Bu çalışmada Mikrodalga kurutma sonuçları sistematik olarak belli oranda düşük gerçekleşmesi teorik çözümleri mümkün kılmaktadır.

Mikrodalga kurutma süresince örneklerdeki organik madde içeriğinde bir değişim olup olmadığına ilişkin yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2. Mikrodalga kurutma öncesi ve sonrası organik madde içerikleri, %

Toprak grubu	Organik madde, %	
	Önce	Sonra
Toprak 1(T1)	0,498	0,503
	0,480	0,520
	0,475	0,485
Toprak 2(T2)	0,684	0,718
	0,694	0,758
	0,699	0,457
Toprak 3(T3)	0,756	0,406
	0,761	0,406
	0,754	0,406
Eşlemeli t test (P>0,05)	0.081	

Genel olarak organik madde içerikleri 0,406-0,761 arasında değişim göstermiştir. Bu değişim istatistiksel olarak (P>0,05) anlamlı bulunmamıştır. T1 ve T2 grubunda öncesi ve sonrası aynı değişim aralığında değerler elde edilirken T3 için kurutma sonrası öneli bir düşüş belirlenmiştir. Ancak değişimler aynı grup tekrürleri arasında da gözlenmiş olması ölçüm yöntemindeki hassasiyet ile ilişkilendirilebilir. Zaten % organik madde içeriğinin düşük olması ve kurutma sırasında kaybolacağı düşünülen miktar % nem hesabı içerisinde önemli bir değişim potansiyeline sahip değildir.

Değerlendirme

Sulama uygulamalarının planlanmasında temel faktör olan toprak nemi verilerin elde edilmesi, geleneksel gravimetrik yöntemle elde edilmesi uzun zaman gerektirmesi önemli bir dezavantajdır. Yapılan bu çalışma mikrodalga kurutma yöntemi ile bu sürenin 15-25 dakika aralığına çekilebileceğini göstermiştir Ancak mevcut nem içeriği, bünye, kurutma süresince kabuk bağlama, buharlaşma yüzey alanı gibi faktörle bu süreye etki ettiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle esas olan sabit ağırlığa ulaşıldığından emin olunmasıdır. Bu konuda tartılı ve iç sıcaklık ayarlı mikrodalga fırınların üretimi üzerinde ileri çalışmaları gerekliliği bulunmaktadır. Diğer bir konuda ulaşılan bu sabit ağırlığın standart fırın kur ağırlığı ile son derece uyumlu olduğu, ideal koşullar oluşturulduğunda mevcut tamamen eşit olabileceği anlaşılmaktadır. Diğer önemli konuda organik madde içeriği daha yüksek topraklarda mikrodalga kurutma sürecinde organik madde kaybı oluşmaksızın sadece suyun uzaklaştırılmasının sağlanmasıdır. Sonuç olarak sensör teknolojilerin kendi içindeki kısıtları da dikkate alındığında; hem araştırma hemde üreticilerin kullanımı açısından mikrodalga kurutma yöntemi önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

Berney, I. V., Ernest, S., Kyzar, J. D., & Oyelami, L. O. (2011). Device comparison for determining field soil moisture content. Engineer Research And Development Center Vicksburg Ms Geotechnical And Structures Lab.

Cormick, A. (2015). Comparing different heating methods for determination of moisture content in soils.

Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No:143, Erzurum.

Daod, H. (2012). Determination of moisture content and liquid limit of foundations soils, using microwave radiation, in the different locations of Sulaimani governorate, Kurdistan region-Iraq. World Academy of Science, Engineering and Technology, 6(7), 1297-1303.

Gaspard, K. (2002). Rapid Drying Soils with Microwave Ovens. LTRC Project, (99-3GT).

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. p 383-411 In A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis Part 1. Soil Science Society of America Book Series 5, Madison, Wisconsin, USA.

Harris, M. M., & Safford, L. O. (1992). A rapid technique for drying organic soil horizons using a microwave oven. Soil Science, 154(5), 420-425.

Jalilian, J., Moghaddam, S. S., & Tagizadeh, Y. (2017). Accelerating Soil Moisture Determination with Microwave Oven. J. of Chinese Soil and Water Conserv, 48(2), 101-103.

Jastrzębska, M. (2019). Practical application of the microwave oven in the geotechnical laboratory. Architecture Civil Engineering Environment, 12(2), 91-104.

Kramarenko, V. V., Nikitenkov, A. N., Molokov, V. Y., Shramok, A. V., & Pozdeeva, G. P. (2016). Application of microwave method for moisture determination of organic and organic-mineral soils. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 33, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.

Mohamad, H. M., Adnan, Z., Razali, S. N., & Zolkefle, S. N. (2020). Assessment for applicability of microwave oven in rapid determination of moisture content in peat soil. Journal of Engineering Science and Technology, 15(3), 2110-2118.

Suwandi, A. K., & Raja Abd Assis, R. P. M. (2009). Determination of alternative method for clay soil moisture content.

Tinsley, J., 1967. Soil Science Manual of Experiment. Department of Soil Science, University of Aberdeen, Aberdeen.

Walkley, A.A., Black I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63, 251-263.

Yeşil Reyhan Genotiplerinde Farklı Biçim Sayılarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi

Musa TÜRKMEN¹

Giriş

Tatlı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) yerel olarak “fesleğen veya reyhan” olarak bilinir, Asya'ya özgüdür ve Türkiye dahil olmak üzere Akdeniz ülkelerinde tohumdan süs veya tarla bitkileri olarak yaygın şekilde yetiştirilir (Tada ve ark, 1996, Reuveni ve ark, 2002, Adıgüzel ve ark, 2005). *Ocimum* cinsi Lamiacea familyasına ait, Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın tropikal ve subtropikal bölgelerine özgü çallardan oluşur (Darrah, 1988). *Ocimum* cinsi 150'den fazla tür içerir ve Lamiaceae familyasının en büyük cinslerinden biri olarak kabul edilir (Evans, 1996). *Ocimum basilicum* L. (tatlı fesleğen), tek yıllık bir bitkidir. Tüm dünyada çeşitli bölgelerde büyüyor. Fesleğen genellikle kurutulmuş ürün olarak satılmaktadır çünkü kolayca taşınır ve uzun süre saklanır. Ancak, taze fesleğen ekonomik olarak daha önemli ve çok daha üstün lezzeti ve iyi görsel kalitesi ile daha çok talep edilmektedir. Taze fesleğen çok çabuk bozulduğu için çok kısa bir raf ömrüne sahiptir. Bitki, gıda ve ağız bakım ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitkinin uçucu yağı parfümeri sanayinde yaygın olarak da kullanılmaktadır (Baytop, 1984). Fesleğen uçucu yağı ayrıca, şekerleme ve unlu mamuller çeşniler, sosis ve et, salata sosu, alkolsüz içecekler, dondurmalar; aynı zamanda parfümeride olduğu kadar diş ve ağız ürünlerinde de geniş uygulama alanı bulmuştur (Akgül, 1989; Arabacı ve Bayram, 2004, Asımgil, 1996; Baytop, 1999). Ayrıca ateşli hastalıklar, zayıf sindirim, mide bulantısı, karın krampları, gastro-enterit, migren, uykusuzluk, depresyon, bel soğukluğu, dizanteri ve kronik ishal yorgunluğu gibi rahatsızlıklarda çeşitli tedavilerde halk ilacı olarak kullanılmaktadır (Simon ve ark, 1999).

Fesleğen, birçok yiyeceğe ayrı bir lezzet katan yaprakları sayesinde baharat olarak uzun bir geçmişe sahiptir (Gulçin ve ark, 2007). Aynı zamanda, böcek kovucu, nematosidal ve antibakteriyel aktiviteye sahip biyolojik olarak aktif bileşenler içeren bir aroma bileşikleri ve uçucu yağ kaynağı olarak kabul edilir (Chiang ve ark, 2005, Baratta ve ark;1998). Yaprak rengi (yeşil veya mor), çiçek rengi (beyaz, kırmızı, mor) ve aroması farklı olan birçok fesleğen çeşidi vardır (Morales ve Simon, 1996).

Materyal metod

Çalışma Akdeniz ekolojik koşullarında yapıldı. Bu çalışmada kullanılan, Fransa'da tescilli çeşitler (İri yaprak ve Marul yaprak) olan Reyhan tohumları bazı ticari firmalardan temin edilmiştir. Ayrıca diğer genotipler Macaristan Garafarm'dan (Thuj illatu, Törpe ve Magos) tedarik edildi. 5 fesleğen genotipinin (*O. basilicum* L.) tohumları kullanıldığı bu çalışmada tohumlar, 20 Şubat'ta sera koşullarında (1: 1 torf ve perlit) ekildi. 3-5 yaprak evresine kadar yetiştirilen fideler, Kırıkhan/Hatay mevkinde bulunan deneme alanına dikilmiştir. (25 Nisan). Deneme, faktöriyel deneme desenine göre rastgele bloklar halinde, 3 m sıra uzunluğunda dört sıra ve üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede sıra üzeri mesafe 30 cm, sıra arası mesafe ise 40 cm olarak belirlendi. Ayrıca blok ve parseller arasında 100 cm boşluk kullanılmıştır. Blokların kenarlarında kenar tesir olarak birer sıra bırakıldı. Deneme 9

¹ Musa Türkmen, Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, turkmenmusa@hotmail.com

blok ve 45 parselden oluşuyordu. Reyhan genotiplerinde yıl içerisinde tek hasat ve iki hasat yapıldığında verim üzerine etkisi araştırılmıştır.

Bitkiler tam çiçeklenme döneminde iki kez ve çiçeklenme sonrası dönemde bir kez hasat edilmiştir.

İncelenen özellikler;

1. Bitki boyu (cm): Biçimden önce her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin boyu ölçülerek ortalaması alınmıştır.

2. Yeşil herba verimi (kg/da): Parsellerin kenar tesirleri alındıktan sonra kalan alanlardaki bitkilerin farklı yükseklerde biçilip hemen tartılmasıyla elde edilmiştir.

3. Kuru herba verimleri (kg/da): Yeşil herba için tartım yapıldıktan sonra, 500 g örnek 35 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulurken % nem ve kuru herba oranı belirlenmiştir. Bu oranlardan faydalanılarak kuru herba verimleri hesaplanmıştır.

4. Kuru yaprak verimleri (kg/da): Kuru herba verimi için alınan ve 35 °C kurutulup nem oranı belirlenen örnekte, yaprak ve saplar ayıklanarak yaprak oranları (%) belirlenmiştir. Bu oranlardan faydalanılarak, kuru yaprak verimleri hesaplanmıştır

Bulgular ve Tartışma

Tek hasat yapılan genotiplerde bitki boyu incelendiğinde en uzun yüksek bitki boyu 67.07 cm ile İri yaprak genotipinde tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 63.17 cm ile Thuj illatu genotipi ve 55.87 cm ile Magos genotipinin izlediği tespit edilmiştir. En düşük bitki boyu ise 41.80 cm ile Törpe genotipinde belirlenmiştir. Bu genotiplerin yaprak en ve boyları incelendiğinde ise en yüksek en 5.42 cm ile isminden de anlaşılacağı gibi marul yapraklı genotipten elde edilmiştir. Diğer genotiplere oranla daha küçük boylu olan törpe genotipi ise 1.62 cm ile en düşük yaprak enine sahip genotip olarak belirlenmiştir. Yaprak enleri sırasıyla İri yaprak 3.15 cm, Magos 2.55 cm ve Thuj illatu ise 2.43 cm olarak belirlenmiştir. Yaprak boyları açısından incelendiğinde en yüksek yaprak boyu yine 7.33 cm ile Marul yaprak genotipinde tespit edilirken en düşük yaprak boyu ise 2.59 cm ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Yapraklar en/boy oranı bakımından incelendiğinde en yüksek en/boy oranı marul yaprak genotipinde tespit edilmiştir. En düşük oran ise Thuj illatu genotipinde ölçülmüştür.

Tablo 1. Tek hasat yapılan yeşil reyhan genotiplerinin bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu(cm)	En/boy (cm)
İri Yaprak	67.07±5.94	3.15±0.21 b	5.33±0.32 b	0.59±0.01 bc
Magos	55.87±3.58	2.55±0.16 b	3.56±0.44 c	0.73±0.06 a
Marul Yaprak	54.43±3.64	5.42±0.40 a	7.33±0.60 a	0.74±0.03 a
Thuj Illatu	63.17±5.00	2.43±0.03 bc	5.02±0.10 b	0.48±0.01 c
Törpe	41.80±0.10	1.62±0.09 c	2.59±0.04 c	0.62±0.02 ab
F Value	2.91ns	31.36***	17.65***	9.06**
Coef. Var.	18.80	44.80	37.33	17.37
Std. hata ort.	2.75	0.35	0.46	0.03

Daha önce yapılan çalışmalarda araştırmacılar iki hasat yaptıkları reyhan genotiplerinde ilk hasatta en yüksek bitki boyunu 52.33 cm, ikinci biçimde 45.00 cm olarak tespit etmişlerdir. en düşük değerler ise her iki biçimde sırasıyla 15.66 ve 18.66 cm olarak belirlemişlerdir (Karaca ve ark. 2017). Ekren ve arkadaşları (2009) yaptıkları çalışmada bitki boylarını çalışmanın ilk yılında en yüksek 60.4 cm en düşük ise 33.9 cm, ikinci yılında ise en yüksek 56.7 cm ve en düşük 38.8 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Genotiplerin yaş yaprak, dal ve çiçek oranları incelendiğinde en yüksek yaprak oranı %28.20 ile Magos genotipinde görülürken bunu sırasıyla %25.27 ile İri yaprak, %19.47 ile Marul yaprak genotipi ve %18.27 ile Thuj illatu genotipinde görülmüştür. En düşük yaprak oranı ise %16.50 ile Törpe genotipinde görülmektedir. Yaş çiçek oranları incelendiğinde ise en yüksek çiçek oranı %74.50 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. En düşük çiçek oranı ise %43.53 ile İri yaprak genotipinden elde edilmiştir. Yaş çiçek oranları sırasıyla Thuj illatu genotipinde %57.93, Marul yaprakta %56.80 ve Magos genotipinde ise %49.40 olarak belirlenmiştir. Dal oranları açısından incelendiğinde ise en yüksek dal oranı % 31.20 ile İri yaprak genotipinde tespit edilirken, en düşük dal oranı %9.00 ile Törpe genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 2. Tek hasat hasat yapılan yeşil reyhan genotiplerinin yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı (%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı (%)
Iri Yaprak	25.27±0.29 a	31.20±1.15 a	43.53±1.44 d	16.39±0.86 a
Magos	28.20±1.15 a	22.40±1.15 b	49.40±1.15 c	17.42±0.61 a
Marul Yaprak	19.47±1.39 b	23.73±0.37 b	56.80±1.04 b	10.39±1.95 b
Thuj Illatu	18.27±0.67 b	23.80±0.20 b	57.93±0.87 b	11.05±1.24 b
Törpe	16.50±0.50 b	9.00±1.00 c	74.50±0.50 a	11.53±1.41 b
F Value	21.42***	81.66***	101.03***	10.01**
Coef. Var.	21.97	34.30	19.24	26.71
Std. hata ort	1.22	1.95	2.80	0.96

Kuru yaprak oranları incelendiğinde en yüksek oran %17.42 ile Magos genotipinde belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %16.39 ile İri yaprak izlerken en düşük kuru yaprak oranı %10.39 ile magos genotipinde tespit edilmiştir. Kuru dal oranları incelendiğinde ise en yüksek kuru dal oranı %22.21 ile Marul yaprak genotipinde belirlenirken en düşük kuru dal oranı ise %8.87 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Çiçeklerin kuru oranları incelendiğinde en yüksek kuru çiçek oranı %79.60 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla Magos ve Thuj illatu genotiplerinin izlediği görülmektedir. En düşük kuru çiçek oranı ise %61.45 ile Magos genotipinde tespit edilmiştir.

Tablo 3. Tek hasat hasat yapılan yeşil reyhan genotiplerinin yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Iri Yaprak	11.14±1.52	72.47±1.86	3325.17±1067.86	953.46±276.44
Magos	21.13±0.95	61.45±0.73	2489.74±96.92	878.16±112.65
Marul Yaprak	22.21±1.15	67.40±3.08	2748.41±451.08	931.14±173.23
Thuj Illatu	17.09±5.06	71.86±6.24	2257.04±209.26	746.43±72.81
Törpe	8.87±1.72	79.60±3.13	3696.18±914.93	1096.35±174.48
F Value	4.06ns	3.42ns	0.86ns	0.38ns
Coef. Var.	39.25	11.13	36.05	32.45
Std. hata ort	1.74	2.08	260.14	73.71

Reyhan genotiplerinin tek hasat yapılan parsellerinin yaş herba verimleri incelendiğinde en yüksek yaş herba verimi 3696.18 kg/da ile Törpe genotipinden elde edilirken bunu 3325.17 kg/da ile İri yaprak genotipinin izlediği görülmektedir. Bunu sırasıyla 2748.41 kg/da ile Marul yaprak, 2489.74

kg/da ile Magos genotiplerinin izlediği belirlenmiştir. En düşük yaş herba verimi ise 2257.04 kg/da ile Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir.

Bir yıl içerisinde iki defa hasada bırakılan reyhan genotiplerinin ilk hasadında bitki boyları incelendiğinde en yüksek bitki boyu 43.93 cm ile Thuj illatu genotipinde belirlenirken bunu sırasıyla 39.37 cm ile İri yaprak, 37.53 cm ile Magos genotiplerinin izlediği görülmektedir. En düşük bitki boyu ise 24.43 cm ile Törpe genotipinde ölçülmüştür. Yaprak en-boy ölçüleri açısından incelendiğinde ise 3.61 cm ile eni en yüksek genotip Magos olarak tespit edilirken en düşük en ise 1.24 cm ile Törpe genotipinde ölçülmüştür. Bitki genotiplerinin ilk hasatta yaprak boyları incelendiğinde ise Marul yaprak genotipi 8.44 cm ile yaprak boyu en uzun genotip olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 8.23 cm ile Thuj illatu, 7.88 cm ile Magos ve 6.98 cm ile İri yaprak genotiplerinin izlediği belirlenmiştir. En düşük yaprak boyu ise 2.80 cm ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Yaprak en/boy oranları incelendiğinde en yüksek oran %0.46 cm ile Magos genotipinde belirlenirken, en düşük oran %0.39 cm ile İri yaprak genotipinde ölçülmüştür.

Tablo 4. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ilk hasatta bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu(cm)	En/boy (%)
İri Yaprak	39.37±1.43ab	2.69±0.22a	6.98±0.45a	0.39±0.01b
Magos	37.53±1.05b	3.61±0.13a	7.88±0.56a	0.46±0.03a
Marul Yaprak	34.33±1.86b	3.50±0.15a	8.44±0.35a	0.42±0.02b
Thuj Illatu	43.93±1.70a	3.32±0.16a	8.23±0.08a	0.40±0.02b
Törpe	24.43±0.99c	1.24±0.64b	2.80±0.47b	0.44±0.05a
F Value	22.62***	8.99**	5.33*	3.84*
Coef. Var.	19.71601	27.07165	13.65100	15.93468
Std. hata ort.	1.8286	0.2568	0.2914	0.0181

Yaş yaprak oranları incelendiğinde en yüksek yaprak oranı %60.80 ile Magos genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla %58.80 ile Marul yaprak, %54.67 ile Thuj illatu genotipleri izler iken en düşük yaprak oranı %33.33 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Yaş dal oranları bakımından incelendiğinde en yüksek dal oranı %23.53 ile Thuj illatu genotipinde görülürken en düşük yaş dal oranı %12.20 ile Magos genotipinden elde edilmiştir. Yaş çiçek oranları incelendiğinde en yüksek çiçek oranı %50.47 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. İri yaprak genotipinde çiçek oranı ise %27.80, Magos genotipinde %27.00 ve Marul yapraklı genotipte ise %25.20 olarak tespit edilmiştir.

Kuru yaprak oranı en yüksek %64.75 ile Magos genotipinde görülürken en düşük oran %47.48 ile Törpe genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 5. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ilk hasatta yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı (%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı (%)
İri Yaprak	52.60±0.60b	19.60±0.60b	27.80±0.60b	63.37a
Magos	60.80a	12.20d	27.00bc	64.75a
Marul Yaprak	58.80±0.40a	16.00±0.40c	25.20±0.40c	55.06ab
Thuj Illatu	54.67±1.31b	23.53±1.19a	21.80±1.22d	47.48±5.65b
Törpe	33.33±0.18c	16.20±0.72c	50.47±0.73a	25.11±3.97c
F Value	248.29***	30.96***	228.85***	23.48***
Coef. Var.	19.57241	23.31239	34.89793	30.50390
Std. hata ort	2.6299	1.0538	2.7440	4.0290

Kuru dal oranları bakımından incelendiğinde ise en yüksek kuru dal oranı %30.26 ile Thuj illatu genotipinde görülürken bunu sırasıyla %20.10 ile Törpe, %17.21 ile Magos genotiplerinin izlediği görülmüştür. En düşük kuru dal oranı ise %15.73 ile Marul yaprak genotipinden elde edilmiştir.

İlk hasatların yaş herba verimleri incelendiğinde en yüksek yaş herba verimi 1317.50 kg/da Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 1046.82 kg/da ile Marul yaprak genotipi, 799.85 kg/da ile İri yaprak, 676.29 kg/da ile Törpe genotipinin izlediği tespit edilmiştir. En düşük yaş herba verimi ise 542.51 kg/da ile Magos genotipinden elde edilmiştir. Kuru herba verimleri incelendiğinde ise en yüksek kuru herba verimi 313.69 kg/da ile Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru herba verimi ise 129.17 kg/da ile Magos genotipinden elde edilmiştir. Diğer genotiplerin kuru herba verimleri ise sırasıyla Marul yaprak 249.24 kg/da, İri yaprak 190.44 kg/da ve Törpe 161.02 kg/da olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ilk hasatta yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Iri Yaprak	16.83b	19.80c	799.85±71.48b	190.44±17.02b
Magos	17.21b	18.03c	542.51±12.65b	129.17±3.01b
Marul Yaprak	15.73b	29.21b	1046.82±171.84ab	249.24±40.91ab
Thuj Illatu	30.26±1.61a	22.26±4.85bc	1317.50±247.50a	313.69±58.93a
Törpe	20.10±2.84b	54.78±1.86a	676.29±15.44b	161.02±3.68b
F Value	15.68***	40.26***	4.21*	4.21*
Coef. Var.	29.46578	50.00344	39.99424	39.99424
Std. hata ort	1.5237	3.7206	90.5212	21.5527

İki hasat edilen genotiplerin agronomik özellikleri incelendiğinde en yüksek bitki boyu 55.27 cm ile Thuj illatu genotipinde görülmüştür. En düşük bitki boyu ise 35.77 cm ile Törpe genotipinde belirlenmiştir. İri yaprak, Magos ve Marul yaprak genotiplerinin bitki boyları ise sırasıyla %50.70, %48.87 ve %45.67 olarak tespit edilmiştir. Yaprak enleri incelendiğinde ise en büyük yaprak eni 8.11 cm ile Marul yaprak genotipinde ölçülmüştür. En düşük yaprak eni ise 1.36 cm ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Yaprak enleri İri yaprak genotipinde 4.13 cm, Magos genotipinde 4.09 cm ve Thuj illatu genotipinde ise 3.36 cm olarak tespit edilmiştir. Yaprak boyu ise 10.72 cm ile en yüksek Marul yaprak genotipinde görülürken bunu sırasıyla 9.77 cm ile İri yaprak, 8.32 cm ile Magos ve 5.90 cm ile Thuj illatu genotipinde tespit edilmiştir. En düşük yaprak boyu ise 2.71 cm ile Törpe genotipinde ölçülmüştür. Yaprak en/boy oranları incelendiğinde ise %0.75 cm ile Marul yaprak genotipinde görülürken, en düşük oran ise %0.42 cm ile İri yaprak genotipinde tespit edilmiştir.

Tablo 7. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ikinci hasatta bitki boyu ve yaprak en-boy oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Bitki boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu (cm)	En/boy (%)
Iri Yaprak	50.70±0.55ab	4.13±0.21b	9.77±0.22a	0.42±0.02c
Magos	48.87±0.58b	4.09±0.05b	8.32±0.56b	0.50±0.03bc
Marul Yaprak	45.67±1.20b	8.11±1.10a	10.72±0.65a	0.75±0.06a
Thuj Illatu	55.27±2.47a	3.36±0.15b	5.90±0.23c	0.57±0.02b
Törpe	35.77±1.86c	1.36±0.07c	2.71±0.15d	0.50±0.01bc
F Value	22.62***	23.34***	67.82***	13.21**

Coef. Var.	15.06322	56.79692	40.75833	22.78041
Std. hata ort	1.8378	0.6174	0.7877	0.0323

İkinci hasat yapılan genotiplerin yaş yaprak oranları incelendiğinde en yüksek oran %39.89 ile Törpe genotipinden elde edilirken bunu sırasıyla %39.58 cm ile Magos, %35.43 cm ile İri yaprak genotipleri izlerken en düşük yaş yaprak oranı %28.86 ile Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir. Yaş dal oranları incelendiğinde ise en yüksek dal oranı %25.15 ile Thuj illatu genotipinde belirlenirken en düşük yaş dal oranı ise %18.85 ile Magos genotipinde ölçülmüştür. Yaş çiçek oranları ise %45.99 ile en yüksek Thuj illatu genotipinde görülürken, en düşük çiçek oranı %40.05 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Kuru yaprak oranları incelendiğinde en yüksek kuru yaprak oranı %64.75 ile Magos genotipinden elde edilirken bunu sırasıyla %63.37 ile İri yaprak, %55.06 ile Marul yaprak ve %50.20 ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. En düşük yaprak oranı ise %47.48 ile Thuj illatu genotipinin izlediği görülmektedir.

Tablo 8. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ikinci hasatta yaprak, dal ve çiçek oranlarının incelenmesi

Çeşitler	Yaş yaprak oranı (%)	Yaş dal oranı (%)	Yaş çiçek oranı (%)	Kuru yaprak oranı (%)
Iri Yaprak	35.43±1.98ab	23.05±6.84	41.52±6.57	63.37a
Magos	39.58±1.01a	18.85±4.55	41.56±4.41	64.75a
Marul Yaprak	31.51±3.00b	24.51±3.40	43.98±2.95	55.06ab
Thuj Illatu	28.86±1.72b	25.15±7.58	45.99±5.95	47.48±5.65b
Törpe	39.89±3.33a	20.06±1.60	40.05±4.91	50.20±2.76
F Value	5.70*	0.27ns	0.18ns	6.41*
Coef. Var.	16.22838	36.43729	18.30427	14.67202
Std. hata ort	1.4688	2.1003	2.0144	2.1280

Kuru dal oranları bakımından genotipler incelendiğinde en yüksek kuru dal oranı %30.26 ile Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru dal oranı ise %15.73 cm ile Marul yaprak genotipinden elde edilmiştir. Kuru çiçek oranları bakımından incelendiğinde ise en yüksek çiçek oranı %29.21 ile Marul yaprak genotipinden elde edilmiştir. En düşük çiçek oranı %18.03 ile Magos genotipinden elde edilmiştir. Törpe genotipinin kuru çiçek oranı %27.47, Thuj illatu genotipinin %22.26 ve İri yaprak genotipinin kuru çiçek oranı ise %19.80 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 9. İki defa hasadı yapılan yeşil reyhan genotiplerinin ikinci hasatta yaprak, dal ve çiçek oran ve verimlerinin incelenmesi

Çeşitler	Kuru dal oranı (%)	Kuru çiçek oranı (%)	Yaş herba verimi (kg/da)	Kuru herba verimi (kg/da)
Iri Yaprak	16.83b	19.80bc	3421.55±233.31	822.42±47.96
Magos	17.21b	18.03c	2773.04±458.41	667.65±142.56
Marul Yaprak	15.73b	29.21a	3775.89±813.87	792.58±146.80
Thuj Illatu	30.26±1.61a	22.26±4.85abc	3757.90±225.93	852.31±61.45
Törpe	22.34±4.03b	27.47±3.04ab	2166.94±311.22	386.09±26.52
F Value	9.19**	4.20*	1.83ns	3.16ns
Coef. Var.	30.60387	24.99175	29.44462	32.44115
Std. hata ort	1.6178	1.5070	241.6904	58.9867

İkinci hasatların yaş herba verimleri incelendiğinde en yüksek yaş herba verimi 3775.89 kg/da ile Marul yaprak genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 3757.90 kg/da ile Thuj illatu, 3421.55 kg/da ile Iri yaprak, 2773.04 kg/da ile ise Magos genotipinin izlediği tespit edilmiştir. En düşük yaş herba verimi ise 2166.94 kg/da ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Kuru herba verimleri incelendiğinde en yüksek kuru herba verimi 852.31 kg/da ile Thuj illatu genotipinden elde edilmiştir. En düşük kuru herba verimi ise 386.09 kg/da ile Törpe genotipinden elde edilmiştir. Genotiplerin kuru herba verimleri incelendiğinde Iri yaprak genotipi 822.42 kg/da, Marul yaprak 792.58 kg/da ve Magos 667.65 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda araştırmacılar dikim sıklığı üzerine yaptıkları çalışmada yaş herba verimini 3901.2 kg/da (Ekren ve ark 2009), Karaca ve arkadaşları bazı fesleğen popülasyonlarının herba verimi üzerine yaptıkları çalışmada yeşil herba verimini 195.00-383.99 g/bitki, kuru herba verimini 22.21-46.85 g/bitki, kuru yaprak herba verimini 12.46-25.99 g/bitki olarak tespit etmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Tek hasat ve iki hasat yapılan yeşil reyhan genotiplerinin verim üzerine etkileri incelendiğinde tek hasatta bitki boylarının iki hasat yapılan parsellerin ilk ve ikinci hasadına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. İki hasat yapılan parsellerde ise ikinci hasatta bitki boylarının ilk hasada göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Yaş herba verimleri incelendiğinde iki hasat yapılan genotiplerden ikinci hasatta en yüksek verim elde edildiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak iki hasadın reyhan genotiplerinde yaş ve kuru herba verimini arttırdığı tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Asımgil, A. (1996). Şifalı Bitkiler, 2. Baskı., Timaş Yayınları, İstanbul.
- Akgül, A. (1989). Volatile Oil Composition of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivating in Turkey. *Nabrunğ 33 (1)* : 87-88.
- Arabacı, O., Bayram, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *Journal of Agronomy*, 3(4): 255-262.
- Baytop, T. (1984): Treatment with Plants in Turkey, Istanbul, Turkey, Istanbul Univ. Publ., No. 3255.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi Geçmişte ve Bugün. 2. Baskı., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Erken, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., & Bayram, E. (2009). Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(3), 165-173.
- Evans, WC. (1996). Trease and Evans’ pharmacognosy. London: W.B. Saunders Company; p. 48.
- Chiang, L. C., Ng, L. T., Cheng, P. W., Chiang, W., & Lin, C. C. (2005). Antiviral activities of extracts and selected pure constituents of *Ocimum basilicum*. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 32(10), 811-816.
- Baratta, M.T., Dorman, H.J.D., Deans, S.G., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., & Ruberto, G. (1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oil. *Flav Fragr J*, 13: 235-234.
- Morales, M.R., & Simon, J.E. (1996). New basil selections with compact inflorescences for the ornamental market, In: Janick J (ed.), *Progress in new crops*. Arlington: 543-546.
- Simon, J.E., & Quinn, J., Murray, R.G. (1999). Basil: a source of essential oils. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Advanced in New Crops*. Timber Press, Portland, OR, pp. 484e489.
- Tada, H., Murakami, Y., & Omoto, T. (1996). Rosmarinic acid and related phenolics in hairy root cultures of *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry* 42: 431-434, 1996.
- Reuveni, R., Raviv, M., & Krasnovsky, A. (2002). Compost induces protection against *Fusarium oxysporum* in sweet basil. *Crop Protection* 21: 583-587.
- Adıgüzel, A., Güllüce, M., Şengül, M., Ögütçü, H., Şahin, F., & Karaman, İ. (2005). .Antimicrobial Effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) Extract. *Türk J Biol.* 29 , 155-160.
- Gulcin, I., Elmastas, M., & Aboul-Enein, H.Y. (2007). Determination of antioxidant and scavenging activity of Basil (*Ocimum basilicum* L. family lamiaceae) assayed by different methodologies. *Phytotherapy Research*, 21: 354–61. <https://doi.org/10.1002/ptr.2069> PMID:17221941.
- Karaca, M., Kara, Ş.M., & Özcan, M.M., (2017). Determination of Herb Yield and Essential Oil Content of Some Basil (*Ocimum basilicum* L.) Populations. *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 7(2): 160-169.

Spatial Distribution of Soil Penetration Resistance under Long Term Apple Orchard Cultivation

Pelin ALABOZ
Orhan DENGİZ
*Fikret SAYGIN*³

Introduction

Penetration resistance, an crucial indicator of soil compaction, is a property that can be easily measured in the field. Soil compaction; It is defined as the decrease in the porosity and void ratio, the increase in the bulk density under a load or pressure, and it is an effective parameter on some properties of the soil. Penetration resistance increases with compression, the oxygen and carbon dioxide balance is affected, causing the formation of impermeable layers in the soil. Penetration resistance varies depending on many properties and significant increases are observed depending on the decreasing moisture content (Busscher, 1990; Şeker, 1997; Turgut et al., 2008). Changes in microbial activity due to decreasing oxygen concentration, decrease in aeration and hydraulic conductivity with change in pore size distribution, the negative effect of nutrient mobility occur as a result of soil compaction (Aksakal, 2004). Different values have been demonstrated depending on the plant species, in order to limit the root growth of soil penetration resistance. Roque et al. (2003), 3.5 MPa value and above for cotton plant as the limit value in root development, while Kaiser et al. (2009), 3 MPa for beans, Beutler and Centurion (2004) reported the boundary penetration resistance as 2.38 (Medium texture) and 2.07 MPa (Clay) for rice yield at 0.01 MPa moisture tension. Bengough and McKenzie (1994) reported that high penetration resistance in the root region will negatively affect root elongation. Again, it has been evaluated that soil compaction due to field traffic affects root development and causes an increase in bulk density and decreases in aggregate stability (Aksakal and Öztaş, 2010). As can be understood from the studies conducted, the effects of soil compaction on root development significantly affect both soil and plant yield.

The production of apple, which is widely cultivated in our country, is 4.300.486 tons, according to TUIK (2020) data. Isparta has the highest production potential. Gelendost is also one of the most produced districts. In apple trees, water intake usually takes place through roots at a depth of 40 cm. Fringe and fine roots are generally found at surface depths (Green and Clothier, 1999). Plowing applications in apple orchards cause root damage and compressing. Thus, the intake of water and nutrients is negatively affected. Field traffic density related to cultural practices can lead to ventilation problems (Ferree and Warrington, 2003). Geostatistical methods have been widely used recently in

¹ Pelin ALABOZ, Assistant Professor., Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Isparta, pelinalaboz@isparta.edu.tr

² Orhan DENGİZ, Prof. Dr., Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun, odengiz@omu.edu.tr

³ Fikret SAYGIN, Dr., Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun, fikretsaygin@gmail.com

order to determine the spatial variations of soils. Spatial changes can be determined with different interpolation techniques in the distribution maps created in the region.

In this current study, the spatial distribution of the soil penetration resistance values of apple orchards in Isparta province-Gelendost plain area where apple has been produced for many years was investigated by using different interpolation methods. In addition, it was also aimed to reveal the relationships between penetration resistance and other soil properties.

Material and Method

Material

The study was conducted in Isparta - Gelendost district (36S 320668.57E; 4212922.34N-322495.74E-4225982.61N) (Figure 1). According to Corine (2018), 41.24% of the surface area is agricultural land and 10.4% of this area is irrigated fruit areas. Gelendost plain, east of Lake Eğirdir, is a graben limited by faults on both sides. It is 930m above sea level and its area is 45 km². The central part of the plain is completely formed by alluviums. In the region; Starkrimson Delicious, Golden Delicious, Granny Smith, and other apple varieties such as Red Chief, Scarlet Spur, Gala Group, Fuji, Pink Lady have been produced. In the plain, cultivation has been continuing on dwarf, semi-dwarf and seedling rootstocks for many years. For many years, apple production has been made on semi-dwarf and seedling rootstocks in the south of the study area, while apple production has been made on dwarf rootstocks with the increase in irrigable areas in the north and west (Yılmaz et al. 2006).



