

# Kırıkkale University International Journal of Engineering Research and Development

International Peer Reviewed Journal

e-ISSN: 1308-5514



Volume: 14

Issue: 3

**DECEMBER 2022**

Kırıkkale Üniversitesi  
Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi

Uluslararası Hakemli Dergi

**Cilt: 14 Sayı:3 Aralık 2022**



**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ / KIRIKKALE UNIVERSITY**

**Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi**  
**International Journal of Engineering Research and Development**

**Sahibi / Owner**

Ersan ASLAN  
Rektör / Rector

**Baş Editör/Editor in Chief**

Ali Payıdar AKGÜNGÖR

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Murat LÜY  
Özer SEVİM  
Adnan AKTEPE  
Süleyman ERSÖZ  
Umut ÖZKAYA  
Onur ÜLKER

**Alan Editörleri / Area Editors**

Atilla ERGÜZEN- Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering  
Enes AYAN- Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering  
Murat İNAL- Biyomühendislik / Bioengineering  
Gülesin Sena DAŞ- Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering  
Hacı Mehmet ALAĞAŞ- Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering  
Tolga EREN- Elektrik-Elektronik Mühendisliği / Electrical and Electronics Engineering  
Özge Pınar AKKAŞ- Elektrik-Elektronik Mühendisliği / Electrical and Electronics Engineering  
Ersin KORKMAZ- İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering  
Saruhan KARTAL- İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering  
Hakan ARSLAN- Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering  
Tolga DEMİRCAN- Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering  
Tuna AYDIN – Metalurji ve Malzeme Mühendisliği / Metallurgical and Materials Engineering  
Aziz Barış BAŞYİĞİT – Metalurji ve Malzeme Mühendisliği / Metallurgical and Materials Engineering

**Dergi Sekreteryası / Journal Secretariat**

Kadriye Nur ERMAN

**Yazışma Adresi /Address**

Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
71450-Kampüs- Kırıkkale- TÜRKİYE  
<http://ijerad.kku.edu.tr>

[ijerad@kku.edu.tr](mailto:ijerad@kku.edu.tr)

**Tel :** +90-318-357-42 42 (1001)

**Fax:** +90-318-357-24 59

**ISSN- Online:** 1308-5514

**Aralık 2022 / December 2022**

**Özel Sayı / Special Issue**

**Danışma Kurulu / Editorial Board**  
(*Alfabetik Sıralama / Alphabetical*)

- A. Serdar YILMAZ Sütçü İmam Üniversitesi  
Ahmet Kürşat TÜRKER Kırıkkale Üniversitesi  
Ayten ÇELEBİ KESKİN Kırıkkale Üniversitesi  
Ertuğrul ÇAM Samsun Üniversitesi  
Hasan Şakir BİLGE Gazi Üniversitesi  
Hüseyin CANBOLAT Yıldırım Beyazıt Üniversitesi  
İbrahim UZUN Kırıkkale Üniversitesi  
İlhami DEMİR Kırıkkale Üniversitesi  
İlhan KOCAARSLAN İstanbul Üniversitesi  
İsa NAVRUZ Ankara Üniversitesi  
M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU Gazi Üniversitesi  
M. Tunay GENÇOĞLU Fırat Üniversitesi  
Mehmet Ali AKÇAYOL Gazi Üniversitesi  
Metin DAĞDEVİREN Gazi Üniversitesi  
Mustafa YİĞİTOĞLU Kırıkkale Üniversitesi  
Mustafa TÜRK Kırıkkale Üniversitesi  
Nihat İNANÇ Kırıkkale Üniversitesi  
Osman YILDIZ Kırıkkale Üniversitesi  
Ömer Muhammet SOYSAL Louisiana State University  
Recep ÇALIN Kırıkkale Üniversitesi  
Süleyman ERSÖZ Kırıkkale Üniversitesi  
Tamer EREN Kırıkkale Üniversitesi



**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ / KIRIKKALE UNIVERSITY**

**Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi**  
**International Journal of Engineering Research and Development**

### **Amaç**

Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi mühendisliğin tüm disiplinlerinde çalışılmış olan orijinal ve yüksek kalitedeki araştırma sonuçlarını basan ve teşvik eden bir araştırma dergisidir. Akademisyenler, bilim adamları, üniversitelerdeki araştırmacılar ve ilgi duyan herkesin çalışmaları basım için düşünülebilir.

### **Aim**

International Journal of Engineering Research and Development is a peer-reviewed international research journal aiming at promoting and publishing original high-quality research in all disciplines of engineering sciences and technology. Manuscripts are invited from academicians, scientists, researchers of universities and industry and for all interested people for publication consideration.

### **Araştırma Alanı**

Mühendislik Teorisi ve Uygulamaları

### **Research Highlights**

Engineering Theory and Applications

### **Kapsam**

Derginin ilgi alanlarında, sınırlama olmaksızın, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Makina Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği ve Endüstri Mühendisliği bulunmaktadır.

### **Scope**

Areas includes (but not limited to) all issues in Electrical&Electronics Engineering, Mechanical Engineering, Civil Engineering, Computer Engineering and Industrial Engineering.

### **Yazarlara Bilgi**

Ayrıntılı bilgi için lütfen <http://ijerad.kku.edu.tr/> adresini ziyaret ediniz.

### **Authors Information**

For detailed information please visit <http://ijerad.kku.edu.tr>

## **Yayın Etiği**

Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi (UMAGD) temel olarak, ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors) tavsiyeleri ile COPE (Committee on Publication Ethics)'un Editör ve Yazarlar için Uluslararası Standartları'na uymayı taahhüt etmektedir.

UMAGD, bilime hizmet etmek amacıyla tüm yayın süreçlerini tarafsız, saygın, hesap verebilir bir şekilde yürütmeyi taahhüt eder. Bu doğrultuda, yazarların din, dil, ırk gibi farklılıklarını gözetmeksizin çalışmalarını etik kurallara uygun ve adil olarak değerlendirmektedir.

UMAGD, yayınlanmak üzere başvuru alan çalışmayı en az iki hakem tarafından kör hakem değerlendirilmesi usullerine uygun olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Yazar ve hakemlerin kimlik bilgileri ve çalışmanın gizli kalacağı UMAGD'nin garantisidir.

UMAGD, çalışmayı değerlendirmek üzere alanında uzman kişileri hakem olarak seçmektedir.

UMAGD tarafından yayınlanan makaleler, bilime katkı sağlayan, özgün ve başka bir yerde ve/veya başka bir dilde yayınlanmamış makalelerdir.

UMAGD, tüm paydaşları arasında çıkar çatışmasının oluşmasına müsaade etmez. Çalışmanın muhattapı olan kişi ve kurumların zarar görmesini engelleyecek şekilde değerlendirme süreçlerini yönetir.

UMAGD, etik kuralların ihlal edildiğini belirlediği tüm makaleler için düzeltme yayını yayınlamayı ve paydaşlarını bilgilendirmeyi taahhüt eder.

UMAGD'de yayınlanan tüm eserlerin telif hakkı UMAGD'ye aittir. Bu eserlerin izinsiz olarak veya referans verilmeden kullanılmasına izin vermez.

Yazar, çalışmanın orijinal, başka yerde ve başka dilde yayınlanmamış / yayınlanmak üzere değerlendirilmeye alınmamış, etik kaygılar içermediği konusunda taahhütte bulunmalıdır. Çalışmalarda kullanılan görsel, şekil, tablolar ve alıntılar için gerekli izinler alınmalı, referans ve teşekkürle belirtilerek kullanılmalıdır. Telif ile ilgili kanunlara riayet edilmelidir.

Çalışmada yer alan tüm yazarların çalışmaya bilimsel olarak katkısı olmalı, yazar sıralaması en çok katkı sağlayan yazardan daha az katkı sağlayan yazara doğru olmalıdır. Yazar sıralamasında tüm yazarların rızası alınmalıdır. Çalışmaya yazar olacak kadar yeterli katkısı olmayan kişiler ile kurumlar teşekkür kısmında belirtilmelidir.

Çalışmayı değerlendirmek üzere gönderilen daveti kabul eden hakemler, değerlendirme sürecinde etik kurallara uymayı, çalışmanın içeriğinin gizli tutulmasını ve tarafsız bir yargıya varacağını kabul etmiş sayılır.

Çalışma değerlendirme sürecinde hakemler, çalışma hakkında bilgi danışmak / tartışmak üzere 3. kişiler ile yayın hakkında görüşmemeyi, çalışmanın içeriğini korumayı taahhüt ederler.

## **Araştırma Etiği**

Araştırma konusunun seçiminde insalığın ve bilimin yararı gözetilmelidir. Yapılan çalışmalar şeffaf ve hesap verilebilir olmalıdır.

Araştırma konusuna uygun olarak etik kurul izinleri ve gerekli yasal/özel izin belgeleri alınmalıdır. İzinsiz veya etik bulunmayan araştırmalar yapılmamalıdır.

Araştırma insan ve / veya hayvan deneklerinin kullanımını gerektiriyor ise çalışmanın uluslararası deklarasyon, kılavuz vb. uygun gerçekleştirildiği beyan edilmelidir.

Araştırmacılar araştırmaya katılan kişileri, kurum ve kuruluşları araştırmanın konusu, yöntemi, beklenen çıktı ve olası kullanımları ile içerdiği riskler hakkında şeffaf bir şekilde bilgilendirmelidirler.

Araştırmaya katılan kişiler tamamen gönüllü olarak katılmalı, zorlama altında olmamalıdır. Katılımcılardan, araştırmaya başlamadan önce rıza belgesi alınmalı, istenildiği takdirde ibraz edilebilmelidir. 18 yaşından küçükler ile vesayet altında olan kişilerin yasal vasisinden rıza onayı alınmalıdır.

Araştırmacılar, katılımcıları riske sokmayacak şekilde çalışmalarını gerçekleştirmelidirler.

Araştırmacılar, katılımcıların kişisel bilgileri ile sağladıkları diğer bilgilerin gizliliğini sağlamalıdır. Katılımcıların, maddi veya manevi zarar görmelerine neden olacak paylaşımlara izin vermemelidirler.

Araştırmacılar, çalışma sonuçlarının herhangi bir ülke veya bölgede yaşayan kişileri, farklı dil, din, ırk gibi özelliklere sahip olan insanların maddi veya manevi olarak zarar görmelerine izin vermemelidirler.

### **Etik Kurulu ve Yasal / Özel İzin Belgesi Alınması**

Aşağıdaki hususlarda araştırma yapmak için “Etik Kurul İzni” gerekmektedir.

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.

Ayrıca;

- Olgu sunumlarında “Aydınlatılmış onam formu”nun alındığının belirtilmesi,
- Başkalarına ait ölçek, anket, fotoğrafların kullanımı için sahiplerinden izin alınması ve belirtilmesi,
- Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine uyulduğunun belirtilmesi gereklidir.
- Araştırmacılar, etik kurulu onayı gerektiren tüm çalışmalar için bölgelerinde bulunan etik kurullarına başvurarak gerekli izinleri almalıdırlar.
- Etik kurul iznine ait kurul adı, değerlendirme tarihi ve etik izin belgesi sayı numarası belirtilecek şekilde çalışmanın yöntem kısmında yer almalıdır.
- Çalışmanın değerlendirilmek üzere sisteme yüklenmesi esnasında, etik kurul izni belgesinin kopyasında sisteme yüklenmesi gerekmektedir.
- Çalışmanın bir kuruma ait verileri içermesi durumunda ilgili kurumdan verilerin kullanılmasına rıza gösterdiğine dair özel izin alınmalıdır. İzin veren kurum bilgisi ile hangi verilerin kullanılmasına izin verdiği teşekkür bölümünde belirtilmelidir.
- Çalışmanın özel mülkiyete ait bir alanda geçmesi durumunda ilgili kişi ve kurumdan elde edilen verilerin kullanılmasına rıza gösterdiğine dair özel izin alınmalıdır. İzin veren kişi ve kurum bilgisi ile hangi verilerin kullanılmasına izin verdiği teşekkür bölümünde belirtilmelidir.
- Çalışmanın girişi veya tahribatı özel izin gerektiren bir alanda gerçekleşmesi durumunda ilgili kurumlardan araştırmanın gerçekleştirilmesi için özel izin alınmalıdır. İzin veren kuruluşların bilgisi ile izin türü hakkında teşekkür bölümünde bilgi verilmelidir.
- Çalışmanın değerlendirilmek üzere sisteme yüklenmesi esnasında, alınan özel izin belgelerinin bir kopyasında sisteme yüklenmesi gerekmektedir.
- Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi herhangi bir itilaf çıkması durumunda hukuki haklarını saklı tutmaktadır.

## **Publication Ethics**

International Journal of Engineering Research and Development (IJERAD) basically undertakes to comply with the recommendations of ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors) and the International Standards for Editors and Authors of COPE (Committee on Publication Ethics).

IJERAD undertakes to carry out all publishing processes in an impartial, respectable and accountable manner in order to serve science. In this respect, it evaluates the works of the authors as ethical and fair, regardless of differences such as religion, language, race.

IJERAD ensures that the study applied for publication is evaluated by at least two referees in accordance with the blind referee evaluation procedures. The identity information of the authors and referees and that the work will be kept confidential are under the guarantee of IJERAD.

IJERAD selects experts in their fields as referees to evaluate the study.

Articles published by IJERAD are original articles that contribute to science and have not been published elsewhere and / or in any other language.

IJERAD does not allow any conflict of interest between all of its stakeholders. Manages the evaluation processes in a way that prevents the persons and institutions that are the addressee of the study from being harmed.

IJERAD undertakes to publish correction publication and inform its stakeholders for all articles that it determines that the ethical rules are violated.

The copyright of all works published in IJERAD belongs to IJERAD. It does not allow these works to be used without permission or reference.

The author must make a commitment that the study is original, not published elsewhere or in another language / evaluated for publication, and does not contain ethical concerns. Necessary permissions should be obtained for the visuals, figures, tables and quotations used in the studies, and they should be used with reference and acknowledgment. Copyright laws must be respected.

All authors involved in the study should have a scientific contribution to the study, and the author order should be correct from the most contributing author to the less contributing author. Consent of all authors must be obtained in the author ranking. Individuals and institutions that do not contribute enough to be authors to the study should be stated in the acknowledgment section.

The referees who accept the invitation sent to evaluate the study are deemed to have accepted to comply with ethical rules during the evaluation process, to keep the content of the study confidential and to reach an impartial judgment.

In the study evaluation process, the referees undertake not to meet with third parties about the publication to consult / discuss information about the study, and to protect the content of the study.

## **Research Ethics**

The benefits of humanity and science should be considered in the selection of the research topic. Studies should be transparent and accountable.

Ethical board permissions and necessary legal / special permissions should be obtained in accordance with the research subject. Unauthorized or unethical research should not be done.

If the research requires the use of human and / or animal subjects, international declaration, guideline etc. it must be declared appropriate.

Researchers should transparently inform research participants, institutions and organizations about the subject, method, expected output, possible uses and risks involved.

People participating in the research should participate completely voluntarily and not be under coercion. Before starting the research, a consent document must be obtained from the participants and can be presented if requested. The consent of those under the age of 18 and under guardianship must be obtained from their legal guardian.

Researchers should conduct their work in a way that does not put participants at risk.

Researchers should ensure the confidentiality of participants' personal information and other information they provide. Participants should not allow sharing that may cause material or moral damage.

Researchers should not allow people living in any country or region, or people with different language, religion, race, etc., to suffer material or moral harm.

### **Ethics Committee and Obtaining Legal / Special Permit Certificate**

Ethics Committee Permission is required to conduct research on the following issues.

- All kinds of research conducted with qualitative or quantitative approaches that require data collection from participants using questionnaires, interviews, focus group work, observation, experimentation, interview techniques,
- Using humans and animals (including material / data) for experimental or other scientific purposes,
- Clinical researches on humans,
- Researches on animals,
- Retrospective studies in accordance with the law on protection of personal data.

Also;

- Stating that "Informed Consent Form" was obtained in case presentations,
- Obtaining permission from the owners for the use of scales, questionnaires and photographs belonging to others,
- It should be stated that the copyright regulations are complied with for the intellectual and artistic works used.
- Researchers must obtain the necessary permissions by applying to the ethics committees in their region for all studies that require ethics committee approval.
- The name of the ethics committee for permission, the date of evaluation and the number of the ethical permission document should be included in the method part of the study.
- While the study is uploaded to the system for evaluation, a copy of the ethics committee permission document must be uploaded to the system.
- In case the study includes data belonging to an institution, special permission must be obtained from the relevant institution that the data is used. The information of the permitting institution and what data it allows to use should be specified in the acknowledgment section.
- If the study takes place in a privately owned area, special permission must be obtained indicating that he consents to the use of the data obtained from the relevant person and institution.
- The information about the person and institution that gave permission and which data they allow to be used should be specified in the acknowledgment section.
- In case the entry or destruction of the study takes place in an area that requires special permission, special permission must be obtained from the relevant institutions to carry out the research. Information about the permitting organizations and the type of permit should be given in the acknowledgment section.
- While the study is uploaded to the system for evaluation, a copy of the special permits received must be uploaded to the system.
- International Journal of Engineering Research and Development reserves its legal rights in case of any dispute.



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

- 1 Birinci Basamak Sağlık Binalarında Ergonomik Kalite Değerlendirmesi**  
*Ergonomic Quality Evaluation in Primary Healthcare Buildings*  
Buket Giresun Erdoğan, Seval Özgel Felek, Simge Kutsal Göllü  
DOI: 10.29137/umagd.1197398 s1-s19
- 2 Mikro Mekanlarda İç Mekan Ergonomisi**  
*Interior Ergonomics in Micro Spaces*  
Melih Kurnalı  
DOI: 10.29137/umagd.1197616 s20-s31
- 3 Kargo Sektöründe Müşteri Memnuniyeti Endeksinin Yapısal Eşitlik Modellemesi ile Hesaplanması**  
*Calculation of Customer Satisfaction Index in the Cargo Industry with Structural Equation Modeling*  
Esra Nur Özgül, Adnan Aktepe, Süleyman Ersöz  
DOI: 10.29137/umagd.1197660 s32-s42
- 4 Ergonomik Personel Çizelgeleme Problemi: Savunma Sanayinde Bir Uygulama**  
*Ergonomic Personnel Scheduling Problem: An Application in Defense Industry*  
Rabia Akgönül, Tamer Eren, Hacı Mehmet Alakaş  
DOI: 10.29137/umagd.1201418 s43-s68
- 5 Kentlerde Sessiz/Sakin Alanların Önemi ve Eskişehir Kurşunlu Cami ve Külliyesi Bahçesinin İşitsel Peyzaj Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi**  
*The Importance of Quiet/Calm Areas in Cities and an Assessment of the Eskisehir Kursunlu Mosque and Complex with Soundscape Approach*  
Gülşen Akın Güler, Aslı Özçevik Bilen  
DOI: 10.29137/umagd.1202473 s69-s77
- 6 İstatistiksel Veri Analizi ile Çalışma Salonu Memnuniyet Ölçümü Üzerine Bir Uygulama**  
*An Application on Study Hall Satisfaction Measurement with Statistical Data Analysis*  
Semra Tebrizcik, Süleyman Ersöz, Adnan Aktepe, Barançan Uzun, Buğrahan Yolbilir, Erol Çağatay Güler  
DOI: 10.29137/umagd.1204209 s78-s86
- 7 Hava Trafik Kontrolörü Adaylarının Gerçek Zamanlı Simülasyon Senaryolarındaki Hata Sayıları ve Performans Skorlarının İncelenmesi**  
*Investigation of Error Numbers and Performance Scores of Air Traffic Controller Candidates in Real-time Simulation Scenarios*  
Ebru Yazgan, Fulya Aybek Çetek, Deniz Şimşek, Nazım Ata, Nihal Erginel, Seçkin Tuncer, Barış Karabayrak, Ahmet Aydın, Kadir Dönmez, Çağla Yıldızlar, Tuğçe Toktay  
DOI: 10.29137/umagd.1201368 s87-s97
- 8 Bir Sorumluluk Alma Aracı Olarak Mobilya: 3-6 Yaş Grubu Çocuklarla Alan Çalışması**  
*Furniture As a Means of Taking Responsibility: Field Work with Children Aged 3-6 Years*  
Emel Aydın, Füsün Curaoğlu  
DOI: 10.29137/umagd.1197984 s98-s108
- 9 Kent Mobilyalarında Ergonomik ve Antropometrik Ölçütlere Dayalı Parametrik Tasarım**  
*Parametric Design in Urban Furniture Based on Ergonomic and Anthropometric Criteria*  
Seval Özgel Felek, Simge Kutsal Göllü, Buket Giresun Erdoğan  
DOI: 10.29137/umagd.1197476 s108-s119

- Havaalanı Personeli Sertifika Eğitimlerinin Önemi: SHT/HAD Kapsamında Eğitim Yetkilendirme ve Planlama Akış Şeması**  
10 *Importance of Airport Personnel Certification Training: Training Authorization and Planning Flow Chart within the Scope of SHT/HAD* s120-s130  
*Sedef Yarıcı, Vildan Durmaz, Ebru Yazgan*  
DOI: 10.29137/umagd.1197606
- Türkiye’de Sektörlerin İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Risk Seviyelerinin TOPSIS Yöntemi ile Karşılaştırılması**  
11 *Comparison of the Risk Levels of Sectors for Occupational Health and Safety in Türkiye using the TOPSIS method* s131-s144  
*Şura Toptancı*  
DOI: 10.29137/umagd.1198163
- Eskişehir Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesinin Erişilebilirlik Üzerinden Okunması**  
12 *Legibility of Hamamyolu Urban Deck Through the Accessibility* s145-s153  
*Kübra Kasapoğlu, Mehmet İnceoğlu*  
DOI: 10.29137/umagd.1198643
- Ortak Kullanım Alanı Olarak Fakülte Yeme İçme Mekanları Tasarımında Ergonomi: Eskişehir Teknik Üniversitesi Örneği**  
13 *Ergonomics In The Design Of Faculty Food and Beverage Areas as a Common Area: The Case Of Eskişehir Technical University* s154-s172  
*Gül Ağaoğlu Çobanlar, Şeyma Koyuncu*  
DOI: 10.29137/umagd.1198942
- Evrensel Tasarım Bakış Açısıyla Acil Durum Barınaklarında İç Mekân Ergonomisi**  
14 *Interior Ergonomics in Emergency Shelters with Universal Design Perspective* s173-s186  
*İlknur Küçükkoğlu, Onur Ülker*  
DOI: 10.29137/umagd.1199675
- Mobilya Atölyelerinde Gerçekleştirilen Bilimsel Çalışmalarda Karşılaşılan Sorunlar: Çalışma Ortamlarının Ergonomik Değerlendirilmesi Örneği**  
15 *Problems Encountered in Scientific Studies in Furniture Workshops: An Example of Ergonomic Evaluation of Working Environments* s187-s193  
*Cemal Beydoğan, Ertan Yesari Hastürk*  
DOI: 10.29137/umagd.1199633
- Mobilya İmalatında Çevresel Faktörlerin Araştırılması**  
16 *Researching Environmental Factors in Furniture Manufacturing* s194-s203  
*Onur Ülker, Seda Canoğlu, Ozan Peker, Mehmet Ali Altın*  
DOI: 10.29137/umagd.1199754
- Nitelik Seçimi Kullanarak Twitter Kullanıcısının Cinsiyet Sınıflandırması üzerine Bir Çalışma**  
17 *A Study on Twitter User Gender Classification using Feature Selection* s204-s210  
*Tuba Parlar*  
DOI: 10.29137/umagd.1214018
- Automatic and Accurate Classification of Hotel Bathrooms from Images with Deep Learning**  
18 *Automatic and Accurate Classification of Hotel Bathrooms from Images with Deep Learning* s211-s218  
*Hakan Temiz*  
DOI: 10.29137/umagd.1217004