Figure 1. Study area

Soil samples and soil analysis

In the study, surface soil sampling was done at 32 points from the field and disturbed and undisturbed soil samples were taken. In addition, penetration resistance measurements (0-30 cm) of the soils were made and some samples were weighed in the field to determine the moisture content.

Sand, silt and clay contents of soils were determined by Bouyoucos hydrometer method (Bouyoucos, 1962), bulk density was determined using undisturbed sampling cylinders (100 cm³). Electrical conductivity (EC) and pH values of soils were measured in 1: 1 soil-water suspension (Kacar 2009; Burt, 2014). CaCO₃ content was determined by volumetric calcimeter and organic matter content modified Walkley-Black method. Moisture constants were determined volumetrically in undisturbed samples with the help of a ceramic plate pF set (Burt, 2014).

Penetration resistance (PR) measurements were performed using a penetrometer (Eijkelkamp). In the measurements, cone, 60 ° (NEN 5140, 1996) and a cone-shaped tip with a base area of 1 cm² were used. Moisture correction in penetration resistance measurements was determined according to Alaboz and Işıldar (2021), and wet aggregate stability was determined according to Kemper and Rosenau (1986).

Some interpolation process and descriptive statistic

Descriptive statistics, control of distribution of data and correlations of soil properties were evaluated through Minitap 16 package program.

In this current study, some different interpolation models (Inverse Distance Weighing-IDW with the weights of 1, 2, 3 and radial basis function-RBF with thin plate spline (TPS), simple kriging (OK) with spherical, exponential and gaussian variograms, ordinary kriging (OK) with spherical, exponential and gaussian variograms, universal kriging (UK) with spherical, exponential and gaussian variograms) were performed for generating the spatial distribution map of penetration resistance set using ArcGIS 10.5v program. In addition to this process, root mean square error (RMSE) was taken into consideration to assess and figure out the most suitable interpolation or the best fitting variogram model. For that reason, the lowest RMSE shows the most suitable prediction for their spatial distribution. Results were determined by using Eq. (1).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Z_{i^*} - Z_i)^2}{n}} \quad (1)$$

In here; RMSE: root mean square error, Z_i is the estimated value, Z_{i^*} is the observed value, and n is observation numbers.

Results and Discussions

Descriptive statistics of the properties of the soils in the study area are given in Table 1. Soils contain 5.21- 45.00% clay, 4.90-47.90% silt, 17.12-74.69% sand. 25% of the soils are determined as CL, 12.5% C, 12.5% L 18.75% SCL, 12.5% SL, 9.37% SiC and 6.25% SiCL texture class.

Table 1. Descriptive statistics of soil properties

Descriptive Statistics							
	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Variance	Skewness	Kurtosis
C-%	5.21	45.00	28.59	10.17	103.46	-0.73	0.37
Si-%	4.90	47.96	27.60	10.98	120.50	-0.24	-0.66
S-%	17.12	74.69	43.80	18.66	348.21	0.62	-0.38
OM-%	0.99	3.50	1.87	0.78	0.61	0.78	-0.65
pH	7.05	8.19	7.80	0.23	0.05	-1.45	3.72
EC- $\mu\text{s}/\text{cm}$	70	793	330	183	33505	0.60	-0.32
CaCO ₃ %	0.87	45.27	21.41	14.37	206.64	0.12	-1.31
PR-MPa	1.13	2.62	1.59	0.36	0.13	1.03	1.13
BD-gr cm^{-3}	1.13	1.55	1.36	0.10	0.01	-0.08	-0.75
FC-%	14.30	30.84	22.69	4.55	20.68	-0.04	-0.81
WP-%	6.62	18.77	10.65	3.33	11.07	0.29	0.11
AS-%	45.67	77.87	64.24	7.04	49.56	-0.57	1.40

C: clay, Si:silt, S: sand, OM:organic matter, EC:electrical conductivity, PR:penetration resistance, BD:bulk density, FC: field capacity, WP:wilting point, AS: aggregate stability

Soils showed neutral-slightly alkaline reaction and the most distant feature to normal distribution. Negatively significant ($p < 0.05$) relationships between pH and S properties of soils were determined (Table 2). In the sand fraction, the pH level is expected to be low as the basic cations are easier to eluviation. EC contents with the highest variance varied between 70-793 $\mu\text{s} / \text{cm}$, CaCO₃ between 0.87-45.27%. It is stated in Table 2 that EC and CaCO₃ properties show significant positive correlations with the textural fractions and moisture constants of soils. According to Hazelton and Murphy (2016), the organic matter content of soils was determined in the low and high range. Organic matter showed a positive correlation with clay, TK and SN ($P < 0.01$).

Penetration resistance is determined as 1.13-2.62 MPa. According to Schoeneberger et al. (2012), 1-2 MPa is indicated as an indicator of medium compression and > 2 MPa as an indicator of high compression. Say (1995), who investigated the variation of penetration resistance depending on soil properties, stated that penetration resistance is lower in cultivated soil and penetration resistance is affected due to the change in bulk density and moisture content with the increase of profile depth. It was stated by Sağlam and Dengiz (2017) that penetration resistance has positive correlation with sand and negative correlation with clay content. Penetration resistance, which is an indicator of soil compaction; It varies according to the properties of the soil, such as water content, cultivation, bulk density, organic matter, texture, structure (Hernanz et al. 2000). Another indicator of soil compaction is increased bulk density. A positive (0.415; $p < 0.05$) significant correlation was determined between penetration resistance and bulk density. Bulk density values of soils showed the closest distribution to normal in the range of 1.13 - 1.55 gr cm^{-3} . The fact that the bulk density values were not in a wide range caused both the normal distribution and the low variance. Moisture constants vary significantly depending on soil texture. Field capacity and wilting point averaged 22.69% and 10.65%, respectively.

Table 2. Correlations of soil properties and their significance levels

	C	Si	S	OM	pH	EC	CaCO ₃	PR	BD	FC	WP	AS
C	1											
Si	0.556**	1										
S	-0.87**	-0.89**	1									
OM	0.491**	0.245	-0.41*	1								
pH	0.377*	0.339	-0.40*	0.119	1							
EC	0.470*	0.587**	-0.60**	0.364	0.048	1						
CaCO ₃	0.520**	0.32	-0.47**	0.387*	0.34	0.251	1					
PR	-0.242	0.258	0.284	-0.283	0.145	-0.015	0.335	1				
BD	0.073	0.204	-0.16	-0.038	0.021	0.08	0.109	0.415*	1			
FC	0.780**	0.722**	-0.85**	0.489**	0.246	0.466*	0.396*	-0.388*	-0.029	1		
WP	0.755**	0.636**	-0.78**	0.658**	0.265	0.630**	0.542**	-0.129	-0.069	0.735**	1	
AS	0.431*	0.495**	-0.52**	0.327	0.45*	0.135	0.038	-0.344	0.411*	0.458*	0.161	1

C: clay, Si:silt, S: sand, OM:organic matter, EC:electrical conductivity, PR:penetration resistance, BD:bulk density, FC: field capacity, WP:wilting point, AS: aggregate stability

A low level of negative correlation was determined between field capacity and penetration resistance. Pore geometry and structure are effective properties at FC level of soils. Field capacity of soil and moisture content at wilting point; the texture varies depending on the organic matter and structure, and the amount of moisture retained in these moisture constants increases with the decrease in grain size, the increase in organic matter content and the improvement of the structure (Karahan et al., 2014). By cultivating in a compacted soil, increases in the field capacity of the soils can be determined as a result of the decrease in penetration. Wet aggregate stability of soils was determined between 45.67-77.87%. The aggregate stability showed negative ($p < 0.05$) with sand and positive correlations with clay. The clay content with high surface area and organic material as an adhesive agent increases aggregation (Gale et al., 2000).

Some interpolation models for PR were tested to define the most suitable predictive model from among 15 various semivariogram in order to create spatial distribution map of them. Then, the semivariogram or function of each interpolation model produced the most suitable results was determined (Table 3). The spatial and proportional distributions of PR in the study area are shown Figure 2. Exponential semivariogram models of simple kriging was found suitable model for PR distribution map (RMSE: 0.354).

Table 3. Interpolation models and RMSE values of PR

Interpolation	Semivariogram model	RMSE	
IDW	IDW-1	0.365	
	IDW-2	0.382	
	IDW-3	0.401	
RBF	TPS	0.493	
	CRS	0.381	
	SWT	0.375	
Kriging	Ordinary	Gaussian	0.365
		Exponential	0.372
		Spherical	0.368
	Simple	Gaussian	0.356
		Exponential	0.354
		Spherical	0.355
	Universal	Gaussian	0.365
		Exponential	0.372
		Spherical	0.368

TPS: Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, SWT: Spline with Tension

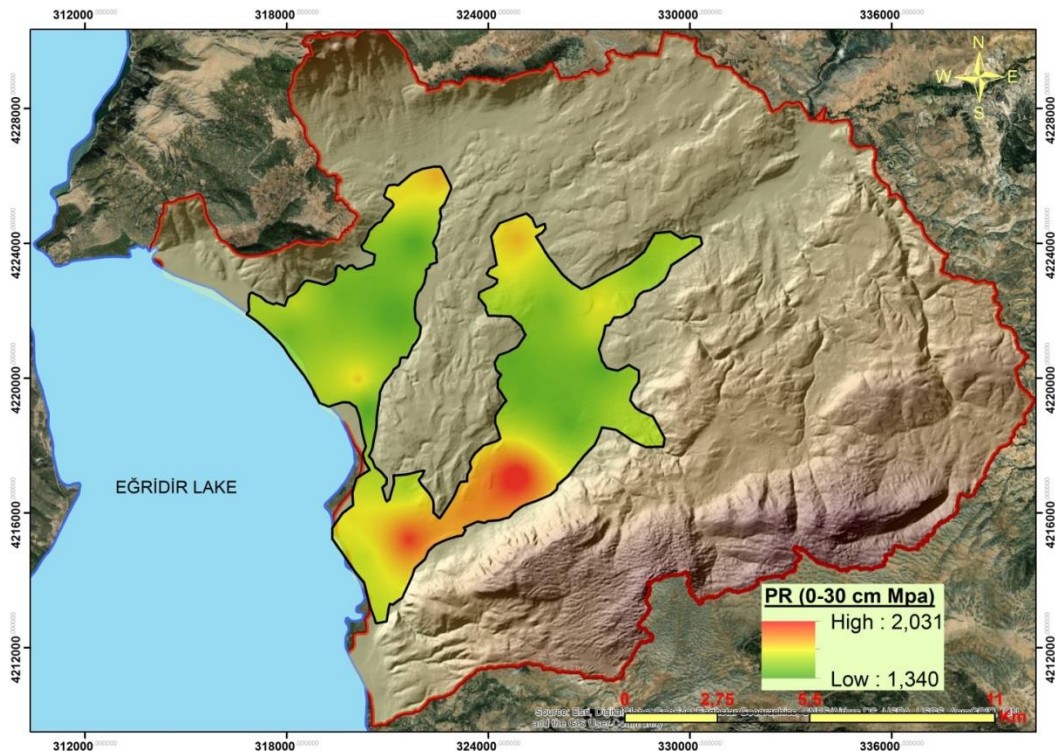


Figure 2. Spatial distribution map of penetration resistance in the study area

Generally, a medium level of compaction was found in the study area. PR values were higher in the south direction where there are semi-dwarf and seedling rootstocks. In the north and west

direction where there is medium level of compression, apple trees are cultivated on dwarf rootstocks. Semi-dwarf and seedling rootstocks are used for many years. With the increase in apple production demand, it has been started to grow mostly on dwarf rootstocks. The yield is higher in dwarf apple cultivation. The basis of dwarf apple cultivation is to inhibit the growth of trees genetically or physiologically. Trees are kept small and more saplings are planted per unit area. In this way, pruning, irrigation, tillage, fertilization, struggle and harvest costs are minimized. At the same time it is increasing productivity and quality (Anonymous, 2021). Soil compaction is less with the decrease of field traffic.

Conclusion

In this study, the level of soil compaction has been determined in areas where apple has been cultivated for many years. Also, which of the different interpolation methods has the highest predictive accuracy for the production area. As a result of the study, medium and high level soil compaction was determined. The RMSE varied between 0.354-0.493 in the distributions obtained by different interpolation methods. The highest predictive accuracy was obtained with the simple kriging exponential model. In the distribution map obtained, higher compaction was observed in the south of the area where there are generally semi-dwarf and seedling rootstocks. As a result of this study, an apple orchard is recommended on dwarf rootstocks where field traffic is less in order to minimize compaction problems.

References

- Aksakal, E.L., & Öztaş, T. (2010). Changes in Distribution Patterns of Soil Penetration Resistance Within a Silage-Corn Field Following the Use of Heavy Harvesting Equipments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34, 173-179.
- Aksakal, E.L. (2004). Toprak Sıkışması ve Tarımsal Açından Önemi. Atatürk Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 247-252.
- Alaboz, P., & Işıldar, A. A. (2021). Pedotransfer Functions For Estimation Of Soil Moisture Constants From Penetration Resistance Measurements And Some Soil Properties. *Journal of Agricultural Sciences*.
- Anonymous, (2021). <https://afyonkarahisar.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Kutu%20Men%C3%BC/Yeti%C5%9Ftirici%20Bilgileri/bah%C3%A7e%20bitkileri/bodurelmayetistiriciliği.pdf>.
- Bengough, A. G., & Mackenzie, C. J. (1994). Simultaneous measurement of root force and elongation for seedling pea roots. *Journal of Experimental Botany*, 45(1), 95-102.
- Beutler, A. N., & Centurion, J. F. (2004). Resistência à Penetração em Latossolos: Valor Limitante à Produtividade de Arroz de Sequeiro. *Ciência Rural*, 34(6).
- Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.*, 54, 464-465.
- Burt R (Ed.) (2014). Soil survey field and laboratory methods manual. United States department of agriculture, natural resources conservation service, national soil survey center, natural resources conservation service, kellog soil survey laboratory.
- Busscher, W.J. (1990). Adjustment of Flat-Tipped Penetrometer Resistance Data to A common Water Content. Erişim: 08.08.2015. <http://naldc.nal.usda.gov/download/18014/PDF>.
- Corine, (2018). Arazi Örtüsü İstatistik Verileri. Erişim: 19.02.2019. <http://corine.tarimorman.gov.tr/corine>.
- Ferree, D.C., & Warrington, I.J. (Eds.) (2003). Apples: botany, production, and uses. CABI.
- Gale, W.J., Cambardella, C.A., & Bailey, T.B. (2000). Root derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. *Soil science society of America Journal* 64(1), 201-207. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641201x>
- Green, S., & Clothier, B. (1999). The root zone dynamics of water uptake by a mature apple tree. *Plant and Soil*, 206(1), 61-77.
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2016). Interpreting soil test results: What do all the numbers mean?. CSIRO publishing.
- Hernanz, J.L., Peixoto, H., Cerisola, C., & Sánchez-Girón, V. (2000). An empirical model to predict soil bulk density profiles in field conditions using penetration resistance, moisture content and soil depth. *Journal of Terramechanics*, 37(4), 167-184.
- Kacar, B. (2009). Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, 467s, Ankara.
- Kaiser, D.R., Reinert, D.J., Reichert, J.M., Loguercio Collares, G., & Kunz, M. (2009). Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um latossolo sob diferentes níveis de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(4).

- Karahan, G., Erşahin, S., & Öztürk, H.S. (2014). Toprak koşullarına bağlı olarak tarla kapasitesi dinamiği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 1-9.
- NEN 5140. (1996). Geotechniek. Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand van de grond. Elektrische sondeermethode. Nederlands Normalisatie-instituut.
- Roque, C.G., Centurion, J.F., Alencar, G.D., Beutler, A.N., Pereira, G.T., & Andrioli, I. (2003). Comparação De Dois Penetrômetros Na Avaliação Da Resistência À Penetração De Um Latossolo Vermelho Sob Diferentes Usos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 25, 53-57.
- Sağlam, M., & Dengiz, O. (2017). Spatial variability of soil penetration resistance in an alluvial delta plain under different land uses in middle Black Sea Region of Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(1), 60-73.
- Say, S.M. (1995). Toprak Penetrasyon Direncinin Toprak Koşulları ile Değişiminin Belirlenmesi ve Matematiksel Modellerinin Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans, 1995,109 s.
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A. & Benham, E. C. (2012). Soil Survey Staff. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version, 3. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Şeker, C. (1997). Farklı toprakların penetrasyon dirençleri üzerine su içeriklerinin etkisi ve regresyon modelleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(2), 467-471.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2020). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. (Erişim Tarihi:10.04.2021).
- Turgut, B., Aksakal, E.L., Öztaş, T., & Babagil, G.E. (2008). Penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerine ait etki katsayılarının çoklu regresyon analizi ile belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1), 115-121.
- Yılmaz, H., Demircan V., & Dernek Z. (2006). Agricultural structure, production and development potential of isparta Province. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2),1-16.

Farklı Tasarım Parametrelerinin Hidrolik Kaplin Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

*Aydın Tekerek¹
Şafak Akgünlü²
Metin Kemal Gökçe³
Alper Altınışik⁴*

Giriş

Hidrolik kaplinler içerisindeki akışkan vasıtasıyla güç veya tork aktarımı sağlayan ve otomotiv, savunma, denizcilik ve madencilik gibi birçok endüstriyel uygulamada kullanılan hidrolik makinelerdir. En büyük avantajları ise sistemler arasındaki güç aktarımını herhangi bir mekanik bağlantı olmaksızın, yalnızca hidrodinamik etkileşimlerle gerçekleştirebilmeleridir. Bu çalışma prensibiyle sistemler arasında oluşabilecek mekanik sürtünmeler, titreşimler ve şok yükleri gibi istenmeyen oluşumların aktarımının önüne geçilebilmektedir.

Hidrolik kaplinler en genel anlamda tahrik şaftına bağlı bir pompa, pompadan gelen hidrodinamik enerjiyi emerek tahrik edilen şafta ileten bir türbin ve bu komponentleri kapsayan sızdırmaz bir gövdenin içerisindeki hidrolik sıvısından oluşmaktadır. İçerisinde bulunan sıvı hacmi bakımından tam veya kısmi dolu olarak farklı doluluk oranlarında çalışabilmektedirler. Kısmi dolu olarak çalışan hidrolik kaplinlerde doluluk oranının dinamik olarak kontrol edilmesiyle aynı açılal hızlarda farklı miktarlarda tork aktarımı sağlanabilmektedir.

Bilgisayar ve işlemci teknolojilerindeki büyük gelişme, günümüzde bilgisayar destekli mühendislik uygulamalarına da yansımış ve bu alanda çalışan mühendislerin gerçekleştirdikleri tasarımlarda anahtar bir rol oynamaya başlamıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) alanındaki çözücülerin, güçlü işlemcilerle hızlı sonuç vermeleri optimum hidrodinamik tasarımların yapılabilmesinin önünü açmıştır. Buna paralel olarak literatürde hidrolik kaplinlerin hidrodinamik karakteristiklerini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Wallace vd. geliştirdikleri matematiksel model ile tam dolu durumda ve farklı hız oranlarında, hidrolik kaplinlerin hidrodinamik performanslarını hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlar ve sonuçlarının uyumlu olduğunu görmüşlerdir (Wallace, Whitfield, ve Sivalingam, 1997). Bai vd. çalışmalarında bir hidrolik kaplindeki üç boyutlu kararsız türbülanslı akışın sayısal simülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Türbülans modeli olarak standart k-ε türbülans modelini kullanmışlar, girdap oluşumunun iletilen tork üzerine etkisini göstermişlerdir (Bai, Fiebig, ve Mitra, 1997). Huitenga ve Mitra HAD yaklaşımı kullanarak ilk çalışma konumundaki bir hidrolik kaplinin karakteristiğini incelemişlerdir. Farklı tasarım parametrelerinde yapılan değişikliklerin ilk çalışma şartı için istenilen performansı sağladığını ve ekonomik olarak uygun sonuçlar verdiğini görmüşlerdir (Huitenga, ve Mitra, 2000). Sun vd. de HAD yaklaşımı kullanarak endüstriyel bir hidrolik kaplinin ısı transferi ve tork karakteristiklerini incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda kanatların dönme eksenine göre 20° açı yaptığı durumda

¹Aydın Tekerek, Uzman Mühendis, BMC Power, Transmisyon Tasarım ve Geliştirme Direktörlüğü, aydin.tekerek@bmcpower.com.tr

²Şafak Akgünlü, Mühendis, BMC Power, Transmisyon Tasarım ve Geliştirme Direktörlüğü, safak.akgunlu@bmcpower.com.tr

³Metin Kemal Gökçe, Kıdemli Mühendis, BMC Power, Transmisyon Tasarım ve Geliştirme Direktörlüğü, kemal.gokce@bmcpower.com.tr

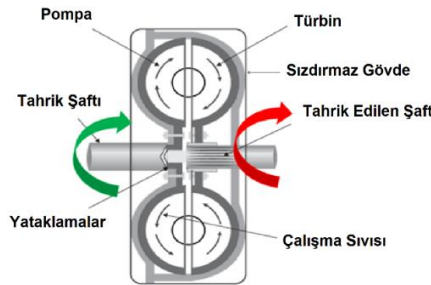
⁴Alper Altınışik, Direktör, BMC Power, Transmisyon Tasarım ve Geliştirme Direktörlüğü, alper.altinisik@bmcpower.com.tr

iletilen tork değerinde artış görmüşler ancak bu durumun kavitasyon oluşumu riskini artırdığını belirlemişlerdir. (Sun, Chew, Fomison, ve Edwards, 2009). Maqableh tam dolu durumdaki hidrolik kaplin performansını öngören mevcut matematiksel modelleri genişletmiş ve bu modelleri kısmi dolu durumda çalışacak olan bir hidrolik kaplin performansını belirlemek için kullanmıştır (Maqableh, 2011). Luo vd. HAD yaklaşımı kullanarak bir hidrolik kaplinin farklı hız oranlarındaki akış dağılımlarını incelemişlerdir. Yüksek hız oranlarında hidrolik kaplin veriminin daha yüksek, torus kesitindeki basınç dağılım tabakalarının ise daha belirgin olduğunu belirlemişlerdir (Luo, Feng, Liu, Chen, ve Fan, 2013). Chen vd. farklı kanat eğilim açalarına sahip retarder komponentlerinin hidrodinamik performanslarını HAD yaklaşımı ile irdelemişler ve kanat eğilim açasının retarder performansı üstündeki etkilerini göstermişlerdir (Chen, Guo, Tan, Pei, ve Zhang, 2016). Hur vd. bir retarderin farklı doluluk oranlarındaki hidrodinamik performanslarını HAD yaklaşımı ile incelemişlerdir (Hur, Moshfeghi, ve Lee, 2018). Lomakin vd. ise bir hidrolik kaplinin performansını belirleyebilmek için bir matematiksel model oluşturmuşlardır. HAD yaklaşımı kullanarak elde ettikleri sonuçları, matematiksel model ile elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırmışlardır (Lomakin, Cheremushkin, ve Petrov, 2019). Nejdali ise çalışmasında HAD yaklaşımı kullanarak tam dolu durumdaki hidrolik kaplinin optimum kanat tasarım parametrelerini belirlemeyi hedeflemiştir (Nejadali, 2020).

Bu çalışmada farklı hidrolik kaplin modellerinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaklaşımı ile hidrodinamik karakteristikleri belirlenmiş ve tasarım parametrelerindeki değişimlerin kaplin performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tasarımsal değişiklikler iki ayrı grup altında toplanmış ve oluşturulan bütün kaplin modellerinin aynı çalışma şartlarında HAD analizleri gerçekleştirilmiştir. Böylelikle değişken tasarım parametrelerinin hidrodinamik performans üzerindeki etkileri araştırılmış, gelecekte farklı kullanım amaçlarında tasarlanacak hidrolik kaplinlerde kullanılacak temel tasarım parametrelerine ışık tutması hedeflenmiştir.

Hidrolik Kaplinlerle İlgili Genel İfadeler

Hidrolik kaplinler en genel anlamda pompa, türbin, çalışma sıvısı ve sızdırmaz gövde olarak Şekil 1’de gösterildiği gibi dört temel bileşenden oluşur. Çalışma sıvısı olarak çoğunlukla hidrolik yağ kullanılmaktadır. Özel bir hidrolik kaplin türü olan tork konvertörlerde ek olarak tork artırımını sağlayan stator elemanı da bulunur. Pompa tahrik shaftına, türbin ise tahrik edilen shaft mekanik olarak bağlı durumdadır. Birbirleri ile mekanik olarak herhangi bir bağlantısı bulunmayan bu iki komponent arasındaki tork aktarımı hidrodinamik etkileşimlerle gerçekleşir. Tahrik shaftının dönmesiyle pompadaki mekanik enerji çalışma sıvısına aktarılır. Türbin ise çalışma sıvısında oluşan hidrodinamik enerjiyi kanatları vasıtasıyla emerek mekanik olarak bağlı olduğu shafta iletir. Söz konusu aktarımdaki kayıplar ise ısı enerjisi olarak sıvıya aktarılır ve çalışma sıvısının ısınmasına neden olur.



Şekil 1. Hidrolik kaplini oluşturan temel bileşenler

Pompa ve türbin bileşenlerinde oluşan tork değeri bileşenlerin giriş ve çıkışındaki akışkanın açısız momentumlarındaki değışimdir. Euler turbomakine denklemleri olarak da bilinen bu yaklaşımla bileşenlerde oluşan tork değeri aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$T = \dot{m} (V_{t2}r_2 - V_{t1}r_1) \quad (1)$$

Burada \dot{m} kaplin içerisinde gerçekleşen sirkülasyonun kütledebisini, V_{t1} ve V_{t2} sırasıyla komponent giriş ve çıkışındaki akışkanın dönme eksenine göre teğetsel hız bileşenlerini, r_1 ve r_2 ise sırasıyla komponent giriş ve çıkışının dönme eksenine göre yarıçaplarını ifade etmektedir. Bütünsel olarak açısız momentumun korunumu ilkesi kaplin komponentlerine uyarlandığında şu şartın sağlanması gerekmektedir:

$$T_{pompa} + T_{turbin} = 0 \quad (2)$$

2 numaralı denkleme göre yataklama ve sızdırmazlık elemanlarındaki mekanik kayıplar ihmal edildiğinde, pompada oluşan tork miktarının türbinde oluşan tork miktarına eşit olduğu görülebilmektedir. Bir hidrolik kaplinin gerçekleştireceği tork aktarımı, komponentlerin açısız hızları arasındaki fark ile ilişkilidir. Bir kaplindeki en fazla tork aktarımı pompa belirli bir hızda dönerken türbinin durağan olduğu yani bağıl açısız hızın en yüksek olduğu durumda gerçekleşir. Türbin hızlandıkça komponentler arasındaki bağıl açısız hız azalacağından iletilen tork miktarı düşecektir. Türbin hızı pompa hızına ulaştığında ise relatif açısız hız sıfır olacak, bu durumda teorik olarak tork aktarımı gerçekleşmeyecektir. Türbinin açısız hızı genellikle pompa açısız hızına bağıl bir hız oranı (SR) olarak şu şekilde ifade edilir:

$$SR = \frac{\omega_t}{\omega_p} \quad (3)$$

Burada ω_t türbinin, ω_p ise pompanın açısız hızını ifade etmektedir. Kaplinin ilettiği tork, aşağıdaki denklem kullanılarak boyutsuzlaştırılabilir:

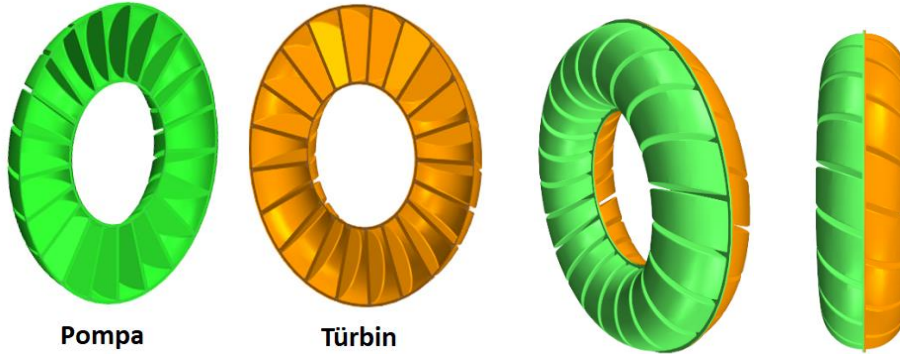
$$\lambda = \frac{T_p}{\rho \omega_p^2 D_p^5} \quad (4)$$

Burada ρ çalışma sıvısının yoğunluğunu, D_p ise pompa çapını ifade etmektedir. Belirli bir hız oranında boyutsuz tork katsayısı (λ) bilinen bir kaplinin, aynı hız oranında farklı pompa hızlarında veya farklı çaplarda iletebileceği tork miktarı hesaplanabilmektedir. Normalize tork değeri ise kaplinin belirli bir hız oranında ilettiği torkun, iletebileceği en fazla torka (SR=0) oranlanması ile şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$T/T_{max} = \frac{\text{İletilen Tork}}{\text{Azami Tork (SR = 0)}} \quad (5)$$

Oluşturulan Hidrolik Kaplin Tasarımları

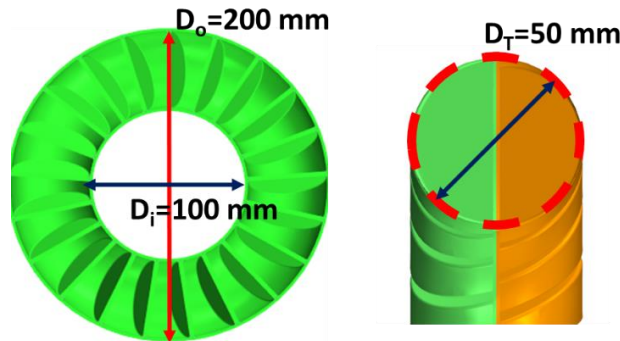
Bu bölümde mevcut çalışma için oluşturulan hidrolik kaplin tasarımları ifade edilmektedir. Tam dolu çalışma durumunda, kaplin soğutması için uygulanan hidrolik yağ besleme ve tahliye akış debileri, pompa ve türbin komponentleri arasında gerçekleşen sirkülasyon debisine kıyasla oldukça düşük olduğundan, hidrodinamik performans üzerine etkisi çok azdır. Bu nedenle mevcut çalışmadaki kaplin tasarımları besleme ve tahliye sınır koşulları olmaksızın kapalı modeller olarak oluşturulmuştur. Söz konusu modeller yalnızca kaplinin akışla ilgi bölgelerini temsil etmekte olup akışa etkisi bulunmayan sızdırmaz dış gövde, yataklama elemanları gibi komponentler tasarımlara dahil edilmemiştir. Farklı tasarım parametrelerindeki değişimlerin, kaplinin hidrodinamik performansı üzerindeki etkilerini inceleyebilmek için iki ayrı hidrolik kaplin tasarım grubu oluşturulmuştur. Şekil 2’de bu çalışma kapsamında oluşturulan örnek bir hidrolik kaplin modeli görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma kapsamında oluşturulan örnek bir hidrolik kaplin modeli

Oluşturulan hidrolik kaplin modellerinin temel boyutları Şekil 3’teki gibi olup diğer geometrik özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

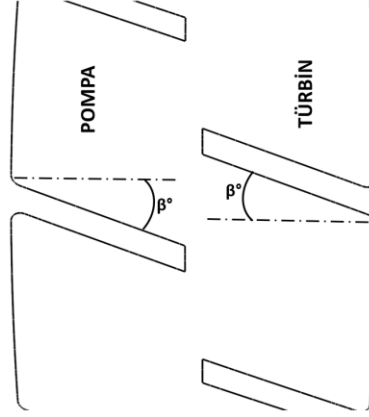
- Oluşturulan bütün kaplin modellerinin pompa ve türbin kanat profilleri birbirleri ile simetrik ve karşılıklı kanat sayıları aynıdır.
- 1. tasarım grubundaki tüm modellerde pompa ve türbin 21 kanada sahiptir.
- 2. tasarım grubundaki tüm modellerde kanat eğilim açıları 20° ’dir.
- Pompa ve türbinin iç ve dış çapları sırasıyla 100mm ve 200mm’dir
- Torus kesiti dairesel olup çapı 50mm’dir.



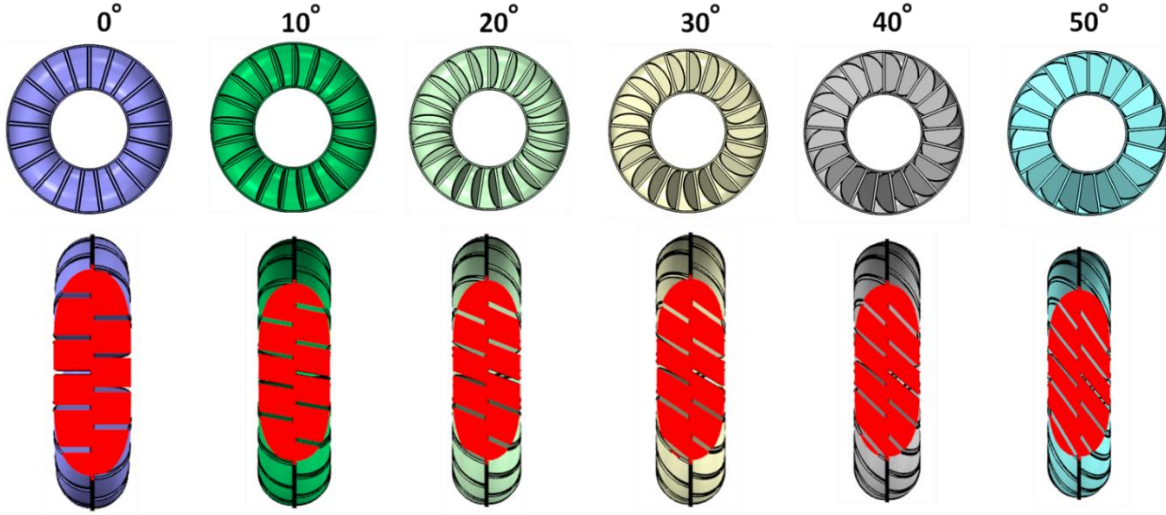
Şekil 3. Kaplin tasarımlarının temel boyutları ve özellikleri

Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-1

Bu gruptaki değişken parametre Şekil 4'te gösterilen kanat eğilim açısı β° olup, kanat eğilim açılarının dönme eksenine göre 0° , 10° , 20° , 30° , 40° ve 50° olarak değiştiği Şekil 5'teki gibi 6 farklı kaplin tasarımından oluşmaktadır. Grup içerisinde yer alan kaplin modellerinin diğer özellikleri aynıdır.



Şekil 4. Kanat eğilim açısının kanat kesiti üzerinden gösterimi



Şekil 5. Farklı kanat eğilim açlarına sahip tasarımların genel görünüşleri

Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-2

Bu grup Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-1'de yer alan 20° kanat eğilim açısına sahip 21 kanatlı tasarımın diğer bütün özellikleri aynı olmak üzere, kanat sayılarının 9, 13, 17 ve 25 olacak şekilde değiştirildiği beş farklı hidrolik kaplin tasarımından oluşmaktadır. Şekil 6'da bu grupta oluşturulan kaplin tasarımları gösterilmektedir.



Şekil 6. Farklı kanat sayılarına sahip hidrolik kaplin tasarımları

Hidrolik Kaplin HAD Analizleri

Bu bölümde daha önceki kısımlarda tasarım özellikleri ifade edilen hidrolik kaplin modellerinin HAD yaklaşımı ile farklı hız oranlarında hidrodinamik karakteristikleri incelenmiştir.