- 19 **Evrışimsel Sinir Ağları ile Otomatik Yüz Tanıma Sistemi**  
*Automatic Face Recognition System with Convolutional Neural Networks*  
Yeşim Tiraki, Çiğdem Bakır, Soydan Serttaş, Hasan Temurtaş  
DOI: 10.29137/umagd.1215694 s219-s224
- 20 **Displacement of Reinforced Concrete Space Shear Walls as a Result Of Earthquake Effect**  
*Cansu Ergin, Fatih Altun*  
DOI: 10.29137/umagd.1215761 s225-s233
- 21 **A Novel Method for miRNA-Disease Association Prediction based on Space Projection and Label Propagation (SPLPMDA)**  
*Ahmet Toprak*  
DOI: 10.29137/umagd.1217754 s234-s243
- 22 **Farklı Kalıp Geometrilerinde AA7075 Talaşlarının Sıkıştırılma Kabiliyetlerinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi**  
*Theoretical and Experimental Investigation of Compression Capabilities of AA7075 Chips in Different Mold Geometries*  
Suat Koçoğlu, Kemal Yıldızlı  
DOI: 10.29137/umagd.1216657 s244-s254
- 23 **Meeting the Electricity Need of a House with Solar Energy- Applying Solar PV to Heat Pump in İzmir House**  
*Seda Kırmacı Arabacı, Fatih Tunç, Baran Tosun*  
DOI: 10.29137/umagd.1216762 s255-s260
- 24 **Junction Designs Examples and Improvements in Junction Designs**  
*Hümeyra Bolakar Tosun*  
DOI: 10.29137/umagd.1215524 s261-s267
- 25 **Adrenal Lesion Classification on T1-Weighted Abdomen Images with Convolutional Neural Networks**  
*Ahmet Solak, Rahime Ceylan, Mustafa Alper Bozkurt, Hakan Cebeci, Mustafa Koplay*  
DOI: 10.29137/umagd.1215882 s268-s275
- 26 **Electrochemical Synthesis of Polycarbazole Film in Nonacidic Medium and its Electrochromic Properties**  
*Buket Bezgin Carbas*  
DOI: 10.29137/umagd.1157329 s276-s285
- 27 **Aluminyum Al 7075-T6 için Balistik Davranışın Sayısal Analizi**  
*Numerical Analysis of Ballistic Behavior for Aluminum Al 7075-T6*  
İbrahim Uzun, Serhat Sözeri, Selen Salihoğulları, Dilek Durak, Zühtü Onur Pehlivanlı  
DOI: 10.29137/umagd.1124316 s286-s302
- 28 **Mamdani ve Sugeno-tip Bulanık Çıkarım Sistemleri ile Sosyal Medya Haber Popülerliğinin Tahmini**  
*Prediction of Social Media News Popularity with Mamdani and Sugeno Type Fuzzy Inference Systems*  
İsmail Atacak, Ömer Ayberk Şencan  
DOI: 10.29137/umagd.1169623 s303-s320
- 29 **PID ve Bulanık Mantık Denetleyiciyle Kollektif Kanat Hatve Açısı Kontrolü**  
*Collective Blade Pitch Angle Control with PID and Fuzzy Logic Controller*  
Murat Lüty, Nuri Alper Metin, Zafer Civelek  
DOI: 10.29137/umagd.1196912 s321-s332

- 30 Solar Power Prediction using Regression Models**  
*Mustafa Yasin Erten, Hüseyin Aydılek*  
DOI: 10.29137/umagd.1100957 s333-s342
- 31 Threshold Based Image Enhancement Method for Low Contrast X-Ray Images Using CLAHE**  
*Buğra Hatipoğlu, İrfan Karagöz, Mikail İnal*  
DOI: 10.29137/umagd.1203617 s343-s350
- 32 Optimum PID Kazançları Genetik Algoritma İle Hesaplanan Otomatik Gerilim Regülatörü**  
*Automatic Voltage Regulator with Optimum PID Gains Calculated by Genetic Algorithm*  
*İbrahim Eke*  
DOI: 10.29137/umagd.1176936 s351-s361
- 33 Geri Dönüştürülmüş Asfalt Tozunun Alkali Aktifleştirilmiş Cüruf Harçları Üzerindeki Etkisi**  
*Effect of Recycled Asphalt Powder on Alkali Activated Slag Mortars*  
*Erdoğan Halis Alakara*  
DOI: 10.29137/umagd.1207073 s362-s368



## Birinci Basamak Sağlık Binalarında Ergonomik Kalite Değerlendirmesi

### Ergonomic Quality Evaluation in Primary Healthcare Buildings

Buket Giresun Erdoğan<sup>1\*</sup> , Seval Özgel Felek<sup>2</sup> , Simge Kutsal Göllü<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, İstanbul, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Ünye Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 52300, Ordu, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 01/11/2022

**Kabul / Accepted:** 25/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

#### Öz

Birinci basamak sağlık binaları, halk sağlığına hizmet vermek için özel ihtiyaçlara göre tasarlanan, teşhis ve tedavi süreçlerinin yürütüldüğü yapılardır. Bağlı oldukları il ve ilçelerde yaşayan bireylere temel, koruyucu ve rehabilite edici hizmetler sunan küçük ölçekli ve kompleks olmayan binalardır. Özgül kullanım alanları nedeniyle bu binaların birtakım ergonomik koşulları, belli ölçülerde işitsel, görsel, mekânsal ve termal konfor koşullarını sağlaması gerekmektedir. Binayı kullanan ziyaretçilerin çeşitli sağlık sorunları yaşayan farklı özelliklerdeki kişiler; yaşlılar, engelliler, hamileler vb. olması nedeniyle sağlık binalarında en temel ergonomik kalite standartlarının karşılanması oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında ilgili literatür detaylı olarak incelenmiş ve birinci basamak sağlık binalarında ergonomik kalitenin değerlendirilmesinde kullanılacak ölçütler derlenerek bir kontrol listesi literatüre kazandırılmıştır. Birden fazla değerlendirme ölçütünü içeren bu kontrol listesi ile binanın sistematik analizi için bütüncül bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım; Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD) yöntemi ile Muğla ili Menteşe ilçesinde bulunan 2 No.lu Aile Sağlığı Merkezi binasında test edilmiştir. Binada gözlem, yerinde ölçüm ve karşılıklı görüşme tekniklerinden faydalanılarak veriler toplanmıştır. Elde edilen veriler 3'lü likert ölçeğine uygun olarak analiz edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonunda incelenen binanın işitsel ve termal konfor düzeyinin iyi ( $2,60 \leq \bar{x} \leq 3,00$ ), mekânsal ve görsel konfor düzeyinin ise orta ( $2,14 \leq \bar{x} \leq 2,20$ ) seviyede olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Binanın ergonomik kalitesi genel olarak iyi seviyede ( $\bar{x}=2,49$ ) değerlendirilirken, mekânsal ve görsel konfor şartlarının iyileştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

#### Anahtar Kelimeler

*“Ergonomi, Mekânsal konfor, Görsel konfor, İşitsel konfor, Termal konfor, Kullanım sonrası değerlendirme”*

#### Abstract

Primary healthcare buildings are designed according to special needs to serve public health, and the first step of diagnosis and treatment processes are given in these buildings. They are small-scale and non-complex buildings that provide basic, protective, therapeutic, and rehabilitative services to people living in the regions they belong to. Due to their specific usage areas, these buildings must provide some ergonomic conditions, and auditory, visual, spatial, and thermal comfort conditions to a certain extent. Building visitors experiencing various health problems; elderly, disabled, pregnant, etc. persons with different characteristics. For this reason, it is important to meet the most basic ergonomic quality standards in healthcare buildings. The relevant literature is examined in detail and a checklist is prepared by compiling the criteria to be used in the evaluation of ergonomic quality in primary healthcare buildings. With this checklist, which includes multiple evaluation criteria, a holistic approach has been developed for the systematic analysis of the building. The method is tested with the Post-occupancy Evaluation (POE) technique in the Family Healthcare Building No. 2 in the Menteşe district of Muğla province. Data are collected in the building by using observation, measurement, and interview techniques. Data were analyzed by a 3-point Likert scale. As a result, the auditory and thermal comfort level in the examined building is good ( $2,60 \leq \bar{x} \leq 3,00$ ), while the spatial and visual comfort level is moderate ( $2,14 \leq \bar{x} \leq 2,20$ ). The ergonomic quality of the building is generally good ( $\bar{x}=2,49$ ). Suggestions were developed to improve spatial and visual comfort conditions.

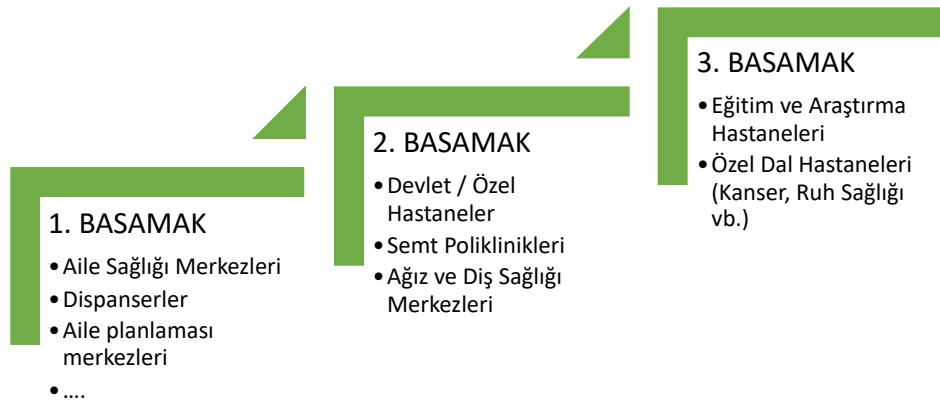
#### Key Words

*“Ergonomics, Spatial comfort, Visual comfort, Auditory comfort, Thermal comfort, Post-occupancy evaluation”*

## 1. Giriş

Sağlık binaları, halkın sağlık sorunlarının çözülmesi amacıyla tasarlanan ve bu doğrultuda gereken teşhis ve tedavi süreçlerinin yürütüldüğü yapılardır. Günümüzde üç basamaklı bir kategoride hizmet veren sağlık kuruluşlarının ilk basamağında yer alan kuruluşlar toplumun büyük bir kısmının tedavi edildiği, gereği durumunda ikinci ve üçüncü basamak sağlık kuruluşlarına sevk edildiği kurumlardır (Sağlık Bakanlığı, 2022). Uluslararası araştırmalar ve deneyimler, doğru örgütlenmiş bir sağlık hizmetinin hem ekonomik olarak hem de klinik başarı olarak daha etkin sağlık hizmeti sağladığını göstermektedir (Allen vd., 2002). Birinci basamak sağlık kuruluşları da bu örgütlenmede kilit rol oynamaktadır (Saltman vd., 2006).

Birinci basamak sağlık kuruluşlarında öncelikli olarak buldukları bölgede yaşayan kişilere temel; koruyucu, tedavi edici ve rehabilite edici hizmetler sunulmaktadır. Bireylerin sağlık sistemiyle ilk etkileşime geçtikleri (Kavuncubaşı ve Yıldırım, 2022) bu kuruluşlar diğer basamakları sağlık kuruluşlarına oranla fazla maliyet gerektirmeyen binalarda ve kullanıcıların kolaylıkla ulaşabildiği konumlarda yer almaktadırlar (Yar, 2017). Birinci basamak sağlık kuruluşlarında hizmetin aksamaması, kullanıcıların faydalanmaması veya faydalanmak istememesi diğer basamaklardaki sağlık kuruluşlarına olan talebin artmasına neden olacağı gibi hizmet almada çeşitli aksaklıklara ve tıkanıklıklara da yol açacaktır. Bu nedenle sağlık hizmetinden faydalanmak isteyen kişilere öncelikli olarak birinci basamak sağlık kuruluşlarından teşhis ve tanının konması; gerekli olması halinde üst basamaklara doğru doğrusal akışın gerçekleştirilmesi gerekir. Basamaklar arasındaki akışın doğru ilerlemesi sayesinde tüm basamaklarda; sağlık sisteminde verilen hizmetler en verimli şekilde sağlanacaktır.



**Şekil 1.** Sağlık Sisteminde Genel Organizasyon

Doğru işleyen bir sağlık sisteminin kurulmasında, sağlık çalışanlarından alınan hizmet kalitesinin yanı sıra hizmetin verildiği yapıların da etkisi büyüktür. Hasta ve yakınlarının daha konforlu ve kaliteli ortamlarda hizmet alması birinci basamakta yer alan kuruluşların tercih sebebinin arttırarak, kullanıcıların bu basamağı atlayarak bir üst basamakları kuruluşlara gitme gereksinimini ortadan kaldıracaktır. Bu doğrultuda çalışma; Aile Sağlığı Merkezi (ASM) binalarının fiziksel yapısının ergonomik kalite uygunluğunun değerlendirilmesi ile sınırlandırılmıştır. Verilen hizmet gereği (ayakta/yataksız) büyük ölçekli ve kompleks yapılara ihtiyaç duymayan bu kuruluşların yer aldıkları binalarda birtakım ergonomik koşulları, belli ölçülerde işitsel, görsel, mekânsal ve termal konfor koşullarını sağlaması gerekmektedir.

Çalışmanın temel hedefi birinci basamak sağlık binaları ile hizmet alan kullanıcılara yönelik fiziksel ortam şartlarını oluşturan ergonomik ölçütlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamı ASM binaları ile kısıtlanarak, ergonomik özelliklerini ortaya koyan ve eksikliklerinin belirlenmesinde objektif ve sistematik bir değerlendirme yöntemi ile oluşturulmuştur. Böylece özellikle birinci basamak sağlık binalarında, insanların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarım yapılması, böylece insanların sağlıklarını koruma ve iyileştirme amacıyla kullanılan mekânlarda rahat ve işlevsel bir ortam oluşturulması amaçlanmıştır. Ortaya konan yaklaşım ile yapılacak detaylı inceleme sonucunda değerlendirilen binada belirlenen eksikliklerin giderilmesini ve bina ergonomisinin iyileştirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca uzun vadede iyileştirilen binalar, birinci basamak sağlık yapılarının kullanımına olan talebin artmasında etkili olacağı gibi sağlık organizasyonlarının iyileştirilmesine de katkı sağlayacaktır.

## 2. Arka Plan

Ergonomi; insan ile kendi yarattığı eşya, makine ve yapay çevre arasındaki ilişkiyi inceleyen bilimsel bir disiplindir (Sözen ve Tanyeli, 1986) Bu disiplin insan doğasına uygun tasarım ve üretim yapabilmek için gereken ana öğeleri sağlamaktadır. İnsan ve mekân arasındaki etkileşim olarak da ifade edilen ergonomi “insan etkenleri” olarak da tanımlanabilir. Aynı zamanda mekânı insan odaklı değerlendiren bir tasarım bilimidir (Stone ve McCloy, 2004). Kalite ise; kullanıma uygunluk demektir. Kullanıma uygunluğunu, ürünün ve sürecin özellikleri oluşturmaktadır (Juran, 1998). Voordt ve Wegen (2005) kaliteyi, bir ürünün oluşmasını gerektiren ihtiyaçları yerine getirerek ve kullanıcı isteklerini karşılayarak kullanıcı memnuniyetini sağlamak olarak tanımlar. Buradan yola çıkarak kalite ve ergonominin benzer amaçlarla ele alındığı görülmektedir.

Kalite; mimari açıdan başlıca bir değerlendirme ölçütüdür. Kalite değerlendirmesi hedeflenen parametrelerin beklenen seviyede olup olmaması belirlenen kriterleri karşılayıp karşılamamasına göre yapılmaktadır. Bu anlamda ergonomik kalite, bir mimari tasarımın insanların ihtiyaçlarına ve rahatlığına uygun olmasını ifade etmektedir. Bu, tasarımın insanların vücutlarının doğal hareketlerini destekleyen ve onların işlevselliğini artıran bir yapıya sahip olması anlamına gelmektedir. Fiziksel konfor koşullarının kullanıcıların fiziksel ve algısal özelliklerine uygun olması olarak özetlenebilir.

Uluslararası Ergonomi Birimi ergonomiyi; fiziksel, bilişsel ve örgütsel olmak üzere üç alt bileşende tanımlamaktadır (Aydemir ve Yenimahalleli Yaşar, 2016). Ergonomik bileşenler, bir ortamdan insanların rahat ve verimli bir şekilde faydalanabilmeleri için tasarımın ve düzenlemenin yapılacağı tüm alanları içerir. Örneğin, bir masa ve sandalye gibi mobilya ürünleri, bir bilgisayar ekranı ve klavyesi gibi donanım bileşenleri ve bir işyerinde ısı ve aydınlatma gibi fiziksel koşullar ergonomik bileşenlere örnek gösterilebilir.

Binaların mimari ergonomisi denildiğinde, insanın fiziksel, psikolojik ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayabilecek, düşünülmüş bir yapının tasarımı akla gelmektedir. Bu faktörler arasında:

- Kullanıcıların ihtiyaçları: Mimari tasarımın kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde düşünülmesi önemlidir. Tasarlanan mekanları kullanacak olan insanın çevresinden beklentileri kullanıcı ihtiyaçlarını oluşturmaktadır (Kıran ve Polatoğlu, 2011). Bu ihtiyaçlar fiziksel, psikolojik ve sosyal olabilmektedir.
- Erişilebilirlik: Evrensel tasarım ile de ilişkili olan bu kavram; her kullanıcının tüm mekanlara rahatlıkla ulaşabileceği bir tasarımı içermektedir. Bu, özellikle engelli, yaşlı ve özel gereksinimleri olan kullanıcılar için önemlidir (Hamraie, 2017).
- Konfor: İç mekân kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden birisi konfordur. Elnaklah vd. (2021) çalışmasında konfor parametrelerini görsel, işitsel, termal konfor ve ikincil parametreler olarak sınıflandırmaktadır. Örneğin, ortamların yeterli aydınlatılmış ve belirli bir düzeyin altında gürültü seviyesine sahip olması beklenmektedir. Ayrıca yapının içinde bulunan doğal ve yapay havalandırma sistemlerinin yeterli ve işlevsel olması gerekmektedir.
- Kullanım kolaylığı: Antropometri ile ilişkili olan bu faktör, mekân tasarımının insan boyutları ve ölçülerine uygun olmasıdır (Taifa ve Desai, 2017). Örneğin, bir yapının içinde bulunan kapılar, masalar ve diğer mobilyalar antropometrisine uygun ise kolay kullanılabilir. Mekânda bulunan sabit ve hareketli donatıların kolayca erişilebilir ve kullanılabilir olması ergonomik sorunların da önüne geçecektir.

Birinci basamak sağlık binaları, genellikle küçük boyutlu ve kısıtlı bütçeli yapılardır. Bu nedenle, tasarım kriterleri genellikle verimliliği ve işlevselliği ön planda tutmaktadır. Birinci basamak sağlık binalarında, alan kullanımı ve işlevler arasında denge sağlanarak, mekânın verimli bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca, bu binalarda insanların rahatça hareket edebileceği ve işlevlerini yerine getirebileceği bir tasarım hedeflenmektedir. Bu amaçla, fiziksel kısıtlar ortadan kaldırılması ve ergonomik kalite sağlanmalıdır.

Binalarda ergonomik kalite, genellikle insanların mekândaki deneyimlerine dayanarak ölçülmektedir. Bu amaçla, insanların mekâna girdikten sonra yapacakları faaliyetler ve hareketler dikkate alınarak, mekânın işlevselliği ve insanların rahatlığı değerlendirilmektedir. Ölçümler, genellikle anketler veya gözlemler yoluyla yapılır. Bu yöntemler, insanların mekâna ilişkin görüşlerini ve deneyimlerini toplayarak, mekândaki ergonomik kaliteyi değerlendirmeyi sağlamaktadır. Voordt ve Vrieling (1987) kalite değerlendirmesinde yapılması gerekenleri; kalite ölçütlerinin belirlenmesi, değişkenlerin ölçülmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve kıyaslama olarak sıralamaktadır.

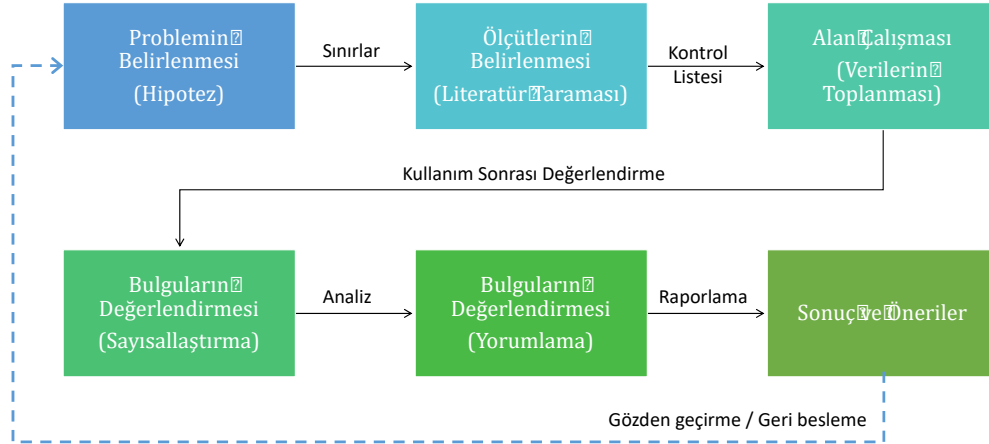
Farklı kullanıcılara ve çeşitli işlevlere cevap verebilen tipoloji olarak sağlık yapıları ergonomiyi uygulamak için bir dizi koşul, fırsat ve zorluk sunmaktadır. Bu nedenle sağlık binalarının ergonomik değerlendirmesi üzerinde literatürde pek çok çalışma (Babayigit ve Kurt, 2013; Hignett, 2003; Janowitz vd., 2006) mevcuttur. Ancak pek azı birinci basamak sağlık binalarını kapsamaktadır. Bunlardan Aykal vd.'nin (2017) yaptıkları çalışmada ASM binalarındaki doğal aydınlatma koşulları irdelenmiş ve görsel konforun önemi ortaya konmuştur. Eser ve Kılıççıoğlu (2017) da aile hekimlerinin ofis ortamlarına odaklanarak donatı ergonomisi üzerine bir derleme çalışması yapmıştır. Şenkal Sezer (2015) ise termal, görsel ve işitsel konfor düzeyinin kullanıcılar üzerinden değerlendirildiği bütüncül bir araştırma önerisi geliştirmiştir. Benzer bir şekilde Demir vd. (2013) birden fazla konfor koşulunun kullanıcıların üzerindeki etkiyi ortaya koymaya çalışmışlardır.

Yapılan literatür taramasında birinci basamak sağlık binalarının fiziksel ortam koşullarını ortaya koymaya yönelik çoklu bütüncül değerlendirme yöntemlerinin eksikliği görülmüştür. Bu çalışmada geliştirilen metodoloji ile belirlenen eksikliğin giderilmesi hedeflenmiştir. Özellikle değerlendirme yönteminin fiziksel ortamın ergonomik kalitesinin tüm bileşenlerini birlikte, sistematik ve objektif şekilde ortaya konması amaçlanmıştır.

### 3. Materyal ve Metot

Araştırma öncelikli olarak problemin ortaya konmasıyla başlamaktadır. Problemin çözümüne yönelik geliştirilen yöntemlerin adımları Şekil 2'de gösterilmektedir. Sınırları belirlenen çalışmanın ikinci adımı detaylı literatür taraması sonucunda ergonomik standartlara uygun olarak kalite ölçütlerinin belirlenmesidir. Belirlenen ölçütler kontrol listesi olarak değerlendirilmiş ve alan çalışması sırasında

test edilmiştir. Bulguların değerlendirilmesiyle elde edilen bilgiler hem alan çalışmasında seçilen binanın eksiklerinin giderilmesine hem de literatürde kontrol listesinin iyileştirilmesine teorik ve pratik olarak katkı sağlamaktadır.



Şekil 2. Araştırmanın Metodolojisi

### 3.1. Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)

Kullanım sonrası değerlendirme (KSD) uluslararası literatürde “Post-occupancy Evaluation (POE)” olarak sıkça karşılaşılan, sistematik ve detaylı bir bina değerlendirme sürecidir (Preiser vd., 1988). Bina inşa edildikten sonra insanların mekândaki deneyimlerine dayanarak yapılan bir değerlendirmedir. Bu değerlendirme, bina içindeki insanların işlevselliğini ve rahatlığını ölçmek için kullanılmaktadır. Binaların inşa edildikten sonraki kullanım süreçlerinde, bina sahiplerinin ya da kullanıcılarının, ihtiyaçlarını; görüşlerini değerlendirmek ve hedeflenen kalite parametreleri ile mevcut durumu kıyaslamak amaçlı kullanılmaktadır (Giresun Erdoğan, 2022). Böylece, bina inşa edilirken dikkate alınmayan ya da ihmal edilen konular tespit edilebilmekte ve bina kullanımı sırasında düzeltilebilmektedir. Preiser ve arkadaşları tarafından 1960’ların ortalarında geliştirilen KSD yaklaşımı, klasik deneme yanılma yönteminin bilimsel ve güvenilir bir içerik kazanmış halidir (Groat ve Wang 2013). Bu değerlendirme süreci, bina tasarımı, uygulama ve gelecekteki planlama arasında köprü görevi görmektedir (Sanoff, 1992).

Kantrowitz’e (1986) göre binanın teknik, işlevsel ve psiko-sosyal konfor gereksinimleri ve performans ölçütü karşısında ortaya koyduğu değerlerin, belirli bir sistematik içerisinde incelenmesiyle başlamakta, rapor hazırlanması ve çözüm önerilmesi ile son bulmaktadır. Bu raporlar sonucunda elde edilen bilgiler yeni tasarımlara veri olarak ve mevcut çevrelerdeki sorunların çözümü için geri besleme olarak sürece dâhil edilmektedir (Karagenç, 2001). Akbulut vd. (2012) KSD çalışmalarında mülakatlar, analizler, anketler ve değerlendirmelerin yer aldığını belirtmektedir. Farklı teknikler kullanılarak binanın çalışma prensiplerinin belirlenmesi ve binanın kendisinden kaynaklanan sorunların tespit edilmesi hedeflenmektedir. Aynı çalışma binanın hedeflenen amaçlara uygun olarak çözüm üretilmesi için kısa, orta ve uzun vadeli planlar yapılmasını tavsiye etmektedir.

Preiser vd. (1988) KSD uygulamalarında üç ayrı düzey tanımlamaktadır. Uygulamaların kapsamı ve derinliği Şekil 3’te gösterildiği üzere bu düzeyler *belirleyici*, *araştırmacı* ve *tanı koyucu* olarak isimlendirilmiştir.