HAD Yaklaşımında Kullanılan Fiziksel Modeller

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen HAD analizleri sonlu hacimler yöntemi ile çalışan, RANSE (Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equations) tabanlı ticari bir yazılım ile gerçekleştirilmiştir. Analizler zamandan bağımsız olarak, hidrolik kaplin HAD analizlerinde iyi sonuç verdiği bilinen k-epsilon türbülans modeli kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sıvısı olarak hidrolik yağı tercih edilmiş ve çözümlerler sıkıştırılmaz akış kabülü ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan hidrolik yağın akışkan özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Analizlerde sıcaklığın değişimi ihmal edilmiş ve RANSE çözücüsündeki enerji denklemleri aktif edilmemiştir.

Tablo 1. Hidrolik yağın akışkan özellikleri

Yoğunluk	834 kg/m ³
Dinamik Viskozite	0.01202 Pa-s

Pompa ve türbinin dönüş hareketleri, zamandan bağımsız analizlerde literatürde yaygın olarak kullanılan MRF (Moving Reference Frame) yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Çalışma kapsamında farklı hız oranlarında gerçekleştirilen HAD analizlerinde pompa ve türbinin dönüş hızları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı hız oranlarında pompa ve türbinin dönüş hızları

Hız Oranı	Pompa Devri (d/d)	Türbin Devri (d/d)
0	3000	0
0.2	3000	600
0.4	3000	1200
0.6	3000	1800
0.8	3000	2400
1	3000	3000

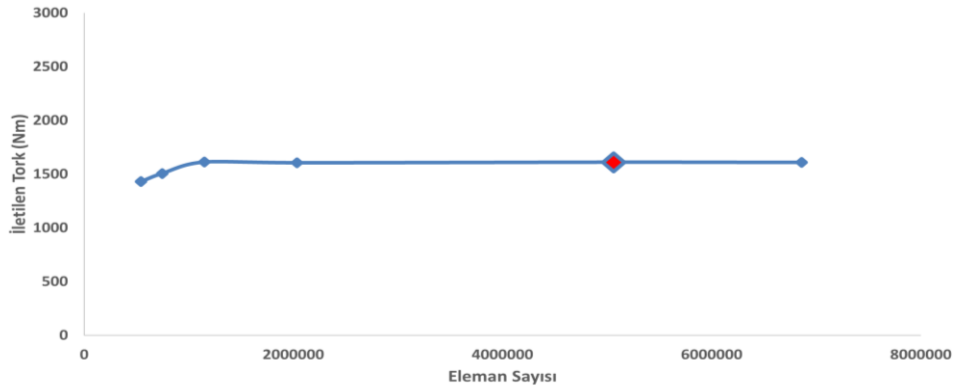
Ağ Yapısının Oluşturulması

Ağ yapısı bir akış çevresinin matematiksel olarak çözülebilmesi amacıyla ayrıklaştırılmış bir temsilini ifade etmektedir. Sonlu hacimler tabanlı HAD yaklaşımlarında akış çevresinin modellenmesi için farklı ağ türleri kullanılabilir. Bu ağ türlerinden biri olan polyhedral ağ yapısı, hidrolik kaplin gibi kompleks geometriye sahip akış çevrelerini, çok yüzlü yapısı sayesinde diğer ağ türleri göre daha iyi temsil etmektedir. Literatürde polyhedral ağ türünün diğerlerine göre avantajlarını ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır. Sosnowski vd. eşlenik (konjuge) ısı transferinin sayısal analizinde polyhedral ağ yapısının diğerlerine göre avantajlarını ortaya koymuştur. Polyhedral ağ yapısı kalitesinin nispeten yüksek olmasının, sayısal çözümün kararlılığının daha yüksek olmasını sağladığını belirtmiştir (Sosnowski, Krzywanski, ve Gnatowska, 2017). Hur vd. bir retarder için uyguladıkları HAD yaklaşımında polyhedral ağ yapılarını tercih etmişler ve deneysel çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir (Hur ve diğerleri, 2018). Hidrolik kaplin performansının matematiksel teori ile hesaplandığı bir diğer çalışmada Lomakin vd. matematisel model ile elde ettikleri sonuçları HAD yaklaşımı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları HAD modellerinde polyhedral ağ yapılarını tercih etmişlerdir (Lomakin ve diğerleri, 2019).

Bu kısımda mevcut çalışmada HAD analizleri gerçekleştirilecek olan hidrolik kaplin modelleri için optimum ağ yapısını belirlemek amacıyla bir ağdan bağımsızlaştırma çalışması yapılmıştır. Polyhedral tür ağ elemanları kullanılarak eleman boyutları düzenli olarak değiştirilmiş ve belirli bir çalışma koşulundaki kaplinin ilettiği tork değerleri HAD analizleri ile elde edilmiştir. Farklı ağ yapıları ile analizler gerçekleştirilmiş ve ağ elemanı sayısının sonuçları büyük oranda etkilemediği nokta belirlenerek, çalışma kapsamında kullanılacak olan ağ yapısına karar verilmiştir.

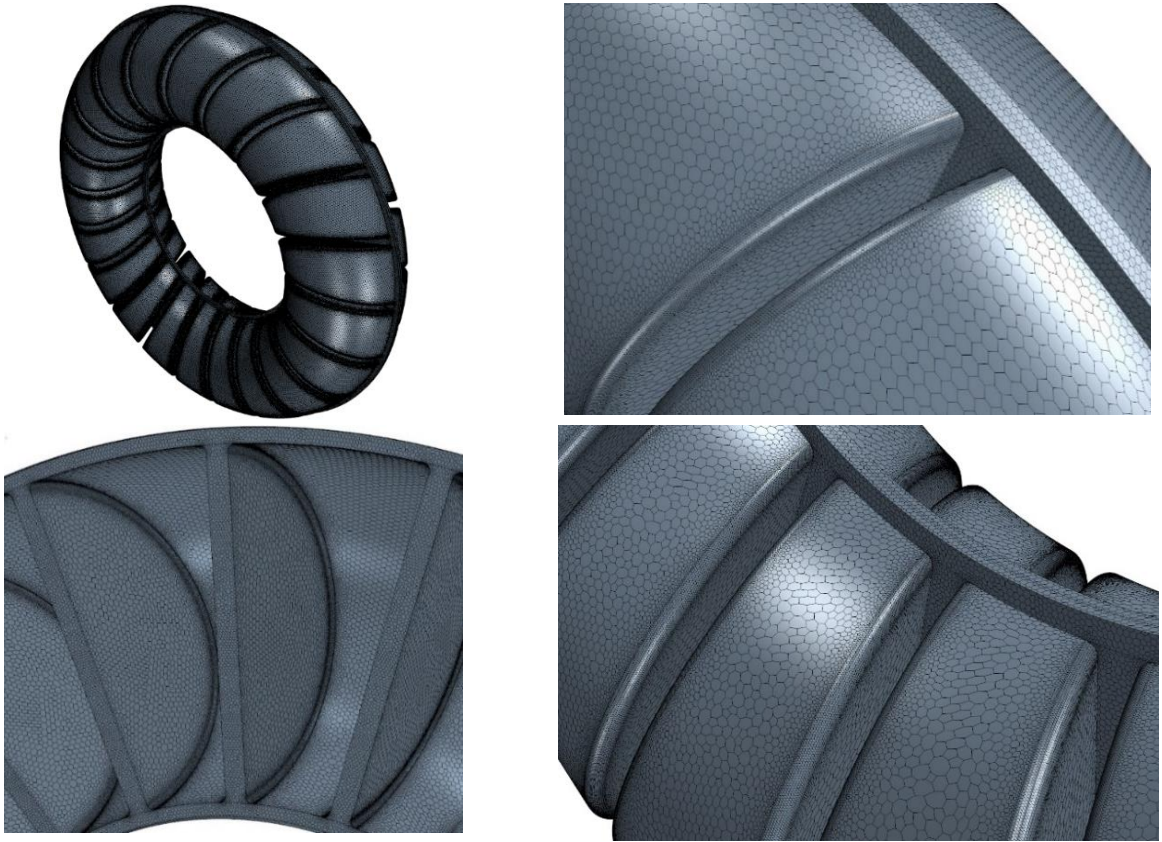
Tablo 3. Farklı ağ yapıları ile hesaplanan tork değerleri

Pompa Eleman Sayısı	Türbin Eleman Sayısı	Toplam Eleman Sayısı	İletilen Tork (Nm)
274.714	269.551	544.265	1429
367.815	378.961	746.776	1504
564.186	584.816	1.149.002	1610
1.026.931	1.009.219	2.036.150	1604
2.540.066	2.521.519	5.061.585	1609
3.438.456	3.421.326	6.859.782	1607



Şekil 7. Farklı eleman sayılarına sahip ağ yapıları ile elde edilen tork değerleri

Ağdan bağımsızlaştırma çalışmasında, hidrodinamik performansı incelenecek hidrolik kaplin grupları içerisinde ortak olarak kullanılan 20 derecelik kanat eğilim açısına sahip 21 kanatlı model kullanılmıştır. Söz konusu modelin 3000 d/d pompa açıl hızında ve türbinin durağan olduğu (0 hız oranı) durumda farklı ağ yapıları ile elde edilen tork sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablo 3'te verilen tork değerlerinin eleman sayılarına bağlı grafik görünümü Şekil 7'deki gibi olmaktadır. Söz konusu grafik incelendiğinde 1.149.002 ve üzerinde eleman sayısına sahip ağ yapıları ile elde edilen tork değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemektedir. Buna dayanarak mevcut çalışma kapsamında gerçekleştirecek olan hidrolik kaplin HAD analizlerinde 5.061.585 eleman sayısına sahip ağ yapısında kullanılan eleman boyutları tercih edilmiştir. Şekil 8'de ise hidrolik kaplin HAD analizleri için tercih edilen ağ yapısının görselleri verilmiştir.



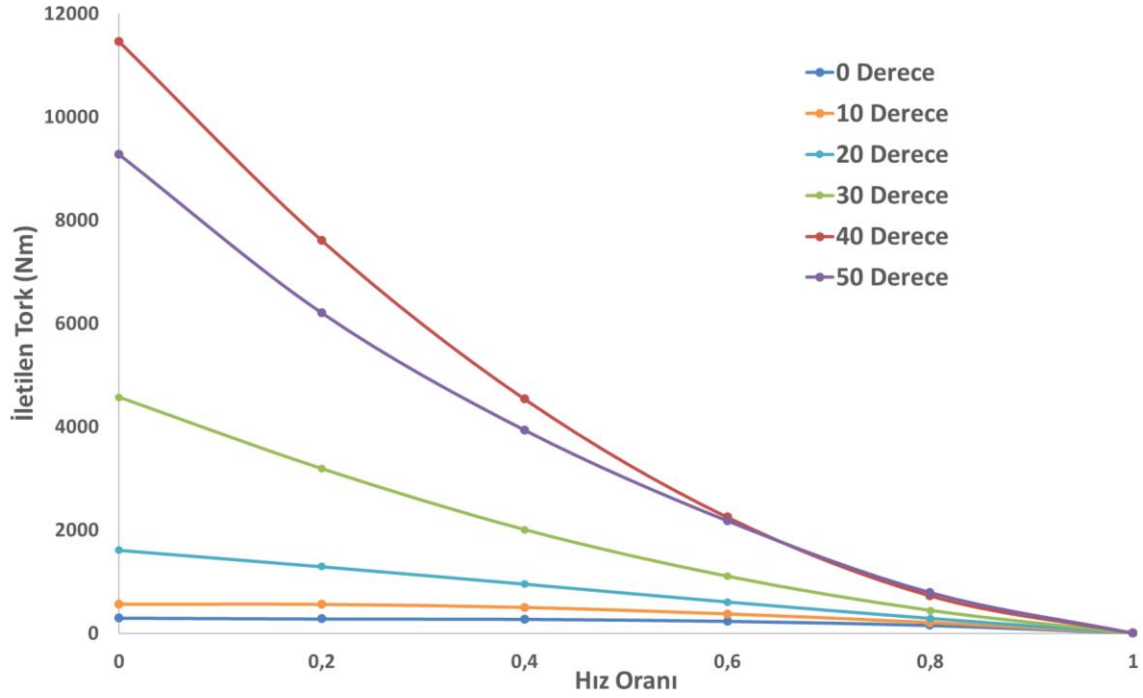
Şekil 8. Ağdan bağımsızlaştırma çalışması sonucunda oluşturulan ağ yapısı

Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-1 HAD Analizleri

Farklı kanat eğilim açlarına sahip tasarımlardan oluşan 1. Grup'taki hidrolik kaplinler için bir önceki kısımda ifade edilen sınır şartlarında toplamda 30 adet HAD analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 4 ve Şekil 9'da paylaşılmıştır.

Tablo 4. Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-1 HAD Analiz Sonuçları

	SR	Tork İletimi (Nm)	λ	T/T_{\max}
0°	0	294	0.0112	1
	0.2	277	0.0105	0.94
	0.4	271	0.0103	0.92
	0.6	232	0.0088	0.79
	0.8	150	0.0057	0.51
	1	0	0	0
10°	0	557	0.0211	1
	0.2	556	0.0211	0.99
	0.4	497	0.0189	0.89
	0.6	372	0.0141	0.67
	0.8	207	0.0079	0.37
	1	0	0	0
20°	0	1609	0.0611	1
	0.2	1290	0.0490	0.80
	0.4	953	0.0362	0.59
	0.6	606	0.0230	0.38
	0.8	288	0.0109	0.18
	1	0	0	0
30°	0	4569	0.1735	1
	0.2	3186	0.1209	0.70
	0.4	2006	0.0762	0.44
	0.6	1103	0.0419	0.24
	0.8	442	0.0168	0.10
	1	0	0	0
40°	0	11452	0.4348	1
	0.2	7599	0.2885	0.66
	0.4	4530	0.1720	0.39
	0.6	2243	0.0852	0.20
	0.8	722	0.0274	0.06
	1	0	0	0
50°	0	9274	0.3521	1
	0.2	6203	0.2355	0.67
	0.4	3933	0.1493	0.42
	0.6	2176	0.0826	0.23
	0.8	786	0.0298	0.08
	1	0	0	0



Şekil 9. Farklı kanat eğilim açlarına sahip kaplinlerin tork iletim eğrileri

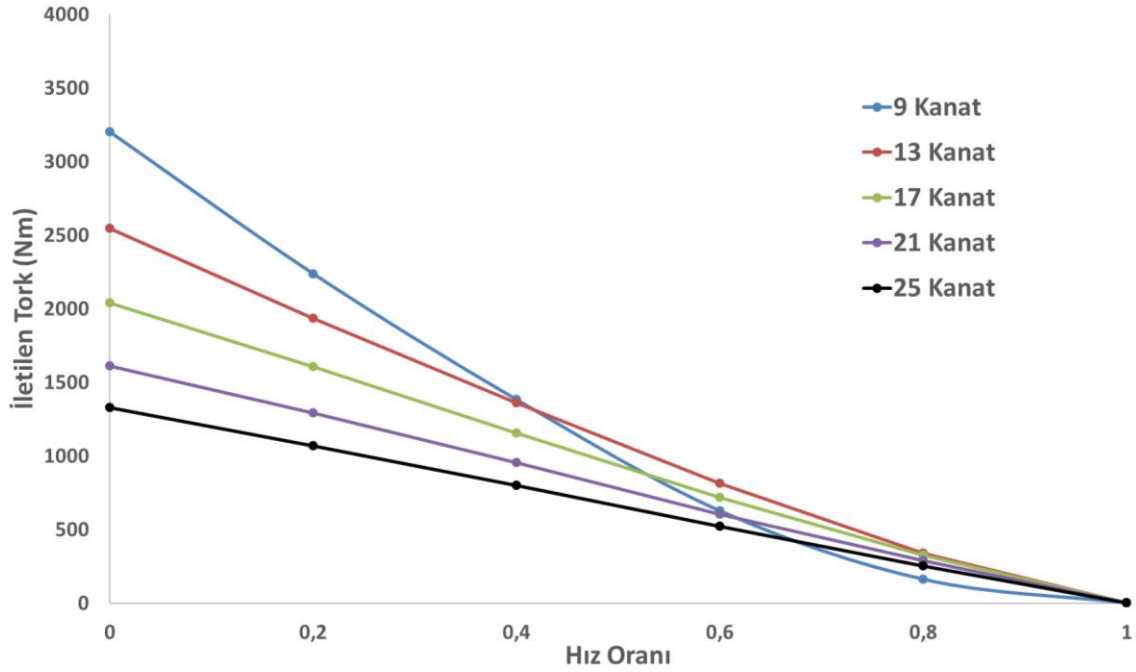
Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-2 HAD Analizleri

Farklı kanat sayılarına sahip tasarımlardan oluşan 2. Grup'taki hidrolik kaplinler için bir önceki kısımda ifade edilen sınır şartlarında toplamda 20 adet HAD analizi (21 kanat ortak model) gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 5 ve Şekil 10'da paylaşılmıştır.

Tablo 5. Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-2 HAD Analiz Sonuçları

	SR	Tork İletimi (Nm)	λ	T/T_{max}
9 Kanat	0	3199	0.1214	1
	0.2	2236	0.0849	0.70
	0.4	1381	0.0524	0.43
	0.6	626	0.0238	0.20
	0.8	161	0.0061	0.05
	1	0	0	0
13 Kanat	0	2544	0.0966	1
	0.2	1933	0.0734	0.76
	0.4	1360	0.0516	0.53
	0.6	812	0.0308	0.32
	0.8	338	0.0128	0.13
	1	0	0	0
17	0	2037	0.0773	1

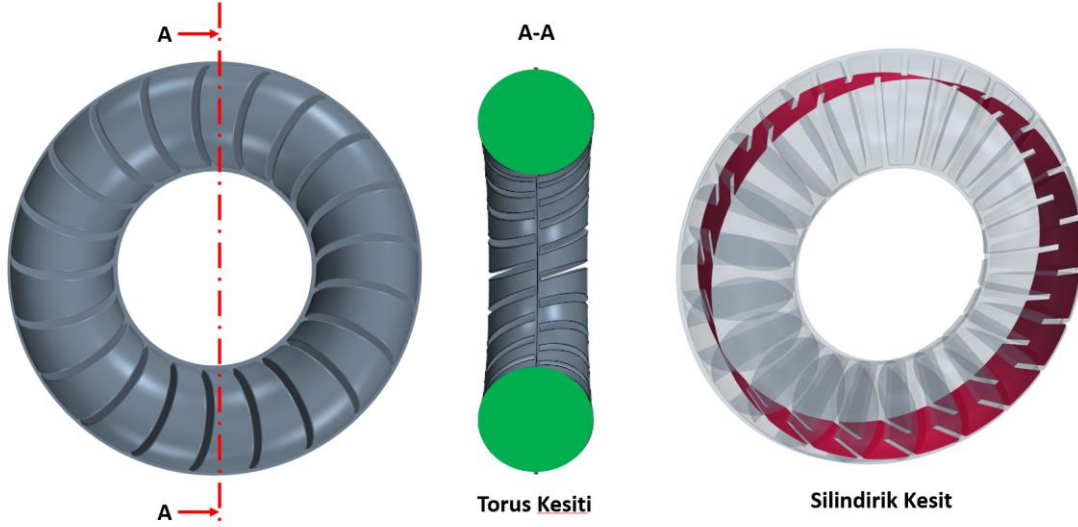
	0.2	1605	0.0609	0.79
	0.4	1155	0.0438	0.57
	0.6	718	0.0273	0.35
	0.8	324	0.0123	0.16
	1	0	0	0
21 Kanat	0	1609	0.0611	1
	0.2	1290	0.0490	0.80
	0.4	953	0.0362	0.59
	0.6	606	0.0230	0.38
	0.8	288	0.0109	0.17
	1	0	0	0
25 Kanat	0	1328	0.0504	1
	0.2	1070	0.0406	0.81
	0.4	798	0.0303	0.60
	0.6	521	0.0197	0.39
	0.8	254	0.0096	0.19
	1	0	0	0



Şekil 10. Farklı kanat sayılarına sahip kaplinlerin tork iletim eğrileri

Sonuç ve Değerlendirme

Mevcut çalışma kapsamında tasarlanan hidrolik kaplinlerin HAD analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen hidrodinamik performans sonuçları bir önceki kısımda paylaşılmıştır. Bu kısımda, gerçekleştirilen HAD yaklaşımından faydalanılarak söz konusu tasarım parametrelerinin hidrodinamik performansı nasıl etkilediği araştırılmaktadır. Bu bağlamda akışla alakalı oluşumların skaler ve vektörel büyüklüklerle incelenebilmesi için kaplin akış çevresi içerisinde Şekil 11'deki gibi eksenel ve silindirik kesitler alınmış ve analiz sonrası (post-processing) görseller için bu kesitler kullanılmıştır.

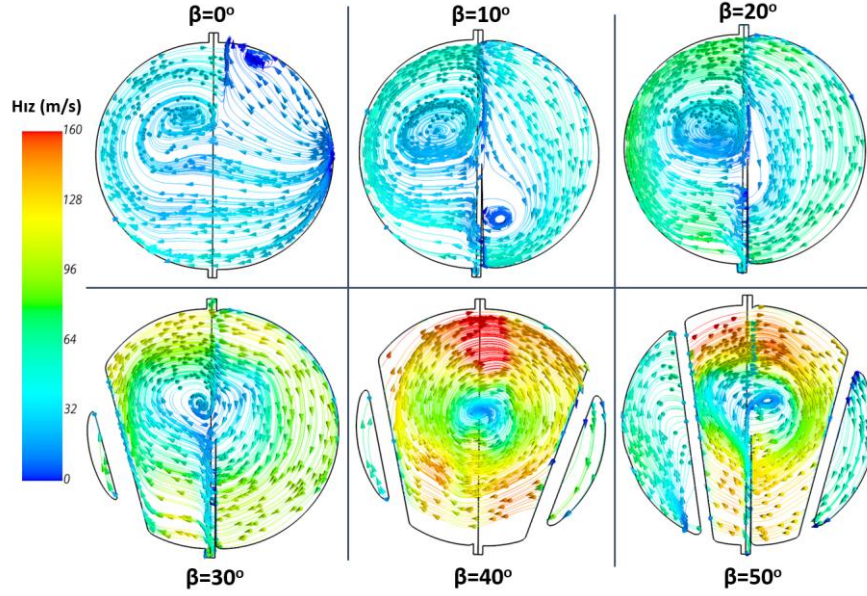


Şekil 11. Kaplin akış çevrelerinden alınan eksenel ve silindirik kesitler

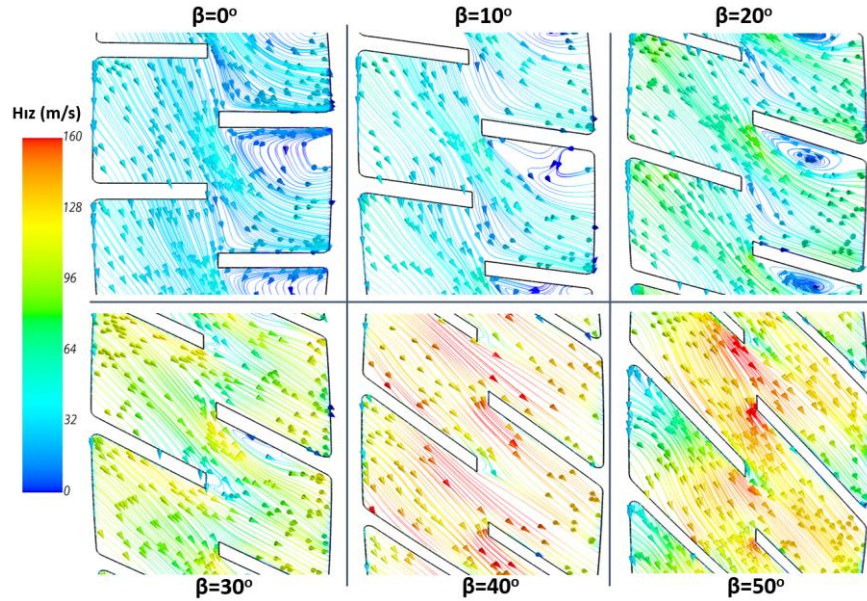
Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-1 Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4'te paylaşılan farklı kanat eğilim açlarına sahip modellerin tork iletim değerleri incelendiğinde kanat eğilim açısının bütün hız oranlarında iletilen tork değerini artırdığı görülebilmektedir. İncelenen modeller içerisinde en yüksek tork değeri 40° kanat eğilim açısında elde edilmiş, 50° kanat eğilim açısında ise tork değeri nispeten düşmüştür. Şekil 12 dikkate alındığında torus kesiti üzerinde yer alan 0 hız oranında akım hatlarındaki hız vektörlerinin şiddeti kanat eğilim açısı arttıkça yükselmektedir. Bu durum kaplin içerisinde pompa ve türbin komponentleri arasındaki sirkülasyonun da debisinin yükselmesi anlamına gelmektedir. (1) numaralı Euler turbomakine denklemi incelendiğinde komponentlerin giriş ve çıkışlarındaki kütleli debinin artması, tork değerinde artışa neden olmaktadır. Ayrıca Şekil 13'de silindirik kesit üzerinde 0 hız oranında elde edilen hız vektörleri incelendiğinde kanat eğilim açısının artmasıyla, pompa çıkışından türbine giden akışın mutlak hız değerinin arttığı görülebilmektedir. Pompaların söz konusu silindirik kesitlerdeki çevresel hızlarının gruptaki tüm modeller için aynı olacağı bilindiğinden, bağıl hız bileşeninin kanat eğilim açılarıyla birlikte arttığı anlaşılmaktadır. Ancak 50° ve diğer küçük kanat eğilim açılarında, 40°'ye göre bağıl hız bileşeninde düşüş gerçekleşmiş ve sonuç olarak bu modellerde mutlak hız değeri nispeten küçük olmuştur. Bu durumda (1) numaralı denklemde yer alan kütleli debi ve dönme eksenine göre teğetsel hız değerleri küçülmüş ve böylelikle elde edilen tork değerleri nispeten daha küçük

gerçekleşmiştir. Yüksek frenleme torkuna ihtiyaç duyulan retarderlerde yüksek eğilim açlarına sahip kanatların kullanılması bu şekilde açıklanabilir. Ayrıca doluluk oranının dinamik olarak kontrol edildiği kısmi dolu şekilde çalışan hidrolik kaplin tasarımlarında, düşük doluluk oranlarında da yeterli tork iletiminin gerçekleşebilmesi için kanat eğilim açıları yüksek olmaktadır.



Şekil 12.1. Grup torus kesitinde 0 hız oranında elde edilen akım hatları üzerindeki hız vektörleri



Şekil 13.1. Grup silindir kesitinde 0 hız oranında elde edilen akım hatları üzerindeki hız vektörleri

Mevcut tasarım grubu içerisinde en fazla tork iletimi 40° kanat eğilim açısında gerçekleşmiştir. Söz konusu kaplin modellerine ek olarak 42°, 43°, 44° ve 45° kanat eğilim açısına sahip modeller oluşturularak en fazla tork iletiminin elde edildiği kanat eğilim açısı da araştırılmıştır. Ek olarak oluşturulan kaplin modelleri için aynı sınır şartları altında, 0 hız oranında HAD analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 6'daki gibi olmuştur.

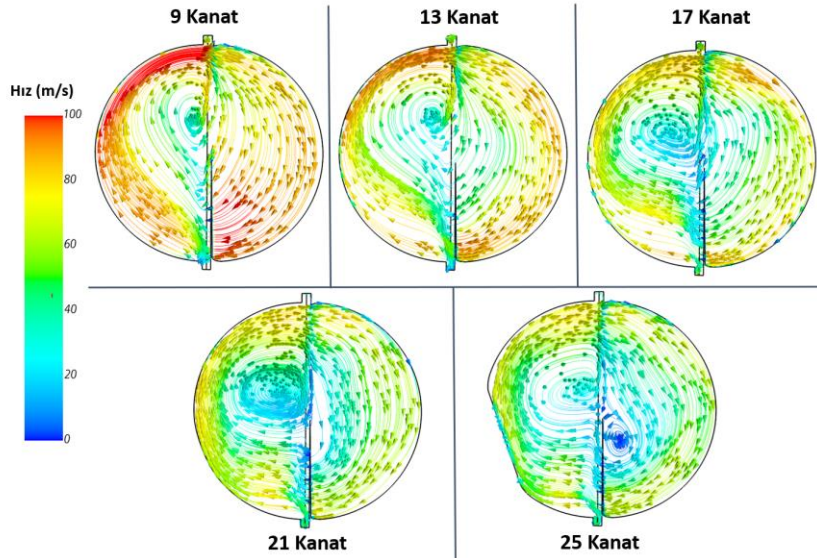
Tablo 6. 42°, 43°, 44° ve 45° kanat eğilim açısına sahip modellerde 0 hız oranındaki tork değerleri

β°	Tork İletimi (Nm)	λ
42	12656	0.4805
43	13175	0.5002
44	13732	0.5213
45	11745	0.4459

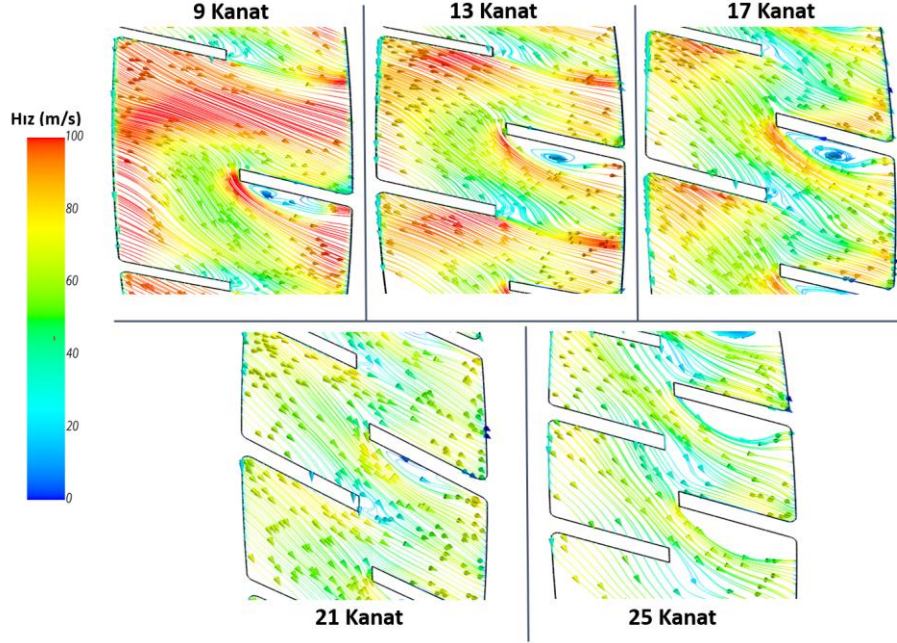
Tablo 6'daki tork iletim değerleri incelendiğinde, 0 hız oranında en fazla tork iletimi 44° kanat eğilim açısına sahip modelde elde edilmektedir. Chen vd. farklı kanat eğilim açılarının retarder performansına olan etkisini inceledikleri çalışmalarında 35°, 40°, 43° ve 45° kanat eğilim açılarını incelemişler ve en fazla tork iletim değerinin 43°'lik modelde olduğunu belirlemişlerdir (Chen ve diğerleri, 2016).

Hidrolik Kaplin Tasarım Grubu-2 Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 5'te verilen farklı kanat sayılarına sahip kaplin tasarımlarının tork iletim değerleri incelendiğinde 0 hız oranında, kanat sayısı azaldıkça iletilen tork değerinin arttığı görülmektedir. Söz konusu hız oranında Şekil 14 ve Şekil 15'de gösterilen kesitler üzerindeki hız vektörlerinin şiddetleri tork artışını açıklamaktadır. Kanat sayısı azaldıkça mutlak hız değerleri yükselmekte ve bununla birlikte mutlak hızın normal ve teğetsel bileşenleri büyümektedir. Bu durum (1) numaralı denklemdeki kütleli debi ve dönme eksenine göre teğetsel hız bileşeninin büyümesine neden olarak torku artırmaktadır. Şekil 9'da yer alan eğriler incelendiğinde 9 kanatlı modelin yüksek hız oranlarındaki tork iletimi diğer modellere göre düşüş göstermektedir. Bu durum kanatlardan kaynaklı bağıl hız bileşeninin yüksek hız oranlarında, düşük kanat sayısı nedeniyle nispeten daha fazla düşmesi şeklinde açıklanabilir.



Şekil 14 2. Grup torus kesitinde 0 hız oranında elde edilen akım hatları üzerindeki hız vektörleri



Şekil 15.1. Grup silindir kesitinde 0 hız oranında elde edilen akım hatları üzerindeki hız vektörleri

Ancak kanat sayısındaki azalmanın torku daima artıracığı yönünde bir ifade doğru olmayacaktır. Turbomakinelerde kanatların görevi akışkanı dönme eksenine göre farklı açılarda yönlendirerek açısal momentum değişimi sağlamak olduğundan, çok düşük kanat sayılarında söz konusu yönlendirmeyi sağlayamazlar ve buna bağlı olarak ilgili komponentte oluşan tork değerinde düşüş gerçekleşir. Bu durumu mevcut çalışmada inceyebilemek adına 2. Gruptaki tasarımlara ilave olarak pompa ve türbinin 1, 2, 5, 6, 7, 8, ve 10'ar kanada sahip olduğu kaplin modelleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu modellerin 0 hız oranında, diğer modellerle aynı sınır şartları altında HAD analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'deki gibi olup, 9'dan daha düşük kanat sayılarında tork iletiminin azalması bu durumu doğrulamaktadır.

Tablo 7. Düşük kanat sayısına sahip kaplin modellerinde 0 hız oranındaki tork değerleri

Kanat Sayısı	Tork İletimi (Nm)	λ
1	30	0.0011
2	56	0.0021
5	606	0.0230
6	1321	0.0502
7	2106	0.0800
8	2912	0.1106
9	3199	0.1214
10	3088	0.1172

Yüksek tork iletimi gereksinimi ile gerçekleştirilecek bir kaplin tasarımında yalnızca azami tork değerinin gerçekleştiği kanat sayısını seçmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Örneğin mevcut çalışma kapsamında 2. Grup içerisinde en fazla tork iletimi 9 kanatlı modelde gerçekleşmiş olsa da, birim kanada etkiyen yük de en fazla bu modelde olacaktır. Bu sebeple kanatların yapısal dayanımlarının ve

ayrıca kavitasyon oluşumu riskinin de göz önünde bulunması gerekmektedir. Bu bağlamda uygun yapısal dayanımın ve kavitasyon riski faktörlerinin de dikkate alınmasıyla daha yüksek kanat sayılarına sahip tasarımlar tercih edilebilir.

Genel Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında farklı kanat tasarım parametrelerinin bir hidrolik kaplinin hidrodinamik performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kanat eğilim açısının tork iletim değeri üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. En yüksek tork iletimi 43° kanat eğilim açısına sahip modelde gerçekleşmiştir. İncelenen bir diğer değişken parametre olan kanat sayısının da tork iletim değeri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışma özelinde incelenen kaplin modellerinde en fazla tork iletimi 9 kanatlı modelde gerçekleşmiştir.

Hidrolik kaplin tasarım çalışmalarındaki amaç kaplinin kullanılacağı uygulamadaki tork veya güç iletim değerini karşılayacak bir tasarım yapmak olmalıdır. Dolayısıyla farklı kullanım alanlarında kullanılacak kaplinlerin optimum tork iletim değerleri farklılık gösterecektir. Bu bağlamda mevcut çalışmanın gelecekte farklı uygulamalar için yapılacak olan hidrolik kaplin tasarımlarındaki kanat tasarım parametrelerine fikir vermesi beklenmektedir.