Düzye	Süreç	Kapsam	Kaynak ihtiyacı
Belirleyici Düzey	1-2 saat /gün	Temel güçlü ve zayıf yönlerin belirlenmesi	■
Araştırmacı Düzey	1-2 hafta +	Çevresel koşulların dahil edilmesi	■ ■
Tanı Koyucu Düzey	6-12 ay +	Noktasal tespitler ve teknik ölçümler ile kanıtlama	■ ■ ■

Şekil 3. Kullanım Sonrası Değerlendirme Düzeyleri

Belirleyici düzeydeki değerlendirmeler genellikle bina ilk defa değerlendiriliyor ise kullanılmaktadır. En fazla 1-2 gün süren ve binanın genel olarak güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyan bu düzeyde, arşiv ve dokümanlar, mülakat ve görüşmeler, fotoğraflama ve gözlem gibi tekniklerden faydalanılmaktadır (Preiser, 1989). Araştırmacı düzeyin aksine çok fazla zamana ve kaynağa ihtiyaç yoktur. Belli başlı

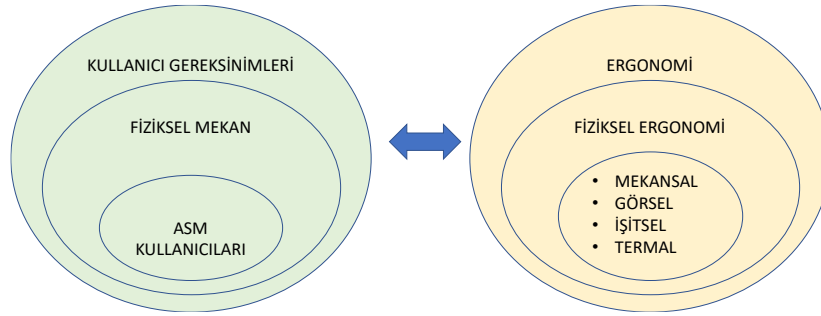


problemlerin bilindiği ya da tespit edildiği durumlarda araştırmacı düzeyde bir değerlendirme yapmak daha uygun olacaktır. Tanı koyucu düzey ise daha çok büyük ölçekli projelerde kullanılmaktadır (Preiser, 1989). Çoklu yöntemlerin kullanıldığı düzeyde değerlendirme stratejilerinin tamamlanması için diğer düzeylere göre daha fazla kaynağa ve süreye ihtiyaç duyulmaktadır.

Araştırmada konu edilen binanın ilk ve genel olarak değerlendirilmesi söz konusu olduğundan belirleyici düzeyde bir araştırma yapılması uygun bulunmuştur. Böylece henüz tespit edilmemiş problemleri ortaya koymak ve gerekli duyulduğu takdirde daha derinlemesine düzeylerde araştırma yapılması için ön bilgi sağlamak amaçlanmıştır.

### 3.2. Kontrol Listesi

Çalışma kapsamında alınan fiziksel ergonomi, insanın anatomik, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik süreçleriyle (Güler, 2004) ve mimari tasarımda mekânın işlevi ile doğrudan ilişkili olarak çevresel konfor koşullarının fiziksel ve algısal olarak uygunluğu ile ilgilidir. Fiziksel çevre faktörleri görsel, işitsel ve termal konfor olarak üç başlıkta ele alınmaktadır (Zorlu, 2017). Ancak kullanıcı gereksinimleri ve fiziksel mekânın antropometrik boyutları ve erişilebilirlik gibi ölçütlerin gereklilikleri nedeniyle bu başlıklara mekânsal konfor da eklenebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Kontrol Listesinin Sınırları

Aile sağlığı merkezlerinin sürekli kullanıcıları olan sağlık çalışanları dışında günlük ziyaretçilerin sağlık hizmeti almak üzere binayı kullandıkları göz önünde bulundurulduğunda; hasta, yaşlı, hamile, engelli gibi bireylerin özel ihtiyaçlarına yönelik bir tarama yapılmıştır (Tablo 1). Bu bağlamda tespit edilen alt ölçütler ve bu ölçütlerin objektif olarak değerlendirilme teknikleri belirlenerek bir kontrol listesi (Tablo 2) üretilmiştir.

Tablo 1. Ölçütlerin Belirlenmesi

Gruplar	Ölçütler	Kaynaklar
Mekânsal Konfor	Erişilebilirlik	Deniz vd. 2018; Gezer, 2014; Ergün ve Ergün, 2022
	Mekân Boyutları	Güler, 2007; Gezer, 2014; Ergün ve Ergün, 2022
	Donatı Boyutları	Güler, 2007; Eser ve Kılıççioğlu, 2017
Görsel Konfor	Doğal Aydınlatma	Aykal vd., 2017; Şenkal Sezer, 2015
	Yapay Aydınlatma	Aydemir, Yenimahalleli Yaşar, 2016; Aykal vd., 2017
İşitsel Konfor	Gürültü	Demir vd., 2013; Yasemin, 2003
	Mahremiyet	Yasemin, 2003, Zorlu, 2017
Termal Konfor	Ortam Sıcaklığı	Demir vd., 2013; Şenkal Sezer, 2015
	Hava Kalitesi	

Mekânsal konfor, bireyin bir mekân içinde hissettiği rahatlık ve mekân kullanımının kolaylık düzeyidir. Mekânsal konfor, genellikle insanların bir mekânda ne kadar süre kalabileceklerini ve mekândan ne kadar memnun kalacaklarını tahmin etmek için kullanılır (Onat, 1982). Mekanların erişilebilirliği, kullanım kolaylığı ve kullanıcı ihtiyaçları bakımından değerlendirilir. Mekânsal konforu oluşturan ölçütler özellikle tekerlekli sandalye ile erişim sağlayan kullanıcıların antropometrik boyutlarına göre seçilmiştir. Bu bağlamda kullanıcıların erişim sağladığı mekanların boyutları, kullanılan donatıların boyutları göz önünde bulundurulmuştur.

Görsel konfor, bir kişinin bir mekân içinde gördükleri ile ilgili rahatlık ve tatmin düzeyidir. Görsel konfor, bir mekânın görsel özellikleri, ışıklandırma, renkler, formlar ve diğer faktörler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Aynı zamanda doğal ve yapay aydınlatmaya ilişkin tasarım kararlarıyla birlikte mekândaki malzeme ve doku özellikleriyle ilişkili estetik unsurları kapsamaktadır (Oral vd., 2004; Rea, 2000). Ancak ASM'lerde yaşlı kullanıcıların ya da görme kısıtlılığı olan kullanıcıların görme yetisindeki azalmalara bağlı olarak aydınlık seviyesi, renk seçimi vb. unsurlar dikkate alınmalıdır (Zorlu, 2017).

İşitsel konfor, insanların bir ortamda bulunurken duydukları seslerin rahatlıkla duyabilecekleri ve rahatsız olmayacakları düzeyde olmasıdır (Oral vd., 2004). İşitsel konforun değerlendirilmesi, insanların bu sesleri ne kadar rahat ve kolay bir şekilde duyabileceklerine ve bu seslerin ne kadar zorlayıcı olduğuna göre yapılmaktadır. Bu değerlendirme, genellikle bir ortamın ses seviyesi ve frekans dağılımı gibi ölçümlerle değerlendirilir. Bu ölçümler, bir ortamın işitsel konfor düzeyini belirlemek ve gerekirse düzeltmek için kullanılmaktadır. Zorlu'ya (2017) göre işitsel konfor hem mekânlardaki işitsel mahremiyeti sağlamaya yönelik yalıtım önlemleri hem de akustik detaylar ile ilgilidir. İşitsel konfor koşullarının sağlanmadığı takdirde insan sağlığı üzerinde fizyolojik etkiler ve psikolojik etkiler görülebilmektedir (Şerefhanoglu, S., M., 2001). Sağlık binalarında en gürültülü mekanlar koridorlardır. Ayrıca yemek salonları, ofisler ve laboratuvarlar da gürültülü olabilecek diğer mekanlardandır (Yasemin, 2003). Ayrıca hasta mahremiyetini sağlamaya yönelik ses yalıtım önlemleri de alınmalıdır (Zorlu, 2017).

Termal konfor, kullanıcıların ortamda hissettikleri sıcaklık ve nem düzeyinin rahat bir şekilde tutulabilecek düzeyde olmasıdır. Termal konforun değerlendirilmesi, insanların bu ortamda bulunurken ne kadar rahat ve konforlu hissedebileceklerine göre yapılmaktadır. Bu değerlendirme, genellikle bir ortamın sıcaklık, nem ve hava hareketi gibi ölçümlerle yapılır (Akalp, 2010; Altıntaş, 2008). Bu ölçümler, bir ortamın termal konfor düzeyini istenilen seviyede tutmak ve düzenlemek için kullanılmaktadır. Termal konfor, mekânın işlevine bağlı olarak ihtiyaç duyulan sıcaklık, nem gibi değişkenlerin kontrolünü sağlamaya yöneliktir. Mekanların sıcaklık seviyeleri, yaşlı ve hasta bireylerin diğer bireylere oranla daha fazla ısıya ihtiyaç duydukları göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır (Zorlu, 2017). Ayrıca gerekli havalandırma şartlarının oluşturulması hastalıkların yayılması, tıbbi malzemelerden ve kimyasal maddelerden yayılan kokuların engellenmesi için gereklidir. Yasemin'e (2003) göre zayıf bir havalandırma hem sağlık çalışanlarını hem de hastaları rahatsız etmektedir.

**Tablo 2. Kontrol Listesi**

Gruplar	Ölçütler	Alt Ölçütler	Kod	Açıklama	Değerlendirme
Mekânsal Konfor	Erişilebilirlik	Düşey Erişim	MK1	Mekâna ulaşan rampa, asansör, yürüten merdiven, engelli asansörü vb. ihtiyacı ve yeterliliği	Yok=1; Var, yetersiz=2 Var, yeterli=3
		Yatay Erişim	MK2	Mekâna ulaşan yüzeylerde kot farkı olmaması, var ise rampa korkuluk uygun elemanların uygunluğu, Açık, güvenli ve açıklayıcı erişim	
	Mekân Boyutları	Hareket Alanı	MK3	Mekân içerisinde rahat dolaşım ve hareketlerde kısıtlama olmaması, tekerlekli sandalye erişimi için yeterli alan	Yeterli: 3 Orta: 2 Yetersiz: 1
		Çalışma Alanı	MK4	Donatıların yerleşimi, yeterliliği ve kullanımı için gerekli alan	
	Donatı Ergonomisi	Bekleme Donatıları	MK5	Ergonomik boyutlar ve rahatlık	Yeterli: 3 Orta: 2 Yetersiz: 1
		Laboratuvar Donatıları	MK6		
		Çalışma Donatıları	MK7		
		Islak Hacim Donatıları	MK8		
Görsel Konfor	Doğal Aydınlatma	Pencere alanları	GK1	Taban alanı pencere alanından büyük ise yetersiz, eşit ise ne yeterli ne yetersiz, küçük ise yeterli kabul edilebilir.	Yeterli: 3 Orta: 2 Yetersiz: 1
		Aydınlık	GK2	300-550 lux yeterli, $\pm 50$ lux orta, Sınırların dışında ise yetersiz.	
	Yapay Aydınlatma	Donatı sayısı ve yeterliliği	GK3	Tavanda beyaz renk aydınlatma elemanı yeterli, duvar ya da ayaklı aydınlatmalar orta, sadece masa aydınlatmaları ya da eleman bulunmaması yetersizdir.	
		Aydınlık	GK4	300-550 lux yeterli, $\pm 50$ lux orta, Sınırların dışında ise yetersiz.	
	Malzeme	Renk ve doku	GK5	Gözü yormayan, kamaştırmayan güvenli renkler ve dokular	
İşitsel Konfor	Gürültü	Ses seviyesi	İK1	Ortamdaki ses seviyesi <50 dB olması uygundur. 50-60 dB olması orta, >60 ise uygun değildir.	Uygun:3 Orta:2 Uygun değil:1
	Ses İletimi	Mahremiyet	İK2	Mahremiyetin ihlaline neden olacak ses iletimi	
Termal Konfor	Sıcaklık	Ortam sıcaklığı	TK1	20-25,5 °C uygundur. $\pm 3$ °C orta kabul edilebilir. Sınırların dışında bir sıcaklık uygun değildir.	Uygun:3 Orta:2 Uygun değil:1
	Hava Kalitesi	Ortamdaki nem	TK2	%40-%50 arası nem oranı uygundur. $\pm$ %10 orta seviyede kabul edilebilir. Sınırların dışında bir nem oranı uygun değildir.	

#### 4. Alan Araştırması

Alan çalışması ve karşılıklı görüşmeler için, çalışmanın etik kurul onayı ve bilimsel açıdan uygunluğu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Akademik Etik Kurulu'nun 3 Ekim 2022 tarihli 2022.10 numaralı toplantısında 20221001636 rapor numarası ile onaylanmıştır.

Muğla ili Menteşe ilçesinde yer alan 2 no.lu Dr. Osman Terzioğlu Aile Sağlığı Merkezi binası örnek olarak seçilmiştir. Kent merkezine yakın bir konumda yer alan bina, bulunduğu mahallede yaşayan kişilere hizmet vermektedir. Kentin ana ulaşım aksının yakınındadır ve özel araçla ya da yürüyerek ulaşımı kolay bir konumdadır (Şekil 5a).

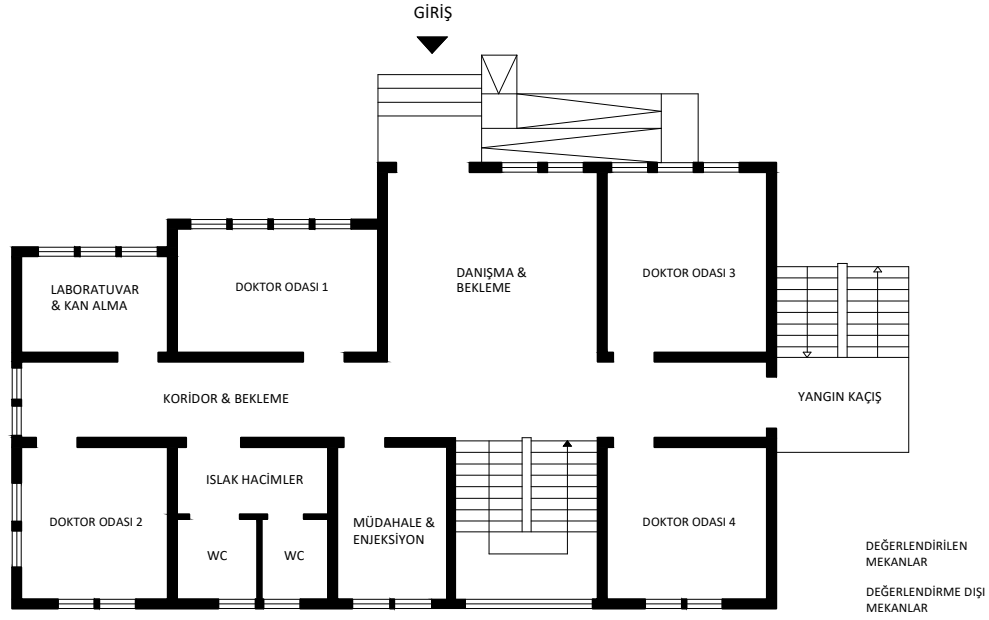
Seçilen bina 3 katlı müstakil bir yapıdır (Şekil 5b). Zemin ve bodrum katları ASM olarak kullanılan binanın farklı bir işlevle kullanılan üst katı çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Binada 4 doktor, 5 hemşire ve 1 personel olmak üzere toplam 10 kişi görev yapmaktadır. Sürekli kullanıcılarının haricince binaya günlük ortalama 350-400 kişi aralığında geçici kullanıcı ziyaret etmektedir.



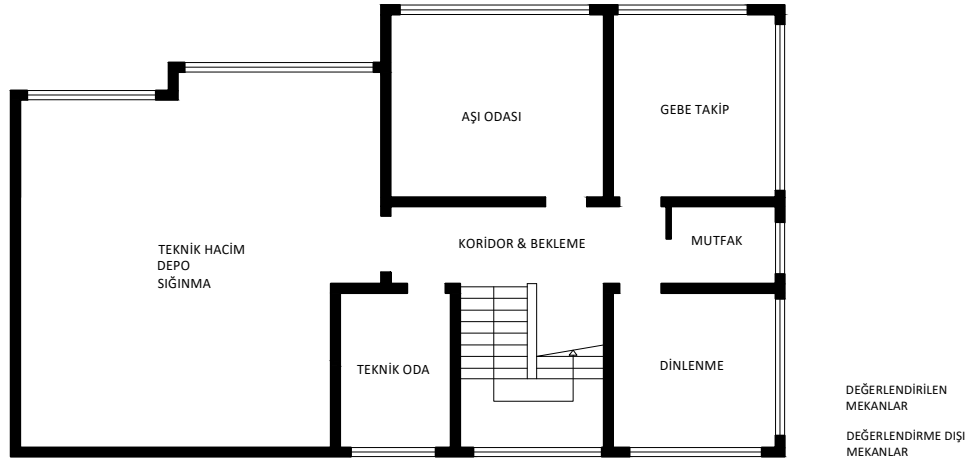
Şekil 5. (a) ASM Konumu; (b) Ön Cepheden Görünüm

Alınan etik izin sonrasında, bina sorumluları ile iletişime geçilmiştir. Sorumluların izin verdikleri gün ve saatlerde alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Binada ASM'den farklı hizmet veren başka bir kuruma ait üst kat çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Aynı zamanda bazı mekanların alan çalışması esnasında kapalı olması da değerlendirmenin dışında tutulmalarına yol açmıştır.

Alan çalışmasına plan analizi ile başlanmıştır. Çalışma kapsamına alınan ve değerlendirmelerin gerçekleştirildiği mekanlar plan şemalarında gösterilmektedir (Şekil 6-7). İlgili mekanların şematik çizimleri tamamlandıktan sonra mekânsal, görsel, işitsel ve termal konfor değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Binada yerinde gözlem, fotoğraf ile belgeleme, karşılıklı görüşme, mekân ve donatı boyutlarının ölçümü gibi tekniklerle veriler toplanmıştır. İşitsel konforun önemli bir belirleyicisi olan gürültü seviyesi DecibelX uygulaması, yapay ve doğal aydınlık düzeyleri Lux Light Meter uygulaması, sıcaklık ve nem seviyeleri dijital termometre aleti yardımıyla ölçülmüştür. Ölçümler, giriş ve bekleme alanı, 2 doktor odası, ıslak hacimler ile sağlık personelinin izlem, girişim ve tedavi odası olarak kullandığı mekanlarda yapılmıştır. Alan çalışması ekim ayı içerisinde hafta içi herhangi bir gün 13.00 ile 16.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.



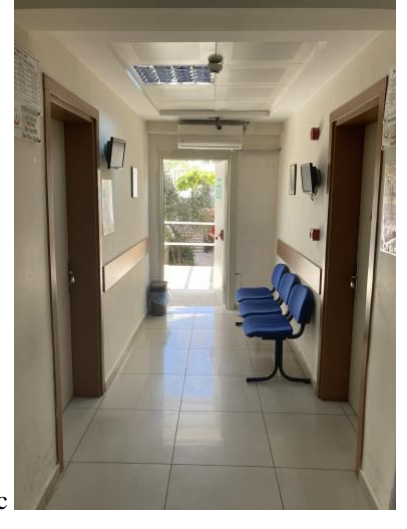
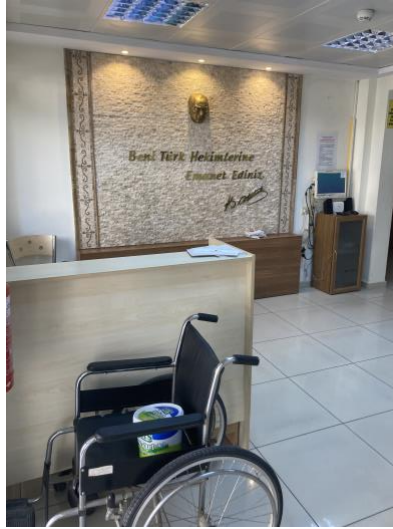
Şekil 6. ASM Binası Zemin Kat Planı



Şekil 7. ASM Binası Bodrum Kat Planı

#### 4.1. Mekânsal Konfor Değerlendirmesi

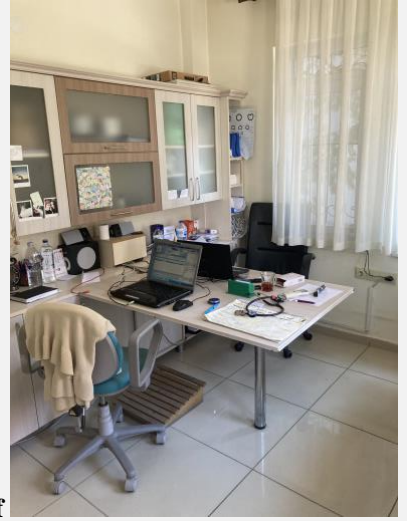
Binada yapılan mekânsal konfor değerlendirilmesi sonucunda; erişilebilirlik açısından önemli donatılarından biri olan rampalar ASM binası girişinde yer almadığı tespit edilmiştir. Bu anlamda bina girişindeki kot farkı erişimi zorlaştırmaktadır. (Şekil 8-a). Zemin katta bulunan giriş holü, doktor odaları, ıslak hacimler, kan alma ve enjeksiyon odaları ise aynı kotta ve rahat erişilebilir durumdadır. (Şekil 8-b; 8-c). Ancak bodrum katta yer alan, mutfak, dinlenme odası, aşı odası ve gebelik takibi odalarına düşey erişim problemi bulunmaktadır. Binada asansör bulunmaması zorunlu hallerde katlar arasındaki ilişkiyi kesintiye uğratmaktadır. Düşey erişimde yaşlı ve engellilere yönelik ek bir donatı mevcut değildir.



a

b

c



d

e

f



g

h

i

**Şekil 8. (a) Giriş; (b) Giriş Holü; (c) Bekleme Alanı; (d) Doktor Odası 1 sol; (e) Doktor Odası 1 sağ; (f) Doktor Odası 2; (g) Wc;**

**(h) El Yıkama Donatısı 1 (i) El Yıkama Donatısı 2**

Yatay sirkülasyonun sağlandığı koridor ve geçiş mekanlarının genişlikleri yürüme ve tekerlekli sandalye kullanımı sırasında rahat hareket etmek için yeterlidir. Detaylı incelemenin yapıldığı bazı alanlarda gerekli donatıların yerleşimi ve kullanımı için mekân boyutları mahaller arasında değişiklik göstermektedir. Doktor Odası 1 olarak belirlenen mahalde odanın boyutları gerekli donatıların yerleşimi için yetersizdir (Şekil 8-d). Mobilyaların yerleşiminden sonra oda içerisinde rahat hareket etme alanı azalmıştır (Şekil 8-e). Buna karşın Doktor Odası 2 olarak belirlenen mekânın boyutları benzer donatıların yerleşiminden sonra hareket alanları için yeterli boyutlara sahiptir (Şekil 8-f). Bu nedenle genel değerlendirme içerisinde bazı mekanların boyutları yeterli bulunurken bazı mekanlar yetersiz bulunmuştur.

Binadaki donatılar bekleme alanı donatıları (koltuk), laboratuvar donatıları (dolap, tezgâh, vb.), çalışma alanı donatıları (masa, sandalye vb.) ve ıslak hacim donatıları (lavabo, klozet vb.) olarak değerlendirilmiştir. Donatılar en boy yükseklik ile rahat kullanım konusunda incelenmiş ve mekanlarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin ıslak hacimlerde yer alan donatıların boyutları ve yerleşimleri özellikle engellilerin kullanımı için uygun bulunmuştur (Şekil 8-g). Şekil 8(h)'de gösterilen el yıkama donatısının ve doktor odalarında bulunan lavaboların boyutları standart ölçütlerdedir (Şekil 8-i).

Bekleme alanında yer alan oturma elemanları (koltuklar) farklı birçok mekânda da görülebilen standart, çoklu oturma alanı olan, kolçaksız, oturma ve sırtlık yüzeyi kumaş kaplı antropometrik açıdan yetişkin bireyin oturmasına elverişli tasarımlardır (Şekil 8-c). Oturma birimleri tasarımlarından bağımsız, tekil olarak düşünüldüğünde antropometrik ölçütleri karşılması nedeniyle ergonomik ölçütlere uygun olmaktadır. Ancak mekanla kurduğu ilişki, kullanıcı çeşitliliği ve esnekliği, sterilizasyon gibi farklı etkiler düşünüldüğünde sağlık yapılarına özgün, çağdaş ve estetik çözümler getirilmesi gereklidir.

#### 4.2. Görsel Konfor Değerlendirmesi

Alan çalışması için seçilen örnek binada yapılan bir diğer değerlendirme görsel konfor ölçümü üzerinedir. Görsel konfor değerlendirmesi için doğal ve yapay aydınlık düzeyleri ölçülmüş, mekanlarda kullanılan bitiş malzemelerinin renk ve dokularının göze rahatsızlık vermesi, kamaşma, denge kaybı gibi etkileri olup olmadığı gözlemlenmiştir.