Referanslar

- Wallace, F., Whitfield, A. ve Sivalingam, R. (1997). A theoretical model for the performance prediction of fully filled fluid couplings. *International Journal of Mechanical Sciences*, 20(6), 335-347.
- Bai, L., Fiebig, M. ve Mitra, N. K. (1997). Numerical analysis of turbulent flow in fluid couplings. *Journal of Fluids Engineering*, 119(3), 569-576.
- Huitenga, H. ve Mitra, N. K. (2000). Improving startup behavior of fluid couplings through modification of runner geometry: Fluid flow analysis and proposed improvement. *Journal of Fluids Engineering*, 122(4), 683-688.
- Sun, Z., Chew, J., Fomison, N. ve Edwards, D. (2009). Analysis of fluid flow and heat transfer in industrial fluid couplings. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 223(9), 2049-2062.
- Maqableh, A.M. (2011). Mathematical modelling of partially filled fluid coupling behavior. *World Academy of Science Engineering and Technology*, 5(12), 2619-2624
- Luo, Y., Feng, L. H., Liu, S. H., Chen, T. J. ve Fan, H. G. (2013). Numerical comparisons of the performance of a hydraulic coupling with different pump rotational speeds. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 52(7).
- Chen, M., Guo, X., Tan, G., Pei, X. ve Zhang, W. (2016). Effects of blade lean angle on a hydraulic retarder. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(5), 1-9.
- Hur, N., Moshfeghi, M. ve Lee, W. (2018). Flow and performance analyses of a partially-charged water retarder. *Computers & Fluids*, 164, 18-26.
- Lomakin, V., Cheremushkin, V. ve Petrov, A. (2019). The development of the theory of calculation of the hydrodynamic coupling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 492.
- Nejadali, J., (2020). Design optimization of HYDRODYNAMIC COUPLING applying response surface method combined with CFD technique. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(10).
- Sosnowski, M., Krzywanski, J. ve Gnatowska, R. (2017). Polyhedral meshing as an innovative approach to computational domain discretization of a cyclone in a fluidized bed CLC unit. *E3S Web of Conferences*, 14.

Transgenik Bitkiler İle Fitoremediasyon Üzerine Bir Araştırma

İbrahim Ertan ERKAN¹
Özlem ARAS AŞÇI²

Giriş

Son yıllarda tarım alanlarından inorganik maddelerin kontaminasyonlarını gidermek için geleneksel yöntemlerin yüksek maliyetleri nedeniyle, alternatif düşük maliyetli yöntemlere büyük bilimsel ve ticari bir ilgi ortaya çıkmıştır. Toprakta aşırı biriken ağır metaller besinler ile insan ve hayvan sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle toprak, gereksiniminden fazla olan ağır metalleri depolama özelliğine sahip hiperakümülatör adı verilen bitkiler vasıtasıyla temizlenebilmektedir (Asri ve Sönmez 2006; Yavaş vd. 2020). Fitoremediasyon, kirleticilerin toprak ve sudan bitki bünyesine alınarak zararsız hale getirilmesi olarak tanımlanır (Raskin vd. 1997; Abhilash vd. 2009; El-Khatib 2014). Yüksek potansiyeli olan bu teknoloji ağır metallerin kirlettiği toprak ve suyun temizlenmesinde daha ulaşılabilir bir yöntemdir (Zhang vd. 2020).

Geçmişte birçok bitki fitoremediasyon için aday bitki olarak gösterilse de ideal hiperakümülatör bitkilerin fitoremediasyon kabiliyetlerinin normal bitkilere göre fitotoksik elementleri 50 ila 500 kat daha fazla biriktirme potansiyeli vardır (Lasat 1999; Cherian ve Oliveira 2005).

Sürdürülebilir, etkili ve yeşil bir remediasyon (iyileştirme) süreci için toprağın bitkiler vasıtası ile temizlenmesi yakın geçmişte yapılan çok sayıda çalışma ile ortaya konmuştur (Hou vd. 2017; Song vd. 2019; Azab vd. 2020). Kazma ve nakletme gibi klasik remediasyon tekniklerine kıyasla fitoremediasyon ekosisteme daha az zarar vermektedir. Bu nedenle fitoremediasyonun yaşam döngüsüne olan etkisinin daha az olduğu düşünülmektedir (Wang vd. 2020).

Özay ve Mammadov (2013), bitkilerin stres toleranslarının, stres süresine ve maruz kaldığı elementin çeşidine göre değiştiğini bildirmişlerdir. Fitoremediasyon, ilk olarak yabancı türlerde ve özel alanlarda gözlemlenmiştir. Ardından genetiği değiştirilmiş genotiplerin gelişmesiyle mahsul veren bitkilerden de yararlanılmıştır. Çalışmanın ardındaki mantık farklı iklim koşullarında kolayca büyütülüp yetiştirilebilen, kirleticilerin miktarını kayda değer bir şekilde azaltan yüksek biokütleyle sahip bitkiler geliştirmektir. Bu nedenle araştırmacılar derin kök sistemine sahip, hızlı büyüeyebilen ve kirleticilere karşı dayanıklı olan fitoremediasyon özelliğine sahip bitkiler seçmektedirler (Marmioli ve McCutcheon 2003). Bazı ülkelerde transgenik bitkilerin yetiştiriciliği ekosistem için hala risk olarak algılanmaktadır (Peuke ve Rennenberg 2005). Geçtiğimiz son 15 yıl içinde transgenik bitkilerin fitoremediasyon teknolojisi için olumlu potansiyel özellikleri görülmüştür.

Ağır metaller herhangi bir müdahale olmaksızın toprakta parçalanmadan yüzyıllarca kalabilmektedir (Hooda 2007). Bitkilerin çeşitli ve farklı metal tolerans mekanizmaları olmasına

¹ Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Ziraat Fakültesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 32270 Isparta / Türkiye

² Eczane Hizmetleri Programı, Gelendost Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 32900 Gelendost / Isparta

rağmen, transgenik bitkilerde metal birikiminin ve toleransının arttığına dair birçok rapor vardır. Transgenik bitkilerin hepsinde olmasa da çoğunda yüksek düzeyde ifade edilen genlere bağlı olarak metal bağlayıcı proteinlerin ve peptitlerin biyosentezleri de dahil olmak üzere genler toksik iyonları daha az toksik ve kolay uzaklaştırabilen formlara veya kombinasyonlara dönüştürebilmektedirler (De Mello-Farias vd. 2011).

Genetik mühendisliğindeki ilerlemelerin çok hızlı olması günümüzde arzu edilen özelliklere sahip transgenik bitki üretimini artırmaktadır. Düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarların (CRISPR) genetik manipülasyon amacıyla kullanımı bu alanda devrim niteliğinde bir buluş olarak ortaya çıkmıştır. Transgenik fitoremediasyon için geçmişte transgenik bitkilerin geliştirilmesi ve üretim maliyetleri bir dezavantaj olarak görülse de son yıllarda gelişen bilimin ışığında bu teknoloji artık somut olarak kullanılmaya başlanmıştır. Transgenik bitkilerle çevresel arındırma yakın gelecekte daha olumlu bir bakış açısına sahip olacaktır. Günümüzde hâlihazırda birçok ülke tarafından kullanılan transgenik bitkilerin yüksek ürün veriminin yanında tarıma uygun olmayan, ağır metallerin yüksek seviyede olduğu bölgelerde toprak ıslahı için kullanımı son derece önem arz etmektedir. Bu derleme fitoremediasyonda transgenik yaklaşımlar hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

Fitoremediasyon

Bitkiler, metalleri doğal bir şekilde almaya eğilimlidirler, bu da ağır metalle kirlenmiş toprakların bitki ıslahı olasılığını oluşturur. Fitoremediasyon, çeşitli bitkilerin kirleticileri parçalamak, özütlemek, bünyesine almak veya hareketsiz hale getirmek için kullanıldığı süreç olarak tanımlanır. Fitoremediasyon ismi altında birçok farklı teknoloji yer almaktadır. Bu çevreyle dost yeşil teknoloji başlıca fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitodegradasyon, fitovolatilizasyon, rizofiltrasyon olmak üzere 5 şekilde sınıflandırılmaktadır (Hamutoğlu vd. 2012; Rai vd. 2019; Azab vd. 2020).

İnorganik kirletici maddelerin bitkiler tarafından uzaklaştırılmasına **fito-ekstraksiyon** adı verilir. Fito ekstraksiyonda kirleticiler bitki kökleri tarafından alınmakta daha sonra bitkiler içinde yer değiştirmekte ve bitkiler hasat edildiği zaman uzaklaştırılmaktadırlar. Bazı çalışmalar, fitoremediasyon ve bitki ıslahı için kullanılan bitkilerin hızlı büyümesi ve yüksek biyokütle ve bol bir kök sistemi ile kolayca çoğaltılması ve hedef metalin yüksek seviyelerini biriktirme yeteneğine sahip olması gerektiğini göstermektedir (Ghosh ve Singh 2005; Wang vd. 2007). Hiperakümülatörler, dış ortamda yüksek yoğunlukta bulduklarında ağır metaller için güçlü bir emme ve biriktirme kapasitesine sahiptir. İn vivo ortamdaki nispeten düşük metal konsantrasyonlarında bile normal konsantrasyondan birkaç kat daha yüksek ağır metaller biriktirebilirler (Alvarez-Lopez vd. 2016).

Bugüne kadar, 40'tan fazla cinse ait 500'den fazla bitki türü, doğal metal hiperakümülatörleri olarak tanımlanmıştır (Pollard vd. 2014). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda hiperakümülatör bitkilerin topraktan metalleri almasının yanı sıra şelatlanmış metallerinde topraktan çekilerek bunları birleşik formunda topraktan uzaklaştırarak ortamı kimyasallardan temizlediği de bildirilmiştir (Wei vd. 2007; Fu vd. 2015; Adiloğlu 2020). Son yıllarda hız kazanan çalışmalar, hem fitoekstraksiyonun uygulanabilirliğini hem de süreci verimli hale getirmek için iyi biyokütle verimi ve metal hiperakümülasyonunun gerekli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, doğal hiperakümülatörler olduğu bilinen model bitki türleri tespit edilerek hiperakümülasyondan sorumlu mekanizmaları araştırmak gereklidir. Fitoekstraksiyonun optimize edilebilmesi için de hiper birikimle ilgili özelliklerin ve mekanizmaların daha temel bir şekilde anlaşılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Fitoremediasyonun uygun

maliyetli, çevresel ve estetik açıdan uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır. Bu yöntem aynı zamanda çevreye salınan kirletici miktarını önemli ölçüde sınırlama yeteneğine sahiptir (Truu vd. 2003; Camenzuli ve Freidman 2015).

Bitkiler tarafından özellikle yeraltı sularındaki ağır metallerin adsorpsiyon mekanizmalarından biri de rizofiltrasyondur (Caroline ve Moa 2015). Rizofiltrasyon, bitkilerin kök bölgesini çevreleyen ağır metal kirleticilerinin veya fazla besin maddelerinin emilmesi sürecidir. Ayrıca rizofiltrasyon ile yeraltı suyundaki ağır metallerin veya radyonüklitlerin adsorbe edilmesi de mümkün olmaktadır (Wang vd. 2016; Han vd. 2021).

Fitostabilizasyon, çevredeki ağır metallerin biyoyararlanımını azaltmanın yanı sıra kök yüzeyi ile toprak arasındaki alanda bulunan kirletici maddeleri hareketsiz hale getirmek için belirli bir bitki türünü kullanan bir süreçtir. Buna göre, kök bölgesinde ve daha derinlerinde bulunan kirletici maddeleri içeren toprağı, tortuları ve çamurları stabilize etmek için fitostabilizasyon yöntemi başarıyla uygulanmaktadır (Stankovic ve Devetakovic 2016). Ağır metallerin yüksek seviyeleri toprakta on yıllarca veya yüzyıllar boyunca kalabilmekte ve halk sağlığını ve ekosistemleri tehdit edebilmektedir. (Boechat vd. 2016; Cui vd. 2020). Tablo 1'de de gösterildiği gibi özellikle Poaceae ve Brassicaceae familyasına ait bitkilerin, ağır metallerle kontamine olmuş topraklara iyi adaptasyon ve fitostabilizasyon kapasitesi gösterdiği bildirilmiştir (Kacprzak vd. 2014; Pérez-Esteban vd. 2014; Visconti vd. 2020).

Fitovolatilizasyon, kirletici maddelerin aynı veya değiştirilmiş formda salınmasıyla daha yüksek bitkilerde terleme mekanizması yoluyla kirleticilerin alınması, taşınması ve atmosfere salınması sürecidir (Pilipovic vd. 2002). İlk aşama, kirlenmiş topraktan belirli metallerin benimsenmesi, daha sonra bunların bitki içinde yer değiştirmesi ve yapraklar yoluyla atmosfere salınmasıdır. Bazı ağır metaller (As, Hg ve Se) gaz fazında çevreye aktarılabilir. Araştırmacılar, bu metallerin temel formlarını topraktan emebilen, biyolojik olarak bitki içinde gaz fazına çevirebilen ve yapraklar yoluyla atmosfere salabilen doğal veya genetiği değiştirilmiş bitkiler tespit etmişlerdir (Stankovic ve Devetakovic 2016; Ahila vd. 2021).

Fitotransformasyon olarak da bilinen fitodegradasyon, bitkilerin ve bunlarla ilişkili mikroorganizmaların çevreden, bozulabilen kirleticileri uzaklaştırmak için uygulanmasına dayanır (Ma vd. 2016). Endofitik bakterilerin bitkilerle yakın ilişkileri ve canlı dokularda bulunma yeteneklerinden dolayı, fitodegradasyon sürecini optimize etmek için kullanılmaktadırlar (Weyens vd. 2009; Luo vd. 2011; Pawlik vd. 2017). Fitodegradasyonda kullanılan bakteriyel endofitler, hastalık semptomlarına neden olmadan konakçı bitkilerinin iç kısımlarını kolonize eden ve yüzey dezenfekte edilmiş bitkilerden izole edilebilen veya bitki içinden ekstrakte edilebilen bakteriler olarak tanımlanmaktadırlar (Schulz ve Boyle, 2006). Birçok araştırmacı tarafından bakteriyel endofitlerin, farklı bitki türlerinden izole edilebilmesi ve bitki büyümesini teşvik etmenin yanı sıra ağır metalle kirlenmiş toprakta yetişen bitkiye daha yüksek tolerans sağlayabildiği bildirilmiştir (Madhaiyan vd. 2007; Sheng vd. 2008; Chen vd. 2010) (Tablo 1).

Tablo 1'de hiperakümülatörler bitkiler ve onların buldukları çevrelerinden uzaklaştırdıkları bazı elementler (yüksek miktarda bulduklarında toksik etkileri olan) verilmiştir.

Tablo 1 Bazı hiperakümülatör bitkiler ve topraktan temizlediği elementler

Hiperakümülatör Bitki	Toprakta Temizlediği Element	Referans
-----------------------	------------------------------	----------

<i>Zea mays</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench, <i>Glycine max</i> L.	Al, Cd, Cu, Pb ve Ti	Pellet vd. 1995; Zheng vd. 1998; Yang vd. 2000
<i>Brassica juncea</i> , <i>Brassica napus</i>	Se	Banuelos vd. 1997
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Ni, Cd	Madhaiyan vd. 2007
<i>Brassica napus</i>	Pb	Sheng vd. 2008
<i>Pteris vittata</i> , <i>Pteris blaurita'</i>	As	Gonzaga vd. 2009
<i>Solanum nigrum</i> L.	Cd	Chen vd. 2010; Luo vd. 2011
<i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Sedum alfredii</i> ,	Cd	Zhu vd. 2011; Li vd. 2015;
<i>Sedum plumbizincicola</i>		Zhou 2020
<i>Oenothera picensis</i>	Cu	Meier 2012
<i>C. scolyumus</i> , <i>O. basilicum</i> ve <i>R. officinalis</i>	Cd, Cr, Pb, As, Fe, Zn, Cu	Boechat vd. 2016
<i>Borreria laevis</i> , <i>Eleocharis dulcis</i> ,	Cd, Cu	Sa'ad vd. 2018
<i>Rhynchosphora corymbosa</i>		
<i>Oryza sativa</i>	Thallium (Tl)	Yao vd. 2018
<i>Noccaea caerulea</i>	Zn, Ni	do Nascimento 2020
<i>Sedum alfredii</i> Hance	Zn, Cd	Lin vd. 2020
<i>Brassica juncea</i>	Se, As, Cd, Cu, Pb	Monei vd. 2020
<i>Brassica juncea</i> , <i>Dactylis glomerata</i>	Cd, Pb, Zn	Visconti vd. 2020
<i>P. stratiotes</i> L., <i>Salvinia adnata</i> , <i>Hydrilla verticillata</i>	Hg, Ni, Zn	Ahila vd. 2021
<i>Lactuca sativa</i> , <i>Brassica campestris</i> L., <i>Raphanus sativus</i> L., <i>Oenanthe javanica</i>	Uranyum	Han vd. 2021
<i>Azolla pinnata</i>	Fe	Hasani vd. 2021

Transgenik Yaklaşımlar

Transgenik bitkiler ilk jenerasyonda ticari nedenlerle böceklerin ve pestisitlerin neden olduğu verim kayıplarının önlenmesi amacıyla üretilmiştir. Ancak daha sonra transgenik bitkilerle fitoremediasyon ağır metal kirliliği olan bölgeleri temizlemek amacı ile kullanılmaya başlanmıştır (Abhilas vd. 2009).

Ağır metallerin birikimi ve bu metallere olan tolerans, fitoekstraksiyon potansiyeli olan bitki ve birçok gen tarafından kontrol edilir. Genetik düzenlemeler hızlı büyüyen bitkilerde genlerin özelliklerini geliştirip genlerde ekspresyon seviyelerini değiştirir. Metal birikimine dahil olan genlerin fonksiyonu maddenin bitkiye alınımı kökten gövdeye translokasyonu ve detoksifikasyon mekanizmasının tamamen anlaşılması gerekmektedir. Bu sorunun çözülmesi transgenik yaklaşımla çok uzak değildir (Rascio vd. 2011; Takahashi vd. 2014).

Genetik mühendisliğinde fitoremediasyon için kullanılacak bitkiler yüksek biyokütleli olmalı ve fitoremediasyon için doğal bir kapasitesi olmalıdır. Hiperakümülatör bitki çeşitleri toksik element türüne göre tespit edilmelidir (Kramer 2005). Aday bitkiler genetik transformasyon için uygun olmalıdır. Transgenik bitkileri elde edebilmek için arzu edilen bitkilerin doku kültürü rejenerasyon protokolleri geliştirilmelidir. Örneğin, Hint hardalı (*Brassica juncea*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), domates (*Lycopersicon esculentum*) ve sarı kavak (*Liriodendron tulipifera*) bitkilerinde protokoller mevcuttur (Eapen ve D'Souza 2005; Mello-Farias ve Chaves 2008).

Fitoremediasyon diğer fiziksel yollardan daha cazip bir seçenektir. Bazı alanlarda kirleticiler fitotoksik konsantrasyona ulaşarak bitkilerin canlılıklarını sonlandırabilirler. Bu nedenle önceki çalışmalarda genetik mühendisliği kullanılarak bitkilerin fitoremediasyon potansiyelini artırmak

amaçlanmıştır (Doty 2008; Danh vd. 2009). Genetik mühendisliği ile fitoremediasyonun iyileştirilmesi için ağır metallerin alımı ve taşınması ile ilgili aday genlerin taranması ve tanımlanması önemlidir (Zhang vd. 2020).

Fitoremediasyonu etkili bir şekilde artırabilmek için emilim sağlayan ve spesifik kirleticileri taşıyan genlerin yüksek düzeyde ifadesi sağlanmalıdır (Stomp vd. 1994; Rugh 2004; Cherian ve Oliveira 2005; Doty 2008; Rai vd. 2020). Transgenik bitkiler gen tabancası veya *Agrobacterium tumefaciens* aracılığıyla transformasyon teknikleri kullanılarak elde edilebilir. Biokütlesi büyük ve hızlı büyüyen bitkilerle fitoremediasyon genellikle daha etkili olmaktadır (Han vd. 2000; Cherian ve Oliveira 2005). Eapen ve D'souza (2005)'ya göre toksik metallerin etkin bir şekilde emilimi için bitkilerin çok çatalı ve geniş yüzeyli bir kök sistemine sahip olması gereklidir. Deneysel *Agrobacterium rhizogenes*'in bazı hiperakümülatör bitkilerde kök biyokütlesini arttırabildiğini göstermektedir.

Hiperakümülatör bitkilerde fitoremediasyon yeteneğini arttıran benzersiz genlerin belirlenerek hızlı büyüyen türlere transfer edilmesinin oldukça yararlı olduğu transgenik bitkilerde yapılan geçmiş çalışmalarda ifade edilmiştir (Ellis vd. 2004; LeDuc vd. 2004; Rai vd. 2020). Transgenik fitoremediasyonda seçilen genler metal birikimini ve toleransını sağlayarak fitoremediasyonu kolaylaştırmalıdır (Fasani vd. 2018). Etkili bir fitoremediasyon için metal toleransı ve birikimi arasında bağımsız bir mekanizma olmalıdır. Metal toleransının artması metal alınımını ve birikimini azaltabilir. Örneğin tütün bitkisinde Hb1geninin yüksek düzeyde ifadesi metal alınımını azaltarak metal toleransı sağlamaktadır (Lee ve Hwang 2015). Transgenik bitkilerde yüksek metal biriktirme kapasitesi bitkilerin metal homeostaz fonksiyonunu negatif etkileyebilir. *Arabidopsis thaliana* dan izole edilen *HMA4* geni tütün bitkisinde yüksek düzeyde ifade edildiğinde hücre duvarı odunlaşması ile apoplastik bariyerin güçlendirilmesine neden olmuştur. Bu güçlenme sonucunda gerekli mineral elementlerin alınması zorlaşmıştır (Siemianowski vd. 2014). Transgenik bitkilerle fitoremediasyon çalışmalarına başlamadan önce arzu edilen özelliğe sahip olduğu doğrulanmalıdır. Örneğin bakteriyel civa taşıyıcı *MerC* geninin *Arabidopsis* ve tütün bitkisinde ifade edilmesi sağlandığında bitkiler civa birikimini arttırmıştır. Fakat artan civa birikimi, transgenik bitkileri yabani tip bitkilere göre daha hassas hale getirmiştir (Sasaki vd. 2006). Bu nedenle belirlenen genin uygun hiperakümülatör bitkilere transferi sağlanmalıdır. Bu sayede arzu edilen özelliğe sahip transgenik bitkiler elde edilebilir. Tablo 2'de transgenik fitoremediasyon kabiliyeti ve potansiyeli olan bitkilerle yapılan çalışmalar verilmiştir.

Richman (1996)'ya göre askeri faaliyetler nedeniyle toprağın ve suyun patlayıcı kalıntıları ve ilgili bileşiklerle kirlenmesi yaygın bir çevre sorununa neden olmaktadır. Temel olarak kontaminasyon bu patlayıcı maddelerin üretim ve kullanımında meydana gelmektedir. Örneğin Tablo 2'de verilen gen kaynağı *E. coli* olan *NfsA* geni *A. thaliana* da ifade edildiğinde TNT gibi maddelerin fitoremediasyonunu sağlamaktadır.

Memelilerde bulunan *P450* geninin bitkilerde ifade edilmesi uygun bitkilerde herbisit birikimi ve parçalanmasını sağlamaktadır. İnsan kaynaklı *CYP1A2* geninin *A. thaliana* bitkisinde ifadesi sağlandığında herbisit fitoremediasyonuna sebep olduğunu bildirmişlerdir (Azab vd. 2016; Azab vd. 2020). Domuz kaynaklı *CYP2B22* ve *CYP2C49* genlerinin pirinç bitkisinde ifadesi herbisit toleransı sağlamaktadır (Hussain vd. 2009). *Populus trichocarpa* kaynaklı *PtUGT72B1* geni *A. thaliana* bitkisinde ifade edildiğinde bitki herbisit fitoremediasyonu yeteneğine sahip olmaktadır (Su vd. 2012; Rylott vd. 2015). *P. ginseng* kaynaklı *CYP736A12* ve *PgCYP76B93* genlerinin *A. thaliana* bitkisinde ifadesi herbisit

fitoremediasyonu sağlamaktadır (Khanom vd. 2019; Jang vd. 2020). Daha birçok kirletici unsura karşı kabiliyet sağlayan genler, donör ve hedef bitkiler Tablo 2'de ifade edilmiştir.

Ağır metal fitoremediasyonu amacıyla gerçekleştirilmiş olan araştırmalar incelendiğinde fare kaynaklı *mt1* geninin tütün bitkisinde ifadesi civa fitoremediasyonunu teşvik etmek için kullanılmaktadır (Ruiz vd. 2011). Aynı şekilde *A. thaliana* kaynaklı *AtACR2* tütünde ifade edildiğinde arsenik fitoremediasyonu için kullanılabilir (Nahar vd. 2017). Pirinç kaynaklı *NRAMP1* geni *A. thaliana* da ifade edildiğinde arsenik ve kadmiyum fitoremediasyonu sağlamaktadır (Tiwari vd. 2014; Luo vd. 2016). Pirinç kaynaklı *MTP1* geni tütün bitkisinde ifade edildiğinde kadmiyum ve arsenik fitoremediasyonu kabiliyeti kazanmaktadır (Das vd. 2016). Gen kaynağı *Populus euphratica* olan *PeANN1* geni *A. thaliana* bitkisinde ifade edildiğinde Cd fitoremediasyonu potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Zhang vd. 2020).

Tablo 2 Transgenik bitkilerle fitoremediasyon uygulamaları

Gen kaynağı	Gen veya genler	Hedef	Fitoremediasyon uygulaması	Referans
<i>E. coli</i>	<i>NfsA</i>	<i>A. thaliana</i>	2,4,6-trinitrotoluene (TNT) fitoremediasyonu	Kurumata vd. 2005
<i>Pseudomonas putida</i>	ACC deaminase	<i>Brassica napus</i>	Ni toleransı ve akümüasyonu	Stearns vd. 2005
<i>E. coli</i>	<i>merA</i> ve <i>merB</i>	<i>N. tabacum</i>	Hg fitoremediasyonu	Hussein vd. 2007
<i>A. thaliana</i>	<i>ACBP1</i>	<i>A. thaliana</i>	Pb toleransı ve akümüasyonu	Xiao vd. 2008
<i>A. thaliana</i>	<i>Vacuolar transporter MRP7</i>	<i>N. tabacum</i>	Cd toleransı ve metal fitoremediasyonu	Wojas vd. 2009
<i>Sus scrofa</i> (Domuz)	<i>CYP2B22</i> ve <i>CYP2C49</i>	Rice	Herbisit toleransı	Hussain vd. 2009
<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>tpx1</i> ve <i>tpx2</i>	<i>N. tabacum</i>	Fenol bileşiklerin temizlenmesi	Alderete vd. 2009
Mouse	<i>mt1</i>	<i>N. tabacum</i>	Cıva fitoremediasyonu	Ruiz vd. 2011
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Vacuolar H pyrophosphatase VP1</i>	<i>N. tabacum</i>	Cd toleransı ve Cd fitoremediasyonu	Khoudi vd. 2012
<i>Oryctolagus cuniculu</i> (Tavşan)	<i>P450 2E1</i>	<i>S. grandiflora</i> ve <i>A. thaliana</i>	TCE ve DDT fitoremediasyonu	Mouhamad vd. 2012
<i>Camelina sativa</i>	<i>CsHMA3</i> (yüksek düzeyde ifadesi)	<i>Camelina sativa</i>	Ağır metal fitoremediasyonu	Park vd. 2015
<i>Populus trichocarpa</i>	<i>PtUGT72B1</i>	<i>A. thaliana</i>	Trichlorophenol fitoremediasyonu	Su vd. 2012; Rylott vd. 2015
<i>A. thaliana</i>	<i>MAN3</i>	<i>A. thaliana</i>	Cd toleransı ve Cd akümüasyonu	Chen vd. 2015
<i>O. sativa</i>	<i>NRAMP1</i>	<i>A. thaliana</i>	As ve Cd fitoremediasyonu	Tiwari vd. 2014; Luo vd. 2016
<i>Homo sapiens</i>	<i>P450 CYP1A2</i>	<i>A. thaliana</i>	Herbisit fitoremediasyonu	Azab vd. 2016
<i>O. sativa</i>	<i>MTP1</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>	Cd ve As fitoremediasyonu	Das vd. 2016

<i>A. thaliana</i>	<i>mt4a</i>	<i>Medicago truncatula</i>	Cu fitostabilizasyon	Pérez-Palacios vd. 2017
<i>A. thaliana</i>	<i>AtACR2</i>	<i>Nicotiana tabaccum</i>	As fitoremediasyonu	Nahar vd. 2017
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>copAB</i>	<i>Ensifer medicae</i>	Cu fitostabilizasyon	Pérez-Palacios vd. 2017
<i>Bacteria</i>	<i>atzA</i>	<i>Medicago sativa ve Nicotiana tabaccum</i>	Atrazine fitoremediasyonu	Wang vd. 2005; Hussain vd. 2018
<i>Populus trichocarpa</i>	<i>PtABCC1</i>	<i>A. thaliana ve poplar</i>	Hg fitoremediasyonu	Sun vd. 2018
<i>Morus alba</i>	<i>MnPCS1 ve MnPCS2</i>	<i>A. thaliana ve Nicotiana tabaccum</i>	Ağır metal fitoremediasyonu	Fan vd. 2018
<i>P. ginseng</i>	<i>CYP736A12</i>	<i>A. thaliana</i>	Chlortoluron ve isoproturon fitoremediasyonu	Khanom vd. 2019
<i>A. thaliana</i>	<i>AtPPC1 ve AtPPC3</i>	<i>A. thaliana</i>	Cd toleransı ve Cd fitoremediasyonu	Willick vd. 2019
<i>Homo sapiens</i>	<i>CYP1A2</i>	<i>A. thaliana</i>	isoproturon fitoremediasyonu	Azab vd. 2020
<i>Populus euphratica</i>	<i>PeANN1</i>	<i>A. thaliana</i>	Cd fitoremediasyonu potansiyeli	Zhang vd. 2020
<i>P. ginseng</i>	<i>PgCYP76B93</i>	<i>A. thaliana</i>	Chlortoluron fitoremediasyonu	Jang vd. 2020
<i>Rhizobium leguminosarum</i> (Transgenik)	<i>PsMT1 ve PsMT2</i>	<i>Pisum sativum</i>	Cd fitoremediasyonu	Tsyganov vd. 2020

Sonuç

Fitoremediasyonda transgenik yaklaşımlar, son yıllarda hava, toprak ve su gibi önemli kaynaklarımızı artan kirletici maddelerden arındırmak için son derece önemlidir. Bu sayede toprak ıslah edilerek tarıma verimli hale getirilebilir. Genetik mühendisliğinin gelişmesi ile birlikte transgenik bitkilerin fitoremediasyon potansiyelinin önemi son yıllarda açıkça görülmektedir. Sanayi ve tarımın gelişmesiyle çok yoğun kullanılan kimyasal atıklar topraklarımızı verimsiz hale getirmektedir. İnsan sağlığına dolaylı yollardan etki eden ağır metallerin, zararlı kimysalların ve çeşitli herbisitlerin topraktan etkili bir şekilde temizlenmesi önem arz etmektedir. Dünya çapında yapılan çalışmalar transgenik bitkilerin fitoremediasyon potansiyelini doğrulamaktadır. Günümüze kadar ki yapılan çalışmaların ışığında transgenik bitkilerle gerçekleştirilen fitoremediasyonun yakın gelecekte daha yaygın ve etkin bir kullanıma sahip olacağı öngörülmektedir.

Referanslar

Abhilash, P.C., Jamil, S., & Singh, N. (2009). Transgenic plants for enhanced biodegradation and phytoremediation of organic xenobiotics. *Biotechnology advances*, 27 (4): 474-488.

Adiloğlu, S. (2020). Interaction of some heavy metals with copper content in dock plant. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (4): 1078-1084.

Ahila, K.G., Ravindran, B., Muthunarayanan, V., Nguyen, D.D., Nguyen, X.C., Chang, S.W., & Thamaraiselvi, C. (2021). Phytoremediation potential of freshwater macrophytes for treating dye-containing wastewater. *Sustainability*, 13(1), 329.

Alderete, L.G.S., Talano, M.A., Ibanez, S.G., Purro, S., & Agostini, E. (2009). Establishment of transgenic tobacco hairy roots expressing basic peroxidases and its application for phenol removal. *Journal of Biotechnology*, 139, 273-9.

Alvarez-Lopez, V., Prieto-Fernández, Á., Cabello-Conejo, M.I., & Kidd, P.S. (2016). Organic amendments for improving biomass production and metal yield of Ni-hyperaccumulating plants. *Science of the Total Environment*, 548, 370-379.

Asri, F.Ö., & Sönmez, S. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim*, 23(2): 36-45.

Azab, E., Hegazy, A.K., El-Sharnouby, M.E., & Abd Elsalam, H.E. (2016). Phytoremediation of the organic Xenobiotic simazine by p450-1a2 transgenic *Arabidopsis thaliana* plants. *International Journal of Phytoremediation*, 18(7), 738-746.

Azab, E., Hegazy, A.K., Gobouri, A.A., & Elkelish, A. (2020). Impact of transgenic *Arabidopsis thaliana* plants on herbicide isoproturon phytoremediation through expressing human cytochrome P450-1A2. *Biology*, 9(11), 362.

Banuelos, G.S., Ajwa, H.A., Mackey, B., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., & Zambrzuski, S. (1997). Evaluation of different plant species used for phytoremediation of high soil selenium. *Journal of Environmental Quality*, 26: 639-646.

Boechat, C.L., Carlos, F.S., Gianello, C., & de Oliveira Camargo, F.A. (2016). Heavy metals and nutrients uptake by medicinal plants cultivated on multi-metal contaminated soil samples from an abandoned gold ore processing site. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227 (10): 392.

Camenzuli, D., & Freidman, B.L. (2015). On-site and in situ remediation technologies applicable to petroleum hydrocarbon contaminated sites in the Antarctic and Arctic. *Polar Research*, 34(1), 244-252.

Caroline, J., & Moa, A.G. (2015). Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaeifolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan, dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015. Surabaya, Indonesia, 29 Oktober 2015 (pp. 468-481).

Chen, L., Luo, S.L., Xiao, X., Guo, H.J., Chen, J.L., Wan, Y., Li, B., Xu, T.Y., Xi, Q., Rao, C., Liu, C.B., & Zeng, G.M. (2010). Application of plant growth-promoting endophytes (PGPE) isolated from *Solanum nigrum* L. for phytoextraction of Cd-polluted soils. *Applied Soil Ecology*, 46, 383-389.

Chen J., Yang L., Gu J., Bai X., Ren Y., Fan T., Yi Han, Y., Jiang, L., Xiao, F., Yongsheng, Liu, Y., & Cao, S. (2015). MAN3 gene regulates cadmium tolerance through the glutathione-dependent pathway in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 205, 570-582.

Cherian, S., & Oliveira, M.M. (2005). Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. *Environmental Science and Technology*, 39, 9377-9390.

Cui, J.L., Zhao, Y.P., Chan, T.S., Zhang, L.L., Tsang, D.C., & Li, X.D. (2020). Spatial distribution and molecular speciation of copper in indigenous plants from contaminated mine sites: Implication for phytostabilization. *Journal of Hazardous Materials*, 381, 121208.

Das, N., Bhattacharya, S., & Maiti, M.K. (2016). Enhanced cadmium accumulation and tolerance in transgenic tobacco overexpressing rice metal tolerance protein gene *OsMTP1* is promising for phytoremediation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, 297-309.

De Mello-Farias, P.C., Chaves, A.L.S., Lencina, & C.L. (2011). transgenic plants for enhanced phytoremediation—physiological studies. In *Genetic Transformation*, 305-328.

do Nascimento, C.W.A., Hesterberg, D., & Tappero, R. (2020). Imaging Zn and Ni distributions in leaves of different ages of the hyperaccumulator *Noccaea caerulescens* by synchrotron-based X-ray fluorescence. *Journal of Hazardous Materials*, 124813.

Doty, S.L. (2008). Enhancing phytoremediation through the use of transgenics and endophytes. *New Phytologist*, 179 (2): 318-333.

Eapen, S. & D'Souza S.F. (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *Biotechnology Advances*. 23, 97-114.