Mekanlardaki duvar ve zeminlerde renk ve dokuları açık renkli, gözü rahatsız etmeyen, herhangi bir kamaşmaya neden olmayan malzemeler seçilmiştir. Aydınlatma ölçümleri belirlenen noktalarda her bir ölçüm süresi 2 saniye olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler aydınlatma cihazı mekânın yaklaşık olarak orta noktasında, zeminden 80 cm mesafede lux biriminde yapılmıştır. Doğal aydınlık seviyesi için perdeler açık yapay aydınlatma elemanları kapalı durumda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Doğal aydınlık seviyelerinin 7 ile 480 lux arasında değişirken, yapay aydınlık seviyelerinin 72 ile 597 lux arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Bazı mekanlar hem doğal hem de yapay aydınlık seviyeleri bakımından uygunken (Şekil 9-a), bodrum katta yer alan mekanlar doğal aydınlatma düzeyi bakımından yetersizdir. Aşı odası ve gebelik takibi odası önünde bulunan bekleme alanı hem doğal hem de yapay aydınlık seviyesi bakımından yetersizdir (Şekil 9-b). Bodrum katta yer alan mekanların pencereleri uygun boyutlarda olmadığından dolayı doğal gün ışığı yetersiz kalmaktadır (Şekil 9-c).

Düşey sirkülasyondaki merdiven basamakları ve sahanlık bölümünde yapay ve doğal aydınlık seviyeleri oldukça yetersizdir (Şekil 9-d). Buna karşın mekanlardaki yapay aydınlatma donatıları ile eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır.



Şekil 9. (a) Zemin Kat Bekleme Alanı; (b) Bodrum Kat Bekleme Alanı; (c) Gebelik Takibi Odası; (d) Merdiven Holü

#### 4.3. İşitsel Konfor Değerlendirmesi

İşitsel konforu oluşturan gürültü seviyesi ve işitsel mahremiyet için ölçüm ve gözlem yapılmıştır. Gürültü ölçüm uygulaması; belirlenen ölçüm noktalarında duvardan en az 1 m, pencereden en az 1,5 m, yerden de 1,5 m uzaklıkta olacak şekilde sabit olarak konumlandırılmış olup pencerelerin açık ya da kapalı olması göz ardı edilerek 10'ar dakika ölçüm yapılmıştır.

ASM'deki gürültü düzeyi minimum 34,0 dB ile maksimum 48,0 dB arasında değiştiği saptanmıştır. Bütün birimlerdeki gürültü düzeyi karşılaştırma standardının altındadır. Ölçümlerin yapıldığı zaman aralığında ASM'deki ziyaretçi sayısının azlığı elde edilen değerleri etkileyen önemli koşullardan bir tanesidir. Ölçümlerin daha yoğun ziyaretçi alınan saatlerde yapılması sonuçların farklılaşmasına neden olabilir. Hasta mahremiyeti için doktor odalarının kapalı mekanlar olması ve kapı kalınlıkları içerideki sesin dışarıya aktarılmasını önlemektedir. Muayene alanındaki ayırıcı elemanlar da aynı şekilde ses geçirimini azalmaktadır.

#### 4.4. Termal Konfor Değerlendirmesi

Termal konfor değerlendirmesi için sıcaklık ve nem ölçümleri dijital termometre ölçümleri ile yapılmış olup, ikinci bir alet ile kontrolleri sağlanmıştır. Ölçümleri belirlenen ölçüm noktalarında her bir ölçüm süresi 15 dakika olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Mekanların yaklaşık orta noktasından ve yerden 90 cm yukarıdan (bel hizası) ölçüm yapılmıştır. Ölçüm yapılan mevsim ve hava şartları ideal şartlardadır.

Zemin katlarda bulunan mekanların tamamı hem sıcaklık hem de nem miktarı bakımından yeterli bulunurken, bodrum katlardaki mekanlarda sıcaklık daha düşüktür. Katlar arasındaki bu farklılık kullanıcı açısından termal konforu olumsuz etkilemektedir. Bina tasarımında iklim koşullarının göz önünde bulundurulmadığı görülmektedir. Kuzey cephesindeki mekanlar kış aylarında daha soğuk ve karanlık iken, güney cephesindeki mekanların yazın aşırı ısınması bina önünde yer alan geniş yapraklı ağaçlar ile engellenmiştir. Polikliniklerin farklı cephelerde olması bu cephelerde termal koşullara uygun bir şekilde tasarlanmasını gerektirir ancak bina cephesinde herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu nedenle iklimlendirmenin yapay olarak dengelenmesi beklenir. Ancak ölçüm esnasında herhangi bir ısıtma ya da soğutma donatısı çalışmamaktadır. Bu durum iklimlendirme donatılarının değerlendirilmesi için kısıtlılık oluşturmaktadır.

#### 4.5. Verilerin Analizi

Yapılan değerlendirmeler kontrol listesi kullanılarak sayısallaştırılmış ve Tablo 3'te gösterildiği üzere Microsoft Excel yazılımı kullanılarak oluşturulan matrise işlenmiştir.

**Tablo 3.** Veri Analiz Matrisi

Gruplar	Kod	Giriş	Dr Odası 1	Dr Odası 2	Kan Alma	Enjeksiyon	Wc	Gebe Takip	Aşı Odası	Mutfak	Dinlenme	$\bar{x}$
Mekânsal Konfor	MK1	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2,14
	MK2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
	MK3	3	2	2	2	2	3	1	1	1	1	
	MK4	3	2	3	2	3	3	3	3	1	2	
	MK5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
	MK6	-	-	-	2	3	-	2	3	-	-	
	MK7	2	2	3	3	3	-	2	2	-	3	
	MK8	-	1	2	-	2	3	-	-	3	-	
<b>Mekân Ortalaması</b>	<b>2,33</b>	<b>2,00</b>	<b>2,50</b>	<b>2,40</b>	<b>2,67</b>	<b>2,80</b>	<b>1,67</b>	<b>1,83</b>	<b>1,40</b>	<b>1,83</b>		
Görsel Konfor	GK1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2,20
	GK2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	
	GK3	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	
	GK4	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	
	GK5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<b>Mekân Ortalaması</b>	<b>2,80</b>	<b>2,20</b>	<b>3,00</b>	<b>2,20</b>	<b>2,60</b>	<b>2,00</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>		
İşitsel Konfor	İK1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00
	İK2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
<b>Mekân Ortalaması</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	
Termal Konfor	İK1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2,60
	İK2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
<b>Mekân Ortalaması</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	
<b>Genel Ortalama</b>												<b>2,49</b>

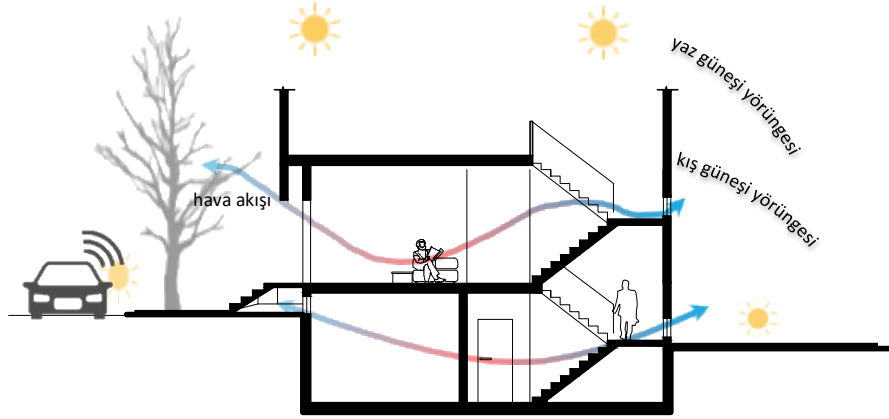
Her bir mekân için verilen alt ölçüt değerlerinin aritmetik ortalamaları alınarak mekân özelinde ve konfor gruplarında temel kalite seviyeleri belirlenmiştir. Likert tipi ölçeğin karşılaştırılmasında derecelendirme ölçeği için; 'En yüksek puan – En düşük puan / Değerlendirme Aralığı' formülünden yararlanılarak,  $2/3 = 0,67$  olarak puan aralıkları belirlenmiştir (Oral Erbaş, 2018). Bu değere göre puan aralıkları 1,00- 1,66 arası kötü / yetersiz; 1,67-2,33 arasındaki değerler orta, 2,34-3,00 aralığındaki değerler ise iyi/ yeterli olarak değerlendirilmiştir.



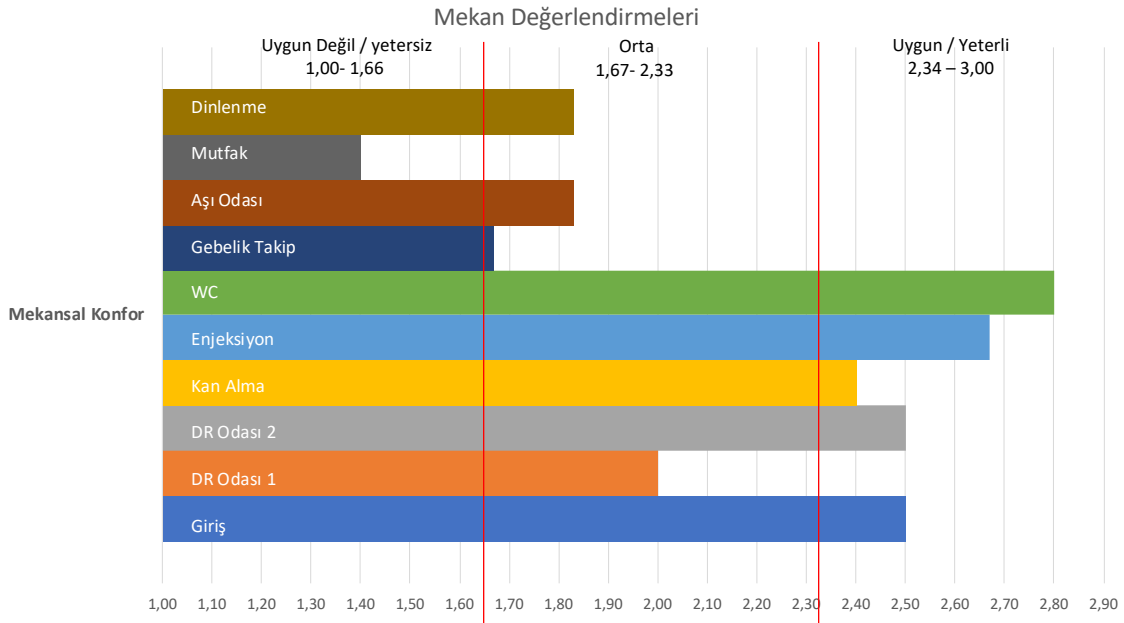
## 5. Bulgular

Muğla ili Menteşe ilçesinde yer alan 2 no.lu Dr. Osman Terzioğlu ASM binasında yapılan ergonomik kalite değerlendirmesi sonucunda 10 mekânda araştırma yapılmıştır. Bina genel değerlendirmesi ile ilgili ergonomik kaliteyi etkileyen dış faktörler Şekil 10'da gösterilmektedir.

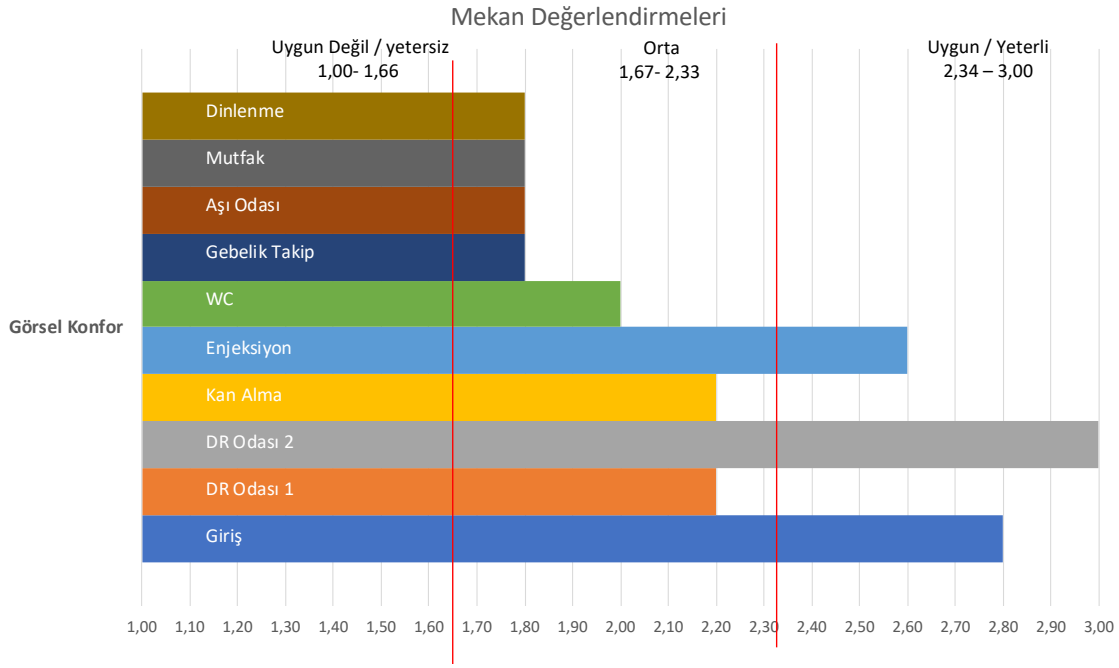
Her mekân için yapılan değerlendirmelerin sonunda mekânsal konforun en düşük 1,40 (kötü) en yüksek 2,80 (iyi) puan aldığı görülmüştür. Tüm mekanların puan ortalamalarına bakıldığında binadaki genel mekânsal konforun **orta** ( $\bar{x}=2,14$ ) seviyede olduğu görülmektedir. Mekân bazında mekânsal konfor değerlendirmeleri Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Termal konforu etkileyen dış faktörler



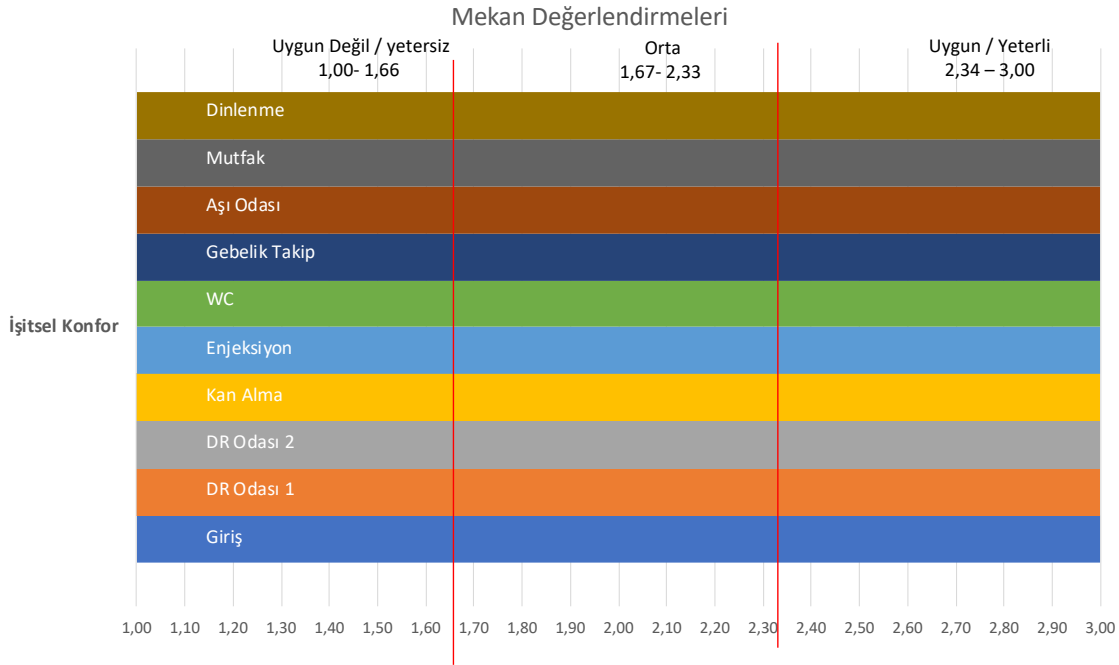
Şekil 11. Mekân Bazında Mekânsal Konfor Değerlendirmesi



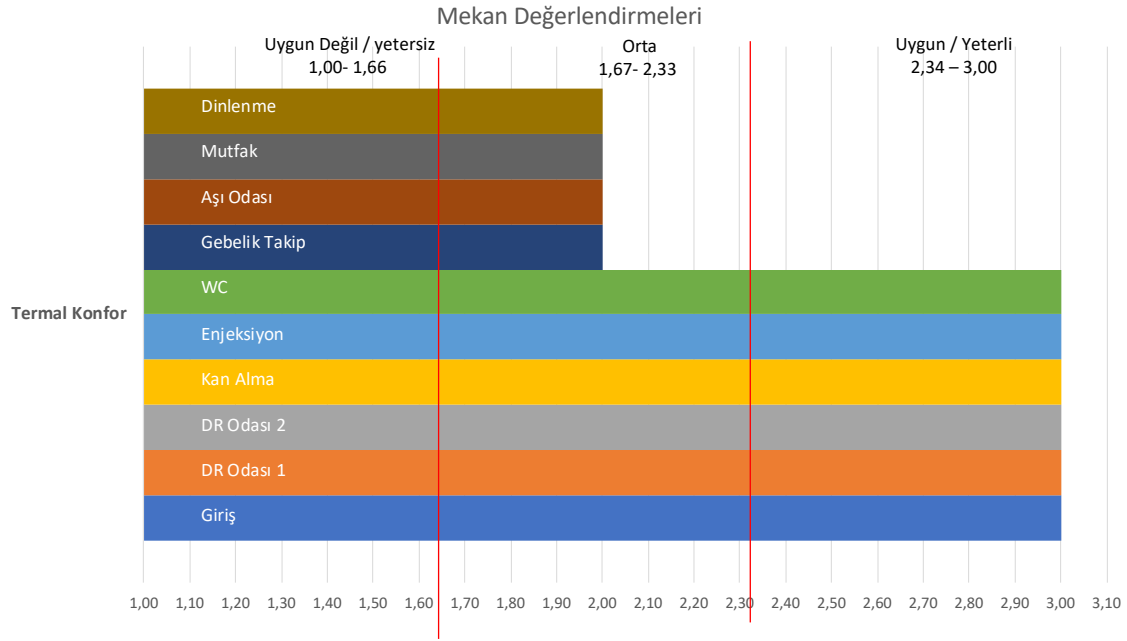
**Şekil 12.** Mekân Bazında Görsel Konfor Değerlendirmesi

Görsel konfor değerlendirmelerinin sonucunda tüm mekanların **orta** ( $1,80 \leq \bar{x} \leq 2,20$ ) ve **iyi** ( $2,60 \leq \bar{x} \leq 3,00$ ) seviyede olduğu görülmüştür. Mekân bazında değerlendirme sonuçları Şekil 12’de gösterilmektedir. Tüm mekanların puan ortalamalarına bakıldığında binadaki genel görsel konforun **orta** ( $\bar{x} = 2,20$ ) seviyede olduğu görülmektedir.

İşitsel konfor değerlendirmelerinin sonucunda tüm mekanların iyi seviyede ( $\bar{x} = 3,00$ ) olduğu görülmüştür. Mekân bazında değerlendirme sonuçları Şekil 13’te gösterilmektedir. Dolayısıyla binadaki genel işitsel konforun da iyi ( $\bar{x} = 3,00$ ) seviyede olduğu sonucuna ulaşılır.



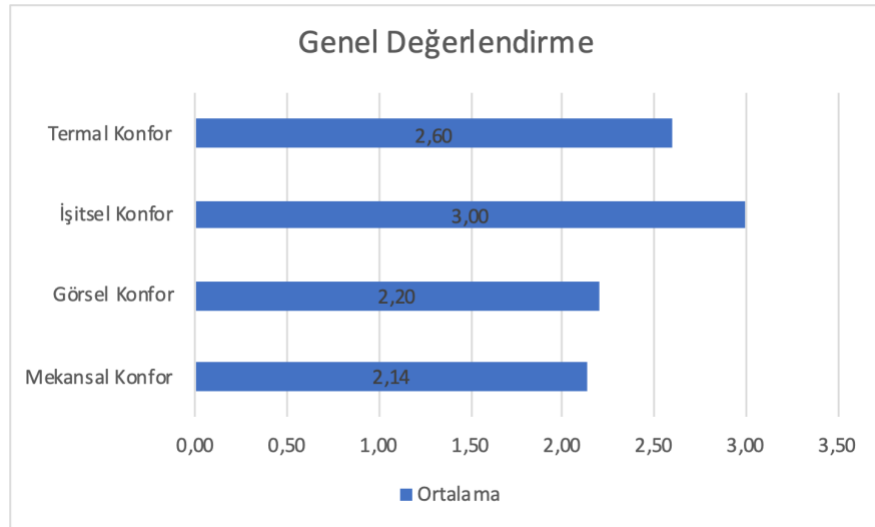
**Şekil 13.** Mekân Bazında İşitsel Konfor Değerlendirmesi



**Şekil 14.** Mekân Bazında Termal Konfor Değerlendirmesi

Alan çalışmasında yapılan termal konfor değerlendirmelerinin sonuçlarına göre; zemin katta yer alan tüm mekanların iyi ( $\bar{x}=3,00$ ) seviyede olduğu, bodrum katta yer alan mekanların ise orta ( $\bar{x}=2,00$ ) seviyede olduğu görülmektedir (Şekil 14). Tüm mekanların puan ortalamalarına bakıldığında binadaki genel görsel konforun iyi ( $\bar{x}=2,60$ ) seviyede olduğu söylenebilir.

Her bir konfor grubunun genel ortalamalarına bakıldığında (Şekil 15); binadaki işitsel ve termal konforunun iyi (yeterli) seviyede, mekânsal ve görsel konforun ise orta (ne yeterli ne yetersiz) seviyede olduğu görülmektedir. Konfor gruplarının puan ortalamaları alındığında ( $\bar{x}=2,49$ ) binadaki ergonomik kalitenin iyi (yeterli) seviyede olduğu söylenebilir.



**Şekil 15.** Genel Değerlendirme Sonuçları

## 6. Sonuç ve Tartışma

Birinci basamak sağlık kuruluşları verdikleri hizmet gereği diğer basamaktaki kuruluşlara oranla kompleks binalara ihtiyaç duymazlar. Yine de her mimari yapıda olduğu gibi bu tür binaların tasarımlarında da kullanıcıların gereksinimleri ve ergonomik standartlar göz önünde bulundurulmalıdır. Binanın fiziki şartları verilen hizmetin kalitesinin etkilenmesine yol açabilir. Özellikle kullanıcıların kuruluşu tercih etmemeleri diğer basamaktaki sağlık kuruluşlarında yığılmalara ve genel sağlık organizasyonunda aksamalara yol açabilir. Elbette Kringos vd.'nin (2010) ifade ettiği gibi kullanıcıların bu basamakta yer alan ASM gibi kuruluşları tercih etmelerindeki ya da etmemelerindeki etmenler çok sayıda, karmaşık subjektif ya da objektif nedenlerden oluşabilir (Kringos vd., 2010). Bu araştırma

olası nedenlerin bir tanesinin fiziki ortam koşulları olabileceğini kabul ederek; bu koşulların objektif ve sistematik bir şekilde değerlendirilmelerine yönelik bir yöntem önerisi geliştirmiştir.

Fiziksel çevrenin ve ergonomik koşulların yetersiz olduğu durumlarda sadece kullanıcı memnuniyetinin azalması değil birtakım algısal ve/veya fizyolojik sorunların ortaya çıkması da muhtemeldir. Örneğin Bükler vd. (2006) ile Alaylı vd. (2008) araştırmalarında sağlık binalarında çalışan personellerin çalışma koşullarına ve mesleğe bağlı olarak kas-iskelet sistemi üzerinde ortaya çıkan fizyolojik problemlerini ortaya koymuşlardır.

ASM'lerde fiziksel çevre ve ergonomik değerlendirme üzerine geliştirilmiş çalışmalara bakıldığında (Aykal vd., 2017; Baran, 2019) parçacı yaklaşım ile belirlenmiş ölçütler üzerinden detaylı değerlendirmeler yaptıkları görülmektedir. Çoklu ölçütlerle bütüncül bir yaklaşım ile değerlendirme yapan araştırmalarda ise (Demir, 2013; Şenkal Sezer, 2015) kullanıcı memnuniyeti ön plana çıkmaktadır. Kullanıcı memnuniyeti, kullanım sonrası değerlendirme (KSD) ve bina değerlendirme çalışmalarında önemli parametrelerden bir tanesidir. Ancak objektif değerlendirme yapmak için tek başına yeterli olmamaktadır. Preiser vd. (1988) aynı fiziksel özelliklere sahip benzer binaların, aynı kullanıcılar tarafından farklı zamanlarda ya da aynı zamanda farklı kullanıcılar tarafından kullanılmalarda değerlendirilmesinin sonuçları farklı olabileceğini iddia etmektedir. Bu çalışmada binanın fiziki değerlendirmesinin objektif ve sistematik olarak değerlendirilme metodolojisi aynı binanın farklı kişilerce değerlendirilmesi sonucunda değerlendirme sonucunun değişmemesi prensibine dayanmaktadır. Elbette araştırmanın yapıldığı mevsim şartları, gün ve saat aralıkları özellikle doğal aydınlık seviyeleri, termal konfor ve gürültü seviyelerini etkileyen önemli çevresel koşullardır. Örneğin ölçümlerin yapıldığı saatlerde binada fazla ziyaretçi bulunmaması gürültü seviyesinin beklenenden düşük seviyede çıkmasına neden olmuştur. Ancak bu çalışmada kullanılan değerlendirme belirleyici düzeyde bir değerlendirme olduğundan dolayı ölçümlerin tekrarlanmasına gerek duyulmamıştır.

Bu çalışmada uygulanan belirleyici düzeyde KSD araştırması binanın ergonomik kalitesinin güçlü ve zayıf noktaları ile ilgili bilgi desteği sağlamaktadır. Alan çalışmasında test edilen ASM binasının işitsel ve termal konforu iyi / yeterli değerlendirilirken, mekânsal ve görsel konforu orta olarak değerlendirilmiştir. Görsel konfor, doğal aydınlık düzeyleri göz önüne bulduğunda binanın yerleşimi, pencere konum ve boyutları ile doğrudan ilişkilidir. Bina tasarımı ve yapım sistemine bakıldığında pencere boyutlarında bir değişiklik yapılması çok olası ve pratik değildir. Görsel konforun yapay aydınlatma elemanları ile desteklenmesi verilen hizmetin kalitesinin artırılması için önem arz etmektedir.

Mekânsal konforu oluşturan erişilebilirlik eksikleri düzey erişimde yaşlı ve engellilere yönelik donatıların eklenmesi ile iyileştirilebilir. Bina girişindeki kot farklılıkları rampalar ile dengelenmelidir. Mekân boyutlarının büyütme / birleştirme / ek yapma gibi iyileştirilmesi pratik ve uygulanabilir görülmemektedir. Ancak mekanlarda bulunan gereksiz donatıların kaldırılması ve çalışma donatılarının boyutlarının ve yerleşimlerinin düzenlenmesi hareket ve sirkülasyon alanlarının iyileştirilmesini sağlayabilir. Yetersiz bulunan donatıların antropometrik ve ergonomik olan alternatifleri ile değiştirilmeleri önerilmektedir.

Beklenen performansın elde edilemediği konfor şartlarıyla ilgili açıklayıcı ya da tanı koyucu KSD çalışmaları problemleri daha teknik olarak ortaya koyacak ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için nicel veriler sağlayacaktır. Ayrıca çalışmanın farklı binalarda ve ölçüt setleri ile farklı sonuçlar ortaya koymasına muhtemeldir. Bu çalışma çoklu; nicel ve nitel verilerin bir arada sistematik şekilde nasıl analiz edilebileceğine dair yol gösterici niteliktedir. Kapsamlı literatür araştırması sonucunda ortaya konan kontrol listesi, hızlı ve pratik değerlendirmeler yapılması açısından sonraki çalışmalar için literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Pratikte benzer binaların değerlendirilmesi, ortak eksikliklerin belirlenmesi ve uzun vadede sağlık binalarının iyileştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Gelecek araştırmalarda değerlendirme sistemi kullanıcı memnuniyeti ilişkilendirmeleri ile genişletilmeye uygundur. Sağlık binalarının çok boyutlu yönlerinin araştırılması için kapsamı genişletilecek farklı kontrol listelerinin geliştirilmesi önemli ve gerekli görülmektedir. Çalışmada geliştirilen yöntem önerisi ikinci ve üçüncü basamaktaki sağlık kuruluşlarına yönelik değerlendirilebilir ve uyarlanabilir potansiyele sahiptir. Bu sayede sağlık yapılarında mekânsal iyileştirmeler tasarım aşamasında yapılabilir, lineer akışta sağlık kurumları arasındaki ilişki düzenlenebilir ve kurumlar arasındaki yoğunluk ilişkisi dengelenebilir.

## **Teşekkür / Bilgilendirme**

Araştırmanın alan çalışması sürecinde Muğla ili Menteşe ilçesinde yer alan 2 no.lu Dr. Osman Terzioğlu ASM sağlık personeli Dr. Sedat İşçi ve Adile İşçi 'ye ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## **Referanslar**

Akalp, G. (2010). İşgücü verimliliği ve motivasyonu açısından ergonomik iyileştirmelerin önemi: Otomotiv sektöründe bir uygulama. 16. Ulusal Ergonomi Kongresi, Hitit Üniversitesi.

- Akbulut, M. T., Polatoğlu, Ç., & Aytuğ, A. (2012). Evaluation (POE) of Yildiz Technical University (YTU) School of Foreign Languages (SFL). *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 6(9). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2012.09.005>
- Alaylı, G., Canbaz, S., Akyol, Y., Durmuş, D., Pekşen, Y., ve Cantürk, F., (2008). Samsun ilinde çalışan hekimlerde görülen kas iskelet sistemi yakınmaları. *Romatoloji ve Tıbbi Rehabilitasyon Dergisi*; 19: 132-6.
- Allen J., Gay B., Crebolder H. vd. (2002). The European definition of general practice/family medicine. *WONCA EUROPE 2011 Edition*:8-12.
- Altaş, N. E., (1994). Kalite kavramı üzerine bir inceleme: Fiziksel çevrede kalite parametreleri modeli, *İ.T.Ü. Dergisi*, İstanbul.
- Altıntaş, E. (2008). Termal konfor duyarlılık ölçeğine göre ilköğretim dersliklerinin termal konfor açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Aydemir, İ. ve Yenimahalleli Yaşar, G. (2016). Ergonomik tasarımın sağlık çalışanları ve hasta güvenliğine etkisi. *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi*, 3(3), 174–184.
- Aykal, F. D., Baran, M., Erbaş, M. ve Gündüz, H. K., (2017). Sağlık yapılarının tasarımında doğal aydınlatmanın önemi: Şanlıurfa Muradiye Aile Sağlığı Merkezi örneği. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 7(2), 227–240. <https://doi.org/10.26579/jocress-7.2.17>
- Babayigit, M. A., & Kurt, M., (2013). Hospital ergonomics. *Istanbul Medical Journal*, 14(3), 153–159. <https://doi.org/10.5152/imj.2013.42>
- Baran, İ., (2019). Aile sağlık merkezlerinin erişilebilirlik ve kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi: Bingöl ili. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Türkiye.
- Baykal, D. ve Kutlu, L., (2015). Birinci basamak sağlık kuruluşlarında çalışanların sağlığını etkileyen faktörlerin incelenmesi. 5. Ulusal Sağlık Çalışanlarının Sağlığı Kongresi, Ankara Üniversitesi, 24-25 Ekim 2015, Ankara.
- Büker, N., Aslan, E., Altuğ, F. ve Cavlak, U., (2006). Hekimlerde kas-iskelet sistemi problemlerinin analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*; 10: 163-70.
- Demir, C. (2013). Şanlıurfa il merkezindeki aile sağlığı merkezlerinde fiziksel ortam faktörleri düzeyi ve çalışan sağlığına etkileri. *Sağlık Çalışanlarının Sağlığı 5. Ulusal Kongresi Şanlıurfa*, 7(1), 31–40.
- Deniz, M., Kocaman, E. ve Topuz, M., (2018). Turgutlu ilçesinde aile sağlığı merkezlerinin (ASM) konularının erişilebilirlik açısından CBS ile analizi. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*.
- Elnaklah, R., Walker, I., & Natarajan, S. (2021). Moving to a green building: Indoor environment quality, thermal comfort and health. *Building and Environment*, 191, 107592. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107592>
- Ergün, R. ve Ergün, Ş., (2022). Sağlık yapılarının kullanım sürecinde değerlendirilmesi: Dicle Üniversitesi Acil ve Travmatoloji Hastanesi Acil Servis Birimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24 (1), 309-320. DOI: 10.32709/akusosbil.981747
- Eser, U. ve Kılıççioğlu, B., (2017). Aile hekimliği ofis yönetimi ve ergonomi. *Klinik Tıp Aile Hekimliği*, 9(4), 45–47.
- Gezer H., (2014). Hastanelerde ve sağlık merkezlerinde erişilebilirlik. *Fen Bilimleri Dergisi*, 13(25): 113-133
- Giresun Erdoğan, B., (2022). Bina planlama sürecinde uyarlanabilir yeniden kullanım için karar modeli, Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Groat, L. N., & Wang, D. (2013). *Architectural research methods*. John Wiley & Sons.
- Güler, Ç., (2004). Ergonominin tanımı. Editör Güler Ç. *Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İçin*. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Hamraie, A. (2017). *Building access: Universal design and the politics of disability*. U of Minnesota Press.
- Hignett, S., (2003). Hospital ergonomics: a qualitative study to explore the organizational and cultural factors. *Ergonomics*, 46(9), 882–903. <https://doi.org/10.1080/0014013031000090143>

- Janowitz, I. L., Gillen, M., Ryan, G., Rempel, D., Trupin, L., Swig, L., Mullen, K., Rugulies, R., & Blanc, P. D., (2006). Measuring the physical demands of work in hospital settings: Design and implementation of an ergonomics assessment. *Applied Ergonomics*, 37(5), 641–658. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.08.004>
- Juran, J.M., (1998). *Quality control handbook*. McGraw-Hill, New York.
- Kantrowitz., M., et al., (1986), “P/A Poe: Energy past and future” *Progressive Architecture*.
- Karagenc, O., (2001). *Toplu konut alanlarında simgesel performansla yönelik kullanım sonrası değerlendirme modeli*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Karwowski, W., (2005). *Ergonomics and human factors: The paradigms for science, engineering, design, technology, and management of human-compatible systems*. *Ergonomics*, 48:5, 436-463. <https://doi.org/10.1080/00140130400029167>
- Kavuncubaşı, Ş. ve Yıldırım, S. (2022). *Hastane ve sağlık kurumları yönetimi*. 6.Baskı. Siyasal Kitabevi.
- Kıran, A., ve Polatoğlu, Ç. (2011). *Bina bilgisi'ne giriş*. 5.Baskı. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Kringos, D. S., Boerma, W. G. W., Hutchinson A, Van der Zee J., & Groenewegen, P. P., (2010). The Breadth of primary care: A systematic literature review of its core dimensions. *BMC Health Services Research*. 10: 65
- Onat, E. (1982). *Mekânsal düzenin kuruluşu ve mimarlıkta tasarlama üzerine kavramsal bilgiler*. Ankara; ADMMA.
- Oral, G. K., Yener, A. K. ve Bayazit, N. T. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. *Building and Environment*, 39(3), 281–287. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00141-0](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00141-0)
- Preiser, W., (1989). *Building evaluation*. 1. baskı. Springer, ABD.
- Preiser, W., White, E., & Rabinowitz, H., (1988). *Post-occupancy evaluation (Routledge Revivals)*. Van Nostrand Reinhold.
- Rea, M. S. (2000). *The IESNA lighting handbook*. [electronic resource] : reference & application. (9th ed.). Illuminating Engineering Society of North America.
- Saltman, R. B., Rico A., & Boerma, W. G. W., (2006). Primary care in the driver's seat? Organizational reform in european primary care. *European Observatory on Health Systems and Policies*. Open University Press. 22- 49.İngiltere.
- Sanoff, H., (1992). *Integrating programming, evaluation, and participation in design: A theory z approach*, aldershot: Avebury
- Şenkal Sezer, F., (2015). Sağlık ocaklarında konfor koşullarının değerlendirilmesi: Bursa/Nilüfer örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 197–208. DOI: 10.21605/cukurovaummfd.242811
- Sağlık Bakanlığı (2022). Sağlık hizmet sunucularının basamaklandırılmasına dair yönetmelik. Resmi Gazete 31746 (10 Şubat 2022). Erişim 5 Ekim 2022. <https://124.im/lu7p>
- Sözen, M. ve Tanyeli, U., (1986). *Sanat kavram ve terimleri sözlüğü*. Remzi Kitabevi.
- Stone, R., & Mccloy, R., (2004). Ergonomics in medicine and surgery. *British Medical of Journal*, 328, 1115-1118. <https://doi.org/10.1136/bmj.328.7448.1115>
- Şerefhanoglu, S. M. (2001). *Yapı kabuğunda ısı ve ses yönünden konfor ilişkisi*. Tesisat Mühendisliği, Ocak/Şubat 2001.
- Taifa, I. W., & Desai, D. A. (2017). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(1), 232–239. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.08.004>
- Van der Voordt, T. J., & Van Wegen, H. B. (2005). *Architecture in use: An introduction to the programming, design and evaluation of buildings*. United Kingdom.
- Voordt, D. & Vrieling, D., (1987). *Kosten-kwaliteit van wijkwelzijnsaccommodaties*. Delft University Press.
- Yar, E. C., (2017). *Hastane işletmelerinde başarı değerlemesi sürecinde kullanılan mali kriterler ve analiz*. Gazi Üniversitesi, Türkiye.

Yararel, B., (2019). İnsan ihtiyaçları ve mekânsal elverişlilik kavramları perspektifinde çalışma mekânlarında ergonominin önemi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. <https://doi.org/10.35379/cusosbil.590993>

Yasemin, M. T., (2003). Semt polikliniklerinde mimari program ve tasarım kriterlerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Türkiye.

Zorlu, T., (2017). Yaşlılar için konutta iç mekân tasarımı ve ergonomi. Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi (YSAD) Elderly Issues Research Journal (EIRJ) Cilt, 10(2), 40–53.



## Mikro Mekanlarda İç Mekan Ergonomisi

### Interior Ergonomics in Micro Spaces

Melih Kurnalı<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Konya Teknik Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi 42150, Konya; TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 01/11/2022

**Kabul / Accepted:** 27/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

#### Öz

Mikro Mimarlık, yeni olmamasına rağmen son yıllarda literatürde ve popüler kültürdeki yerini sağlamlaştırarak ön plana çıkmakta olan bir kavramdır. Minimum standartlarla, maksimum işlevin sunulması temeline dayanan mimarlık yaklaşımının sonucu olan bu kavram, bazı kaynaklarda Japon bonsai sanatına benzetilmektedir. Bonsai normal bir ağacın özel tekniklerle minimum ölçekte yetiştirilmesidir. Amacı; ağacın hiçbir özelliğini kaybetmeden yalnızca boyutlarını küçültmektir. Mikro Mimarlık da aynı şekilde mimarlığın işlevinden kaybetmeden minimumda yaşam prensibiyle mekanlar üretmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, mikro mekanların uygulanmış örneklerini inceleyerek, ergonomik standartların bu tip mekanlarda ne seviyede gerçekleştirilebildiğini incelemeyi amaçlamaktadır. Mikro mekanlar işlev yoğunluğunun arasında ergonominin minimum standartlarını sağlayarak işlevleri tam anlamıyla yerine getiren mekanlar olarak mı karşımıza çıkmaktadır? İç mekan ergonomisi, işlevsellik ve kullanıcı konforu bağlamında kritik bir konudur. Ergonomik standartlara uymayan bir iç mekanın sağlıklı şekilde kullanılması mümkün değildir. Bu bağlamda mikro mekanlardan mikro konutlar üzerinde bir inceleme yapılmış ve temel mekan işlevlerinin boyut ve standartlarına yönelinmiştir. Konutların temel işlev alanları, mimarlığın gelişimi boyunca üzerlerinde çalışılmış ve kullanım ölçüleri günümüz için belirli standartlara ulaştırılmıştır. Standartların minimum değerleri alınarak, mikro konut mekanlarının bu standartlara uyumu sorgulanmıştır. Böylece mikro mekanların işlevselliklerine yönelik çıkarımlarda da bulunulabilecektir. Standartlara uymayan mekan tasarımlarının belirlenmesi, gelecek yapımlar için altlığı oluşturmada öncü olacak, yeni mekanlar üretilirken temel bilgileri sağlayacaktır.

#### Anahtar Kelimeler

*“Mikro mimarlık, mikro mekan, ergonomik, minimum, existentminimum”*

#### Abstract

Although not new, Micro Architecture is a concept that has come to the forefront in recent years by strengthening its place in literature and popular culture. This concept, which is the result of an architectural approach based on the presentation of maximum function with minimum standards, is likened to Japanese bonsai art in some sources. Bonsai is the minimal-scale cultivation of a typical tree with special techniques. The purpose; is to reduce the size of the tree without losing any of its properties. Micro Architecture also aims to produce spaces with the principle of living at a minimum without losing the function of architecture. This study aims to examine to what extent ergonomic standards can be acquired in such spaces by analyzing the applied examples of micro spaces. Interior ergonomics is a critical issue in functionality and user comfort. It is impossible to use an interior that does not comply with ergonomic standards healthily. In this context, an examination has been made of micro dwellings from micro spaces, and the dimensions and standards of essential space functions have been addressed. By taking the minimum values of the standards were questioned the compliance of the micro-housing spaces with these standards . Thus, it will be possible to make inferences about the functionality of micro spaces. Identifying space designs that do not comply with the standards will be a pioneer in creating the base for future academic research and will provide basic information when producing new spaces.

#### Key Words

*“Micro architecture, micro space, ergonomic, minimum, existentminimum”*



## 1. Giriş

Mimarlık disiplininin günümüzde bir dalı olarak kabul edilebilecek, özelleşmiş ve uzmanlık alanına dönüşmekte olan Mikro Mimarlık konusu, aslında sıklıkla görmeye başladığımız ürünlerle aşına olduğumuz bir alanı da oluşturmaktadır. Genel karakterine bakılacak olunursa Mikro Mimarlık ürünleri karşımıza kiosk, otobüs durakları, büfelerden küçük ev (tiny house), kabin, karavan ve benzeri mobil yapılar ve afet konutlarına uzanan yelpazede yapılar şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Mikro Mimarlığa yönelik yapılan literatür araştırmasında genellikle, yazılım ve bilgisayar bilim alanında, işlemci mimarisi üzerine çalışmalar ile karşılaşmaktadır. Mimarlık bağlamında Mikro mimarlık alanı adıyla anıldığı yayınlarda ise mimarlığın minyatüre edilmesi olarak tanımlanmıştır (Haack ve Höpfner, 2010; Horden, 2008). Hatta bonsai ağacı metaforunun kullanıldığı da görülmüştür. Bilindiği üzere bonsai ağaçları normal ağaçların özel tekniklerle büyümesinin engellenmesi ile oluşturulur. Ağaç normal boyuttaki ağaçla aynı özellik ve görünümündedir ve meyve de verebilmektedir. Mikro Mimarlık için yapılan benzetmede de, mimarlığın tüm işlevlerini yeterli ölçüde sunabildiği vurgulanmaktadır. Minimum ölçüde tam işlev vaadinde bulunan bu tanım, oldukça iddialı olduğundan sorgulanması gereklidir. Çalışmanın temelinde bu fikri sorgulama amacı yatmaktadır.

Mikro Mimarlık, temsil ettiği özellikleri ve ortaya çıkış amaçları ile aslında önemli bir deneysel alt yapının ve koruma bilincinin ürünüdür. Mikro Mimarlığı makro ölçekte bir yapı üretilmeden deneyimlenecek ve test edilecek bir altlık olarak ortaya çıkmış kabul etmek mümkündür. Mikro Mimari, mikro ölçekte oluşturulan ve daha sonra makro ölçekte dönüştürülen, birikerek büyüyen mimari birimdir (Chao, 2008). Bu tanımla Mikro Mimarlık ürünü olan modülü oluşturup bir araya getirerek makro mimarlık ürünleri elde edilebilir. Tanıma uygun akla ilk gelebilecek örnek ise 2022 Nisan ayında yıkımına başlanan Nakagin Kapsül kulesidir. Birbirinin aynı ölçülerdeki kapsüllerin bir araya gelişi ile oluşan yapı metabolizm akımının da önemli örneklerindendir. Mikro Mimarlık tanımlardan yola çıkıldığında mimarlığın deneysel altlığı oluşturmanın yanı sıra seri üretim ile makro mekan üretimini hızlandıran bir alt yapının sağlayıcısıdır da. Buradaki potansiyeli küresel dünyanın konut probleminin çözümü olarak görülmesinde önemli bir sebeptir. Ekonomik olarak daha ulaşılabilir ve sürdürülebilir bir yaşam arayışının günümüzdeki karşılığını mikro ölçekteki yaşam sunmaktadır. Değişen nesil, popüler kültür, çevre akımları, ekonomik zorunluluklar mikro mekanlarda yaşamı idealize etmiştir (Gabbe, 2015; Lau and Wei, 2018; Potikyan, 2017; Urban Land Institute, 2014 'den aktaran Soub & Memikoğlu, 2020). Bahsedilen itici güçlere ek olarak 2020 yılında ortaya çıkan pandemi yeni sosyal standartları oluşturmuş ve toplumdaki izole Mikro Mimarlık ürünlerinin kullanımını arttırmıştır. Bu anlamda çalışmada doğa-insan bütünlüğüne yönelik Mikro Mimarlık ürünü konutların günün şartlarındaki yoğun üretim ve kullanım durumları dikkat çekici hale geldiğinden, bu mekanlardaki yaşam standartlarının değerlendirilmesi çalışma için öncelikli hale gelmiştir.

Mikro Mimarlık duysal kaliteyi ve sanatsallığı ön plana çıkararak, insan-doğa entegrasyonunu daha çevreci hale gelen boyutlarla mümkün kılmaktadır. Mikro Mimarlık ürünlerinin ortaya çıkışındaki sebeplere ek olarak: kentlerdeki; inşaa faaliyetleri, sürekli büyüme ve nüfus artışı, kent içi serbest alanların ve inşaa arazilerinin yetersiz kalması eklenebilir. Kentler sürekli dış çevrelerine doğru büyümektedir. Bu büyüme ile yeni merkezlerin oluşması ve şehir merkezinden uzak konumlanmaya başlayan konutlar, birçok kaynak sorununu beraberinde getirmiştir. Mikro Mimarlık ürünleri yalnız konutlardır demek, konuyu basit bir temele indirgemek anlamına gelecektir. Mikro Mimarlık; otobüs durakları, kiosklar, büfeler, gibi mobil mekanlara dönüşebilen tüm ürünleri kapsamaktadır. Bu ürünler kent odaklı oluşlarından mimarlık kimliğini bu ürünlere katabilmek, onları kentsel kimliğin de bir parçası haline getirecektir. Ancak çalışma kapsamında yalnızca mikro konutların iç mekan ergonomisine odaklanılmıştır. Mikro konutlar ise Mikro Mimarlık ile benzer şekilde literatürde kabul edilen tek bir tanıma sahip değildir. Ancak Belentepe ve Kariptaş'ın çalışmasındaki çıkarıma göre mikro konutların 14m<sup>2</sup>-20m<sup>2</sup> arasındaki mekansal değerlerde tanımlandıkları görülmüştür (Iglesias, 2014'ten aktaran Belentepe ve Kariptaş, 2019). Bir konutun tüm işlevlerini yerine getirebilen bir mikro konutun minimum mekansal bir değerle sınırlandırılması bu çalışmanın ilerleyişine uygun bulunmamış ve temel konut gereksinimlerinden mutfak, banyo- tuvalet, yatma ve yaşam alanlarını içeren ve verilen m<sup>2</sup> değerlerinin dışında kalan önemli mekanlar da analiz sürecine alınmıştır.

Mimarlığın tüm standartlarını küçük ölçekte sunma iddiası ciddi bir iddiadır. Mimarlığın en temelde sunması gereken standart ergonomik standartlardır. Gerekli ergonomik standartların sağlanmaması, konforlu ve güvenli bir mekan kurulmasını imkansızlaştırır. Mikro mekanda ergonomik standartların değerlendirilmesi, bir mekanın erişilebilir olup olmadığını da gösterecektir. Ergonomik standartlara uymayan yapılar ya zorlukla kullanılabilir ya da kullanılmaları mümkün olmamaktadır. Bir konuttaki bireye özgü ek işlevler çıkarıldığında, temel işlevlerin kalacağı aşıkardır. En azda yaşam (existenzminimum) ilkesi de ihtiyaçtan fazlasının kullanımına karşıdır. En azda yaşam ilkesi modernist mimarlık bakışının bir uzantısı olmasının yanında mikro mekan tanımlayan anlayışı da şekillendirmiştir. Mekanda ihtiyaç duyulan temel işlevlerin minimumda sağlanması temel hedeftir. Minimum ölçekte bir yaşam içinse mekansal olarak iki alternatif bulunmaktadır:

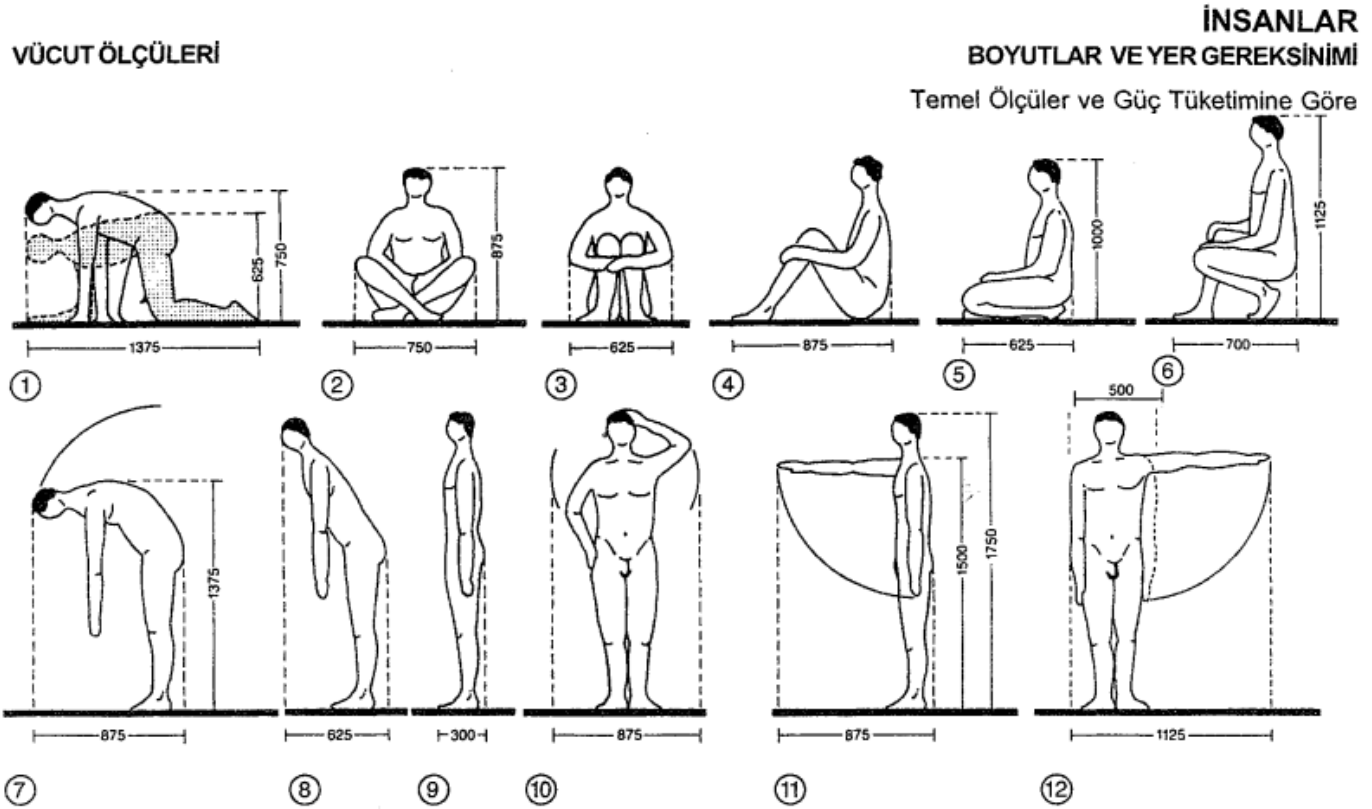
1. Yalnızca ihtiyaç duyulan temel mekanlar (mutfak, banyo, yaşama mekanı)
2. İşlevlerin bir arada sunulduğu farklı alternatifleri de içeren esnek mekanlar.