Ellis, D.R., Sors, T.G., Brunk, D.G., Albrecht, C., Orser, C., Lahner, B., Wood, K.V., Harris, H.H., Pickering, I.J., & Salt, D.E. (2004). Production of Se-methylselenocysteine in transgenic plants expressing selenocysteine methyltransferase. *BMC Plant Biology*, 4, 1.

El-Khatib, A.A., Hegazy, A.K., & Abo-El-Kassem, A.M. (2014). Bioaccumulation potential and physiological responses of aquatic macrophytes to Pb pollution. *International Journal of Phytoremediation*, 16, 29-45.

Fan, W., Guo, Q., Liu, C., Liu, X., Zhang, M., Long, D., Xiang, Z., & Zhao, A. (2018). Two mulberry phytochelatase genes confer zinc/cadmium tolerance and accumulation in transgenic *Arabidopsis* and tobacco. *Gene*, 645, 95-104.

Fu Y.Z., Lei W.R., Shen Z.G., Luo C.L. (2015). Permeability of plant young root endodermis to Cu ions and Cu-citrate complexes in corn and soybean. *International Journal Phytoremediation*. 17, 822.

Ghosh M., & Singh S.P. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. *Asia Pacific Journal of Energy and Environment*, 6 (4): 18.

Gonzaga, M.I.S., Ma, L.Q., Santos, J.A.G., & Matias, M.I.S. (2009). Rhizosphere characteristics of two arsenic hyperaccumulating *Pteris* ferns. *Science of The Total Environment*, 407 (16): 4711-4716.

Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A.B., Cansaran-Duman, D., & Aras, S. (2012). Biyosorpsiyon adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları. Türkiye Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69, 69.

Han, K.H., Meilan, R., Ma, C., & Strauss, S.H. (2000). An *Agrobacterium tumefaciens* transformation protocol effective on a variety of cottonwood hybrids (genus *Populus*). Plant Cell Reports, 19, 315-320.

Han, Y., Lee, J., Kim, C., Park, J., Lee, M., & Yang, M. (2021). Uranium rhizofiltration by *Lactuca sativa*, *Brassica campestris* L., *Raphanus sativus* L., *Oenanthе javanica* under different hydroponic conditions. Minerals, 11(1): 41.

Hooda, V. (2007). Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water. Journal of Environmental Biology, 28, 2, pp. 367-376.

Hasani, Q., Pratiwi, N.T.M., Effendi, H., Wardiatno, Y., Raja Guk Guk, J.A., Maharani, H.W., & Rahman, M. (2021). *Azolla pinnata* as phytoremediation agent of iron (Fe) in ex sand mining waters. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 20(1), e2021017.

Hou, D., Qi, S., Zhao, B., Rigby, M., & O'Connor, D. (2017). Incorporating life cycle assessment with health risk assessment to select the 'greenest' cleanup level for Pb contaminated soil. Journal of Cleaner Production, 162, 1157-1168.

Hussein S.H., Ruiz O.N., Terry N., & Daniell H. (2007). Phytoremediation of mercury and organomercurials in chloroplast transgenic plants: enhanced root uptake, translocation to shoots and volatilization. Environmental Science & Technology, 41, 8439-8446.

Hussain, S., Siddique, T., Arshad, M., & Saleem, M. (2009). Bioremediation and phytoremediation of pesticides: recent advances. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39(10), 843-907.

Hussain, I., Aleti, G., Naidu, R., Puschenreiter, M., Mahmood, Q., Rahman, M.M., & Reichenauer, T.G. (2018). Microbe and plant assisted-remediation of organic xenobiotics and its enhancement by genetically modified organisms and recombinant technology: a review. Science of the Total Environment, 628, 1582-1599.

Jang, J., Khanom, S., Moon, Y., Shin, S., & Lee, O.R. (2020). *PgCYP76B93* docks on phenylurea herbicides and its expression enhances chlorotoluron tolerance in *Arabidopsis*. Applied Biological Chemistry, 63(1), 1-11.

Kacprzak, M., Grobelak, A., Grosser, A., & Prasad, M.N.V. (2014). Efficacy of biosolids in assisted phytostabilization of metalliferous acidic sandy soils with five grass species. International Journal of Phytoremediation, 16(6), 593-608.

Khanom, S., Jang, J., & Lee, O.R. (2019). Overexpression of ginseng cytochrome *P450 CYP736A12* alters plant growth and confers phenylurea herbicide tolerance in *Arabidopsis*. Journal of ginseng research, 43(4), 645-653.

Khoudi, H., Maatar, Y., Gouiaa, S., & Masmoudi, K. (2012). Transgenic tobacco plants expressing ectopically wheat H⁺-pyrophosphatase (H⁺-PPase) gene *TaVp1* show enhanced accumulation and tolerance to cadmium. *Journal of Plant Physiology*, 169, 98-103.

Kramer, U. (2005). Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils. *Current Opinion in Biotechnology*, 16, 133-14.

Kurumata, M., Takahashi, M., Sakamotoa, A., Ramos, J.L., Nepovim, A., Vanek, T., & Morikawa, H. (2005). Tolerance to and uptake and degradation of 2, 4, 6-trinitrotoluene (TNT) are enhanced by the expression of a bacterial nitroreductase gene in *Arabidopsis thaliana*. *Z Naturforsch [C]*, 60: 272, 8.

Lasat, M.M. (1999). Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*, 2 (1): 5.

LeDuc, D.L., Tarun, A.S., Montes-Bayon, M., Meija, J., Malit, M.F., Wu, C.P., Abdel Samie, M., Chiang, C.Y., Tagmount, A, deSouza, M., Neuhierl, B., Bock, A., Caruso, J., & Terry, N. (2004). Overexpression of selenocysteine methyltransferase in *Arabidopsis* and indian mustard increases selenium tolerance and accumulation. *Plant Physiology*, 135(1), 377-383.

Lee, B.R., & Hwang, S. (2015). Over-expression of *NtHb1* encoding a non-symbiotic class 1 hemoglobin of tobacco enhances a tolerance to cadmium by decreasing NO (nitric oxide) and Cd levels in *Nicotiana tabacum*. *Environmental and Experimental Botany*, 113, 18-27.

Li, T., Tao, Q., Shohag, M.J.I., Yang, X., Sparks, D.L., & Liang, Y. (2015). Root cell wall polysaccharides are involved in cadmium hyperaccumulation in *Sedum alfredii*. *Plant and Soil*, 389(1-2), 387-399.

Lin, Z., Dou, C., Li, Y., Wang, H., Niazi, N. K., Zhang, S., & Ye, Z. (2020). Nitrogen fertilizer enhances zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance. *Journal of Soils and Sediments*, 20(1), 320-329.

Luo, S.L., Chen, L., Chen, J.L., Xiao, X., Xu, T.Y., Wan, Y., & Zeng, G.M. (2011). Analysis and characterization of cultivable heavy metal-resistant bacterial endophytes isolated from Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and their potential use for phytoremediation. *Chemosphere*, 85(7), 1130-1138.

Luo, Z.B., He, J., Polle, A., & Rennenberg, H. (2016). Heavy metal accumulation and signal transduction in herbaceous and woody plants: paving the way for enhancing phytoremediation efficiency. *Biotechnology Advances*, 34(6), 1131-1148.

Ma, Y., Oliveira, R.S., Freitas, H., & Zhang, C. (2016). Biochemical and molecular mechanisms of plant-microbe-metal interactions: Relevance for phytoremediation. *Frontiers in Plant Science*, 7, 918.

Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Sa, T., (2007). Metal tolerating methylotrophic bacteria reduces nickel and cadmium toxicity and promotes plant growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Chemosphere*, 69, 220-228.

Marmiroli, N., & McCutcheon, S.C. (2003). Making phytoremediation a successful technology. *Phytoremediation: Transformation and control of contaminants*, 85-119.

Meier, S., Alvear, M., Borie, F., Aguilera, P., Ginocchio, R., & Cornejo, P. (2012). Influence of copper on root exudate patterns in some metallophytes and agricultural plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 75, 8-15.

Mello-Farias, P.C., & Chaves, A.L.S. (2008). Biochemical and molecular aspects of toxic metals phytoremediation using transgenic plants. In: *Transgenic Approach in Plant Biochemistry and Physiology*, Tiznado-Hernandez, M.E.; Troncoso-Rojas, R. & Rivera-Domínguez, M.A. (Ed.) 253-266, Research Signpost, Kerala, India.

Monei, N.L., Puthiya Veetil, S.K., Gao, J., & Hitch, M. (2021). Selective removal of selenium by phytoremediation from post/mining coal wastes: practicality and implications. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 35(1), 69-77.

Mouhamad, R., Ghanem, I., AlOrfi, M., Ibrahim, K., Ali, N., & Al-Daoude, A. (2012). Phytoremediation of trichloroethylene and dichlorodiphenyltrichloroethane—polluted water using transgenic *Sesbania grandiflora* and *Arabidopsis thaliana* plants harboring rabbit cytochrome *P450 2E1*. *International Journal of Phytoremediation*, 14(7), 656-668.

Nahar, N., Rahman, A., Nawani, N.N., Ghosh, S., & Mandal, A. (2017). Phytoremediation of arsenic from the contaminated soil using transgenic tobacco plants expressing *ACR2* gene of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Physiology*, 218, 121-126.

Özay, C., & Mammadov, R. (2013). Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 15(1), 67-76.

Park, W., Feng, Y., Kim, H., Suh, M.C., & Ahn, S.J. (2015). Changes in fatty acid content and composition between wild type and *CsHMA3* overexpressing *Camelina sativa* under heavy-metal stress. *Plant cell reports*, 34(9), 1489-1498.

Pawlik, M., Cania, B., Thijs, S., Vngronsveld, J., & Piotrowska-Seget, Z. (2017). Hydrocarbon degradation potential and plant growth-promoting activity of culturable endophytic bacteria of *Lotus corniculatus* and *Oenothera biennis* from a long-term polluted site. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 19640-19652.

Pellet, D.M., Grunes, D.L., & Kochian, L.V. (1995). Organic acid exudation as an aluminum-tolerance mechanism in maize (*Zea mays* L.). *Planta*, 196(4), 788-795.

Pérez-Esteban, J., Escolástico, C., Moliner, A., Masaguer, A., & Ruiz-Fernández, J. (2014). Phytostabilization of metals in mine soils using *Brassica juncea* in combination with organic amendments. *Plant and Soil*, 377(1-2), 97-109.

Pérez-Palacios, P., Romero-Aguilar, A., Delgadillo, J., Doukkali, B., Caviedes, M.A., Rodríguez-Lorente, I.D., & Pajuelo, E. (2017). Double genetically modified symbiotic system for improved Cu phytostabilization in legume roots. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17), 14910-14923.

- Peuke, A.D., & Rennenberg, H., 2005. Phytoremediation. EMBO Rep. 6, 497-501.
- Pilipovic, A., Klačnja, B., & Orlović, S. (2002). The role of poplars for phytoremediation of soil and groundwater. Uloga topola u fitoremedijaciji zemljišta i podzemnih voda. Topola, 169 (170), 57-66.
- Pollard, A.J., Reeves, R.D., & Baker, A.J.M. (2014). Facultative hyperaccumulation of heavy metals and metalloids. Plant Sci. 8, 217-218.
- Rai, P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F., & Kim, K.H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. Environment International, 125, 365-385.
- Rai, P.K., Kim, K.H., Lee, S.S., & Lee, J.H. (2020). Molecular mechanisms in phytoremediation of environmental contaminants and prospects of engineered transgenic plants/microbes. Science of The Total Environment, 705, 135858.
- Raskin, I., Smith, R.D., & Salt, D.E. (1997). Phytoremediation of metals using plants to remove pollutants from the environment. Curr. Opin. Biotechnol, 8, 221-226.
- Richman, M. (1996). Terrestrial plants tested for cleanup of radionuclides, explosives' residue. Water Environ Technol, 8(17), 8.
- Rugh, C.L. (2004). Genetically engineered phytoremediation: one man's trash is another man's transgene. Trends in Biotechnology. 22, 496-498.
- Ruiz, O.N., Alvarez, D., Torres, C., Roman, L., & Daniell, H. (2011). Metallothionein expression in chloroplasts enhances mercury accumulation and phytoremediation capability. Plant Biotechnology Journal, 9(5), 609-617.
- Rylott, E.L., Johnston, E.J., & Bruce, N.C. (2015). Harnessing microbial gene pools to remediate persistent organic pollutants using genetically modified plants—a viable technology?. Journal of Experimental Botany, 66(21), 6519-6533.
- SA'AD, N.S., Artanti, R., & Dewi, T. (2012). Fitoremediasi for the Rehabilitation of agricultural land contaminated by cadmium and copper. Jurnal Tanah Dan Iklim, 30, 2009.
- Sasaki, Y., Hayakawa, T., Inoue, C., Miyazaki, A., Silver, S., & Kusano, T. (2006). Generation of mercury-hyperaccumulating plants through transgenic expression of the bacterial mercury membrane transport protein MerC. Transgenic Research, 15, 615-625.
- Sheng, X.F., Xia, J.J., Jiang, C.Y., He, L.Y., & Qian, M. (2008). Characterization of heavy metal-resistant endophytic bacteria from rape (*Brassica napus*) roots and their potential in promoting the growth and lead accumulation of rape. Environ. Pollut. 156, 1164-1170.
- Siemianowski, O., Barabasz, A., Kendziorek, M., Ruszczyńska, A., Bulska, E., Williams, L. E., & Antosiewicz, D.M. (2014). *HMA4* expression in tobacco reduces Cd accumulation due to the induction of the apoplastic barrier. Journal of Experimental Botany, 65(4), 1125-1139.

Schulz, B., & Boyle, C. (2006). What are endophytes? In: Schulz, B.J.E., Boyle, C.J.C., & Sieber, T.N. (Eds.), *Microbial Root Endophytes*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-13.

Song, Y., Kirkwood, N., Maksimović, Č., Zheng, X., O'Connor, D., Jin, Y., & Hou, D. (2019). Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: a review. *Science of the Total Environment*, 663, 568-579.

Stankovic, D., & Devetakovic, J. (2016). Application of plants in remediation of contaminated sites. *Reforesta*, 1(1), 300-320.

Stomp, A.M., Han, K.H., Wilbert, S., Gordon, M.P., & Cunningham, S.D. (1994). Genetic strategies for enhancing phytoremediation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 721, 481-491.

Su, Z.H., Xu, Z.S., Peng, R.H., Tian, Y.S., Zhao, W., Han, H.J., & Wu, A.Z. (2012). Phytoremediation of trichlorophenol by phase II metabolism in transgenic *Arabidopsis* overexpressing a *Populus* glucosyltransferase. *Environmental Science & Technology*, 46(7), 4016-4024.

Sun, L., Ma, Y., Wang, H., Huang, W., Wang, X., Han, L., & Wang, B. (2018). Overexpression of *PtABCC1* contributes to mercury tolerance and accumulation in *Arabidopsis* and poplar. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 497(4), 997-1002.

Stearns, J.C., Shah, S., Greenberg, B.M., Dixon, D.G., & Glick, B.R. (2005). Tolerance of transgenic canola expressing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase to growth inhibition by nickel. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43, 701-708.

Takahashi, R., Ishimaru, Y., Shimo, H., Bashir, K., Senoura, T., Sugimoto, K., & Yin, Y.G. (2014). From laboratory to field: *OsNRAMP5*-knockdown rice is a promising candidate for Cd phytoremediation in paddy fields. *PloS one*, 9(6), e98816.

Tiwari, M., Sharma, D., Dwivedi, S., Singh, M., Tripathi, R.D., & Trivedi, P.K. (2014). Expression in *Arabidopsis* and cellular localization reveal involvement of rice *NRAMP*, *OsNRAMP1*, in arsenic transport and tolerance. *Plant, Cell & Environment*, 37(1), 140-152.

Tsyganov, V.E., Tsyganova, A.V., Gorshkov, A.P., Seliverstova, E.V., Kim, V.E., Chizhevskaya, E.P., & Kusakin, P.G. (2020). Efficacy of a Plant-Microbe System: *Pisum sativum* (L.) Cadmium-tolerant mutant and *Rhizobium leguminosarum* strains, expressing pea metallothionein genes *PsMT1* and *PsMT2*, for cadmium phytoremediation. *Frontiers in Microbiology*, 11, 15.

Truu, J., Kärme, L., Talpsep, E., Heinaru, E., Vedler, E., & Heinaru, A. (2003). Phytoremediation of solid oil shale waste from the chemical industry. *Acta Biotechnologica*, 23(2-3), 301-307.

Visconti, D., Álvarez-Robles, M.J., Fiorentino, N., Fagnano, M., & Clemente, R. (2020). Use of *Brassica juncea* and *Dactylis glomerata* for the phytostabilization of mine soils amended with compost or biochar. *Chemosphere*, 260, 127661.

Wang, L., Samac, D.A., Shapir, N., Wackett, L.P., Vance, C.P., Olszewski, N.E., & Sadowsky, M.J. (2005). Biodegradation of atrazine in transgenic plants expressing a modified bacterial atrazine chlorohydrolase (atzA) gene. *Plant Biotechnology Journal*, 3(5), 475-486.

Wang, H.Q., Lu, S.J., Li, H., & Yao, Z.H. (2007). EDTA-enhanced phytoremediation of lead contaminated soil by *Bidens maximowicziana*. *J Environ Sci-China*, 19, 1496.

Wang, N., Wei, Q., Yan, T., Pan, Z., Liu, Y., & Peng, S. (2016). Improving the boron uptake of boron-deficient navel orange plants under low boron conditions by inarching boron-efficient rootstock. *Sci. Hortic.*, 199, 49-55.

Wang, L., Hou, D., Shen, Z., Zhu, J., Jia, X., Ok, Y.S., & Rinklebe, J. (2020). Field trials of phytomining and phytoremediation: A critical review of influencing factors and effects of additives. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(24), 2724-2774.

Wei, L., Luo, C.L., Wang, C.C., Li, X.D., Shen, Z.G. (2007). Biodegradable chelating agent ethylenediamine disuccinic acid reduces uptake of copper through alleviation of copper toxicity in hydroponically grown *Chrysanthemum coronarium* L. *Environ Toxicol Chem.*, 26, 749.

Weyens, N., van der Lelie, D., Taghavi, S., & Vangronsveld, J. (2009). Phytoremediation: Plant-endophyte partnerships take the challenge. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 2, 248-254.

Willick, I.R., Plaxton, W.C., Lolle, S.J., Macfie, S.M. (2019). Transcriptional and posttranslational upregulation of phosphoenolpyruvate carboxylase in *Arabidopsis thaliana* (L. Heynh) under cadmium stress. *Environ. Exp. Bot.*, 164, 29-39.

Wojas, S., Hennig, J., Plaza, S., Geisler, M., Siemianowski, O., Sklodowska, A., & Antosiewicz, D.M. (2009). Ectopic expression of *Arabidopsis* ABC transporter *MRP7* modifies cadmium root-to-shoot transport and accumulation. *Environmental Pollution*, 157, 2781-2789.

Xiao, S., Gao, W., Chen, Q.F., Ramalingam, S., & Chye, M.L. (2008). Overexpression of membrane-associated acyl-CoA-binding protein *ACBP1* enhances lead tolerance in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, 54, 141-151.

Yang, Z.M., Sivaguru, M., Horst, W.J., & Matsumoto, H. (2000). Aluminium tolerance is achieved by exudation of citric acid from roots of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*, 110 (1), 72-77.

Yao, Y., Zhang, F., Wang, M., Liu, F., Liu, W., Li, X., & Zhang, P. (2018). Thallium-induced oxalate secretion from rice (*Oryza sativa* L.) root contributes to the reduction of Tl (III) to Tl (I). *Environmental and Experimental Botany*, 155, 387-393.

Yavaş, İ., Çınar, V.M., & Aydın, Ü. (2020). Bitkilerde abiyotik stres koşullarında selenyum metabolizması ve fizyolojik etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 840-849.

Zhang, Y., Sa, G., Zhang, Y., Hou, S., Wu, X., Zhao, N., & Zhang, H. (2020). *Populus euphratica* annexin1 facilitates cadmium enrichment in transgenic *Arabidopsis*. *Journal of Hazardous Materials*, 124063.

Zheng, S.J., Ma, J.F., & Matsumoto, H. (1998). High aluminum resistance in buckwheat: I. Al-induced specific secretion of oxalic acid from root tips. *Plant Physiology*, 117(3), 745-751.

Zhou, J., Li, Z., Zhou, T., Xin, Z., Wu, L., Luo, Y., & Christie, P. (2020). Aluminum toxicity decreases the phytoextraction capability by cadmium/zinc hyperaccumulator *Sedum plumbizincicola* in acid soils. *Science of The Total Environment*, 711, 134591.

Zhu, X.F., Zheng, C., Hu, Y.T., Jiang, T.A.O., Liu, Y.U., Dong, N.Y., & Zheng, S.J. (2011). Cadmium-induced oxalate secretion from root apex is associated with cadmium exclusion and resistance in *Lycopersicon esulentum*. *Plant, Cell & Environment*, 34(7), 1055-1064.

Precise Estimation of Eddy Current Losses in Distribution Transformer Windings Using FEM

Osamah Al-dori
Atilla Dönük²

Introduction

The unabated distribution transformer operational failures make transformer loss analysis studies continue relentlessly. Most of these failures arise from the unprecise estimation of the transformer various load losses. Transformer load losses comprise stray losses and resistive (ohmic) losses. Stray losses initiate owing to the impingement of the windings leakage field on transformer conducting parts (e.g., conductors, tank, core clamps, flitch plates, etc.) inducing eddy current in them (Hlatshwayo, 2013; Krasl, Vlk, & Grosiar, 2005; Kulkarni & Khaparde, 2017). Windings stray losses comprise eddy current losses and circulating current losses. These losses form the second-largest load loss component after the ohmic losses. Fig. 1 illustrates a detailed diagram of the transformer loss components.

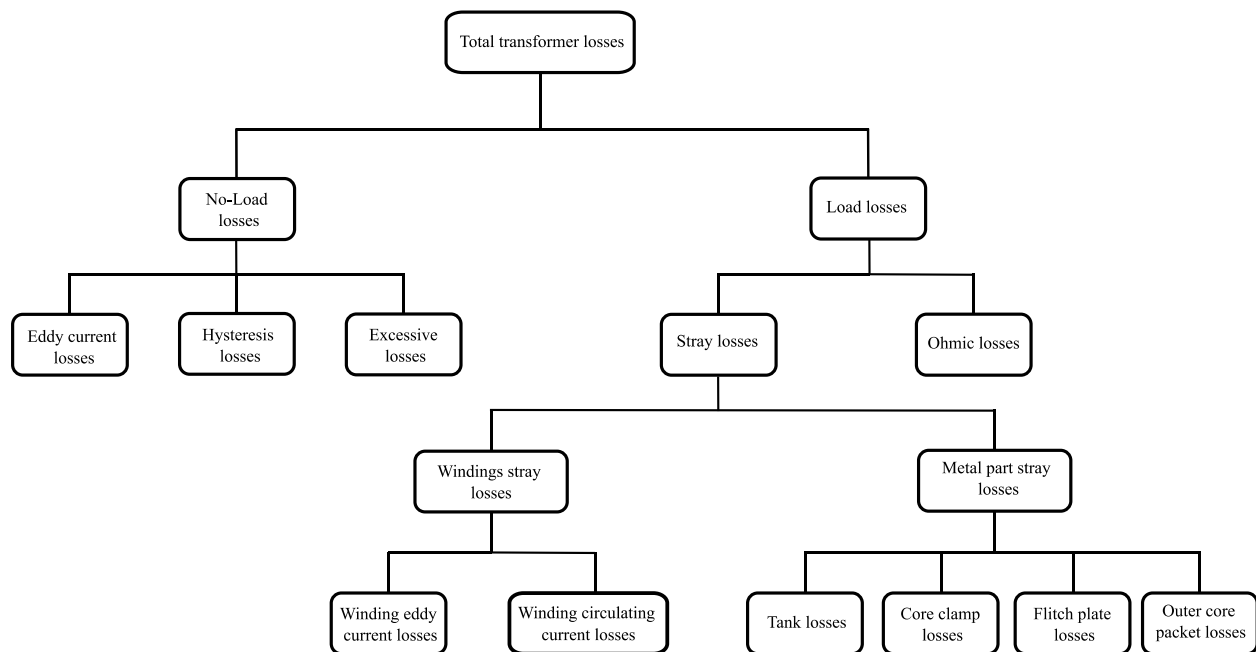


Fig. 1. The transformer various losses.

¹ Osamah Al-dori, BS Student, Aydın Adnan Menderes University, Electrical and Electronics Engineering Department, 171804001@stu.adu.edu.tr

² Atilla Dönük, Asst. Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes University, Electrical and Electronics Engineering Department, adonuk@adu.edu.tr

Due to the small value of windings eddy current losses that small-rating distribution transformers possess, these losses are usually neglected. However, neglecting them can overheat the transformer and shorten its life span. Moreover, due to the large number of installed distribution transformers on the grid, neglecting these losses can impair the grid reliability and quality. Therefore, accurate estimation of the eddy current losses in the small-rating distribution transformer windings is greatly important during the design stages of the transformer.

Generally, round and strip conductors are used to construct the High Voltage (HV) and Low Voltage (LV) windings for small rating distribution transformers. Due to the complexity of the windings' geometry and the different conductor types used to construct them, it is hard to find a single analytical method to estimate the eddy current losses. In (Hlatshwayo, 2013; Krasl et al., 2005; Kulkarni & Khaparde, 2017), the windings eddy current losses were estimated for large and medium rating power transformers with strip and/or Continuously Transposed Cable (CTC) conductors. In (Nan & Sullivan, 2004), by analyzing the proximity-effect and skin-depth effect, new model for precisely estimating the eddy current losses for round conductors was introduced with a very low error percentage. In (V. C. Valchev & Van den Bossche, 2018; Van den Bossche, Valchev, & Barudov, 2006) the windings eddy current losses were estimated for round conductors. Moreover, in (Zúbek, 2005) the eddy current losses for the transformer LV foil winding were estimated. In (Jiang et al., 2017), a 2D axisymmetric model was established to analyze these losses for dry-type transformer. These losses were also estimated for harmonic loads in (Dao, Phung, & Blackburn, 2015; Faiz, Ghazizadeh, & Oraee, 2015). In this paper, since the windings conductors are of different types, analytical methods are applied separately to estimate these losses for each winding.

The primary objective of this paper is to provide reliable and robust procedures for researchers and design engineers to precisely estimate the eddy current losses in small-rating distribution transformer windings that are constructed using different conductor types. Moreover, it can help analyzing the windings electromagnetic forces and temperature mapping by analyzing the leakage flux distribution curves provided in this paper. The Finite Element Analysis (FEA) for the transformer 2D and 3D model has been performed using transient and eddy current solutions in Ansys Maxwell software to analyze the leakage field. The studied three-phase distribution transformer specifications are shown in Table 1. The HV winding is of crossover type winding made of six discs, whereas the LV winding is of helical type. Round conductors and strip conductors are used to construct the HV and LV windings, respectively. Copper is considered as the windings' material.

Table 1. Transformer parameters.

	Parameter	Value	Unit
Ratings	Capacity	100	kVA
	Frequency	50	Hz
	Primary voltage	11	kV
	Secondary voltage	400	V
Windings	Primary turns	2444	
	Secondary turns	51	

Determination of Eddy Current Losses in the Windings

Eddy current is inherently initiated when a conductor is situated in a varying magnetic field. This current has a 90° phase shift with the load current that initiated the leakage flux. Losses due to eddy current in transformer windings depend mainly on the leakage magnetic field distribution in the transformer window, the conductor dimensions, and placement of the conductor in the window. The magnetic field initiated due to the eddy current is assumed to be negligible on the conductor's main field throughout this paper.

The windings' leakage field consists of radial and axial components, as shown in Fig. 2. During the customary working conditions of the transformer, the axial component is relatively larger than the radial component (Dawood, Alboyaci, & Cinar, 2017). The axial leakage field is maximum near the HV-LV gap. Whereas the radial component is maximum near the winding ends, causing the temperature to be unevenly distributed throughout the whole winding and maximum near the ends, creating local hotspots in which it injures the insulation (Jiang et al., 2017; Mishra, Dhiman, & Tapiawala).

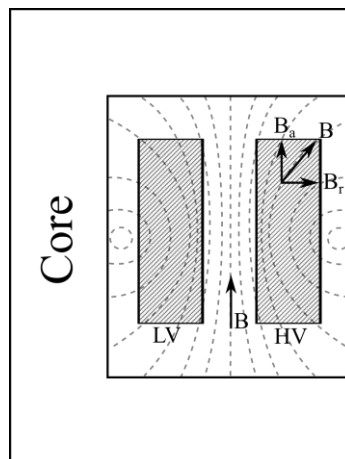


Fig. 2. Leakage field components.

For small-rating distribution transformers, the radial component is relatively small, and neglecting it does not significantly affect the overall eddy current losses (Jiang et al., 2017; Kulkarni & Khaparde, 2017).

A. Analytical Approach

Theoretically, when the leakage field assumed to be unidirectional and without curvature (the radial component of the leakage field is neglected), the leakage field increase linearly from the LV winding outer diameter to the inner diameter, then constant at the HV-LV gap, and linearly decrease from the HV winding inner diameter to the outer diameter as shown in Fig. 3. In Fig. 3, rds and rdp denote the radial depth of the secondary and primary winding respectively.

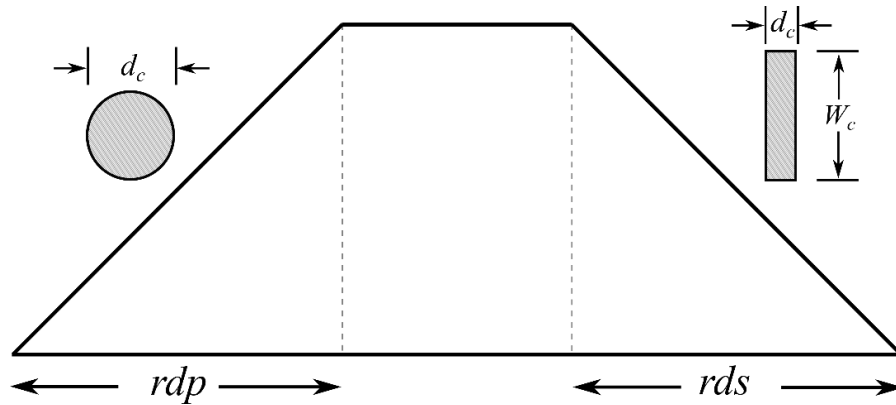


Fig. 3. Leakage field distribution between windings.

Different conductor types used to construct small-rating distribution transformer windings, so for each winding different analytical method is applied. The method based on Maxwell's equations and Poynting's theorem proposed in (Kulkarni & Khaparde, 2017) is a reliable method for calculating the eddy losses in strip conductors. It is used to calculate the LV windings losses. Due to the alternating behavior of the leakage field, the skin depth of the material should be taken into account when estimating the winding eddy current losses. Generally, for small rating distribution transformers, the conductor thickness (d_c) is smaller than the skin depth (δ). The expression of eddy current losses in the windings per unit volume is given in (Kulkarni & Khaparde, 2017) by

$$P_e = \frac{\omega^2 B^2 d_c^2}{24 \rho} \quad ((1))$$

where; B is the peak leakage flux density, ω is the angular frequency, and ρ is the resistivity coefficient of the material.

When the radial component of the leakage field is neglected, and the current assumed to be uniformly distributed over the conductor cross-section, the total mean leakage field of the windings is equal to the axial component of the leakage field only, and it can be expressed as given in (Kulkarni & Khaparde, 2017) by

$$B^2 = \frac{B_{gap}^2}{3} \quad ((2))$$

where; B_{gap} is the peak leakage flux density between the HV-LV windings and it is given in (Kulkarni

& Khaparde, 2017) by

$$B_{gap} = \frac{\sqrt{2} \mu_0 N I}{H_w} \quad ((3))$$

where; H_w is the winding height, N is the number of turns, I is the current (rms), and μ_0 is the permeability of air.

For a more precise estimation of the windings eddy current losses in large and medium rating transformers, the radial component of the leakage flux should be considered (Jiang et al., 2017; Mishra et al.). The winding eddy current losses per unit volume due to the axial (B_a) and radial (B_r) components of the leakage field are given respectively by (Kulkarni & Khaparde, 2017)

$$P_{ea} = \frac{\omega^2 B_a^2 d_c^2}{24 \rho} \quad ((4))$$

$$P_{er} = \frac{\omega^2 B_r^2 W_c^2}{24 \rho} \quad ((5))$$

where; d_c and W_c are the conductor thickness and width, respectively.

In (V. C. Valchev & Van den Bossche, 2018), a Low Frequency (LF) approximation for calculating the windings eddy current loss for round conductors was presented. The LF approximation is valid when $d_c \leq 1.6 \delta$, and when the magnetic field induced due to the eddy current in the conductor does not significantly affect the applied magnetic field within the conductor. This method was used to calculate the HV windings eddy current losses. The expression of the eddy current losses is given by (V. C. Valchev & Van den Bossche, 2018)

$$P_e = \frac{\pi l_{mt} N d_c^4 \omega^2 B_{gap}^2}{192 \rho} \quad ((6))$$

where; l_{mt} is the mean turn length.

For wide frequency range and large diameters, (6) was modified in (Van den Bossche et al., 2006).

B. Numerical Approach

Numerical estimation of winding eddy current losses has been done by precisely determining the leakage flux density of the windings using the transformer 2D and 3D finite element models. The results obtained by performing Ansys Maxwell transient and eddy current solution are almost the same. Fig. 4 shows the leakage field distribution between the HV-LV winding under the peak value of the short circuit current.

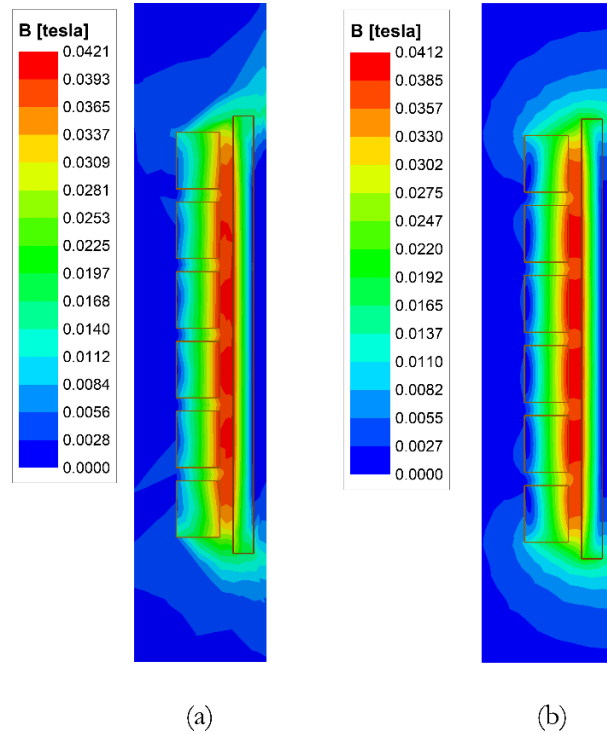


Fig. 4. Leakage field distribution between the HV-LV winding in the transformer (a) 3D model and (b) 2D model.

Fig. 5 shows the distribution of the resultant leakage field, the radial component of the leakage field, and the axial component of the leakage field under the peak value of the short circuit current. As illustrated in Fig. 5 (b), along the winding axial height the radial component of the leakage flux density shows high fringing near the winding ends, which causes the axial component of the short-circuit force to be directed toward the winding middle part, whereas as illustrated in Fig. 5 (c), along the winding axial height the axial component of the leakage field is maximum near the middle part of the winding, which causes the radial component of the electromagnetic forces to be in the middle part of the winding as well. These results matches well with (M & Savadamuthu, 2019; Najafi & Iskender, 2016).

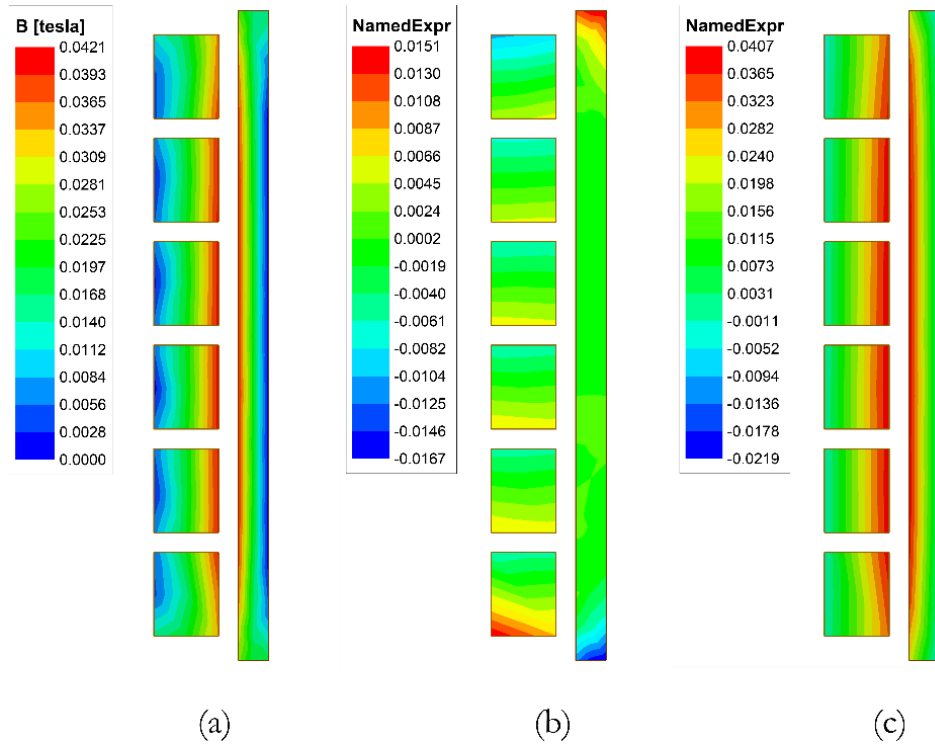


Fig. 5. Distribution of the (a) resultant leakage field (b) radial component of the leakage field (c) axial component of the leakage field between the HV and LV windings in the transformer 3D model.

The axial leakage flux density distribution curve of the LV winding along the winding axial height is shown in Fig. 6, where the leakage flux density is maximum near the middle part of the winding. On the other hand, the radial leakage flux is maximum near the winding ends as shown in Fig. 7. The axial leakage flux density distribution curve of the HV winding along the winding axial height is shown in Fig. 8, where the flux density is also maximum near the windings middle part. Fig. 9 shows the radial leakage flux density distribution curve along the HV winding axial height. Due to the multiple discs used to construct the HV winding, the curve in Fig. 9 looks like a sawtooth curve where the flux density is maximum near each disk ends and also near the whole winding ends. Both Figs. 7 and 9 show that the radial component of the leakage flux is maximum near the winding ends, which is why local hotspots are generated in those parts.

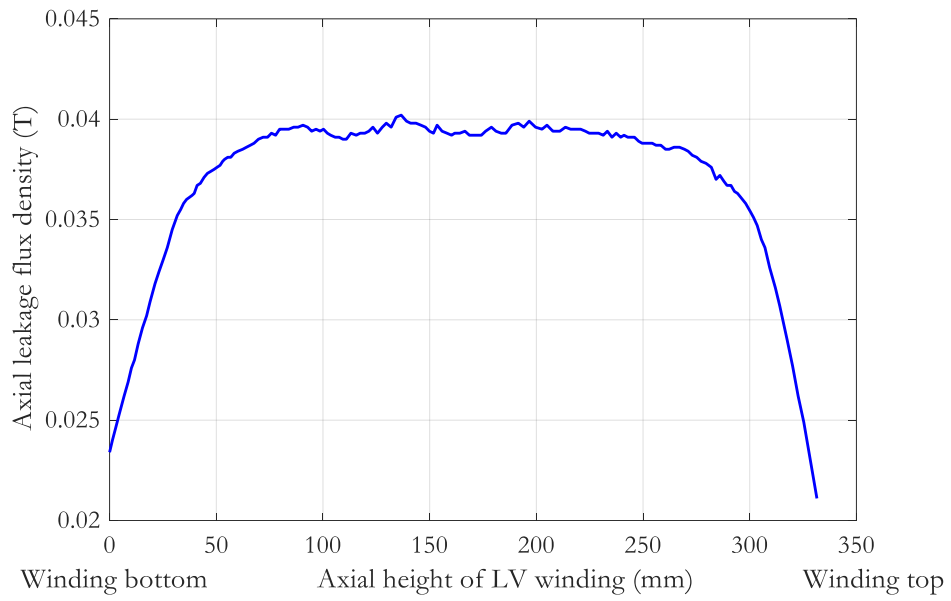


Fig. 6. Axial leakage flux density distribution along the LV winding axial height.

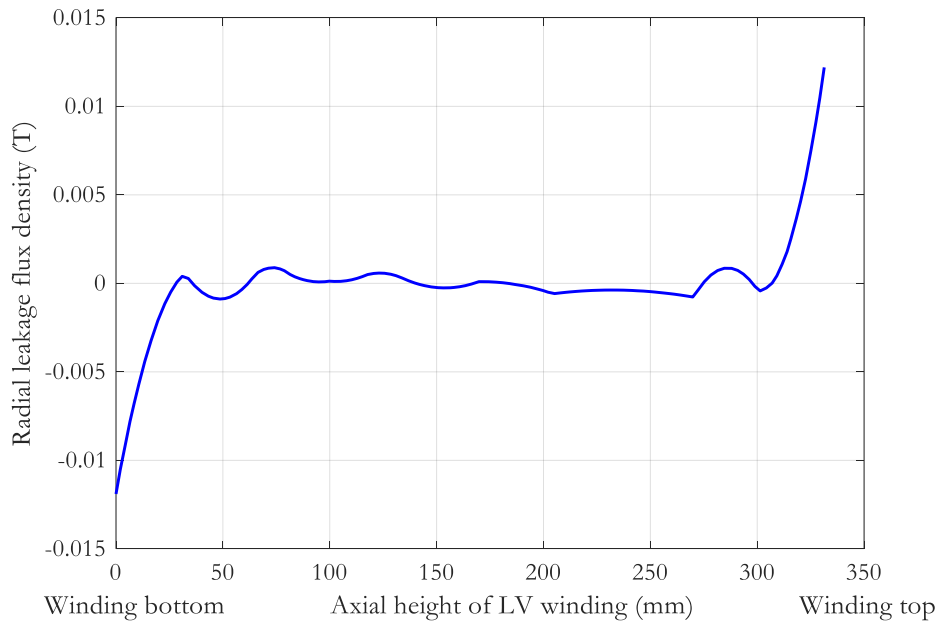


Fig. 7. Radial leakage flux density distribution along the LV winding axial height.

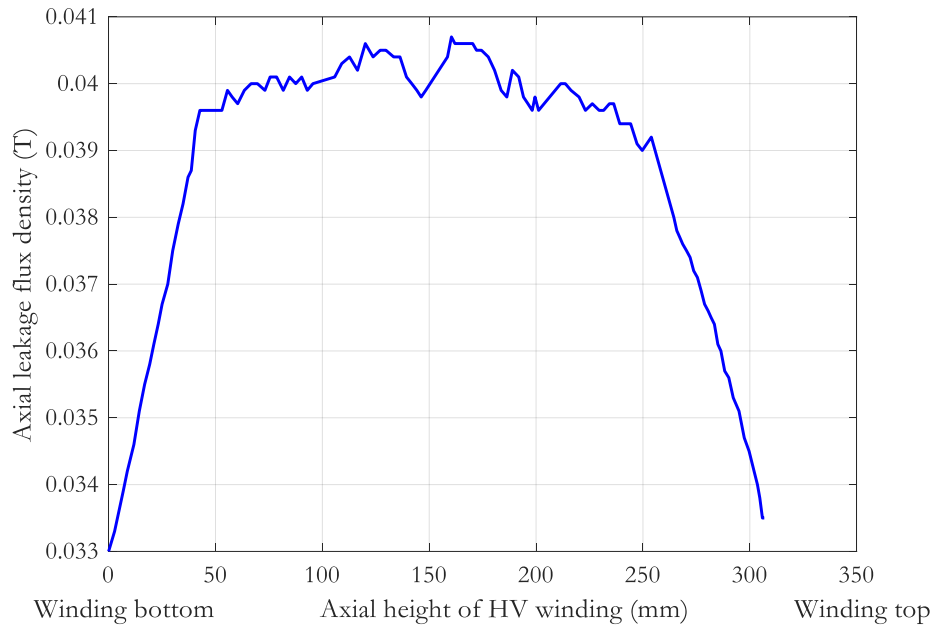


Fig. 8. Axial leakage flux density distribution along the HV winding axial height.

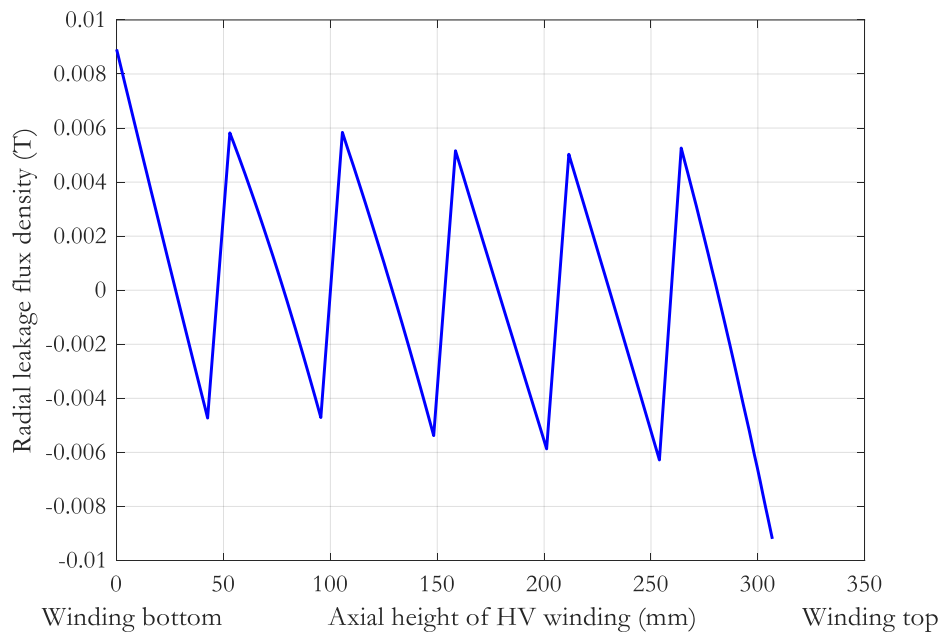


Fig. 9. Radial leakage flux density distribution along the HV winding axial height.

Fig. 10 illustrates the difference between the resultant (B_r & B_a) and the axial (B_a) leakage field distribution along the windings radial depth.

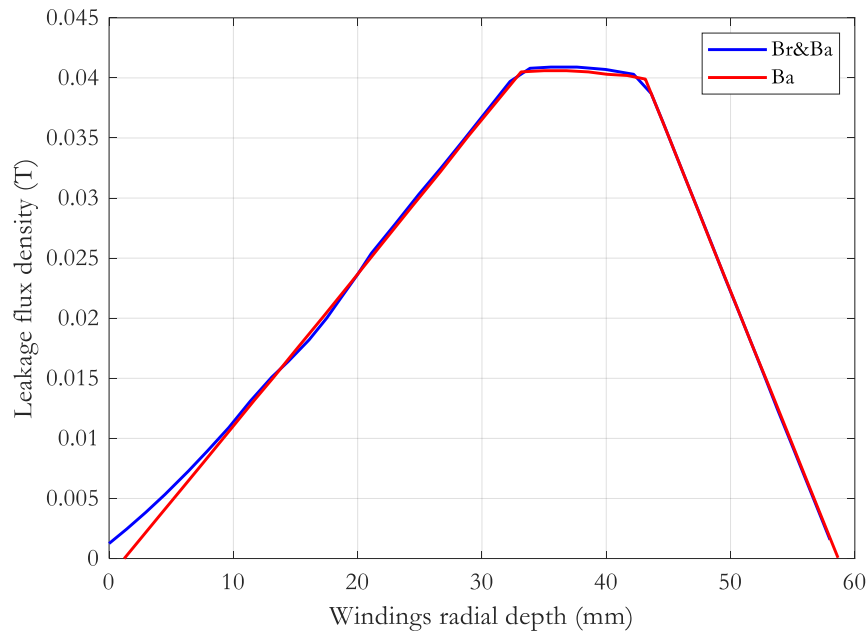


Fig. 10. Resultant and axial leakage flux density distribution along the windings radial depth.

It can be recognized that there is a remarkable similarity in the leakage flux distributions, where the resultant leakage flux is almost linearly distributed as the axial one. Hence, neglecting the radial component of the leakage flux does not considerably affect the windings overall eddy current loss in small-rating distribution transformers.

Results and Discussion

Table 2 compares the analytically and numerically obtained eddy current loss values in the transformer windings. The values obtained from the 2D simulation show great matching with the analytical values. However, the 3D simulation results are slightly higher than the analytical and 2D values. That is because, in the 2D simulation, the model depth was assigned to be the core depth, not the windings. The values obtained using the 3D model are preferred over the other proposed methods since the windings actual depth and curvatures were taken into account.

Table 2 shows that the total transformer windings eddy current loss value is almost 17 W. Although it seems small enough to be neglected, it can considerably affect small-rating distribution transformers' efficiency, performance, life span, and temperature.

If (1) is used for calculating the losses for a round conductor with equivalent strip conductor cross-sectional area, an inefficient result will be obtained. The same thing is valid if (6) is used for calculating the losses for a strip conductor with equivalent round conductor cross-sectional area.

Table 2. Transformer windings eddy current losses.

Approach	Parameter			Unit
	HV winding eddy current losses	LV winding eddy current losses	Total winding eddy current losses	
Analytical	4.83	11.65	16.48	W
FEM 2D	4.82	11.63	16.45	
FEM 3D	5.03	12.14	17.17	W

To reduce the winding ohmic losses, designers increase the winding's cross-sectional area, however, the windings eddy current losses are directly proportional to conductor dimensions. Therefore, designers should also take into account the increase in the eddy current losses, as the total windings losses are the sum of the ohmic and stray losses (Kulkarni & Khaparde, 2017). There are several ways to reduce the eddy current losses for windings constructed using round conductors presented in (V. Valchev, 2017). A well-known and frequently used method for round conductors is by using parallel wires with small diameter conductors, however, without proper transposition arrangement of the parallel conductors, circulating current losses are induced due to the different voltage induced in each conductor, thus, the same total stray losses value is obtained. Using Litz wire ensures that each strand carries the same flux, however, due to the twisting of the strands, the amount of conductor used is larger, causing the winding DC resistance to be 5% larger. If parallel wires are used for the HV winding, (6) is divided by the number of parallel wires. For LV winding conductors, the use of CTC conductors reduces the eddy current losses, however, it also increases the winding DC resistance a bit. More methods to reduce the eddy current losses in rectangular conductors were discussed in (Kulkarni & Khaparde, 2017).

Conclusion

Accurate estimation of windings eddy current losses is important during the design stages of the transformer. It can increase the transformer life span and prevent it from overheating. Neglecting these losses impair the transformer performance and the grid quality and reliability. In this paper, one of the widely used small-rating distribution transformer was analyzed, where the 2D and 3D models of the transformer were established to study the leakage flux distribution. The eddy current losses in the transformer windings were precisely estimated using analytical and numerical methods. The 3D FEM is preferred among the other proposed methods. By comparing the resultant and the axial leakage flux distribution among the windings radial depth, it is deduced that neglecting the radial component of the leakage flux does not considerably affect eddy current losses in a small-rating distribution transformers' winding. The transformer designers' aim should not be just to reduce the ohmic losses or the eddy current losses, but to reduce the overall losses and not neglecting any of the stray losses, since the transformer total load losses is the sum of the ohmic losses and stray losses.

References

- Dao, T., Phung, B., & Blackburn, T. (2015). *Effects of voltage harmonics on distribution transformer losses*. Paper presented at the 2015 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC).
- Dawood, K., Alboyaci, B., & Cinar, M. A. (2017). *The impact of short-circuit electromagnetic forces in a 12-pulse converter transformer*. Paper presented at the 2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Faiz, J., Ghazizadeh, M., & Oraee, H. J. I. E. P. A. (2015). Derating of transformers under non-linear load current and non-sinusoidal voltage—an overview. *9*(7), 486-495.
- Hlatshwayo, M. C. (2013). *The computation of winding eddy losses in power transformers using analytical and numerical methods*.
- Jiang, L., Yan, H., Meng, J., Yin, Z., Wei, W., & Wang, Y. (2017). *Analysis of eddy current effect and loss calculation of transformer winding based on finite element algorithm*. Paper presented at the 2017 International Conference on Computer Systems, Electronics and Control (ICCSEC).
- Krasl, M., Vlk, R., & Grosiar, J. (2005). *Eddy current losses of winding of transformer*. Paper presented at the EUROCON 2005-The International Conference on "Computer as a Tool".
- Kulkarni, S. V., & Khaparde, S. A. (2017). *Transformer engineering: design, technology, and diagnostics*: CRC press.
- M, A. S., & Savadamuthu, U. (2019). Electromagnetic Force and Deformation in Transformer Winding *International Journal of Applied Engineering Research*, *14*, 790-796.
- Mishra, R. K., Dhiman, G., & Tapiawala, G. Distributed Eddy loss calculation for transformer winding using FEM.
- Najafi, A., & Iskender, I. J. I. T. o. E. E. S. (2016). A new approach to reduce the leakage flux and electromagnetic force on distribution transformer under unbalanced faults based on finite element method. *26*(4), 901-916.
- Nan, X., & Sullivan, C. R. (2004). *Simplified high-accuracy calculation of eddy-current loss in round-wire windings*. Paper presented at the 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No. 04CH37551).
- Valchev, V. (2017). Practical approaches for reducing eddy current losses in transformer windings.
- Valchev, V. C., & Van den Bossche, A. (2018). *Inductors and transformers for power electronics*: CRC press.
- Van den Bossche, A., Valchev, V. C., & Barudov, S. T. (2006). *Practical wide frequency approach for calculating eddy current losses in transformer windings*. Paper presented at the 2006 IEEE International Symposium on Industrial Electronics.
- Zúbek, V. J. J. (2005). Eddy current losses in transformer low voltage foil coils. *56*(3–4), 95-99.

An innovative method about measuring moisture change of gunpowders

Ramazan Hamza KARAKAYA¹
Murat ŞAHİN²

Introduction

Terahertz radiation can penetrate almost any substance except metal at a certain rate. The field of THz rays is in the frequency range that matches the vibrational motion of most chemical and biological molecules. T-rays pass through many materials such as plastic, cardboard and fabric and are absorbed in water and water vapor and reflect from metals. Because of this feature, it can find application area in the security of airports, shopping malls and critical buildings, as well as THz wavelengths can be used in the identification of hazardous substances as they form the fingerprint spectrum of most chemical and biological materials. THz radiation is most sensitive to water. In addition, due to the low energy of THz technology and not damaging biological tissue and chemical molecules, it has been concluded that it can detect moisture without damaging the gunpowder and it has been evaluated that this measurement can be made in a safe manner. Therefore, it has been evaluated that THz rays can be used effectively in detecting the moisture change in gunpowder.

As a result of the literature research conducted in terms of the examination of gunpowder related to THz technology, It has been determined that there are studies on whether different types of gunpowder can be distinguished by using different types of techniques including THz radiation and THz-TDS (Terahertz Time Domain Spectroscopy) (Gavenda & Křesálek, 2013) (Gavenda & Křesálek, 2014). However, it has been observed that no studies have been carried out in our country and in the world on terahertz technology and terahertz spectroscopy to determine the moisture state of gunpowder.

What Is THz and What Are Its Properties?

The terahertz (THz) region of the electromagnetic spectrum is a region that is in the range of microwave to far infrared regions and generally corresponds to a frequency range from 100 GHz to 10 THz. The name of the region derives from the word "Tera", which is the prefix of the frequency (Hertz). The word "tera" is derived from a Greek word meaning "beast"; but in the metric system it is the prefix that means 'multiply by 10¹²'. It is briefly denoted by "T". It is also possible to refer to these radiation waves as T-rays. Equal to 1 THz = 10¹² Hz. It has the equivalent of 1 THz, 33.3 cm⁻¹ wave number, 1 picosecond period, 300 µm wavelength and 4.13 meV photon energy. It is shown in Figure 1. (The Terahertz Wave eBook, 2012)

¹ Ramazan Hamza KARAKAYA, Postgraduate, National Defense University, Alparslan Defense Sciences Institute, Department of CBRN-P, IED's and Explosives Program, Ankara, Türkiye, rhkarakaya@gmail.com

² Murat ŞAHİN, Associate Professor, National Defense University, Mechanical Engineering Department, Ankara, Türkiye, msahin@kho.edu.tr

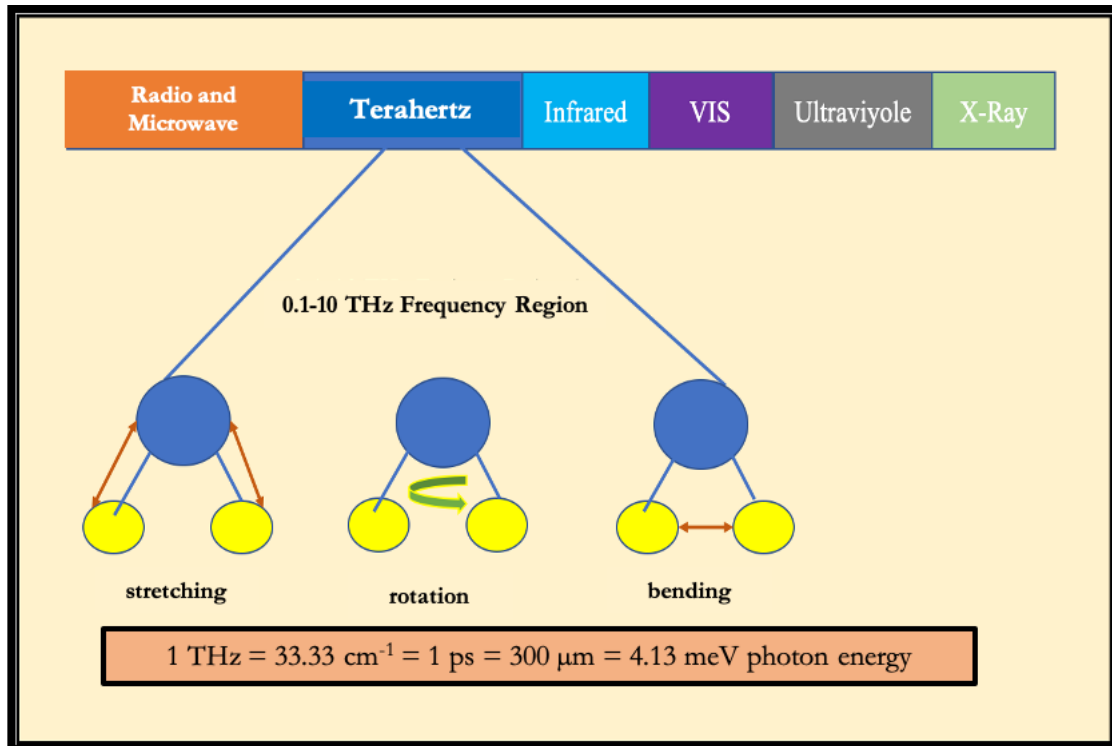


Figure 24 : Terahertz Region Properties in the Electromagnetic Spectrum
(The Terahertz Wave EBook, 2012)

Radiations or rays in the range of 0.1 to 10 THz (may differ depending on the sources) in the spectrum of electromagnetic waves are called terahertz (THz) radiation or waves. Figure 2 shows the THz region in the electromagnetic wave spectrum. This frequency range corresponds to the frequency range between microwave and far infrared.

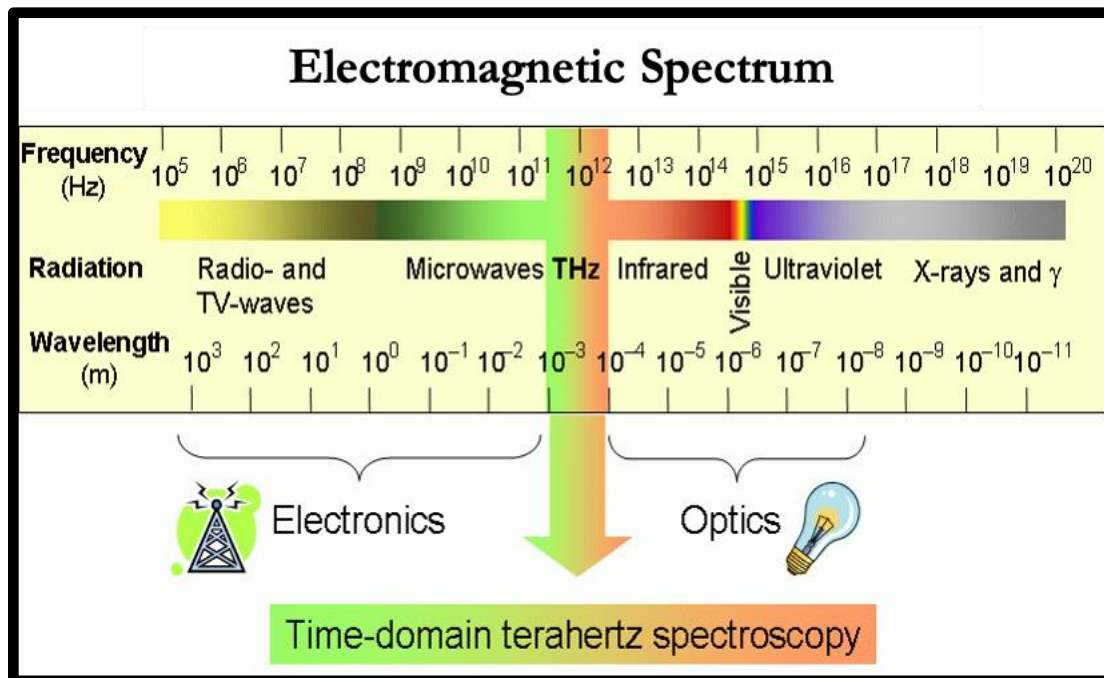


Figure 25 : Representation of the Terahertz Region in the Electromagnetic Spectrum
(Laboratory of Terahertz Spectroscopy, Prague, *n.d.*)

There are many features that bring THz radiation to the fore and make it advantageous compared to other regions of the electromagnetic spectrum. These features are as follows;

- Some substances interact in a unique way with THz rays. This feature is like a fingerprint or the uniqueness of the retina of the eye. Many commonly used solid state explosives and related compounds (such as HMX, RDX, and PETN), including TNT, have spectral fingerprints in the THz range. This is called fingerprint (fingerprint) of the material in the area or in the waves. These fingerprints are caused by the intramolecular and intermolecular vibrational modes or photon modes of these explosive materials. THz-TDS has been recognized as a new and open method for the detection and control of explosives due to its unique properties and advantages over other spectroscopic methods (Chen et al., 2007).

- THz radiation attracts great attention with its unique properties such as non-destructive penetration into non-metallic materials such as paper, plastic, many synthetic and textiles. THz waves can pass through many daily used materials such as clothing (paper, plastic, leather, wood, and ceramics, etc.) (Chen et al., 2007). Since fingerprints of materials are also in the THz region, sample paper, plastic, etc. Even if the THz is coated with transferring materials, both identification and characterization of materials are possible. THz rays have the ability to pass through many materials (plastic, leather, cardboard, fabric, etc.). For example, it has the ability to pass through clothes. A study has been conducted on this subject (Bjarnason et al., 2004). However, it is absorbed in water and water vapor and reflected from metals (Federici et al., 2007) (Bjarnason et al., 2004) (Taday et al., 2003) (Zimdars et al., 2006).

- THz rays contain lower energy compared to X rays. THz rays have low photon energies (4 meV for 1 THz, that is, one million times lower than an X-ray photon) and they are not harmful to human health since they do not cause photo-ionization in biological tissues and samples (Chen et al., 2007). Therefore, they are almost non-existent harmful to fragile and delicate biological tissues. As a result, they are harmless to human health and allow non-destructive testing (Zhang & Xu, 2010).

- It is a range that vibrates and matches the molecules of matter (Tekbaş, 2014).
- Materials at room temperature usually emit an energy that corresponds to the THz region. This feature increases and facilitates the use of THz technology (Dexheimer, n.d.).

- Images created with Terahertz radiation have relatively better resolution (less than 1mm). However, THz measurements are non-contact. When the Earth's atmosphere is examined, it has been found that the atmosphere absorbs a high amount of terahertz radiation in some vapor absorption bands (Sethy et al., n.d.) (*The Terahertz Wave EBook*, 2012).

Terahertz technology is actively started to be used in many different fields, especially in defense industry, homeland security, explosive detection technologies, biology and pharmaceutical industry, medical imaging, astronomy and atmospheric research, analysis of water-containing samples, food industry and wireless communication fields, due to the numerous features mentioned above. In addition, studies are continuing in order to make its use in these areas more efficient and effective.

THz Spectroscopy

Spectroscopy is the method that examines the properties of substances or objects using rays and other factors. In fact, the basis of spectroscopy can be seen as rays. Spectroscopy examines the properties of an object or matter through absorbed particles, light or sound. The energy levels of molecules, ions and cores, which are the building blocks of matter, are determined by this method. Usually, a stimulating particle is sent to a substance in spectroscopic analyzes. When the emitted beam passes through a substance, the photons interact with the sample. The absorbed beam affects the electrons and chemical bonds in the material. Afterwards, which are the basic building blocks of matter; electrons, neutrons, protons, atoms or molecules How react to the stimulus are examined and determined. Spectroscopy looks at how the beam affects matter. Spectra that are emitted and absorbed give information about the substance. In spectroscopy analysis; Data on energy levels of material building blocks, molecular geometries, chemical bonds, and interactions of molecules are collected. The method called "spectrum" or "spectral line" is used to process these data. Spectroscopy; It is used in multiple sciences and fields of study such as astrophysics, medicine, electrochemistry, nuclear physics, nuclear chemistry, analytical chemistry and molecular biology. In this study, terahertz spectroscopy technique was used for moisture determination of gunpowder.

In this study, THz-TDS (THz-Time Domain Spectroscopy) was used, which is the most widely used and studied technique among THz spectroscopy techniques in the scientific world. If we briefly talk about this technique; Basically, pulses generated from an optical ultra-fast laser are used

both for Terahertz generation and to penetrate and study the sample. After stimulation of the sample, the spectrum is obtained. In this technique, a laser beam is divided into two branches by means of a splitter. One beam arm is used for THz generation, while the other beam arm is used for detection. The beam in the production arm generates THz beam by hitting the THz wave generator (PCA, electro-optic crystal, etc.). Then, the generated THz beam passes through the sample and reaches the detection component. On the other hand, the beam from the detection arm also reaches the detection component. Using other optical components, electric fields are detected manually in the presence and absence of the sample. Fourier transform is then applied. The absorption information is obtained after converting the time domain data into frequency domain data. At the same time, information about the refractive index and dielectric properties of the samples can be examined using THz-TDS (McIntosh et al., 2012).

Moisture and Water Vapor Detection of Terahertz Technology

Many materials in the THz spectral range are transparent. THz waves can pass through dry media that are opaque to visible and near infrared waves. THz waves are absorbed by the strong water-like environment. (Shumyatsky & Alfano, 2011).

Since our focus in this study is the moisture and water vapor detection of THz technology, it has been determined that THz technology is used a lot on this subject. Lets we give a few examples of the works carried out because the THz technology is sensitive to water and moisture;

- In order to determine the amount of water in the paper remotely, the applicability of terahertz spectroscopic techniques has been examined. THz rays offer high sensitivity, spatial resolution and insensitivity to dispersion on the paper surface, based on water and moisture. As a result of THz transmission measurements performed with moist paper, the potential of THz transmission spectroscopy to quantitatively determine the amount of water in the paper was determined. As a result, it has been shown that it enables THz radiation to accurately measure moisture content (Banerjee et al., 2008).

- Moisture detection and mapping studies were carried out using Terahertz techniques in different materials (such as paper, concrete, wheat grain, walnut, spoiled fruit, plastic and wood) (Federici, 2012).

- By using THz-TDS, the water content in instant coffee powder in a glass bottle was measured in order to determine the quality control in dry foods. Figure 3 shows the decrease in the frequency density of the sample after humidification (Yasui & Araki, 2006).

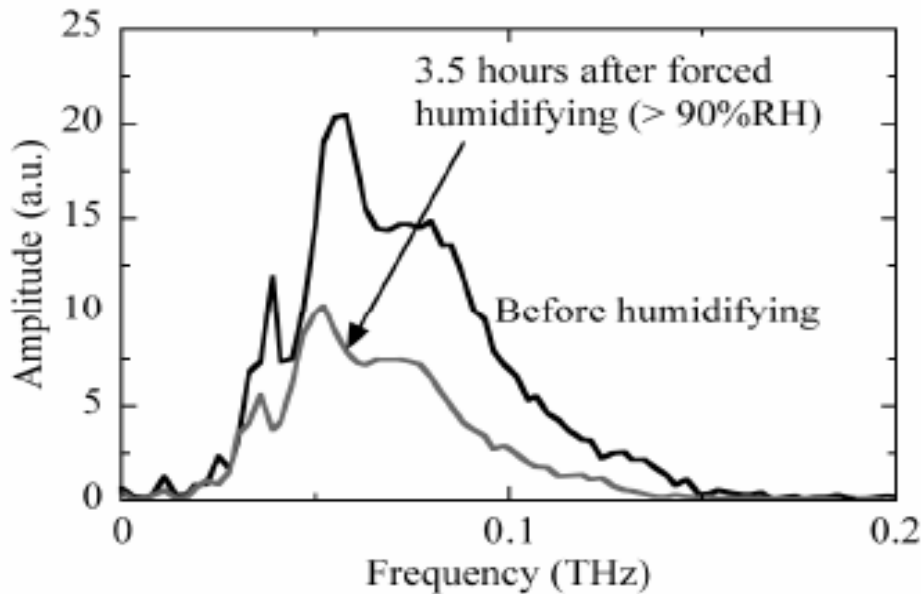


Figure 26 : Demonstration of Moisture Change in Coffee Powder
(Yasui & Araki, 2006)

- A study was conducted to determine the changing moisture content of milled wheat grain with the THz-TDS method (Chua et al., 2004).
- Because THz rays are absorbed at a high level by water, the clearest application area of THz spectroscopy is to determine the amount of water and moisture in foods. This feature of THz rays has a remarkable place in drying applications where moisture content is important and in the shelf life control of food products (Gowen et al., 2012). It has been shown in this study that terahertz radiation or T-rays can be used in the quality control of food products, as T-rays are inherently sensitive to water and very suitable for moisture detection (Ung et al., 2007).
- A study has been conducted to determine the moisture content and density of different wood species (Inagaki et al., 2014).
- Using THz radiation, moisture content of intact food wafers was measured. It is shown in Figure 3 that as the humidity rate in the wafer sample increases, the THz beam intensity decreases (Parasoglou et al., 2009).