Temel mekanların bulunduğu alternatifte mekanın tek bir işlevi vardır ve bu mekanın minimum standartlarını sunabilmektedir. Şöyle ki temel mekanlar minimum ergonomik standartları ve minimum işlevsel eylem alanlarını sunar ve mekanın geri kalanı buna göre şekillenir. İşlevlerini alt sınırdaki ölçülerde tam anlamıyla sağlayabilen mekanlar elde edilir. Birden çok eylemin bir arada sunulduğu mekanlarda ise durum bundan çok daha farklıdır. Temel mekanlar işlevlerini tam anlamıyla sunmak zorundadır ancak ek işlevleri ne ölçüde sunabildikleri bu tip mekanların ortak problemidir. Ek eylemler mekanın hacimsel sınırları sebebi ile temel işlev mekanları ile çakıştırılabilmektedir. Bu durumda mutfak mekanına esnek bir çözüm oluşturularak bu mekanın aynı zamanda yemek yeme ve oturma

ya da çalışma mekanı olarak kullanımı sağlanabilir. Ancak birleştirilen işlevler çakışabilmekte, birden fazla kişinin kullanması durumunda bir işledeki eylemin tam anlamıyla bitirilmeden diğerine geçilmesine olanak vermemektedir. Böyle bir durumda hedeflenen mekandan tasarrufun, birincil bakışta kullanıcının zamandan tasarrufuna katkısının olmadığı görülecektir. Küçük hacimli mekanların ortak problemi olan bu durum, bu mekanların inziva amaçlı kullanımı ve günlük hayatın hızından ve sistematik yönünden uzakta olmaları ile açıklanmaktadır. Bu mekanlarda aceleye gerek olmayışı bir eylemden diğerine geçiş için hazırlık yapılmasında kaybedilen zamanı göz önüne almayı engellemektedir. Çalışma sonraki bölümde konuyu örnek mekanlar üzerinden inceleyerek irdelemektedir.

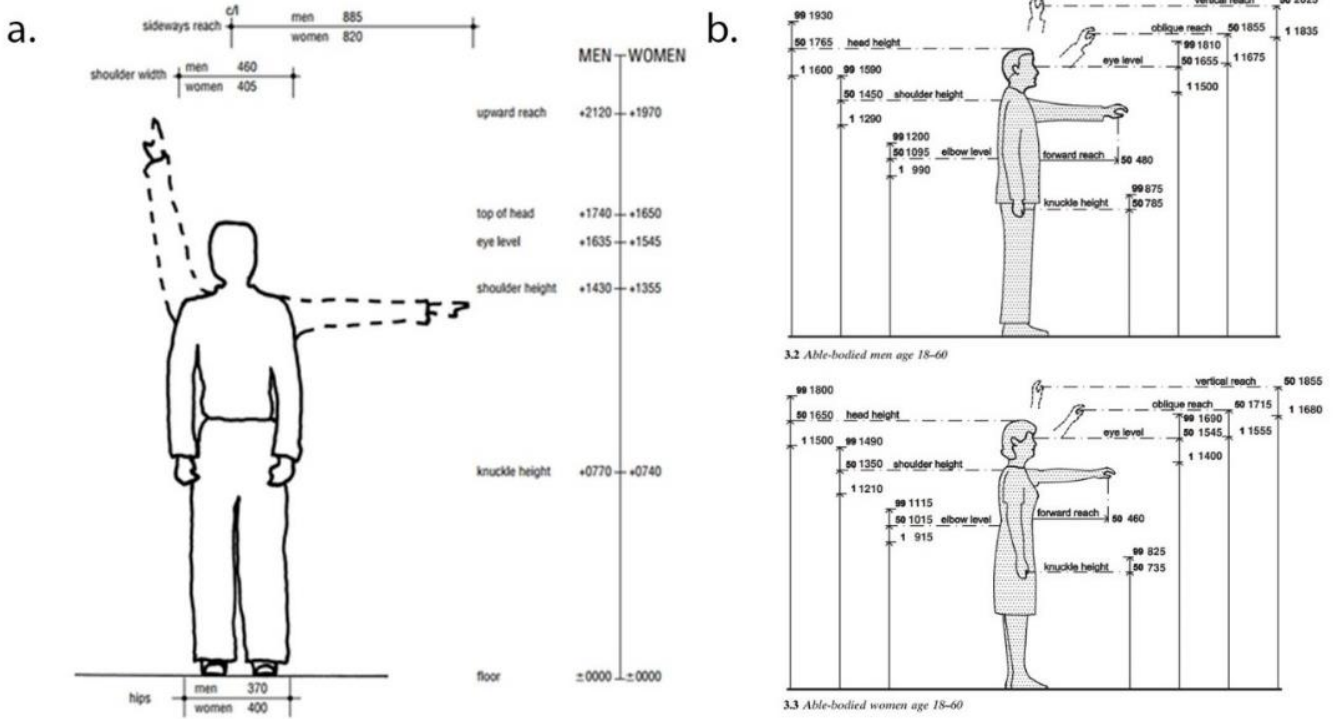
## 2. Temel Mekanlar için Minimum Ölçüler ve Eylem Alanları

Mimarlık insanın eylemlerinden doğan bir disiplin olarak, tanımlanan eylemlere özel barınma olanağı sunar. Eylemler mimarlığı iki şekilde oluşturmuştur. Birinci olarak eğitim, ticaret ve benzeri eylemler, yapının üretim amacını ve tasarımında ihtiyaç listesini belirler, ikinci olarak yapının içerisindeki eylemler mekanların konumundan minimum ve maksimum boyutlarına kadar belirler. Eylemler için öncelikle insanların sınırları belirlenmiştir. Bu anlamda en kapsamlı çalışma günümüzde dahi kullanılan, ilk olarak Almanya'da 1936 yılında basılan, Ernst Neufert'in Yapı Tasarımı kitabıdır. Kitap düzenli aralıklarla güncellenmiş ancak bunun yanında başka çalışmalar da yapılmıştır. Francis D. K. Ching de Yapı Tasarımı ve İç Mekan Tasarımı adlı kitapları ile minimum standartlara yönelik araştırmalarını sunmuştur. Zaman zaman ünlü mimarların da insan ölçüleri ve eylemlerine ilişkin önemli çalışmaları olmuştur. Örneğin Le Corbusier'in Modulor insanı gibi. Tüm çalışmalarda ortak nokta; insan ölçülerinin standardizasyonudur. Bilindiği üzere insanlar farklı boy, kilo ve uzuv boyutlarına sahip olabilmektedir. Buna ek olarak, dezavantajlı bireylerin de göz ardı edilmemesi gereklidir. Belirli sayıda insanın katılımı sağlanarak ve ortama ölçüleri belirlenerek temel bir standart düzeni oluşturulur. Düzenlemenin sunumunda da bir insanın maksimum ölçüde uzanabileceği mesafeler yani vücudun maksimum ve minimum sınırları verilmiştir. Bu ölçülerin belirlenmesi ise ergonomik standartların belirlenmesindeki ilk aşamayı oluşturmuştur. Sonraki aşama insanların bu fiziksel şartlar ile konut içerisindeki eylemleri konforlu şekilde nasıl gerçekleştireceğinin belirlenmesidir. Konut içinde yapılacak tüm eylemlerin belirli minimum ölçüleri sağlaması gereklidir. Aksi durumlarda eylemin gerçekleştirilmesi mümkün olamamaktadır. Unutulmamalıdır ki eylemin gerçekleştirilebilmesinin yanı sıra onun konforlu ve sağlıklı gerçekleştirilebilmesi hayati derecede önemlidir.



Şekil 1. Neufert'de yer alan insan ölçüleri (Neufert, 2012).

Şekil 1'de görüldüğü üzere farklı hareket düzenleri uzuvların kullanımında sınırlandırmalar oluşturabilmektedir. Antropometrik ölçüler ve standartlar ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu sebeple ülkeler kendi ölçülerine göre standartlar oluşturmuştur. Bu standartlar, seri üretimin altlığının oluşturulmasında gerekli olduğundan genelde sanayisi gelişmiş, üretici konumundaki ülkelerde araştırmaların yoğunlaştığı görülmüştür.



**Şekil 2. (a)** Ortalama İngiliz erkek ve kadını için ölçüler (Baden-Powell, 2001); **(b)** İkinci 18- 60 yaş aralığı sağlıklı kadın ve erkek ölçüleri (Goldsmith, 2000).

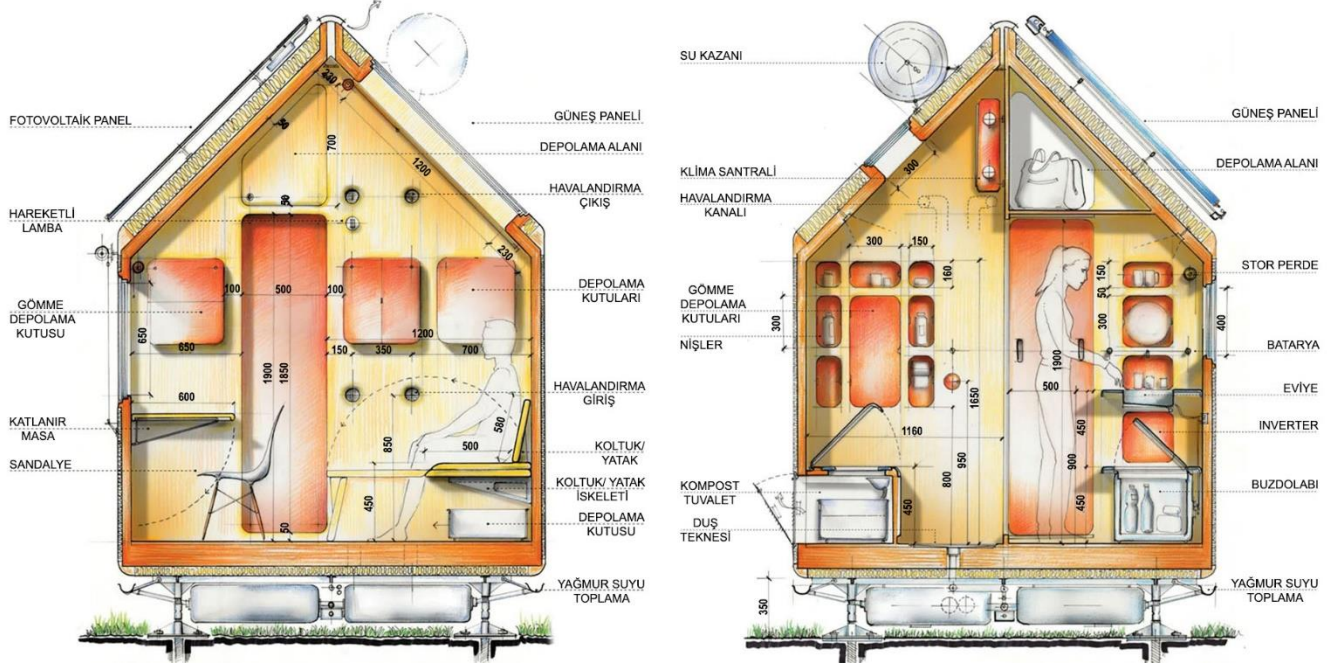
Görüldüğü üzere farklı çalışmalar ölçülerde küçükte olsa farklılıkların olduğunu göstermektedir. Yukarıda verilen sağlıklı ve herhangi bir kısıtı olmayan bireylere yönelik ölçümlerin sonuçlarıdır. Çalışmanın sınırları gereği detaylı bahsedilmeyecek olmasına karşın çocuklar, yaşlılar ve engelli bireylerin de kendine has antropometrik değerleri bulunmaktadır. Evrensel bir tasarım mümkün olabilmesi için tüm dezavantajlı grupların dikkate alınması gereklidir. Ülkemizde ise belirli gruplara yönelik (çocuklar, yaşlılar, engelliler vb.) ergonomik araştırmaların yanında bilinen en kapsamlı çalışma 2006 yılında Prof. Dr. Erksin Güleç'in Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları adlı 2100 denek üzerindeki ölçümlerle gerçekleştirilen çalışmasıdır. Güleç, bu tip antropometri çalışmalarının yaklaşık 10 yıllık aralıklarla tekrarlanması gerektiğini de vurgulamıştır (2006). İnsan ölçüleri, coğrafyadan coğrafyaya değişmektedir. Ancak küresel satış ağları, seri üretim gibi ekonomik odaklı sektörler tolere edilebilir genellemeler yapılmasına sebep olmuş ve çok yönlü bireye göre ayarlanabilen ya da evrensel tasarım ilkeleri düzeyinde ortalamalara sahip ölçülerle ürünler ortaya çıkarılmıştır. Buna en iyi örnek otomotiv endüstrisi üzerinden verilebilir. Üretilen bir araç dünyanın tüm ülkelerine ihraç edilebilmektedir. Bireyler arasındaki ciddileşen ölçü farklarını tolere eden ise koltuklardaki ve direksiyondaki yükseklik ve derinlik ayarlarıdır. Bu sayede farklı boy ve kilodaki kullanıcılar, araçları rahatlıkla kullanabilmektedir. Bu çözümler, ofis ve konutlardaki oturma birimlerine kadar uzanmıştır. Tüm bu antropometri ve ergonomi çalışmaları aslında kullanıcı konforunu ve sağlığını sağlayabilmeye yöneliktir. Daha önce de bahsedildiği üzere insan ölçülerinde sunulan veriler mekânın işlevine yönelik eylemlerin belirlenmesinde kullanılır. Çalışma temel mekanlardaki eylemlerin mikro mekanlar içindeki işlevini sorguladığından, temel işlevlere yönelik eylem alanlarından sirkülasyona yönelik ölçüler alt kısımda şekil 3'te verilmiştir.

Burada verilen eylemlerin bazılarında minimum ölçülerde uç noktalara gidildiği görülebilir. Örneğin dar bir koridordan geçiş için minimum ölçü 35 santimetre olarak verilmiştir. Bu geçişi bir konutta yapmak sağlıklı ya da konforlu bir sonuç vermeyecektir. Ancak ölçünün burada verilme sebebi fabrika ve benzeri insansız üretim hatlarında ya da sürekli insan sirkülasyonunun gerekli olmadığı ya da ihtiyaç duyulmadığı özel amaçlı mekanlardaki sınırın verilmesidir. Minimum ölçüler mimarlığın farklılaşan işlevdeki mekanlarında değişiklik göstermektedir. Unutulmamalıdır ki tablolarda verilen tüm ölçüler konutlar için ideal olanı vermemektedir. Ya da konut için ideal olan hastane için ideal olamamaktadır. Öyle ki bir konut içerisinde standart bir mekanda bile yapılacak farklı bir eylem standartların tekrar düşünülmesini gerektirmektedir. Mutfak ya da yemek yeme mekanlarına eklenecek işlevler buradaki standartların minimum ölçülerini değiştirebilmektedir. Bu sebeple standartlara, değişken koşulları dikkate alarak yaklaşmak ve tasarım süreçlerinde buna dikkat ederek hareket etmek ergonomik ve konforlu projelerin üretilmesini sağlayacaktır. Bu anlamda görselleri incelerken verilen bilgilere göre yorumlamak yararlı olacaktır. Ayrıca verilen minimum ölçülerin yukarıda boyları ve hareket ölçüleri verilen standartlaştırılmış bireylere göre belirlendiğini dikkate almak gereklidir. Bu bireylerin kiloları da, standart sağlıklı bireylere göre kabul edilmiş ve minimum standartların sağlıklı bireylere göre oluşturulduğunu bir kere daha bu aşamada vurgulamak gerekli görülmüştür. Yapılacak incelemelerin ve tasarlanacak projelerin tüm kullanıcıların rahatlıkla kullanımı için minimum standartların farkında olarak ancak ideal şekilde işlenmesi gereklidir.





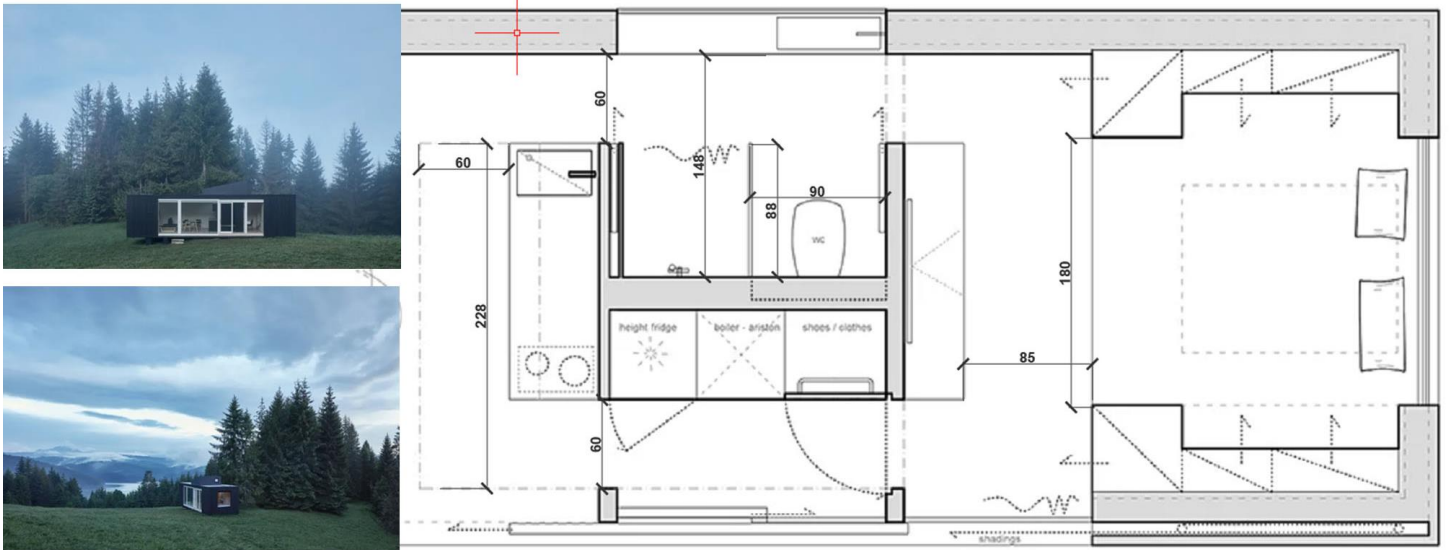
### 3.1. Diogene



Şekil 6. Diogene mekan ölçüleri (Divisare, 2013).

Renzo Piano'nun deneysel tasarımı Diogene, tek bir örneği olan prototip, yüksek teknoloji kişisel yaşam birimidir. Yapının, teknoloji konut bütünlüğünü göstermeye yönelik bir prototip olduğunu düşünürsek, standartları sağlamadığı mekanların olması doğal karşılanabilir. Yapının temel mekanlarından banyo ve tuvaletinde eylem alanlarının minimum standartlarının sağlandığı görülmektedir. Oturma ve çalışma biriminde de görüldüğü üzere minimum standartlar sağlanmıştır. Ancak çoklu kullanımda, örneğin çalışma alanı ve oturma alanının birden fazla kişi tarafından kullanımında, sirkülasyon hareketleri için standartların altına düşülmektedir. Yatak açılarak standart ölçüye ulaşabilmektedir. Mutfak için tüm işlevler ve çalışma alanları dikeyde istiflenmiş ve oturarak çalışmak için mekan ve donatı yönünden bir düzenleme yapılmamıştır. Mutfak mekanında tek kişi için yeterli alan söz konusudur. Banyo ve tuvalet için de 70 cm'lik minimum alan yapı içerisinde sağlanmıştır. Evrensel tasarım kriterleri ve engelli bireylere yönelik tasarım yaklaşımını bu yapılarda bir eksiklik olduğu açıkça görülmektedir. Yapı prototip olmasının yanında bedensel kısıtı olmayan özel bir kullanıcı tipine göre tasarlanmıştır.

### 3.2. Ark Shelter

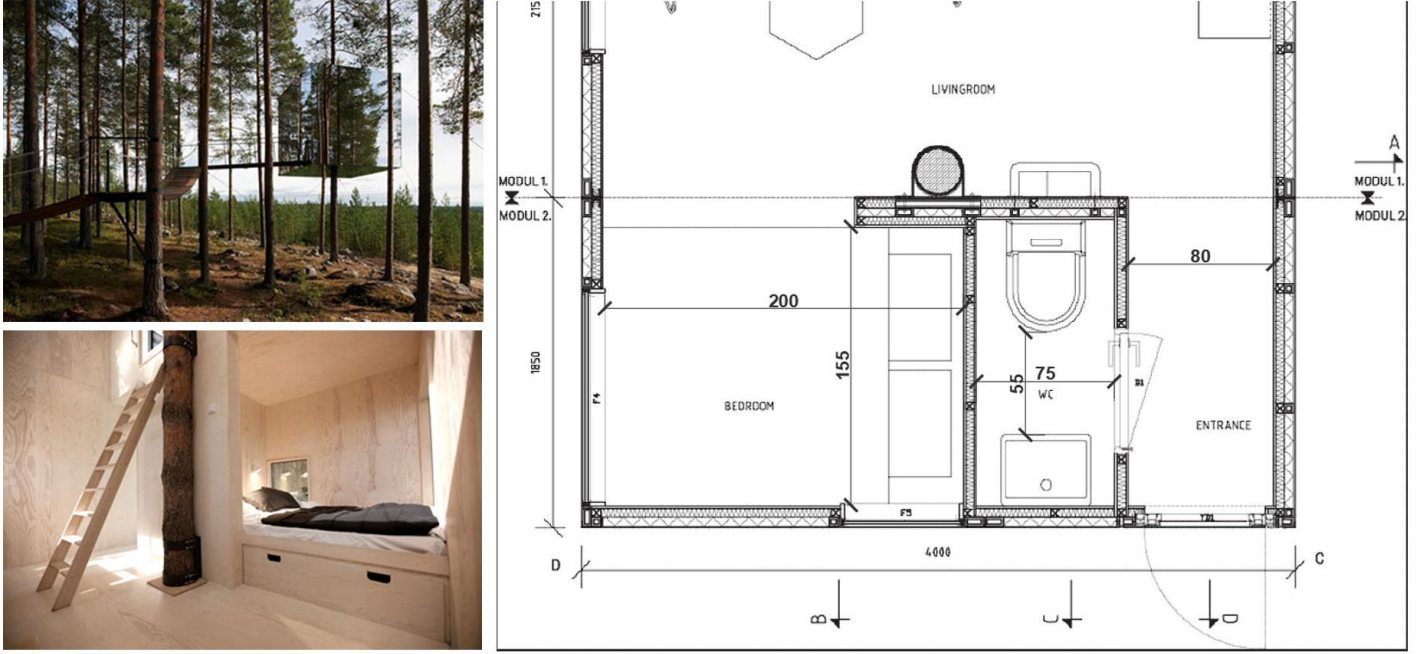


Şekil 7. Ark Shelter, mutfak, yata, ıslak hacimler ve sirkülasyon alanlarına yönelik ölçüler (Divisare, 2018)

Tüm birimlerin birbiri ile iç içe işlev sunduğu mekanda, temel mekan gereksinimlerinin minimum standartları sağlandığı görülebilmektedir. Mutfak biriminin, Diogene'e göre daha büyük olduğu görülmekte ve eylem alanı olarak daha kullanışlı bir alan

sunmaktadır. Sirkülasyon alanlarının işlevlerle birleştirildiği mekanlar, çoklu kullanımda işleyiş problemi çıkaracaktır. Yapının dikey sirkülasyon öğeleri yaş ve fiziksel özellikler açısından belirli kullanıcılara hitap etmektedir.