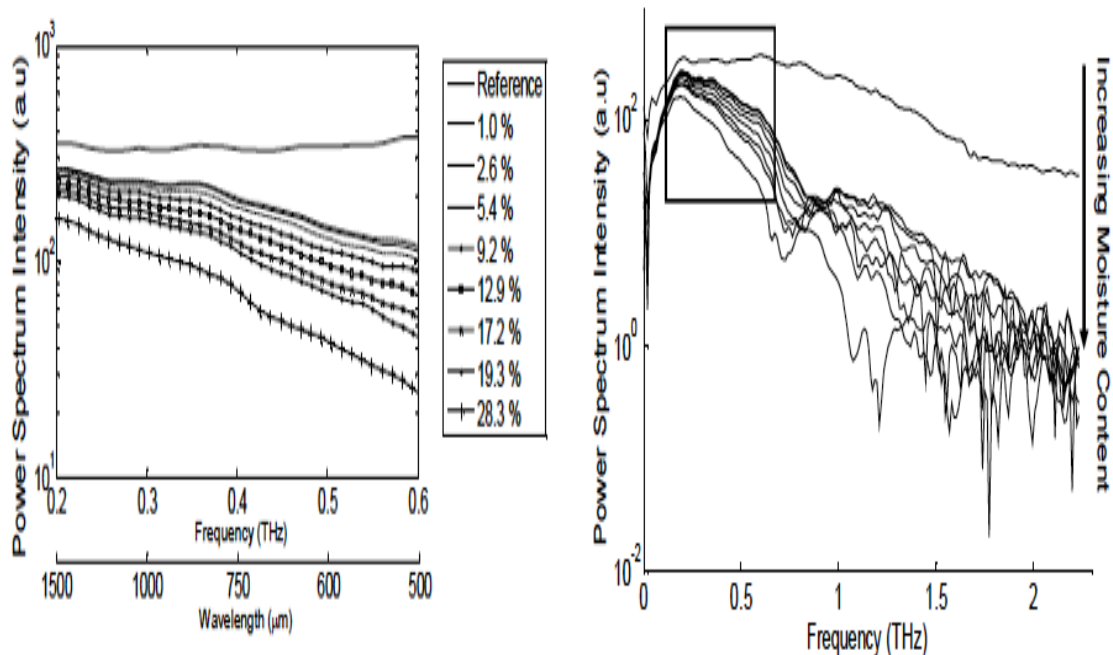


Figure 27 : Demonstration of Moisture Change on Wafer Sample
(Parasoglou et al., 2009)

- Humidity and water detection studies were carried out on composites using THz spectroscopy (Malinowski, Palka, Opoka, Wandowski ve Ostachowicz, 2015).
- Determination of water and localization of the size and shape of water droplet addition was determined by using THz Spectroscopy method in Glass Fiber Reinforced Polymers materials (Mieloszyk et al., 2018).
- One of THz's unique properties is that water in the terahertz region strongly absorbs electromagnetic waves. This feature enables efficient monitoring and analysis of water content in agricultural products. Nie and his friends, Considering that THz radiation has an enormous potential for detecting the water content of leaves, They determined the water content of the leaves of the canola plant, which is one of the most important oil producing and economical products in China and the source of canola oils that make up a large part of China's oil (Nie et al., 2017).

The studies mentioned above show that THz rays are sensitive to water and moisture and many studies have been done in this area. Based on these studies, it has been concluded that it is possible to determine the moisture of gunpowder by means of THz rays.

What Is Gunpowder and What Are Its Properties?

The explosive solid substance used in firearms for launching a bullet is called gunpowder. Gunpowder is a flammable solid substance that enables the projectile to be launched with the power of the gases and pressure generated by the firing of firearms by various firing means. Gunpowder has a wide range of uses from weapons such as guns, rifles, mortars and cannons to complicated systems such as rocket and missile systems. Gunpowder is also used for civilian purposes in mining, industrial

systems such as pressure-requiring pumps / turbines (M. E. Şahin, 2014). Gunpowder; It is generally a mixture of potassium nitrate, coal and sulfur (Yinon & Zitrin, 1981). It is also known as black gunpowder. The said mixture does not react by itself at normal temperature and under normal conditions. However, it reacts with an energy application originating from external factors and turns into a whitish gas and its volume expands rapidly. Due to this feature, it is used as an explosive substance and propellant in firing gun bullets and mining in closed containers. Black powder is a substance that can easily ignite and burn. It can ignite with flame, capsule flame or spark (including static electricity in the body). During the burning of black powder, it emits gas up to 300 times its own volume. Ignition temperature of black powder is 457 °C (Yıldırım, 2013).

It comes from a mixture of black powder, potassium nitrate, sulfur and coal or graphite. Black gunpowder actually; It appears as a mixture of sulfur, charcoal and potassium nitrate. Black powder can also be made without sulfur, using only potassium nitrate and charcoal, but the black gunpowder obtained in this way is weaker than the black gunpowder made with sulfur. Gunpowder burns very quickly. The burning rate of a gunpowder is directly dependent on temperature and pressure. As the temperature and pressure increase, the rate of burning of gunpowder increases. This pressure is determined by the physical and chemical properties of gunpowder (density, surface properties, porosity, etc.), the shape and grain size of the gunpowder (Nalbant, 1997). As a result of this combustion, a hot gas volume consisting of carbon dioxide, water and nitrogen and a solid residue consisting of potassium sulfide is produced. The resulting temperature and gas volume due to this combustion feature ensures that gunpowder can be used as a propellant in firearms and pyrotechnic in fireworks. In modern firearms used recently, smokeless gunpowder is used instead of black gunpowder. Black gunpowder is mostly used in old firearms. It stands out as an important explosive substance for those working in forensic medicine, security and country security. Because black powder is easy to make, readily available and requires little technical expertise. When the above ingredients are mixed and ground, black powder can be obtained in small particle size pieces and can be used in gun ammunition, pyrotechnics, flammable devices (Crawford et al., 2010).

When we look at the mixture of gunpowder, it is known that there is 70-80% potassium nitrate (KNO₃), 12-20% charcoal and 3-14% sulfur. In this mixture, the task of potassium nitrate is to provide the oxygen needed for the burning of coal and sulfur. Sulfur in the mixture enables gunpowder to burn easily. Carbon dioxide is released as a result of the burning of coal, and sulfur dioxide gases are released as a result of the burning of sulfur. The potassium sulfate, potassium carbonate, potassium sulfur gases left behind from the combustion are pressurized at a high degree and the launching process required by firearms is realized thanks to this pressure (Eroğlu, 2002).

Since the difference in the moisture content of gunpowder means a different powder composition, it affects the course of the pressure. Changes in the natural moisture content of gunpowder firstly affect the rate of firing in the gunpowder right. As this speed decreases with increasing moisture content, the efficiency of gunpowder decreases. For this reason, it is very important to keep the gunpowder in suitable warehouses and to control the humidity level frequently in order to prevent moisture during storage and preservation (Nalbant, 1997).

In the measurements in this study, two different types of gunpowder used in artillery guns were used. These samples named as Type-1 and Type-2. The gunpowder samples used are shown in Figure 5.

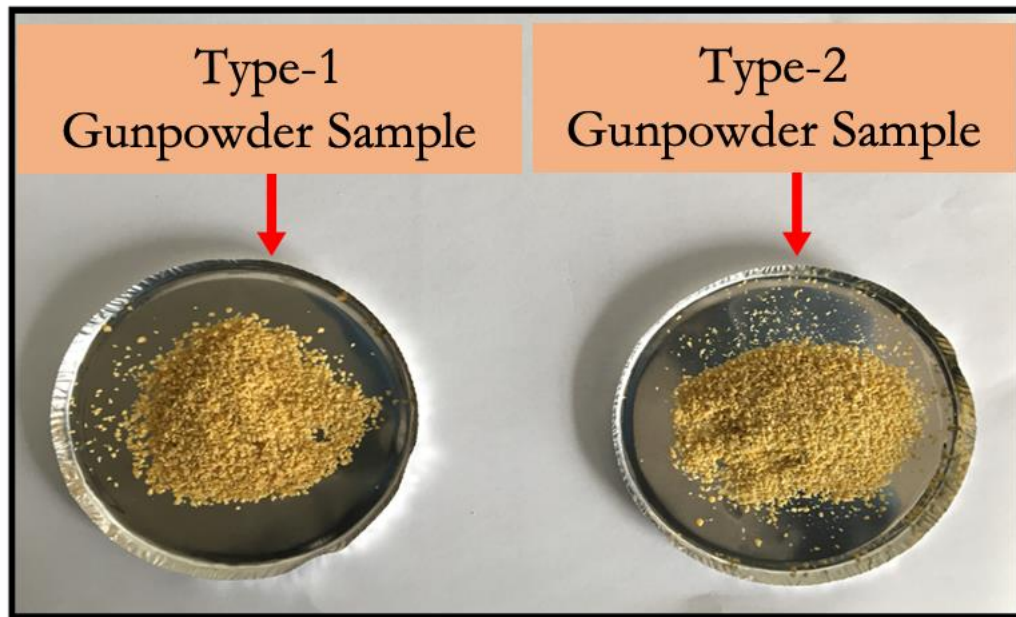


Figure 28 : Gunpowder Samples

Experiment

THz-TDS has become a widely applied tool for the identification, characterization and detection of materials or molecules. The THz-TDS system used in this study is the latest version of an 8F terahertz time domain spectrometer and mainly ultra-fast Ti: Sapphire oscillator laser as the light source., a photoconductor switch as THz emitter, and a $\langle 110 \rangle$ double-refractive ZnTe crystal with a thickness of 500 μm was used as a detector (Aytekin, 2016).

The THz system in which experimental studies are carried out is shown in Figure 6. In the installed system, a femtosecond laser is used to obtain THz beam and detect THz beam. Generated THz beam is directed by 8 focused off-axis parabolic mirrors in order to focus the radiation on the sample. After passing through the sample, the THz beam focuses on a non-linear ZnTe crystal for detection. The probe radiation passes through the detection crystal to detect the THz beam by a technique known as electro-optical sampling. By changing the transition times of THz and visible beam pulses to ZnTe crystal, the THz radiation structure is collected with the help of a quarter wave plate, Wollaston prism, balance photo diode, locked amplifier and a computer.

The main purpose of using the quarter wave plate and the Wollaston prism pair is to observe any changes in radiation polarization and THz radiation can be detected. The quarter wave plate causes changes by affecting the polarization of the beam, and the Wollaston prism has the ability to split light according to polarization. In the system, the location of the quarter wave plate according to the spread of light is before the Wollaston prism. In the initial process, in the absence of THz radiation, the polarization of visible light up to the stable photo diode is changed to equal degrees at s and p

polarizations. When THz radiation reaches the crystal, it undergoes two refractions on the crystal, thus the crystal causes a change in the polarization of visible light. This change causes the balance of photo diodes to deteriorate in the first place. Since the rate of change in polarization is proportional to the field strength, the change in the time domain record is observed over time by scanning the delay phase of the THz rays.

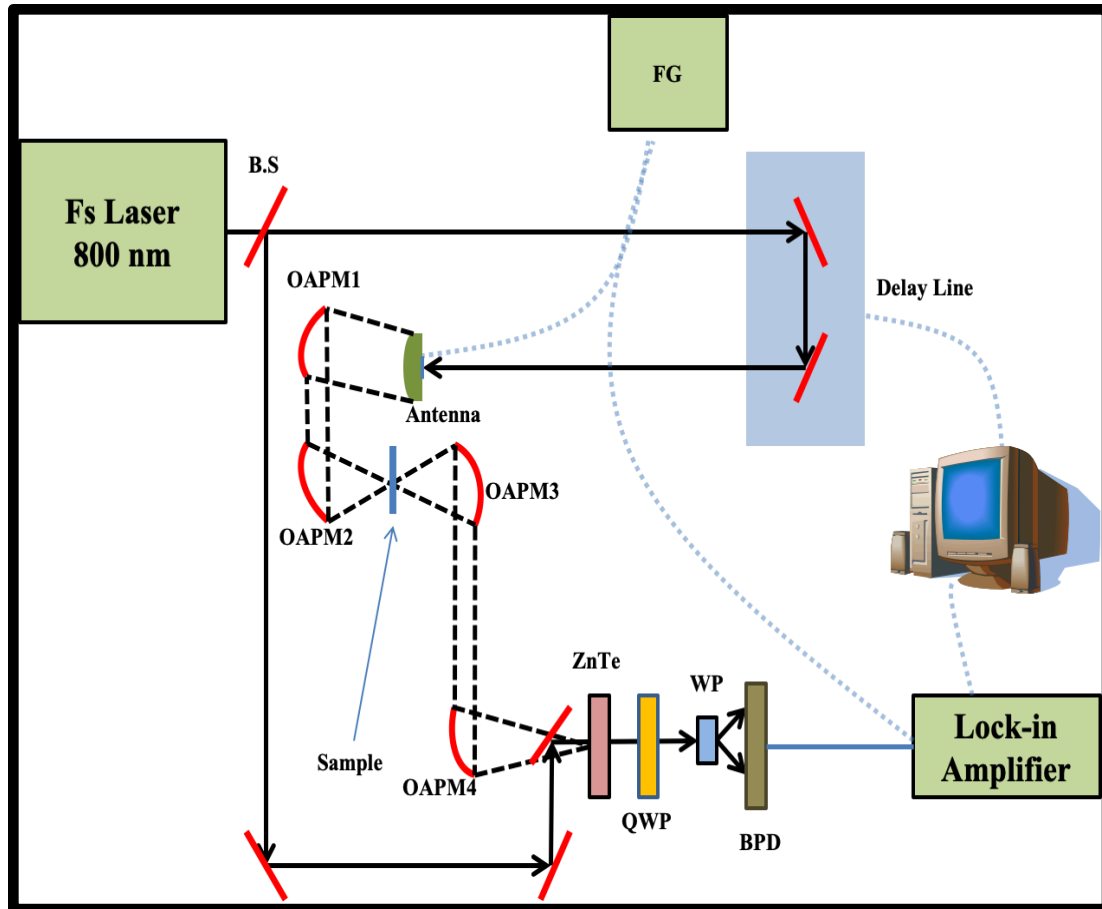


Figure 29 : THz-TDS System Setup Image
It has been edited from (Aytekin, 2016) reference.

First of all, experimental methodology was used in this study. Since the gunpowder samples used in the experiments are grinded and granulated, In order to be able to place the samples in the holder in a solid condition in THz measurements and to prevent the possibility of THz rays leaking through the granular gunpowder samples, the gunpowder samples were pressed with a press machine by applying 1 ton pressure and placed in the holder in this way. Pressed gunpowder samples are shown in Figure 7.



Figure 30 : Pressed Gunpowder Samples

Later, the gunpowder samples, which were pressed to prevent the loss of particles and tightened, were set in the oven for 2 hours at 100 °C (*MIL-STD-286C Military Standard Propellants, Solid: Sampling, Examination and Testing*, 1967). After this process, the samples were first weighed dry and subjected to THz measurement. The data obtained from the THz device was transferred to the computer and the data was taken from here and evaluated through the analysis program. The visual of the system used in THz measurement is shown in Figure 8. THz measurements were carried out at 20 °C room temperature and in an environment with 0% humidity. Later, the samples were moistened in a controlled manner in the humid environment we prepared. After the gunpowder samples were moistened, their weights were measured and the samples were subjected to THz measurement in a moist condition. In this graduate study analyzing dried breads, weight changes were used to determine the decrease in moisture level after drying in breads. (M. Şahin, 2012). With reference to this study, the moisture of the samples measured as dry and moist with the reverse logic was determined by measuring their weight for moisture determination.

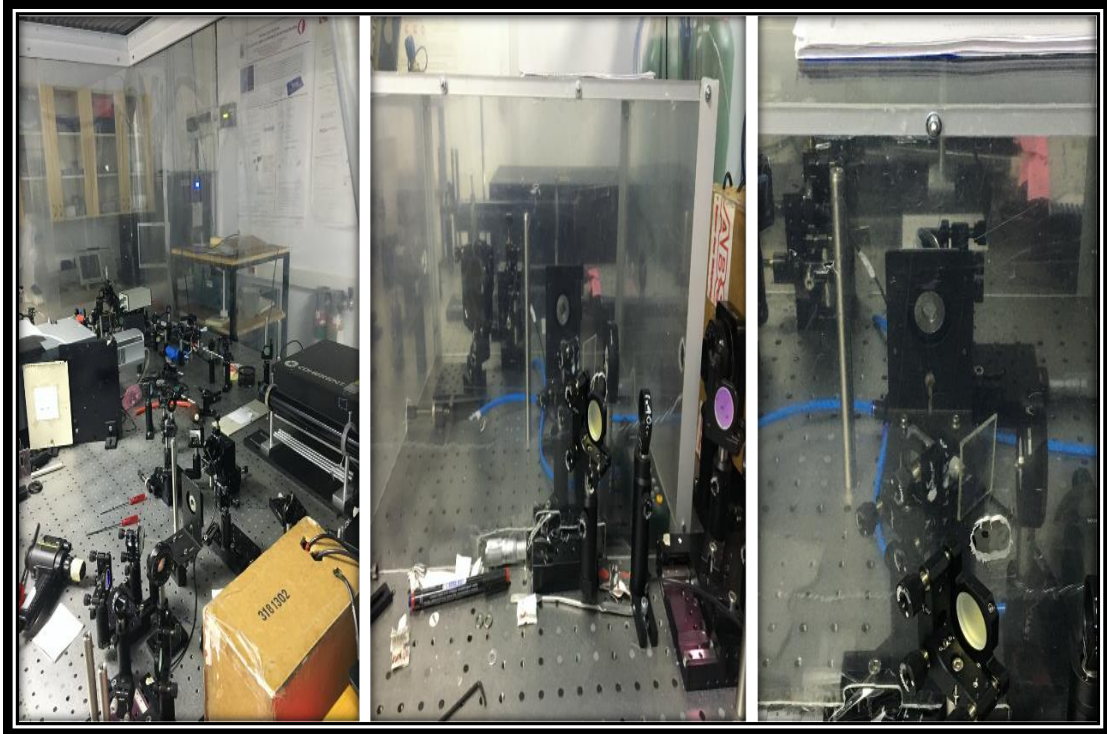


Figure 31 : THz Measuring System

For humidification, a system was established to prevent air and moisture leakage and a moisture measuring device was used to measure the humidity in the system. Moisture was obtained from the heated and boiled water. The moisture produced was filled into the box containing the samples with the help of a hose at the desired level. When the humidity in the box reaches the desired level, all inlets and outlets of the box are closed and isolated in order to prevent air and moisture leakage from the box. The system installed for humidification is shown in Figure 9.

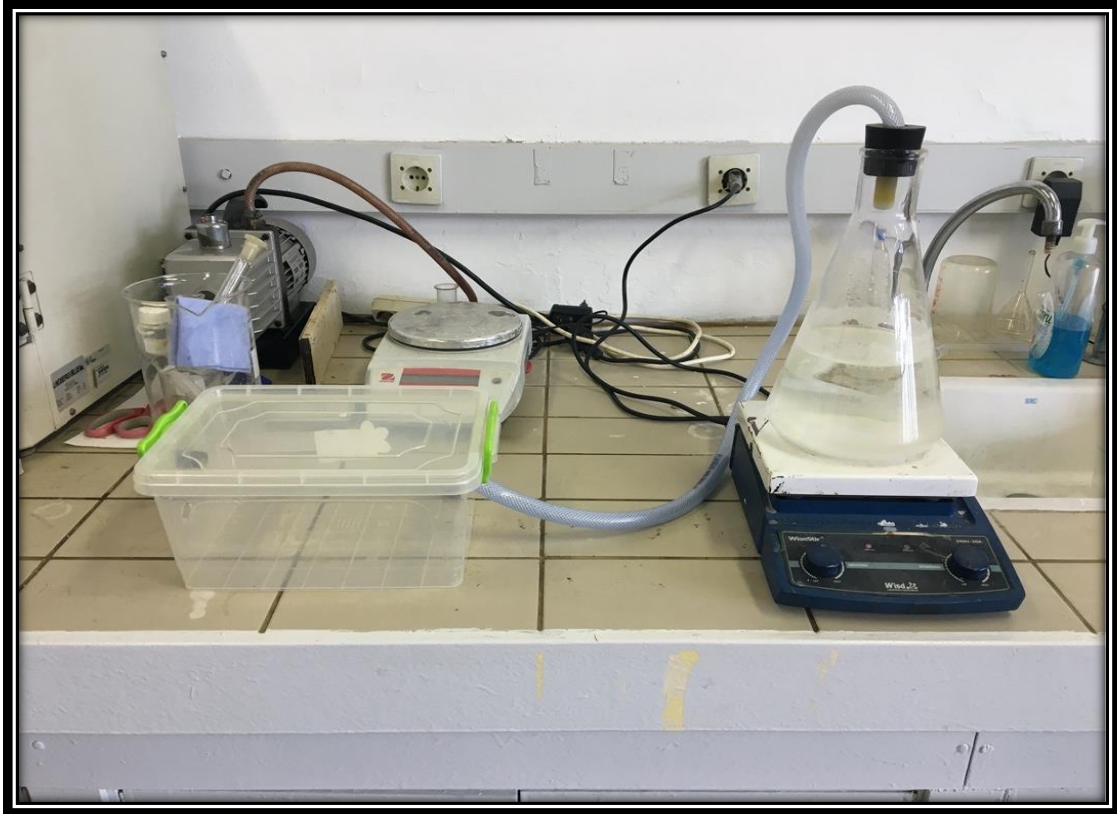


Figure 32 : Humidification System

In the analysis and evaluation part of the study, the graphics of dry and moist gunpowder samples, which are obtained by using the analysis program named TDS Spectrum Viewer and Microsoft Office Excel program, were analyzed and examined.

Gunpowder samples used in the experiment were pressed under 1 ton of pressure for 1 minute. Afterwards, gunpowder samples were dried and weight and THz measurements were made in dry condition. Subsequently, by moistening the gunpowder samples by keeping them at 90% humidity level for 20 hours, weight and THz measurements were completed in a moist condition. After these measurements are made, the data obtained and their calculations are explained below.

- Type-1 gunpowder sample thickness : 1,75 mm
- Type-2 gunpowder sample thickness : 1,87 mm

Dry weight of Type-1 gunpowder sample was determined as 0.2882 g and moist weight as 0.2906 g. If we calculate the moisture rate obtained;

Percentage of moisture:

$$(0,2906-0,2882)/0,2882 \times 100 = \% 0,8328$$

Humidity was detected at a level of **0.8328%**

Dry weight of Type-2 gunpowder sample was determined as 0.3184 g and moist weight as 0.3222 g. If we calculate the moisture rate obtained;

Percentage of moisture:

$$(0,3222-0,3184)/0,3184 \times 100 = \% 1,1935$$

Humidity was detected at a level of **1,1935 %**

These obtained data are shown collectively in Table 1.

EXPERIMENT DATA					
Sample	Thickness (mm)	Percent Moisture Applied (%)	Holding Time in Humidity (Hours)	Pressure Applied (ton)	Humidity Level (%)
Type-1 Gunpowder Sample	1,75	90	20	1	0,8328
Type-2 Gunpowder Sample	1,87	90	20	1	1,1935

Table 16 : Experiment Data

Analysis and Evaluation

When we compare Type-1 dry and moist gunpowder samples; It was determined that THz beams were absorbed more in the moist gunpowder sample compared to the dry sample, and therefore the beam intensity and frequency intensity of the moist gunpowder sample decreased. This difference is shown in Figure 10.

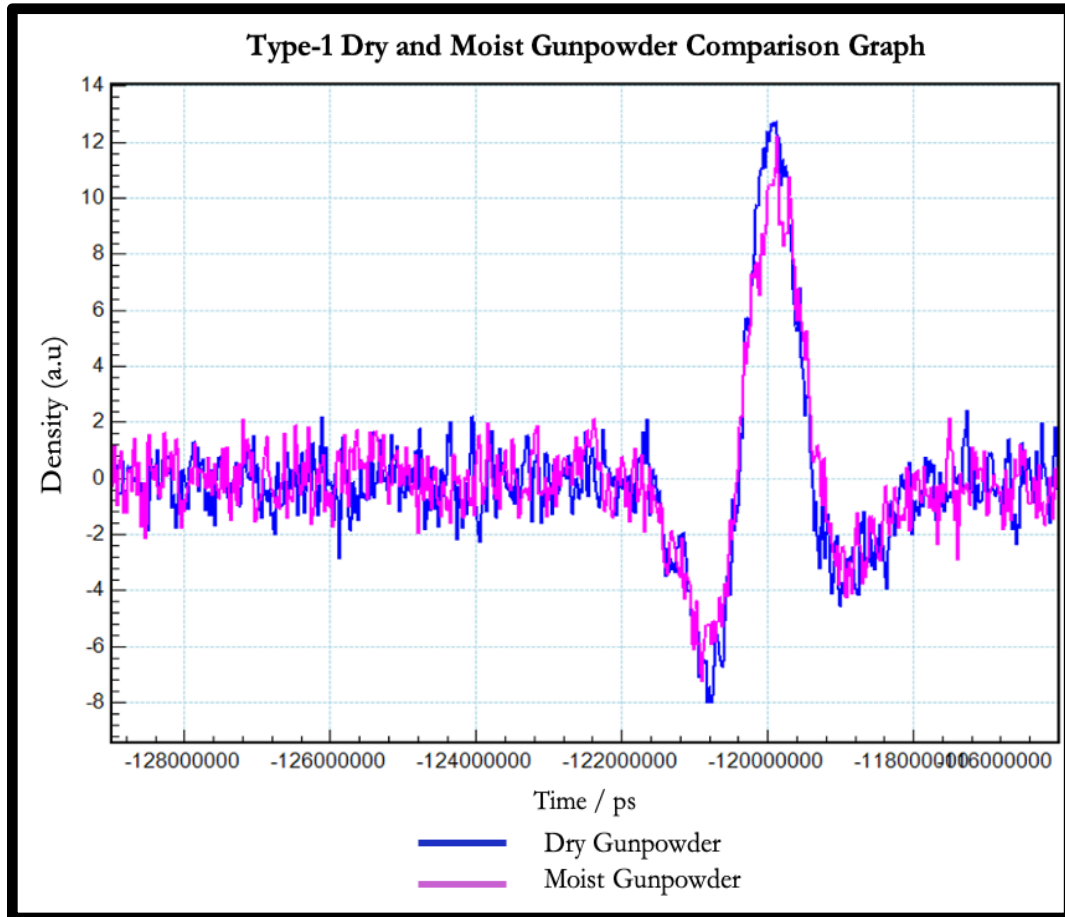


Figure 33 : Comparison of Type-1 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Time Graph

In Figure 11, frequency powers of Type-1 dry and moist gunpowder samples are shown. Rays between 1-3 THz can be described as signal noise. When looking at the frequency between 0.3 and 1 THz, it is clearly seen that the beam intensity and frequency intensity of the THz rays decrease in the moist gunpowder sample compared to the dry sample.

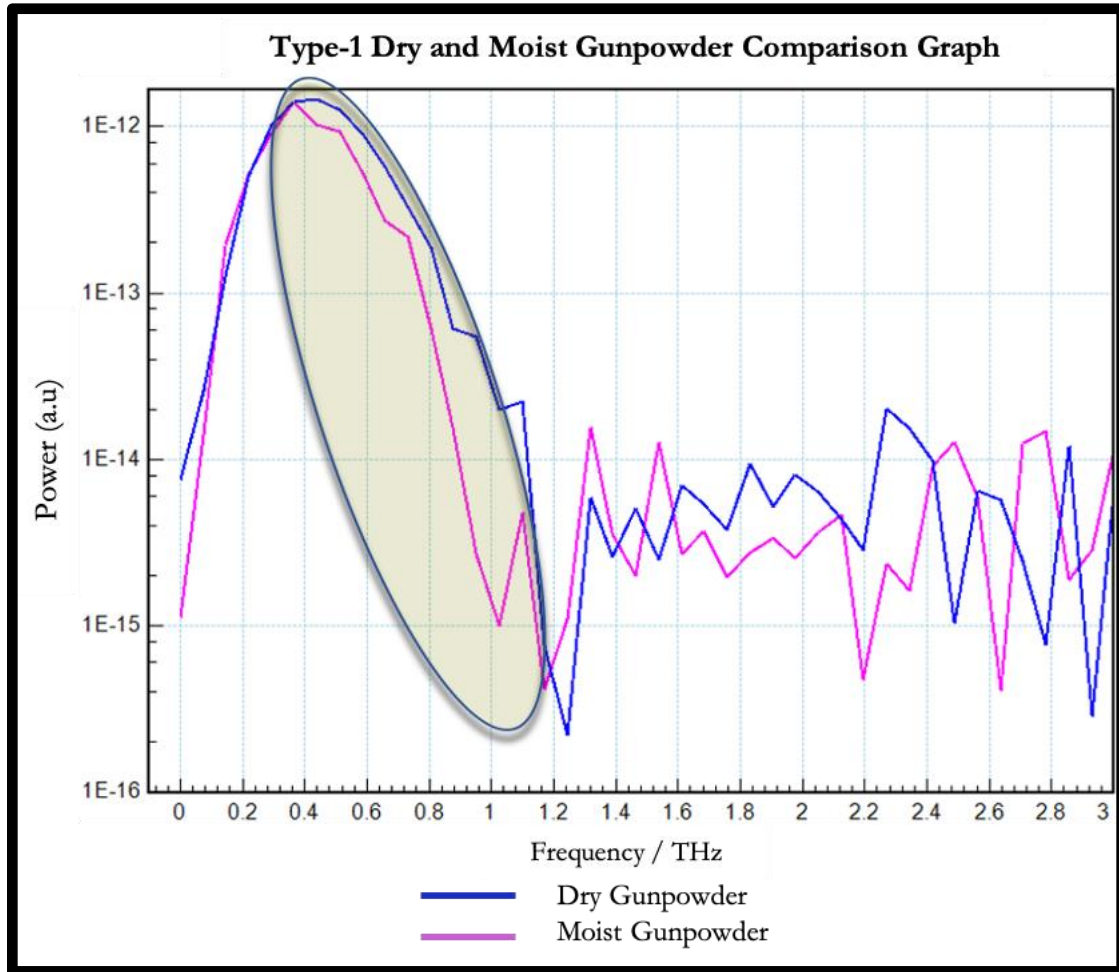


Figure 34 : Comparison of Type-1 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Frequency Graph

When we compare the Type-2 dry and moist gunpowder samples, it was determined that the THz rays were absorbed more in the moist gunpowder sample than the dry samples, and therefore, the beam intensity and the frequency intensity of the moist gunpowder sample decreased. This difference is shown in Figure 12.

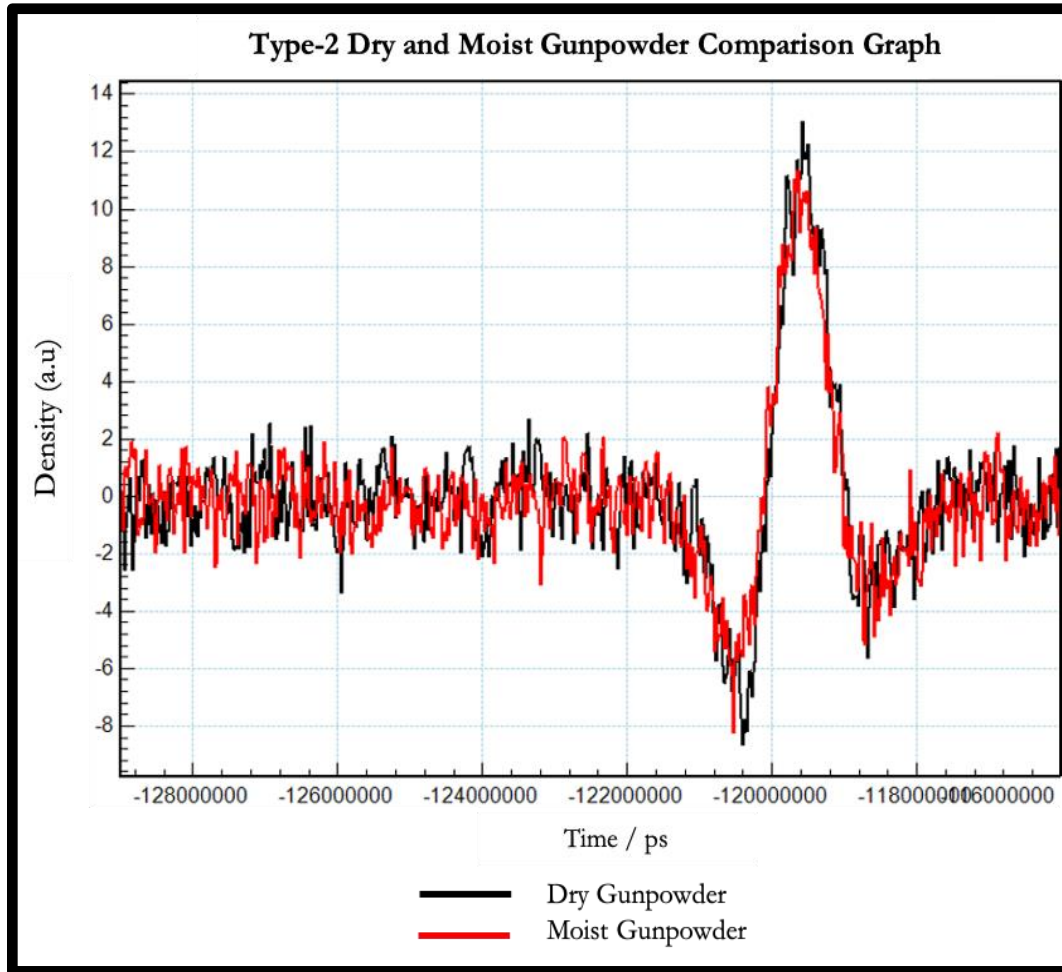


Figure 35 : Comparison of Type-2 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Time Graph

The frequency powers of Type-2 dry and moist gunpowder samples are shown in Figure 13. Rays between 1-3 THz can be described as signal noise. When looking at the frequency between 0.3 and 1 THz, it is clearly seen that the beam intensity and frequency intensity of the THz rays decrease in the moist gunpowder sample compared to the dry sample.

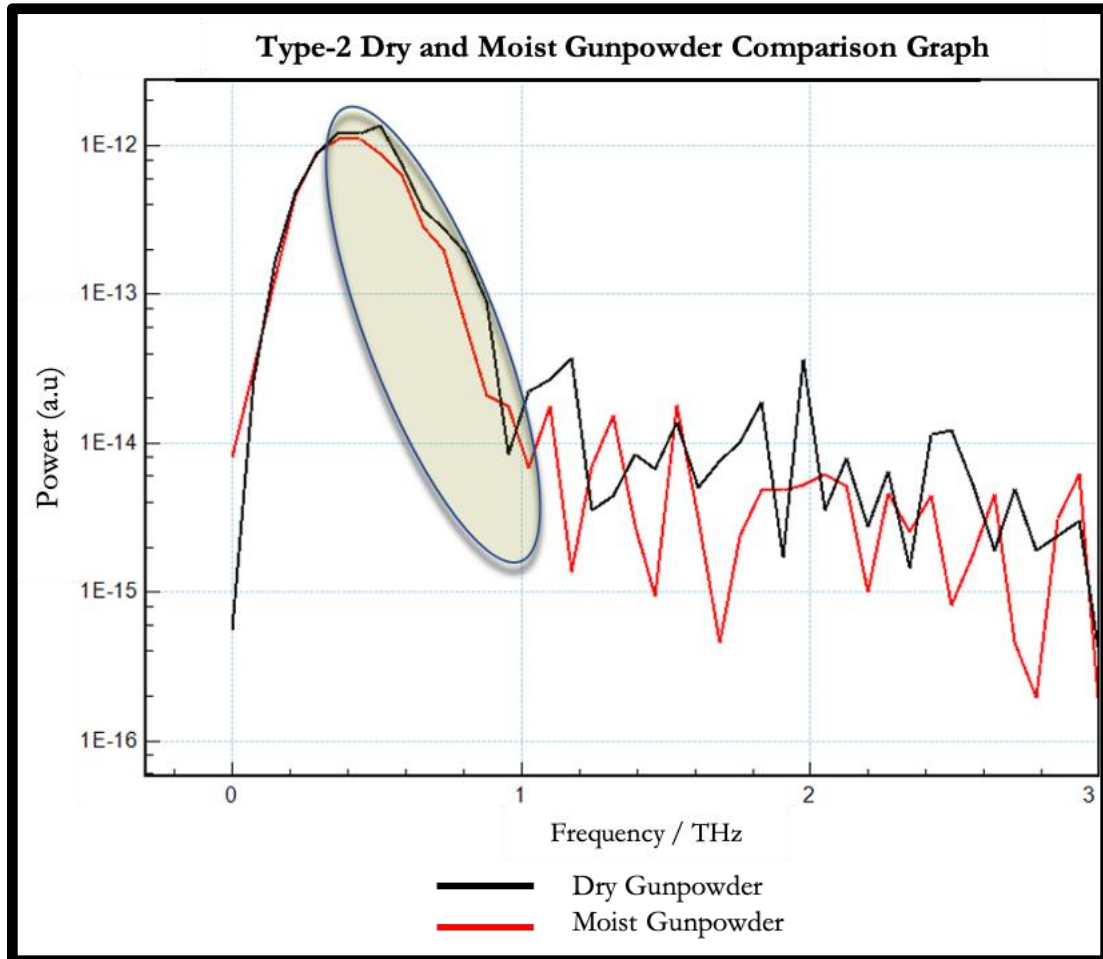


Figure 36 : Comparison of Type-2 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Frequency Graph

Conclusion

In Figure 10,11,12 and Figure 13, the comparative graphs of the dry and moist states of Type-1 and Type-2 gunpowder samples are shown. In our system used in the experiment, the signal strength of the THz beam is 0.1-3 THz. However, this signal strength decreases when the sample is placed in the system. Therefore, the absorption of water in our system used in the experiment can be seen more clearly between 0.3 and 1 THz. The absorption peaks of water after 1 THz cannot be displayed due to the decrease in signal strength. When the graphics related to the experiment based on this principle are examined; As a result of the experiments, it was found that the frequency density of the moist samples decreased significantly between 0.3 and 1 THz. This result is an indication that moisture on gunpowder samples can be successfully detected with the THz spectroscopy technique. By developing this study and installing a different system and increasing the number of measurements and trials, moisture changes in the samples can be determined proportionally.