### 3.3. Mirror Cube



Şekil 8. Mirror Cube yatma, ıslak hacim ve sirkülasyona dair ölçüleri (Divisare, 2012).

Mirrorcube Norveç'in "açık havada yaşam" felsefesinin önemli ürünlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu felsefe ile Norveç turistik faaliyetleri arttırmayı hedeflemiştir. Bunu yanı sıra Mikro Mimarlığın küresel yayılımında da etkili olmuştur. Kentsel yaşamdan soyutlanmanın hedeflendiği yapı, zeminden koparak ve bulunduğu alan üzerinden aynalarla kaybolarak bu özelliğini destekler. Yapıya ulaşım ve giriş yine belirli fiziksel özelliklere ve yaş grubuna dahil olan kullanıcılara uygunluk göstermektedir. Yapıda kullanılan tuvalet minimum standartları sağlamaktadır. Ancak bir otel odası olarak tasarlandığından mutfak kullanımının temel standartlarını sağlayacak bir düzenleme bulunmamaktadır.

### 3.4. Klein A45



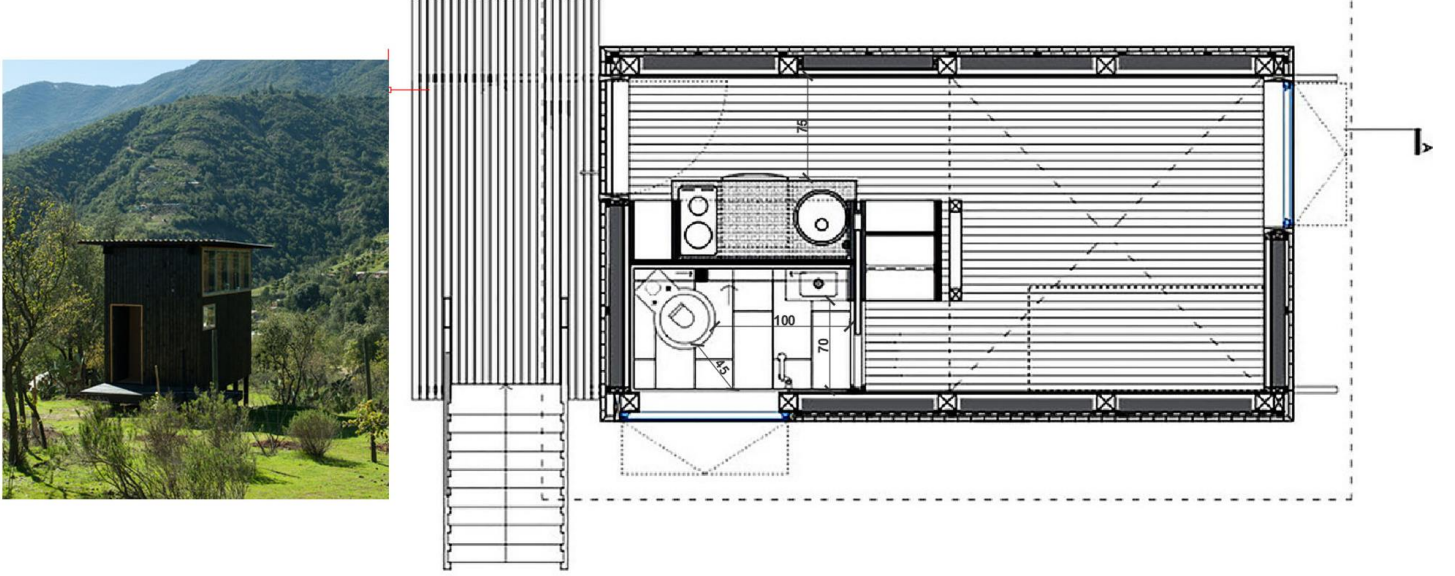
Şekil 9. Bjarke Ingel'in Klein A45 mikro konutunun mutfak, ıslak hacim ve yatma mekanı ölçüleri (Modmodz, 2021).

New York'un dışında inşa edilen ve gelecekteki ev sahiplerinin herhangi bir yerde, herhangi bir amaç için 4-6 ay içinde satın almaları, uyarlamaları ve inşa etmeleri için, içeride ve dışarıda kişiselleştirilebilir özellikte tasarlanmıştır. Tasarım, eğimli çatısı, yağmurun kolayca akmasını sağlayan açılı duvarları ve basit yapısıyla bilinen geleneksel A-çerçeve kabinden evrilmiştir. Ürünün konut

sıkıntısına yönelik tasarlandığını düşünecek olursak geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmesi beklenmektedir. Ancak görüldüğü üzere mutfak eylem alanının girişle çakışması ve banyonun engelsiz kullanıcı için minimum standartları sağlaması gibi özellikler yapıyı yine belirli kullanıcılara yönelik değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır.

### 3.5. Charred Cabin

Akademik çevreden bir çiftin tarihsel çevre ve izole konumdan faydalanmayı amaçladığı yapı, DRAA firması tarafından inşa edilmiş ve ekonomik gerekçelerle basit seviyede tutulmuş. Mikro konut, yemek yenecek bir mekan ve iki kişi için uyku ve okuma alanı sunmanın ötesindeki tüm eylemleri dışarıda tutar.



Şekil 10. Charred Cabin banyo ve mutfak bölümündeki ölçüler (Santibañez, 2019).

Klozetin konumu ve önünde kalan eylem alanı, minimum standartların altına inmiştir. Lavabonun önündeki alan yeterli olsa da kapının direkt yanına konumlanmıştır. Alan yetersizliğinden banyo kapısı sürgülü şeklindedir. Mutfak önündeki alan, 75 santimetrelilik genişliği ile aslında temel gereksinime hitap ediyor gibi görünse de ana girişe ait sirkülasyon ile çakıştığından ve bu anlamda giriş alanları için yeterliliği sunmadığından yine minimum standartların zorlandığı görülmektedir. Yapının yalnız iki kişi için üretilmiş olması işlev çakışmasını büyük bir sorun haline getirmiyor olsa da belirli bölgelerde birlikte hareket etmenin zorluk çıkaracağı açıktır. Uyku ve dinlenme için 2,44 metrelik yüksekliğe konumlanan asma tavana çıkabilmek için kullanılan merdiven, yalnızca belirli fiziksel özelliklere sahip ortalama bireylere uygun şeklindedir. Mikro mekanlarda genel olarak görülen yatma mekanının asma kat ile çözülmesi burada da karşımıza çıkmaktadır.

### 3.6. Climber's Cabin



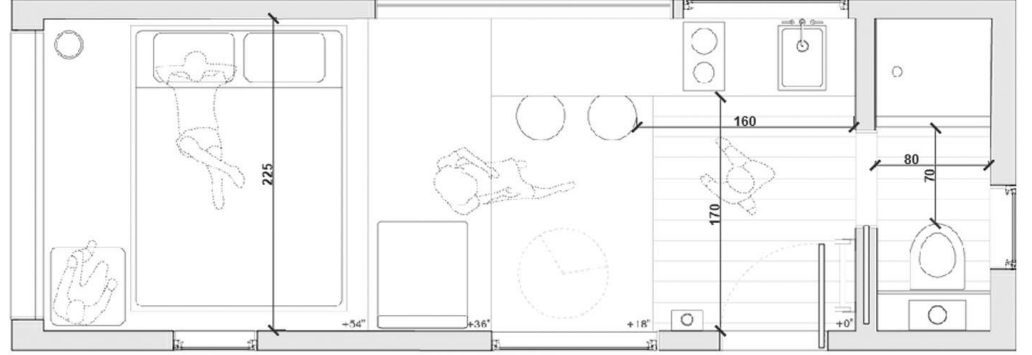
Şekil 11. Climber's Cabin ıslak hacim ölçüleri (Pintos, 2022).

AR Design Studio tarafından tasarlanan yapı, orman ile akarsu arasında konumlandırılmıştır. Yapım amacı misafir evi işlevi ve çocuklara büyürken özgür bir mekan sunmaktır. Yerel malzeme kullanılarak yapılan inşa faaliyetini, müşteri arkadaşlarının desteği ile



yürütmüştür (Pintos, 2022). Yaşama mekanının yanında girişi bulunan ranzalar çocuklar için yapılmış ve kapaklı girişler ile ilgi çekici hale getirilmeye çalışılmış. Yine mezanine yerleştirilen yatma mekanına çıkışa yönelik olarak görseller üzerinde merdiven benzeri bir düzenlemeye rastlanmamıştır. Bu alanda da yatma için yeterli alan oluşturulmuştur ve yükseklik, kırma çatı ile mekanın bir kısmında yeterli seviyededir. Misafir ağırlamaya yönelik konutta, mutfak bulunmamakta ve tüm yaşlara ve dezavantajlı kullanıcılara uygun ölçüde mekanlar sunulmamıştır.

### 3.7. Getaway Cabin No. 3- “The Clara”



Şekil 12. Getaway Cabin mutfak, yatma ve ıslak hacim mekan ölçüleri (Archdaily, 2016).

Mekan içerisinde farklı kotlar oluşturulmuş her bir kota belirli bir işlev atanmıştır. Bu işlevler dönüştürülebilir şekilde esnek tasarlanmıştır. Karayolu taşımacılığı yönetmeliğinin sınırları yapının ölçülerini ve formunu belirlemiştir. Yapı içerisinde farklı kotlardaki işlevler arasındaki geçişlerin her yaşta ve kondisyondan kullanıcı için uygun olmadığı görülmektedir. Islak hacimlerin temel ölçüleri sağladıkları görülmektedir. Diğer örneklerle göre daha kullanışlı mutfak eylem alanı sunan mekanda giriş ve banyonun sirkülasyon alanları ile çakışması, mekandaki birey sayısı arttığında kullanım problemleri çıkaracak şekilde görülmüştür.

## 4. Sonuç

Tablo 1. Mikro Mekan m<sup>2</sup> tablosu

Yapı Adı	m <sup>2</sup>
Diogene	7,5
Ark Shelter	36
Mirror Cube	16
Klein A45	25
Charred Cabin	15
Climber's Cabin	25
Getaway Cabin No. 3 “The Clara”	15

İncelenen hiçbir mekanda evrensel tasarıma yönelik bir düzenlemeye rastlanmamıştır (Tablo 1). Yatma mekanlarında standart fabrikasyon donatı ürünlerinin direkt uyumu gerekli olduğundan, mekan oluşturulmasında standartların altına inilmediği gözlenmiştir. Ancak bu mekanlarda dikkat çeken tavan yüksekliğinin düşürülerek, diğer mekanlara kazanım sağlanmasına yönelik işlemlerin sıklığıdır. Bu sebeple yatma mekanlarında asma kat kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır.

Birçok proje deneysel veya belirli bir kullanıcı profiline yönelik olsa da bazıları konut kıtlığına hızlı cevap verebilecek modeller olarak sunulmuştur. Bu durumda, daha fazla kullanıcı için erişilebilir olmaları beklenmektedir. Mikro mimarlık, mimarlığın minyatüre edilmesi olarak tanımlansa da mimarlık ürünlerinin her gruptan kullanıcıya hitap etmeyi amaçlayan kapsayıcılığı sağlamaktan uzak görülmüştürler. Belirli amaçlar, spor, afet, korunma vb. özelleşmiş amaçlı ve geçici kullanım amaçlı mikro mekanları araştırma alanı dışında bırakarak, mikro konutların kullanıcı yelpazesinin sınırlı olduğu açıkça belirlenmiştir. Mikro mekanlar genellikle genç aralık denen yaş grubuna ve fiziksel olarak engelsiz bireylerin kullanımı için uygunluk göstermektedir. İncelenen örnekler bu bulguyu desteklemektedir. Küresel dünyanın popüler kültür etmeninden en çok etkilenen yaş grubunu, bu yapıların temel hedef kitlesi olarak görmek mümkündür. Doğada yaşamın idealize edilmesi, organik tarım ve tarımsal üretime yönelik teşvik ve yönelim burada ve toplumsal

hareketlerde açıkça okunabilmektedir. Mevcut küresel şartlar, savaş, ekonomik kriz, pandemi, enerji krizi; doğaya dönük, çevre koruma odaklı yaşayışı zorunlu kılmaktadır. Tarımsal üretimi arttırmak ve bu alanda genç nüfusu bu tip eylemlere ve çalışma alanlarına yönlendirmek bazı ülkelerin yürüttükleri politikalar arasında da bulunmaktadır. Nüfusu azalan bölgeleri ve bu bölgelerdeki faaliyetleri canlı tutma hedefindeki hükümetler, bu bölgelere yapılacak göçleri finansal olarak da desteklemektedir. Bu şekilde idealize edilen yaşantının sonraki aşaması, yaşamı idame ettirmek için yapılacak aktivitelere yönlendirmek olacaktır.

Genel olarak doğal mekanlarda kurulan yapılar, altyapısız bölgelerde bulunduğundan yine belirli kullanıcılara yöneliktir. Mikro Mimarlık ürünleri, mimarlıktan farklı olarak kişiye özel üretilmiş, metaforik olarak terzi işi bir kıyafet gibi, belli kullanıcıya uygun ürünler olarak görülmüştür. Mikro Mimarlık ürünleri tüm kullanıcılara, evrensel tasarım ilkelerine uyduğu ve ergonomik standartları minimum da olsa sağladığı zaman, mimarlığın tüm işlevini sunan, mikro ölçekteki ürünler olarak değerlendirilebilir. Bu sayede Mikro Mimarlığın minyatüre edilmiş haline dönüşecektir.

Mikro konutlar, mevcut durumda evrensel tasarım ilkelerine uymamakta ve dezavantajlı bireylere hitap etmemektedir. Çocuklar için güvenli mekanlar sunulmadığı görülmüş ve yaşlılar tarafından verimli şekilde kullanımı imkânsız mekanlarla karşılaşmıştır. Bu anlamda geleceğin kalabalık kentlerinin konut çözümü olarak görülen mikro mekanların tüm kullanıcıları kapsayan örneklerinin üretiminin gerekli olduğuna dikkat çekmek gereklidir. Mikro konutlar ilerleyen süreçte yaşantımızın büyük parçası olacaktır. Bu kentlerin sınırlarına ulaşmalarından ve mikro konut üretiminin artışından açıkça görülebilir. Ancak bu mekanların tüm kullanıcılar tarafından kullanılabilir hale getirilmesi gereklidir. Ülkemizde turistik açıdan yaygınlaşan mikro mekanlar da benzer şekilde konumları ve düzenlemeleri gereği yalnızca genç aralıktaki kullanıcıya hitap etmektedir. Ülkemizde kontrolsüz şekilde gelişen küçük ev hareketi ve mikro konutların genel kullanıcı standartlarını sunabildikleri de meçhul ve araştırılması gereken bir konudur. Ülkemizde Mikro Mimarlık ve mikro konut konuları, literatürde yeterince kendine yer bulamamıştır. Konu üzerine çalışmalar yeni yeni artış göstermektedir ancak çalışmalarda; bu çalışmada da olduğu gibi genel olarak yurt dışı örnekleri değerlendirilmektedir. Ülkemizde tasarımcılar tarafından tasarlanan mikro mekanların yetersizliğinden dolayı, mikro mekanların ülkemiz örnekleri çalışmalarda yeterince işlenmemiştir. Çalışma, tüm bu konulara dikkat çekerken yeni yapılacak mikro mekan konulu araştırmalara da altlık sağlamayı amaçlamıştır.

Özetle Mikro Mimarlık ürünlerinin, sosyal medya ve mimarlık sitelerinden servis edilen örnekleri, aslında doğayla bütünlüğü idealize edilen bir yaşantının ticaretini yapma amacını sunmaktadır. Yapıların iç mekanlarının belirli kullanıcılara yönelik oluşu da bu fikri desteklemektedir. Mikro Mimarlık, ergonomik standartları ve evrensel tasarım ilkeleri ile tüm kullanıcılara hitap etmesi için geliştirilmesi gerekli görülen bir alandır.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

Archdaily. (2016, Kasım 18). Archdaily. Archdaily Web Sitesi: <https://www.archdaily.com/799610/getaway-cabin-no-3-the-clara-wyatt-komarin-plus-addison-godine-plus-rachel-moranis> adresinden alındı.

Baden-Powell, C. (2001). *Architect's Pocket Book*. Oxford: Elsevier Science.

Belentepe, A., & Kariptaş, F. S. (2019, 2 2). Mikro Konutların İç Mekân Tasarımının İncelenmesi 1. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, s. 179-195.

Chao, Y.-H. (2008, Şubat). *Micro Architecture: Architecture for Daily Social Activities within Beijing's Hutongs*. Cambridge: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Alanında Yüksek Lisans Tezi.

Divisare. (2012, Kasım 09). Divisare Online Library. Divisare Web Sitesi: <https://divisare.com/projects/215057-tham-vidgard-peter-lundstrom-ake-e-son-lindman-the-mirrorcube> adresinden alındı

Divisare. (2013, 18 Haziran). Divisare Online Library. Divisare Web Sitesi: <https://divisare.com/projects/233841-rpbw-julien-lanoo-diogene> adresinden alındı

Divisare. (2018, Haziran 10). Divisare Online Library. Divisare Web Sitesi: <https://divisare.com/projects/390868-ark-shelter-studio-boysplaynice-ark-shelter> adresinden alındı

Goldsmith, S. (2000). *UNIVERSAL DESIGN A Manual of Practical Guidance for Architects*. Oxford: Architectural Press.

Güleç, E. (2006). *Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri.

- Haack, Lydia, & Höpfner, John. (2010). Microarchitecture –experiments in space optimisation. Ed. Christian Schittich In Detail Small Structures Compact Dwelling, Temporary Structures, Room Modules Basel: Birkhauser, 2010.
- Horden, R. (2008). Micro Architecture: Lightweight, Mobile and Ecological Buildings for the Future. London: Thames&Hudson.
- Iglesias, T. (2014, 37). IGLESIAS, T. 2014. The Promises and Pitfalls of Micro-Housing. Zoning and Planning Law Report, s. 1-12.
- Modmodz. (2021, Aralık 31). <https://modmodz.com/>. Modmodz Web Sitesi: <https://modmodz.com/property/klein-a45/> adresinden alındı
- Neufert, E. (2012). Yapı Tasarımı. İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Pintos, P. (2022, Mayıs 31). Archdaily. Archdaily Web Sitesi: [https://www.archdaily.com/982782/the-climbers-cabin-ar-design-studio?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/982782/the-climbers-cabin-ar-design-studio?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- Santibañez, D. (2019, Mayıs 25). Archdaily. Archdaily Web Sitesi: [https://www.archdaily.com/548836/charred-cabin-nicolas-del-rio?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/548836/charred-cabin-nicolas-del-rio?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- Soub, N. M., & Memikoğlu, İ. (2020, 8 2). Exploring the Preferences for Micro-Apartments. Online Journal of Art and Design, s. 88-99.



## Kargo Sektöründe Müşteri Memnuniyeti Endeksinin Yapısal Eşitlik Modellemesi ile Hesaplanması

### Calculation of Customer Satisfaction Index in the Cargo Industry with Structural Equation Modeling

Esra Nur Özgül<sup>1</sup>, Adnan Aktepe<sup>1</sup>, Süleyman Ersöz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71451, Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 03/11/2022

Kabul / Accepted: 24/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Bu çalışmada, yapısal eşitlik modellemesi yaklaşımı ile kargoculuk sektöründe hizmet veren bir firmaya ait müşteri memnuniyet analizini yapmak amacıyla bir model önerisi geliştirilmiş ve uygulaması yapılmıştır. Analiz için ihtiyaç duyulan veriler önceden hazırlanmış ve toplam iki bölüm 29 sorudan oluşan bir anket aracılığıyla toplanmıştır. Firmaya ait Ankara Bölge Müdürlüğüne bağlı illerde ikamet eden ve kargo şirketinden hizmet alan 580 müşteriye hazırlanan anket yüz yüze görüşülerek uygulanmıştır. Literatür incelenmesi ve uzman görüşüne başvurmak suretiyle 8 adet boyut belirlenmiştir. Belirlenen boyutlar müşteri memnuniyeti, iletişim, bağlılık, yeterlilik, zaman yönetimi, süreç yönetimi, imaj ve hizmet sunumudur. İstatistiksel veri analizlerinden sonra doğrulayıcı faktör analizi ve yapısal eşitlik modelleri kurulmuştur. Ayrıca kurulan yapısal eşitlik modelinin standart çözümü incelendiğinde belirlenen boyutların birbirleri ile olan ilişkilerinin olumlu ve anlamlı olduğu görülmüştür. Uygulama neticesinde her bir boyut için 100 üzerinden endeks puanı da hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre boyutların yedi tanesi çok iyi bir tanesi iyi seviyede skor almıştır. Yapılan hesaplamalara göre müşteri memnuniyeti boyutu en yüksek puanı, hizmet sunumu ise en düşük puanı almıştır. TMME başarı cetveline göre en kötü puanı alan hizmet sunumu ve yedinci sırada olan imaj boyutunun geliştirilebilmesi için iyileştirme önerileri getirilmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“Yapısal Eşitlik Modellemesi, Kargo Sektörü, Müşteri Memnuniyeti”

#### Abstract

In this study, a model proposal was developed and implemented in order to analyze the customer satisfaction of a company serving in the cargo sector with the structural equation modeling approach. The data needed for the analysis were prepared in advance and were collected through a questionnaire consisting of two parts and 29 questions. The questionnaire prepared for 580 customers residing in the provinces affiliated to the Ankara Regional Directorate of the company and receiving service from the cargo company was applied by face-to-face interviews. Eight dimensions were determined by reviewing the literature and consulting expert opinion. Identified dimensions are customer satisfaction, communication, loyalty, competence, time management, process management, image and service delivery. After statistical data analysis, confirmatory factor analysis and structural equation models were established. In addition, when the standard solution of the established structural equation model was examined, it was seen that the relations between the determined dimensions were positive and significant. As a result of the application, an index score out of 100 was calculated for each dimension. According to this calculation, seven of the dimensions scored very well and one scored well. According to the calculations, customer satisfaction has the highest score and service delivery has the lowest score. Suggestions for improvement were made in order to improve the service delivery with the worst score according to the TMME success scale and the image dimension, which is in the seventh place.

#### Key Words

“Structural Equation Modelling, Cargo Industry, Customer Satisfaction”

## 1. Giriş

Küresel boyutlarda yaşanan değişimler ve teknolojide yaşanan gelişmeler öncelikle insan hayatını, akabinde ise insanların ihtiyaçlarını değiştirmiştir. İnsan hayatında ve doğrusal olarak insanların ihtiyaçlarında yaşanan bu değişimler kaçınılmaz olarak, insanların tüketmesi için kar veya toplumsal fayda gözeterek hizmet veya ürün satan firma/şirket ve kurumlar üzerinde de büyük bir değişiklik yaratmıştır. Özellikle internet sağlayıcıları üzerinden dünya üzerinde ki her ürün ya da hizmeti görme fırsatı bulan insanlar satın alma konusunda daha seçici olmuştur. Daha seçici birer müşteri aynı zamanda memnun edilmesi daha zor birer müşteri anlamına gelmektedir. Firmalar bu zorluğun üstesinden gelmek için farklı satış stratejileri geliştirmek durumunda kalmıştır. Hangi alanda hizmet ya da mal ürettiğinden bağımsız olarak, kâr marjını ya da sağladığı toplumsal faydayı arttırmak isteyen firma ya da kurumların bu stratejileri belirlemek için başvurduğu en yaygın yol müşteriler ile iletişim kurarak onların şikayetlerini dinlemek ve önerilerini değerlendirmektir. Bir diğer ifadeyle anket vs. gibi yöntemler aracılığıyla müşterilere ulaşmak ve onların memnuniyet seviyelerini ölçmektir. Firmaların bu ihtiyacını gidermek adına birçok analiz yöntemi ve model geliştirilmiştir. Nedenellik ilişkisine dayalı analiz ve tahmin modeli olmasıyla ön plana çıkmış olan Müşteri Memnuniyet Endeksi (MME) modelleri en yaygın analiz yöntemleridir (Aktepe vd., 2015).

Gelişen ve değişen ihtiyaçlar ile doğrusal olarak gelişen hizmet veya ürün pazarlaması günümüzde özellikle internet aracılığıyla bütün dünyayı kapsamaktadır. Türkiye’de yaşayan bir insan, Brezilya’da faaliyet gösteren bir kozmetik firması için müşteri haline gelebilir. İnternet aracılığıyla yapılan bu alışverişin tamamlanması için de hayatımıza kargo kavramı girmiştir. Kargo kavramı başlangıçta nispeten sınırlı bir çevrede ve kısıtlı bir çerçevede ürünlerin taşınması ile ilgiliyken, günümüzde her türlü ürünün küresel olarak taşındığı bir kavram haline gelmiştir.

Bu çalışmada ülke genelinde hizmet veren bir kargo firmasına ait müşteri memnuniyet endeksi hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak konuya ilişkin bilimsel yazın taraması yapılmıştır. Bilimsel yazın taramasını takiben çalışmaya ilişkin tanımlara ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. Yöntemin ifade edilmesinden sonra çalışmanın sonuçları ve sonuçların analiz edilmesiyle firmaya sunulacak öneriler bulunmaktadır. Son bölümde ise çalışmanın yapılmasında istifade edilen kaynaklar yer almaktadır.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatürde, hizmet sistemlerinde hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyeti başlığı altında müşteri memnuniyetine etki eden çalışmalar ve kargo firmalarındaki uygulamalar incelenmiştir. Literatürde farklı araştırma yöntemlerinin ve tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. Aşağıda araştırma konusu ile ilgili literatürde bulunan bazı çalışmalarda kullanılan yöntemler ve ortaya çıkardıkları sonuçlar incelenerek anlatılmıştır.