References

- Aytekin, Y. S. (2016). *Time Domain Terahertz Spectroscopy: Construction of the Setup and Application In Analysis of Active Pharmaceutical Ingredients*. Middle East Technical University.
- Banerjee, D., von Spiegel, W., Thomson, M. D., Schabel, S., & Roskos, H. G. (2008). Diagnosing water content in paper by terahertz radiation. *Optics Express*, *16*(12), 9060. <https://doi.org/10.1364/OE.16.009060>
- Bjarnason, J. E., Chan, T. L. J., Lee, A. W. M., Celis, M. A., & Brown, E. R. (2004). Millimeter-wave, terahertz, and mid-infrared transmission through common clothing. *Applied Physics Letters*, *85*(4), 519–521. <https://doi.org/10.1063/1.1771814>
- Chen, J., Chen, Y., Zhao, H., Bastiaans, G. J., & Zhang, X.-C. (2007). Absorption coefficients of selected explosives and related compounds in the range of 0.1–2.8 THz. *Optics Express*, *15*(19), 12060. <https://doi.org/10.1364/OE.15.012060>
- Chua, H. S., Upadhyaya, P. C., Haigh, A. D., Obradovic, J., Gibson, A. A. P., & Linfield, E. H. (2004). Terahertz time-domain spectroscopy of wheat grain. *Infrared and Millimeter Waves, Conference Digest of the 2004 Joint 29th International Conference on 2004 and 12th International Conference on Terahertz Electronics, 2004.*, 399–400. <https://doi.org/10.1109/ICIMW.2004.1422130>
- Crawford, C. L., Boudries, H., Reda, R. J., Roscioli, K. M., Kaplan, K. A., Siems, W. F., & Hill, H. H. (2010). Analysis of Black Powder by Ion Mobility–Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, *82*(1), 387–393. <https://doi.org/10.1021/ac902168a>
- Dexheimer, S. L. (n.d.). *Terahertz Spectroscopy Principles and Applications*. CRC Press.
- Eroğlu, E. T. (2002). *Yanar Kovan Malzemelerin Hazırlanması*. Hacettepe Üniversitesi.
- Federici, J. F. (2012). Review of Moisture and Liquid Detection and Mapping using Terahertz Imaging. *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, *33*(2), 97–126. <https://doi.org/10.1007/s10762-011-9865-7>
- Federici, J. F., Gary, D., Barat, R., & Michalopoulou, Z.-H. (2007). Detection of Explosives by Terahertz Imaging. In *Counterterrorist Detection Techniques of Explosives* (pp. 323–366). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452204-7/50030-4>
- Gavenda, T., & Křesálek, V. (2014). *Distinguishing of different kinds of gunpowder using various methods based on terahertz radiation* (Neil A. Salmon & E. L. Jacobs, Eds.; p. 92520A). <https://doi.org/10.1117/12.2067250>
- Gavenda, T., & Křesálek, V. (2013). *Terahertz time-domain spectroscopy for distinguishing different kinds of gunpowder* (Neil Anthony Salmon & E. L. Jacobs, Eds.; p. 89000H). <https://doi.org/10.1117/12.2034126>
- Gowen, A. A., O’Sullivan, C., & O’Donnell, C. P. (2012). Terahertz time domain spectroscopy and imaging: Emerging techniques for food process monitoring and quality control. *Trends in Food Science & Technology*, *25*(1), 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.12.006>

Inagaki, T., Ahmed, B., Hartley, I. D., Tsuchikawa, S., & Reid, M. (2014). Simultaneous prediction of density and moisture content of wood by terahertz time domain spectroscopy. *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, 35(11), 949–961. <https://doi.org/10.1007/s10762-014-0095-7>

Laboratory of Terahertz Spectroscopy, Prague. (n.d.). <https://lts.fzu.cz/en/intro.php>

McIntosh, A. I., Yang, B., Goldup, S. M., Watkinson, M., & Donnan, R. S. (2012). Terahertz spectroscopy: A powerful new tool for the chemical sciences? *Chem. Soc. Rev.*, 41(6), 2072–2082. <https://doi.org/10.1039/C1CS15277G>

Mieloszyk, M., Majewska, K., & Ostachowicz, W. (2018). THz spectroscopy application for detection and localisation of water inclusion in glass composite. *Composite Structures*, 192, 537–544. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.03.040>

MIL-STD-286C Military Standard Propellants, Solid: Sampling, Examination and Testing. (1967). United States of America Department of Defence.

Nalbant, İ. (1997). Barut Fabrikası El Kitabı. In *Barut Fabrikası El Kitabı: Vol. 1.Bölüm.*

Nie, P., Qu, F., Lin, L., Dong, T., He, Y., Shao, Y., & Zhang, Y. (2017). Detection of Water Content in Rapeseed Leaves Using Terahertz Spectroscopy. *Sensors*, 17(12), 2830. <https://doi.org/10.3390/s17122830>

Parasoglou, P., Parrott, E. P. J., Zeitler, J. A., Rasburn, J., Powell, H., Gladden, L. F., & Johns, M. L. (2009). Quantitative moisture content detection in food wafers. *2009 34th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/ICIMW.2009.5324623>

Şahin, M. (2012). *Kızılötesi Işınımlı Isıtıcı Kullanan Bir Kurutucuda Isı ve Akış Analizi.* Gazi Üniversitesi.

Şahin, M. E. (2014). *Küresel Barut Üretim Parametrelerinin İncelenmesi, Sentezi ve Karakterizasyonu.* Hacettepe Üniversitesi.

Sethy, P. K., Mishra, P. R., & Behera, S. (n.d.). *An Introduction to Terahertz Technology, Its History, Properties and Application.* 5.

Shumyatsky, P., & Alfano, R. R. (2011). Terahertz sources. *Journal of Biomedical Optics*, 16(3), 033001. <https://doi.org/10.1117/1.3554742>

Taday, P. F., Bradley, I. V., Arnone, D. D., & Pepper, M. (2003). Using terahertz pulse spectroscopy to study the crystalline structure of a drug: A case study of the polymorphs of ranitidine hydrochloride. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 92(4), 831–838. <https://doi.org/10.1002/jps.10358>

Tekbaş, M. (2014). *Terahertz Görüntüleme ve Tanıma Sistemleri.* Bilecek Şeyh Edebalı Üniversitesi.

The Terahertz Wave eBook. (2012). Zomega Terahertz Corporation.

Ung, B. S.-Y., Fischer, B. M., Ng, B. W.-H., & Abbott, D. (2007). *Towards quality control of food using terahertz* (D. V. Nicolau, D. Abbott, K. Kalantar-Zadeh, T. Di Matteo, & S. M. Bezrukov, Eds.; p. 67991E). <https://doi.org/10.1117/12.759825>

Yasui, T., & Araki, T. (2006). *Sensitive measurement of water content in dry material based on low-frequency*

terahertz time-domain spectroscopy (J. C. Wyant & X. Zhang, Eds.; p. 60240A).
<https://doi.org/10.1117/12.666812>

Yinon, J., & Zitrin, S. (1981). Classification of Explosives. In *The Analysis of Explosives* (pp. 1–28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-023846-3.50006-5>

Yıldırım, F. (2013). *Büyük Kalibre Mühimmatta Kullanılan Barutların Geometrik Şeklinin Değişiminin, Namlu İç Basıncı ve Namlu Çıkış Hızı Üzerindeki Etkisi*. Ankara Üniversitesi.

Zhang, X.-C., & Xu, J. (2010). *Introduction to THz Wave Photonics*. Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0978-7>

Zimdars, D., White, J., Stuk, G., Chernovsky, A., Fichter, G., & Williamson, S. L. (2006). *Time domain terahertz detection of concealed threats in luggage and personnel* (D. L. Woolard, R. J. Hwu, M. J. Rosker, & J. O. Jensen, Eds.; p. 62120O). <https://doi.org/10.1117/12.665748>

Ülkelerin Dış Borç Düzeylerine Göre Sınıflandırılmasında Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Başarısı Ve Rastgele Orman Algoritması Uygulaması

Khanim KHALILLI¹
Canser BOZ²
Emrah ÖNDER³
Balash BABAYEVA⁴

GİRİŞ

Küreselleşmenin etkisiyle artan uluslararası ilişkiler ülkelerin dış borçlarının ekonomiye etkisine yol açmıştır. Borçlanma artık gelişmiş ülkelerin sıklıkla başvurduğu bir finans kaynağı olmuştur. Ancak bu durum sadece gelişmiş ülkeler için değil aynı zamanda gelişmekte olan ülkeler için de geçerlidir. Gelişmekte olan ülkelere dış ticaret açığı ve yurtdışı tasarrufu yetersizliği ülkelerin dış kaynaklardan finansal destek almasına yol açmaktadır(Taylor, 2004: 49-50).

Gelişmekte olan ülkeler ekonomik gelişmeyi sağlamak adına gelir ve harcama arasındaki açığı kapatabilmek için finansal sermaye kaynağı olarak dış borçlanmaya gider. Bu kategorideki ülkelere dış borçlar kalkınmanın finansmanı ve ekonomik dengenin oluşması için başvurulan bir yol olarak görülmektedir(Philip,2013: 10). Fakat dış borçların kalkınmaya katkı sağlayıp sağlayamadığı tartışma konusudur. İlk aşamada yatırım hacmini artırır ve büyümeyi destekler. Fakat uzun vadede etkisi olumsuz olabilir. Çünkü alınan borçlar faizi ile birlikte ödeneceği için tasarruf miktarından düşmektedir. Ekonomik gelişmeyi amaç edinerek sürekli artan dış borçlar ile tasarruf, büyüme ve kalkınma arasında uzun vadede ters orantılı bir ilişki ortaya çıkacaktır. Aynı zamanda kamusal harcamalarda azalmaya ve vergilerde artışa yol açacaktır. Burada önemli olan borçların doğru yatırımlarda kullanılması ve süreklilik arz etmemesidir. Bu konuda her ülke başarılı değildir(Tüylüoğlu,2015).

Küresel dış borç verilerine bakıldığında gelişmiş ülkelerin ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Bu durum, ülkelerin ekonomik açıdan zayıflıklarını göstermez. Ekonomik olarak güçlü konumda olmaları bu ülkelerin dışardan borç edinmelerini kolaylaştırmaktadır. Çünkü uluslararası kuruluşlar veya dış ülkeler borç verirken ülkelerin borç ödeme kapasite gücüne bakmaktadır. Bu ölçü ise, borcun GSYMH'a bölünmesi ile elde edilir. Sonucun küçüklüğü ülkelerin daha fazla borç ödeme kapasitesine sahip olduğunu gösterir(Euronews,2016).

İlgili literatür incelendiğinde dış borçlar ile ilgili bir çok çalışmaya rastlanmaktadır. Çalışmaların çoğunda yöntem olarak ekonometrik ve istatistiksel modeller tercih edilmiştir. Bu çalışmada ise ülkelerin çeşitli makroekonomik göstergelerin etkisi ile dış borç miktarlarına göre hangi sınıfta yer alacağını belirlemek amacıyla makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır. Çalışmada literatürde dış borçlar üzerinde etkisi olduğu gösterilmiş değişkenlere değinilmiş, kullanılan yöntemlere ilişkin ekonomi alanında yapılmış çalışmalar incelenmiş, daha sonra sınıflandırma için kullanılan yöntemler

¹Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler ABD, halilovahanim@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-730X>

² Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Ekonomisi ABD, canser.boz@istanbul.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6136-4479>

³ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler ABD, emrah@istanbul.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0554-1290>

⁴Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İktisat ABD, balash1992@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3410-6191>

karşılaştırılmıştır. Son olarak her bir yöntem için bulgular yorumlanmış, daha sonra yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

I. LİTERATÜR

Makine öğrenimi yöntemleri geleneksel yöntemlere göre daha esnek algoritmalarıdır. Sınıflandırma ve tahmin yöntemleri makine öğrenimi yöntemlerinin önemli parçalarıdır. Bu yöntemleri kullanarak literatürde çeşitli ekonomik özelliklerine göre gerek gelişmekte olan, gerek gelişmiş ülkelerin sınıflandırılması ve tahminine yönelik birçok çalışma yapılmıştır.

Çınaroğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada OECD ülkelerinin makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak sağlık harcamalarına göre gruplandırılması hedeflenmiştir. Çalışmada çeşitli karar ağaçları (C4.5, CART) ve Rastgele Orman algoritmalarının AUC ve ROC eğrisi grafiği ile performans karşılaştırması yapılarak, Rastgele Orman sınıflandırma performansının (AUC=0,98), CART (0,95) ve C4.5'ten (0,90) çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sun ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada ülkelerin ithalat ve ihracat verilerinin incelenerek GSYİH'sinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tahminleme için doğrusal regresyon, karar ağaçları ve destek vektör makineleri gibi yöntemler kullanılarak, performans karşılaştırması yapılmıştır.

Jung ve diğerleri (2018) bir ekonomik tahminleme problemi için üç farklı makine öğrenimi algoritması önermiştir. Çalışma önerilen makine öğrenimi algoritmalarının geleneksel istatistiksel modellerden daha iyi performans gösterdiği sonucunu ortaya koymuştur.

Rajkumar (2017) GSYİH oranındaki değişiklikleri tahmin etmek için geleneksel yöntemler ve makine öğrenimi yöntemlerini kullanarak bir karşılaştırma yapmıştır. Karşılaştırma için sıradan en küçük kareler yöntemi, lojistik regresyon, rastgele orman ve yapay sinir ağları kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yapay sinir ağları diğer yöntemlere göre çok daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Mladenoviç (2016) ve diğerleri ticaret, ithalat ve ihracat parametrelerine dayalı olarak ekonomik büyümeyi öngörmeyi hedeflemiştir. Çalışmanın temel amacı, yapay sinir ağlarını geriye yayılım ve aşırı öğrenme makineleri olarak uygulayıp tahmin doğruluğu sonuçlarının ticaret verilerine göre karşılaştırılmasıdır. Sonuçlara dayanarak, aşırı öğrenme makinelerinin ekonomik büyüme oranı tahmini uygulamalarında etkili bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

II. YÖNTEM

a. Lojistik regresyon

Sınıflandırma problemlerinde yaygın bir şekilde kullanılan algoritmalarından bir tanesidir. Bağımlı değişkenin kategorik olduğu durumlarda veri kümesini analiz etmek için kullanılır. Özellikle bağımsız değişken sayısının fazla olduğu durumlarda başarılı sonuçlar vermektedir (Med,2014). Lineer regresyon analizinde sonuçlar bağımsız değişkenin alacağı değerler şeklinde iken, lojistik regresyon yönteminin sonuçları ele alınan sınıfların olasılıkları şeklindedir ve 0-1 aralığındadır (Kwofie& Boadi, 2015). Bu olasılık tahmini için kullanılan model aşağıdaki gibidir:

$$Y = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}}$$

b. Karar Ağaçları

Bir karar ağacı, öğelerle ilişkili özellikler hakkında bir dizi soru sorarak oluşturulan, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılan algoritmalarından biridir. Her soru bir düğüm ile ifade edilir ve sorular (nitelikler) şeklini alan bir hiyerarşi oluşturur. Ağacın oluşturulmasında C4.5, CART gibi yöntemler kullanılmaktadır. Karar ağaçlarının en büyük avantajı daha basit ve diğer algoritmalara göre daha yorumlanabilir bir sınıflandırıcı olmasıdır (Kingsford & Salzberg, 2008).

c. Rastgele Orman-

Topluluk öğrenmesi algoritmalarından biri olan rastgele orman algoritmasında adından da görülebileceği gibi karar ağaçlarından bir orman yaratılıyor. Ormandaki ağaç sayısı arttıkça sonuçların güvenilirliği de artmaktadır. Algoritmanın en büyük avantajı klasik karar ağacı algoritmalarının en büyük sorunu olan aşırı uyum sorununun ağaç sayısı arttıkça azalmasıdır. Rastgele orman algoritmasında bölünme pozisyonunun belirlenmesinde Gini indeksini kullanılmaktadır (Özdarıcı vd., 2005). Algoritma özellikle sınıflandırma problemlerinde çok iyi performans sergilediği için diğer topluluk öğrenme algoritmalarına göre daha çok tercih edilmektedir (Akar vd.v,2010).

d. K-en yakın komşu (kNN)

Çok kullanılan denetimli öğrenme algoritmalarından biri olan knn algoritması bir tahmin yapmak istediğimizde, tüm veri setinde en yakın komşuları arar. Hem sınıflandırma hem regresyon problemlerinde kullanılabilen kNN algoritması çoğunlukla sınıflandırma problemlerinde tercih edilmektedir. Algoritma bir k değerinin belirlenmesi ile başlar. Bu k değeri kaç adet komşuya bakılacağını ifade eder. Veri setine eklenecek yeni verinin mevcut değerlere uzaklığı hesaplanıp k adet komşusuna bakılır. Uzaklık hesaplamada birden fazla yöntem kullanılsa da en çok tercih edilen yöntem Öklid yöntemidir (Imandoust & Bolandraftar, 2013).

e. Destek Vektör Makineleri (DVM)

Vapnik tarafından geliştirilen DVM örüntü tanıma ve sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır (Cortes & Vapnik, 1995). DVM sınıflandırma işlemi sınıflar arasında maksimum marjini sağlayacak şekilde bir hiperdüzlem oluşturarak gerçekleştirmektedir (Kim, 2003). İlk olarak sadece iki sınıflı doğrusal veriler için kullanılan bu yöntem, daha sonra doğrusal olmayan ve çok sınıflı problemler için de geliştirilmiştir.

f. Naive Bayes

Algoritma Bayes teoremine dayalı bir dizi hesaplama ile verilerin hangi sınıfta yer alacağını bulmayı amaçlar. Algoritma sınıflandırma işlemi Bayes teoremi ile bağımsızlık varsayımlarını temel alarak gerçekleştirir (Berrar, 2018).

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Naive Bayes algoritması görünürde basit varsayımlara ve işleyişe sahip olsa da bir çok sınıflandırma probleminde başarılı sonuçlar vermektedir.

II.I. Sınıflandırma Algoritmalarında Başarının Değerlendirilmesi

Hata matrisi eğitim veri setinden hareketle test veri setindeki gözlemlerin pozitif ve negatif durumlara göre hangi ölçüde sınıflandırıldığını gösteren matristir.

Tablo 17: Sınıflandırma Matrisi

		Gerçek	
		Pozitif Durum	Negatif Durum
Tahmin	Pozitif	DP	YP
	Negatif	DN	YN

Doğru Pozitif (DP) test veri setinde pozitif sınıfta olan gözlem model sonucunda da pozitif sınıfa atanmıştır. Sınıflandırma doğru yapılmıştır.

Yanlış Pozitif (YP) test veri setinde negatif sınıfta olan gözlem model sonucunda pozitif sınıfta yer almıştır. Hatalı sınıflandırma yapılmıştır.

Doğru Negatif (DN) test veri setinde negatif sınıfta olan gözlem model sonucunda da negatif sınıfa atanmıştır. Sınıflandırma doğru yapılmıştır.

Yanlış Negatif (YN) test veri setinde pozitif sınıfta olan gözlem model sonucunda negatif sınıfta yer almıştır. Hatalı sınıflandırma yapılmıştır.

Sınıflandırma modellerinde başarıyı değerlendirmek için doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü gibi değerler kullanılmaktadır. Bu ölçütler değerlendirme için en temel kriterlerdir.

Doğruluk-sınıflandırma modellerinde en çok tercih edilen başarı değerlendirme kriterlerinden biridir. Ancak bazı veri setlerinde özellikle sınıflardaki gözlem sayıları farklılaştığında sadece doğruluk kriterine göre değerlendirme yapmak yeterli görülmemektedir. Doğruluk değeri sınıfı doğru tahmin edilen gözlemlerin toplamının tüm gözlemler toplamına bölünmesi ile bulunur.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + YP}{DP + DN + YP + YN}$$

Kesinlik-sınıfları doğru tahmin edilen pozitif örneklerin sınıfı pozitif tahmin edilen toplam örnek sayısına oranıdır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{DP}{DP + YP}$$

Duyarlılık-sınıfları doğru tahmin edilmiş pozitif örnek sayısının toplam pozitif örnek sayısına oranıdır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP + YN}$$

F-ölçütü kesinlik ve duyarlılık kriterlerini bir arada değerlendirme imkanı sağlarken bu iki kriterin harmonik ortalaması şeklinde bulunur.

$$F - \text{ölçütü} = \frac{2 * \text{kesinlik} * \text{duyarlılık}}{\text{kesinlik} + \text{duyarlılık}}$$

II.II. Veri Seti

Çalışma kapsamında dış borçlar üzerinde etkiye sahip olduğu düşünülen değişkenlere ilişkin 2017 yılı yatay kesit verileri kullanılmıştır. Değişkenler ile ilgili veriler Dünya Bankası'nın web sitesinden elde edilmiştir. Değişkenlerin belirlenmesinde Loser (2004) “External Debt Sustainability: Guidelines for Low- and Middle-income Countries”, Swamy (2015) “Government Debt and its Macroeconomic Determinants – An Empirical Investigation” , Pyeman (2015) “Factors Affecting External Debt in Malaysia: An Empirical Investigation” çalışmalarından yararlanılmıştır. Loser tarafından 2004 yılında yapılan çalışma dış borcu etkileyen makroekonomik göstergelerin uluslararası rezervler, reel faiz oranı, enflasyon, üretimdeki artış, ihracat ve ithalat, faiz oranları, kamu açığı olduğu ortaya konulmuştur. Swamy tarafından yürütülen çalışma sonuçları incelendiğinde gayri safi yurtiçi hasıla, doğrudan yabancı yatırımlar, hükümet harcamaları, enflasyon ve nüfus artımı göstergelerinin dış borçları negatif etkilediği görülürken sabit sermaye, nihai tüketim harcamaları and ticaret açığı göstergelerinin pozitif etkilediği görülmüştür. Pyeman ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular gayri safi yurtiçi hasıla, ihracat ve doğrudan yabancı yatırımların dış borç seviyesinin önemli göstergeleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma kapsamında analizlere dahil edilen değişkenler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 18: Çalışma Kapsamında Kullanılan Değişkenler

Değişken	Ölçüm birimi	Yıl
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	Kişi başına düşen miktar (\$)	2017
Doğrudan Yabancı Yatırımlar	Oran (%)	2017
Nihai Tüketim Harcamaları	Oran (%)	2017
Mal ve Hizmet İthalatı	Oran (%)	2017
Toplam Rezervler	Oran (%)	2017
Reel Faiz Oranı	Oran (%)	2017

Enflasyon	Oran (%)	2017
Nüfus Artımı	Oran (%)	2017
Yurtiçi Tasarruflar	Oran (%)	2017

II.III. Sınıfların Belirlenmesi

Bir ülkenin dış borç değerlendirmesinde kullanılacak farklı rasyo türleri mevcuttur. Bu çalışmada ülkelerin sınıflandırılmasında GSMH'nin Dış Borç Stokuna olan oranı dikkate alınmıştır. Dünya Bankası ve IMF'nin de kabul ettiği değerlendirmeye göre GSMH/Dış Borç Stok oranı %30'un altında olan ülkeler dış borcu düşük ülkeler kabul edilmekteyken, %50'nin üzerinde olan ülkeler yüksek dış borca sahip ülkeler olarak değerlendirilmektedir (Adıyaman, 2006).

III. BULGULAR

Çalışmada öncelikle makine öğrenmesi yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak başarısı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'teki gibidir.

Tablo 19:Yöntemlerin Başarı Test Sonuçları

	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F ölçütü
Rastgele Orman	%100	%100	%100	%100
KNN	%100	%100	%100	%100
Naive Bayes	% 94,11	%100	% 85,71	% 92,30
Destek Vektör Makineleri	% 88,88	%100	% 80	% 88,88
Lojistik Regresyon	% 83,33	% 85,71	% 75	% 80
Karar Ağaçları	% 77,77	% 87,5	0,70	%77,77

Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında bir topluluk öğrenme algoritması olan Rastgele Orman algoritmasının ve benzerlik ölçüsüne dayalı sınıflandırma yapan K En Yakın Komşu yönteminin tüm

kriterler açısından en iyi sonuca ulaştığı görülmektedir. Sadece doğruluk ölçütü incelendiğinde Rastgele Orman ve kNN algoritmalarını sırasıyla Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri, Lojistik Regresyon ve Karar Ağaçları izlemektedir.

Kesinlik ölçütüne göre Lojistik regresyon ve Karar Ağaçları diğer algoritmalara göre daha düşük bir performansa sahip olsa da, duyarlılık ölçütüne bakıldığında Destek Vektör Makineleri ve Naive Bayes algoritmaları ile birlikte yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Kesinlik ve duyarlılık ölçütlerinin birlikte değerlendirilmesini sağlayan F ölçütü doğruluk değeri ile aynı sıralamayı oluşturmaktadır.

İkinci aşamada ise Rastgele Orman algoritması kullanılarak ülkelerin dış borç stoğu üzerinde etkili olan makroekonomik faktörler analiz edilmiştir. Dünya Bankası ve IMF'nin de kabul ettiği değerlendirmeye göre, GSMH/Dış Borç Stok oranı %30'un altında olan ülkeler dış borcu düşük ülkeler kabul edilmiş ve analizde 0 ile kodlanmış, %50'nin üzerinde olan ülkeler yüksek dış borca sahip ülkeler olarak kabul edilmiş ve 1 ile kodlanmıştır. Yapılan Rastgele Orman algoritması sonuçları aşağıdaki tablodadır.

Tablo 20: Rastgele Orman Algoritması Sonuçları

Makroekonomik Değişken	0	1
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	5.5327117	5.5327117
Doğrudan Yabancı Yatırımlar	-0.6242176	-0.6242176
Nihai Tüketim Harcamaları	-0.9195719	-0.9195719
Mal ve Hizmet İthalatı	15.4471899	15.4471899
Toplam Rezervler	19.2191793	19.2191793
Reel Faiz Oranı	2.1088844	2.1088844
Enflasyon	0.8152735	0.8152735
Nüfus Artımı	6.4928367	6.4928367
Yurtici Tasarruflar	2.8135801	2.8135801

Rastgele Orman algoritması sonuçlarına göre ülkelerin yüksek dış borç sınıfında ya da düşük dış borç sınıfında yer alması üzerinde en etkili olan iki makroekonomik değişken Toplam Rezervler ile Mal ve Hizmet İthalatı olarak bulunmuştur. Enflasyon, Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Nihai Tüketim

Harcamaları ise görece olarak en az düzeyde etkili olan makroekonomik değişkenler olarak bulunmuştur. Çalışma kapsamına alınan ülkeler için bir ülkenin dış borç düzeyi açısından eşit değer kabul edilen GSMH/Dış Borç Stok oranı %50'nin üzerinde olmasını etkileyen en önemli faktör Toplam Rezervlerdir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dış borç ya da dış borçlanma; devletin, devlete bağlı kuruluşların başka bir devletten ya da dış kuruluşlardan finansal kaynak sağlamasıdır. Günümüzde borçlanma gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin bir taraftan sosyo-ekonomik amaçlarına ulaşabilmesi, diğer taraftan uluslararası ilişkilerindeki gelişmeyi desteklemek için başvurulmuş en etkili yollardan biridir. Ekonomik büyüme ile dış borç miktarı arasındaki ilişki tam olarak netliğe kavuşmamıştır. Ülkelerin dış borç seviyesi yorumlanırken temin edilen yabancı kaynaklardan verimli bir şekilde yararlanıp, yararlanılmadığına aynı zamanda borçların faiz oranlarına bakılmalıdır. Etkin bir şekilde kullanılan ve faizi düşük olan dış borçların genellikle ekonomik büyümeyi de olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Ülkelerin ekonomileri üzerinde büyük etkiye sahip olan dış borçlanmanın çok yüksek miktarlarda olması ülkeler için istenmeyen sonuçlar doğurabilir.

Bu çalışmada ülkelerin dış borçlanma seviyesine göre hangi sınıfta yer alacağını belirlemek için 6 makine öğrenmesi tekniği kullanılmıştır. Çalışmada ekonomik veriler kullanılarak makine öğrenmesi tekniklerinin performans karşılaştırması yapılmıştır. Tekniklerden En Yakın Komşu ve Rastgele Orman yöntemleri diğerlerine göre daha başarılı sonuçlar verse de genel olarak tüm yöntemler sınıflandırma işleminde %70'in üzerinde bir başarıya ulaşmıştır. İkinci aşamada ise Rastgele Orman algoritması kullanılarak ülkelerin dış borç stoğu üzerinde etkili olan makroekonomik faktörler analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre, çalışma kapsamına alınan ülkeler için bir ülkenin dış borç düzeyi açısından eşik değer kabul edilen GSMH/Dış Borç Stok oranı %50'nin üzerinde olmasını etkileyen en önemli faktör Toplam Rezervler olarak bulunmuştur. Toplam rezervler bir ülkenin en önemli makroekonomik değişkenleri arasında yer almaktadır. Ülkeler, para ve kur politikalarını desteklemek, olası şokların ülke ekonomisi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek, dış borç ödemelerini gerçekleştirmek, diğer döviz ihtiyaçlarını temin etmek gibi sebeplerle rezerv talep etmektedirler. Bu çalışmada da ülkeler için önemli makroekonomik hedefler arasında yer alan dış borcun en önemli belirleyicisi olarak toplam rezervler bulunmuştur. Toplam rezervlerden sonra en önemli belirleyici değişken ise Mal ve Hizmet İthalatı olarak bulunmuştur. Özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından tasarrufların yetersiz kalması nedeniyle yatırımlar da yetersiz olabilmektedir. Bu durum yurt içinde üretilmeyen mal ve hizmetlerin ithal edilmesine yol açmaktadır. Artan ithal talebini karşılamak için gerekli olan döviz sağlamanın yolu ise ya ihracatı artırarak ülkeye döviz girişini sağlamak ya da dış borçlanmaya giderek gerekli olan finansmanı sağlamaktır. Bu nedenle dış borcun önemli bir belirleyici mal ve hizmet ithalatıdır.

Sonraki ekonomik çalışmalarda veri setindeki gözlem sayısı artırılarak kullanılacak yöntemlerde daha yüksek başarıya ulaşılabilir. Dış borçlanmayı etkileyen diğer değişkenler de dahil edilerek modellerin performansı artırılabilir. Modellerin oluşturulmasında kullanılan RStudio yazılımı yerine farklı yazılımlar kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Çalışmada modellerin başarısını arttıracak parametre optimizasyon teknikleri kullanılarak sonuçlar iyileştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Adıyaman, A.T. (2006), Dış Borçlarımız ve Ekonomik Etkileri. *Sayıştay Dergisi*, 62, 21-45.
- Akar, Ö., Güngör, O., Akar, A., (2010). Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ile Arazi Kullanım Alanlarının Belirlenmesi, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11- 13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli, Bildiriler Kitabı, 142-152
- Berrar D. (2018) Bayes' Theorem And Naive Bayes Classifier. *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology*, 1, 403-412.
- Cortes, C., Vapnik, V. (1995). Support Vector Networks. *Machine Learning*, 20, 1-25.
- Çınaroğlu, S. (2015). Using Machine Learning Techniques To Classify Oecd Countries According to Health Expenditures. *Value in Health*, 18 (7).
- Imandoust, S.B, “Bolandraftar, M. (2013). Application of K-Nearest Neighbor (KNN) Approach for Predicting Economic Events: Theoretical Background. *Journal of Engineering Research and Applications*, 3(5), 605-610.
- İnce, M. (2001). *Devlet Borçları ve Türkiye*.Ankara: Gazi Kitabevi.
- Jung, J. K., Patnam, M., Ter-Martirosyan, A. *An Algorithmic Crystal Ball: Forecasts-based on Machine Learning*. IMF Working Paper. 18: 4-28.
- Kim, K., (2003). Financial Time Series Forecasting Using Support Vector Machines, *Neurocomputing*, 55 (1), 307-319.
- Köse, A.H., Yeldan, E. (2004). *İktisadi Kalkınma Kriz ve İstikrar*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Kwofie, C., Boadi, C., (2015). Predicting the Probability of Loan-Default: An Application of Binary Logistic Regression, *Research Journal of Mathematics and Statistics*, 7(4): 46-52.
- Mladenović (2016). Economic Growth Forecasting by Artificial Neural Network with Extreme Learning Machine Based on Trade, Import and Export. *Parameters, Computers in Human Behavior*. 65, 43-45.
- Özkan, H. (2006). *Dış Borçların Sürdürülebilirliği ve Türkiye Örneği*.Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Philip Olofin O. (2013). Foreign Aid and Poverty Level in West African Countries: New Evidence Using a Heterogeneous Panel Analysis. *Australian Journal of Business and Management Research*, 3(4), 9-18.

Pyeman, J., Noor, N.H.H.M., Mohammad, W.M.F.W., Yahya A.A. (2014). “Factors Affecting External Debt in Malaysia: An Empirical Investigation”, International Conference on Business Management.

Rajkumar, V. (2017). *Predicting Surprises to GDP: A Comparison of Econometric and Machine Learning Techniques*. MIT Sloan School of Management, Master of Finance Program.

Sun, J., Suo, Y., Park, S., Xu, T., Liu, Y., Wang, W. (2018). Analysis of Bilateral Trade Flow and Machine Learning Algorithms for GDP Forecasting. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8(5).

Swamy, V., (2015). Government Debt and its Macroeconomic Determinants – An Empirical Investigation, MPRA Paper 64106, University Library of Munich, Germany.

Taylor, L. (2004), “Dış Liberalleşme: Yakın Dönemden Dersler, İktisat Üzerine Yazılar I”, Küresel Düzen: Birikim, Devlet ve Sınıflar – Korkut Borarataş’a Armağan içinde, Köse, A.H., Yeldan, E. (der.), 3. Baskı, İletişim Yayınları, İstanbul.

Tüylüoğlu, Ş. (2015). Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde dış borç sorunu. Gazi Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, <http://sevkettuyluoglu.com/2015/06/13/azgelismis-ve-gelismekte-olan-ulkelerde-dis-borc-sorunu/> (Erişim Tarihi: 25.02.2020)

Ulusoy, A. (2001), *Devlet Borçlanması*. Trabzon: Derya Kitabevi.

United Nations, (2007). Recent Developments in External Debt. *United Nations General Assembly*, 62(151):1-18 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2701298/> (Erişim Tarihi: 30.02.2020)

**Current Debates on Natural
and Engineering Sciences**

1