Yieh vd. (2007) çalışmalarında, Tayvan’da hizmet veren 5 büyük araba servisinden faydalanan 495 müşteri arasında yaptıkları anket sonucu elde ettikleri verileri analiz etmişlerdir. Yapısal eşitlik modellemesi ile kurdukları modelle fiyat-kalite performansı, müşteri ilişkileri ve hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Boon-itt ve Chomvong (2010), çalışmalarında Tayland’da hizmet veren otellerin türlerine göre kalitesini karşılaştırarak SERVQUAL modeli ile analiz etmişlerdir. Bununla birlikte müşteri beklentileri ve otel hizmet kalitesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada Bangkok’ta bulunan butik ve 3-4 yıldızlı olmak üzere 41 otel müşterilerini kapsayan bir anket çalışması yapılmıştır. Bölgedeki otellerin müşteri beklentilerini karşılayamadığı tespit edilmiştir. Deniz ve Gödekmerdan (2011), çalışmalarında Erzurum’da faaliyet gösteren kargo firması müşterilerine yönelik, 400 kişiye 3 bölümden oluşan bir anket yapmış ve müşterilerin aldıkları hizmete ilişkin düşüncelerini analiz etmişlerdir. Bu analizler neticesinde müşterilerin kargo gönderirken karşılaştıkları en büyük problemin gecikme olduğunu tespit etmişlerdir. Büyükkökçük vd. (2014), araştırmasında hizmet kalitesinin tekrar satın alma ve müşteri memnuniyeti boyutlarına etkisini kargo sektörü özelinde incelemiştir. Müşteri tatmini ve hizmet kalitesinin müşterilerin tekrar satın alma davranışları üzerindeki etkisini tespit etmek için 257 kişiye anket uygulayarak gerekli verileri toplamışlardır. Yapısal eşitlik modeli ile hipotezlerin doğruluğu test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda müşteri tatmini ve hizmet kalitesinin tekrar satın alma eğilimi üzerinde anlamlı ve olumlu etkilere sahip olduğu tespit etmiştir. Gul (2014), çalışmasında, müşteri sadakati ile firma itibarı, güven ve müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamıştır. Analiz için gerekli veriler Pakistan’da bulunan bir banka ile çalışan 150 kişiye yapılan anketler aracılığı ile toplanmıştır. SPSS programı ile verilerin analizi ve regresyon analizi yapılmıştır. Çalışmanın neticesinde araştırılan ilişkinin çok güçlü olduğu tespit edilmiştir. Ünal ve Yücel (2014), çalışmalarında hem şirketlerin kendi hizmetlerini değerlendirmelerini hem de tüketici tercihlerini etkileyen etkenleri ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler İnönü Üniversitesinde görev yapan personelden seçilen 238 kişiye yapılan anketler aracılığıyla toplanmıştır. Veriler SPSS ile analiz edilmiştir. Çalışmanın neticesinde kalıcı müşteri elde etmenin yolunun iletişim kanallarını sürekli açık tutmak ve müşterilerin istek ve ihtiyaçlarına göre ürün ve hizmetlerini güncelleyerek sunmanın olduğu anlaşılmıştır. Aktepe (2015) çalışmasında, beş aşamalı bir model altında Yapısal Eşitlik Modellemesi ve matematiksel programlama yöntemlerini birleştirerek müşteri memnuniyet endeksini hesaplamayı amaçlamıştır. Yerel bir yönetimde yapılan uygulamada LISREL ve ILOG programları veri analizi için kullanılmıştır. İletişim, hizmet kalitesi, yenilikçilik, maliyet algısı ve memnuniyet boyutları bulunmaktadır. Ilıcalı vd. (2016) çalışmalarında algılanan marka değeri ile servis ve hizmet kalitesi marka sadakati ve tatmini arasındaki ilişkinin kargo sektöründeki yansımalarını tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler 208 kişiye yapılan anketler ile elde edilmiştir. SPSS programı ile verilerin analizi yapılmıştır. Tutarlılık ve geçerlilik analizleri yapılmış ve modele ait Cronbach Alpha değeri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda

algılanan marka değeri ile marka sadakati ve tatminin arasında olumlu veya anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır. Yaghoubi vd. (2017), çalışmalarında müşteri memnuniyeti, müşteri sadakati ve organizasyonel verimlilik değişkenleri ile müşteri ilişkileri yönetiminin arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İran'da hastanelerden hizmet alan hastalara anket uygulaması yapılmıştır. SPSS ve AMOS programlarının analiz için kullanılarak kurulan yapısal eşitlik modelinden elde edilen sonuçlara göre müşteri kazanımının en yüksek etkiye sahip faktör olduğu tespit edilmiştir. Yıldız (2017) çalışmasında sadakat ile kulaktan kulağa pazarlama üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışma çerçevesinde Gümüşhane şehrinde hizmet veren kargo firmaları incelenmiştir. Veriler kargo firmalarından hizmet alan 460 kişiye anket uygulanarak elde edilmiştir. Belirlenen boyutların ve hipotezlerin güvenilirlik ve geçerlilik testleri yapılmış Cronbach Alpha değeri hesaplanmıştır. Çalışma neticesinde sadakat ile kulaktan kulağa pazarlama arasında güçlü bir etki olduğu, tatmin ve güven ile sadakat boyutlarının arasında anlamlı ve olumlu bir ilişki var olduğu belirlenmiştir. Alp vd. (2018) çalışmalarında, müşteri memnuniyeti ile firma itibarının kargo sektöründeki ilişkisini tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sadece kargo sektörü dahilinde yapılmıştır. Analiz için gereken veriler Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesinde eğitim gören 245 öğrenciye yapılan anketler üzerinden sağlanmıştır. Modele ait tutarlılık ve geçerlilik analizleri yapılmıştır. Çalışma neticesinde müşteri memnuniyeti ve firma itibarı arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Nazlı (2018), çalışmasında aydınlatma sektöründe hizmet veren firmalar üzerinde kullanmak üzere bir müşteri memnuniyeti endeksi modeli geliştirmiştir. Sektörde hizmet veren firmalardan hizmet alan 150 müşteri arasında yapılan anket ile gerekli veriler toplanmıştır. SPSS programı ile veriler analiz edilmiş olup doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. LISREL programı aracılığıyla yapısal eşitlik modeli kurularak müşteri memnuniyetini etkileyen faktörler belirlenmiştir. Mahmoud (2019), çalışmasında müşteri sadakati ve müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkiyi yapısal eşitlik modeli kurarak açıklamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın gerçekleştirilmesi için Libya'daki 591 büyük özel banka müşterisinden anket yoluyla veri toplanmıştır. Analiz sonucunda müşteri sadakati ve müşteri memnuniyeti arasında olumlu bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Altun (2019), çalışmasında müşteri memnuniyeti ile müşteri bağlılığı arasındaki ilişkiyi enerji sektörü kapsamında incelemiştir. 100 müşteri arasında yüz yüze görüşme tekniği ile anket uygulaması yaparak çalışma için ihtiyaç duyulan veriler elde edilmiştir. SPSS programı aracılığıyla elde edilen veriler analiz edilmiştir. Daha sonra çalışmaya ilişkin yapısal eşitlik modeli kurulmuş ve LISREL marifetiyle doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Kurulan modele ait Cronbach's Alpha değeri hesaplanmış ve güvenilirlik testleri yapılmıştır. Çalışma neticesinde müşteri bağlılığı ve memnuniyeti arasında anlamlı bir ilişki var olduğu sonucuna varılmıştır. Burucuoğlu ve Erdoğan Yazar (2020) çalışmalarında ülke genelinde faaliyet gösteren üç kargo firması hakkında internette yapılan şikâyetleri tespit etmeyi amaçlamıştır. İnternette elde edilen 300 şikâyet MAXODA aracılığıyla analiz edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde en çok şikâyet konularının, adrese teslimatın yapılmaması, çalışanların tavırlarından rahatsızlık duyulması olduğu belirlenmiştir. Erdem ve Akolaş (2020), Alaeddin Keykubat Kampüsünde görevli personel üzerinde yürüttükleri çalışmalarında lojistik hizmetler kapsamında kargo şirketi müşteri memnuniyetinin, müşterilerin demografik özellikleri, yaşı ve cinsiyeti gibi sahip olduğu özelliklere göre farklılık gösterdiğini 300 müşteri arasında yapılan anketlerden elde edilen sonuçların analiz edilmesi neticesinde tespit etmişlerdir. Onurlubaş ve Gümüş (2020) bu çalışmada müşteri hizmet kalitesi boyutlarının müşteri memnuniyeti ile olan ilişkisini kargo sektöründe faaliyet gösteren şirketler üzerinde araştırmıştır. Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler 384 kişiye anket yaptırılarak elde edilmiştir. SPSS programı ile veriler analiz edilmiş, SERVQUAL ölçeği ile hizmet kalitesi ölçülmüştür. Doğrulayıcı faktör analizi ve güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Araştırma neticesinde güvenilirlik gizli değişkeninin müşteri memnuniyeti üzerinde en etkili değişken olduğu belirlenmiştir. Bekmezci (2021), tezinde hastaların hastaneyi tercih etme sebeplerini araştırmak amacıyla bir tıp fakültesinde müşteri memnuniyet endeksi hesaplaması yapmıştır. İhtiyaç duyduğu verileri hastanede bir tıbbi geçmişi olan 200 hastaya anket uygulayarak elde etmiştir. Çalışma kapsamında boyutların arasındaki ilişkiyi test etmek için yapısal eşitlik modeli kurulmuş ve modelin geçerliliği ve tutarlılığı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar LISREL programı marifetiyle analiz edilmiştir. Çelikkol ve Bakır (2022) Amerikan Müşteri Memnuniyet Endeksi Modelinden istifade ederek çalışmaları kapsamında bir model sunmuşlardır. Sundukları model kapsamında müşteri memnuniyeti etkileyen faktörleri ve bu faktörlerin birbirleri arasında ki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler bir üniversitede eğitim alan 394 öğrenci arasında yapılan anketlerin SPSS programında analizi ile elde edilmiştir. Kurulan modelin geçerlilik ve tutarlılık analizleri yapılmış ve model çerçevesinde müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati arasındaki ilişki seviyesi değerlendirilmiştir.

Çalışmalar incelendiğinde, araştırmacıların ilk adım olarak bir örneklem evreni belirlemiştir. Belirlenen bu evrende yapılan anketler ile ihtiyaç duyulan verilerin elde edildiği görülmektedir. İkinci adımda ise elde edilen veriler analiz edilmiştir. Araştırmanın istenen nihai sonuca ulaşması için çalışmalarda bir model kurularak, kurulan modelin geçerliliği test edilmiştir. Doğrulayıcı faktör analizi ve yapısal eşitlik modellemesi uygulamaları için AMOS ve LISREL programları kullanılmıştır. Modelde bulunan ölçüm değişkenleri ile gizli değişkenler arasındaki ilişkiler ortaya koyularak sonuçlar yorumlanmıştır.

Son yıllarda dünyamızı ve günlük hayatımızı derinden etkileyen Covid-19 salgını kaçınılmaz bir şekilde kargo sektörünü de etkilemiştir. Özellikle büyük illerimizde uygulanan sokağa çıkma yasağı ile insanlar online alışverişe daha fazla ihtiyaç duymaya başlamıştır. Bu durum da kargo firmalarının daha fazla hizmet vermesi gereksinimi doğurmuştur. Literatürde ilgili sektörde yer alan çalışmalara ek olarak bu çalışmada pandemi koşullarını da dikkate alan bir yapısal eşitlik modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada pandemi koşulları göz önünde bulundurularak kargo sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın müşteri memnuniyetini ölçmek ve literatürde geçerlilik kazanacak bir memnuniyet endeksi modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Doğrulayıcı Faktör Analizi ve Yapısal Eşitlik Modellemesi yaklaşımı kullanılarak analizler yapılmış ve yorumlanmıştır.

### 3. Çalışmaya İlişkin Tanımlar

#### 3.1. Müşteri

Müşteri, mal veya hizmet üreten herhangi bir firma/şirket ya da kurumdan satın alma yapma ihtimali olan birey, kurum ve işletmelerdir. Diğer bir ifadeyle, bir şirket ya da firmanın tüketime sunduğu hizmet veya ürünlerden etkilenen insanları müşteri olarak nitelendirebiliriz. (Tak, 2002). Kurum veya işletmelerin hayatta kalabilmesi için hayati öneme sahip müşteri kavramı kavramsal olarak iki ayrı alt başlığa iç ve dış müşteri olarak ayrılmaktadır. (Keser, 2007). Dış müşteri, firma/kurum ve işletmeler ile ticari ilişki içerisinde olan veya ticari ilişki kurma ihtimali olan ürün, hizmet veya malı satın alarak tüketici pozisyonunda olan gerçek veya tüzel kişilerdir. İç müşteri ise prosesler halinde hizmet ya da ürün üreten bir firma içerisinde üretim aşamalarını ihtiva eden çalışanlar birbirlerinin müşterisi konumundadır. Her istasyon kendinden bir önceki adımın müşterisi bir sonraki aşamanın ise üreticisi konumundadır. Yani sadece üretim bandında değil, şirkette görev alarak üretim sürecinin herhangi bir şekilde parçası olan en kıdemli müdür ya da yöneticiden, en alt kademedeki herhangi bir çalışana kadar herkes o şirket dahilinde iç müşteri olarak değerlendirilmelidir. (Çoban, 2004, s.89).

#### 3.2. Müşteri Memnuniyeti

Müşteri memnuniyeti, bir mal veya hizmetin satın almasının gerçekleşmesinden sonra müşterinin beklentisinin karşılanma oranıdır. Başka bir deyişle Vavra' ya (1997) göre müşteri memnuniyeti bir firma ya da şirketten ürün veya hizmet satın alan müşterilerin tatmin seviyesinin ölçüsü olarak ifade edilebilir (akt. Naktiyok ve Küçük 2003). Müşteri memnuniyeti kavramı, müşterilerin satın alma alışkanlıkları ile doğru orantılı bir kavram olduğundan dolayı kar amacı güden firma ve şirketlerin hayatını idame edebilmesi için muhakkak suretle sağlamaya çalıştıkları bir olgudur. Müşteri memnuniyetinin sağlanabilmesi için firmaların düzenli olarak kendilerini değerlendirmeleri ve bu değerlendirme sonuçlarına göre de geliştirmeleri gerekmektedir. Bu değerlendirmeyi yapmanın en yaygın yöntemi müşteriler arasında anket uygulamaktır. Müşterilerin şikayet ve önerileri göz önünde bulundurulduğunda bu kapsamda yapılan değişimler müşteri memnuniyetini olumlu yönde etkiler. Müşteri memnuniyetinin ne kadar önemli olduğu daha açık olarak ifade etmek gerekirse, firmanın yeni bir müşteri kazanmasının maliyeti sattığı ürün ya da sunduğu hizmetin maddi olarak maliyetinin altı katı kadar olduğu değerlendirilmektedir. (Demir ve Kırdar, 2008: 300). Buradan hareketle firmalar yeni müşteriler kazanmak için çaba sarf etmekle beraber sahip olduğu müşteri portföyünü kaybetmemek için de çok büyük çalışmalar yapmak durumundadır. Haliyle müşteri memnuniyeti kadar bu kavramı etkileyen faktörler de firmalar için çok önemlidir. (Gençtürk vd. 2011). Firmaların irimlerinin varlıklarını sürdürmeleri için yeni politikalar geliştirebilmek adına doğru ölççeklerle doğru analizleri yapmaları gerekmektedir (Aktepe, 2015: 103). Sonuç olarak ürün ya da hizmet üreten şirketler ile bu ürün ya da hizmetlerden etkilenen müşterilerin arasında kurulan ilişkiyi ortaya koyan kavram müşteri memnuniyeti ölçümü olarak ifade edilmektedir (Eroğlu, 2005).

#### 3.3. Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA)

Bir çalışma kapsamında geliştirilen model veya hipotezin test edilmesine yönelik incelemelerde kullanılan analiz türüdür. Oluşturulan bir modelin gizli ve ölçüm modelleri marifetiyle ortaya koymamıza yardımcı olur. Ayrıca doğrulayıcı faktör analizi ölçüm modelinin kurulmasında da yaygın olarak kullanılan işlevsel bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde ölçüm değişkenlerinin arasında bulunan ilişkinin model kurulmadan kontrole tabi tutulması gerekmektedir.

Bu yöntem aracılığıyla (Ayyıldız ve Cengiz, 2006);

- Gizli değişkenler ve gizli değişkenleri tanımlamak için kullanılan ölçüm değişkenleri arasındaki ilişki belirtilir,
- Ölçüm değişkenlerinin, ilişkisinin olduğu gizli değişkenleri ölçüm doğruluğu tespit edilir.

Memnuniyet endeksi çalışmalarında ölçülmek istenen kavramsal memnuniyet endeksi modeli önceden belirlenmekte ve bu modeli test etmeye yönelik faktör analizi çalışması gerçekleştirilmekte ve Doğrulayıcı Faktör Analizi kullanılmaktadır (Fornell vd., 1996). LISREL programı genel olarak doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulamasında kullanılmaktadır (Jöreskog, 1970). LISREL'in araştırmacılara en büyük katkısı, yaptığı analizler neticesinde kurulan modelin doğruluğunu test etmesidir. Modelin doğruluğu ile birlikte LISREL'in uyguladığı uyum testleri ile kurulan modelin kabul edilebilirliği de sınırlanır.

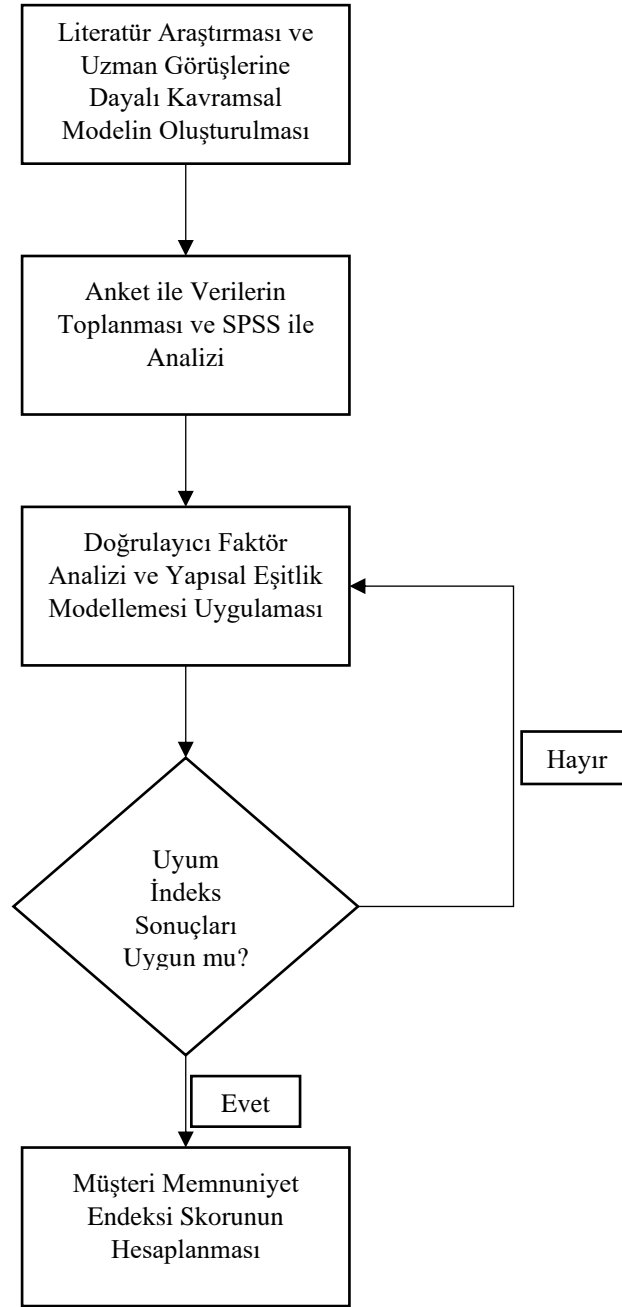
#### 3.4. Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM)

1921 yılında bir genetik bilimci olan Wright'ın gözlenen ve gözlenemeyen değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin test edilmesi için kullandığı istatistiksel yöntemle Yapısal Eşitlik Modeli denir (Kılıç ve Eleveren, 2009). Yapılan istatistiksel veri elde etme yöntemleri ile matematiksel ölçümü yapılabilen değişkenlere gözlenen (ölçüm) değişkenler denir. Matematiksel olarak ifade edilemeyen, soyut ancak gözlenen değişkenler aracılığıyla ifade edilmeye çalışan kavramlara gözlenemeyen (gizli) değişken denir (Ersöz vd. 2009:21). Modelde kullanılan gizli değişkenler ve ölçüm değişkenleri arasındaki varsayımların doğruluğunu test etmek için kullanılan istatistiksel bir analiz yöntemidir. Ayrıca modelde bulunan gizli değişkenler ile ölçüm değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini de araştırılmasında kullanılır. Yapısal eşitlik modeli yapısal model ve ölçüm modeli olarak iki temel yapı taşından oluşmaktadır. Yapısal eşitlik modeli 5 adımdan oluşmaktadır. Bunlar, model belirleme, model tanımlama, model tahminleme, model uyumu ve model geliştirmedir. Yapısal eşitlik modelinin en büyük avantajı bütün alanlarda kullanılabilir olmasıdır. Bir diğer avantajı ise gizli değişkenlerin hata varsayımının 0 olmasından ötürü ölçüm hatalarının da en aza indirilmiş olmasıdır. Ayrıca ölçümler sırasında hataları

raporlayarak araştırmacıyı uyarır. Yapısal eşitlik modellemesinde kullanılan modelin uygunluğu uyum indeksleri aracılığıyla control edilir. Ki-Kare, yaklaşık hataların ortalama karekoku, karřılařtırılmalđ uyum indeksi bunlardan bazılarıdır.

#### 4. Uygulama

Aşağıda uygulamaya ait akış řemasđ bulunmaktadır.



şekil 1. Uygulama Akış řemasđ

#### 4.1. Tasarlanan Müşteri Memnuniyeti Endeksi Modeli

Uygulama kapsamında uzman görüşleri ve literatürdeki ihtiyaçlar doğrultusunda 8 boyutlu kavramsal bir model geliştirilmiştir. Belirlenen boyutlar hizmet sunumu, süreç yönetimi, zaman yönetimi, yeterlilik, iletişim, imaj, müşteri memnuniyeti ve müşteri bağlılığıdır. Belirlenen boyutlardan yeterlilik, daha önce karşılaşılmamış olan Covid-19 salgınına firmanın hazırlık seviyesini ve bu süreçte müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak belirlenmiş ve literatüre kazandırılmıştır.

#### 4.2. Örneklem Hacminin Hesaplanması

Uygulamanın kapsadığı Ankara Bölge Müdürlüğüne bağlı merkez ilçelerin nüfusu; Ankara 4.446.261, Çankırı 100.027 ve Kırıkkale 195.661 olmak üzere toplam 4.741.949'dur.



Örneklem hacmi aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmış ve n=384 olarak bulunmuştur (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2004):

$$n = \frac{N * p * q * z^2}{p * q * z^2 + (N - 1) * d^2} \quad (1)$$

Formülün uygulanması esnasında güven aralığı % 95 olarak alınmıştır. Anketlerin arasında geçersiz sayılabilecek hatalı veri içeren anketler olması tutarlılık analizini olumsuz etkileyeceğinden dolayı toplam 580 müşteriye anket yüz yüze olarak uygulanmış ve veriler toplanmıştır. Bütün anketler geçerli olduğundan dolayı analizlere dahil edilmiştir.

#### 4.3. Anketin Hazırlanması ve Uygulanması

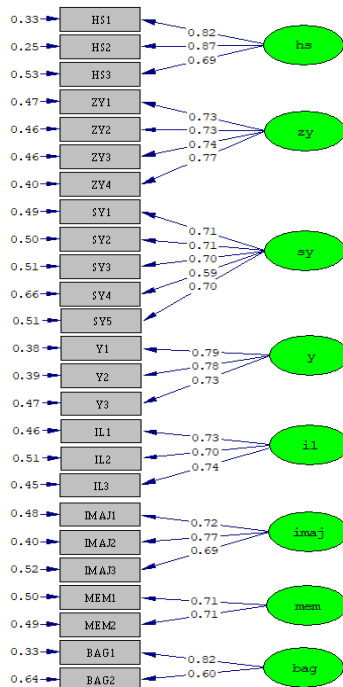
Çalışma için ihtiyaç duyulan veriler, uygulamanın hedef kitlesi olan Ankara, Çankırı ve Kırıkkale illerinin merkez ilçelerinde ikamet eden ve kargo firmasından hizmet alan müşteriler arasında yapılan anketler aracılığıyla toplanmıştır. Uygulanan anket 2 bölüm ve toplam 29 sorudan oluşmaktadır. Anketin birinci bölümünde müşterilere ait demografik özelliklerin araştırıldığı 4, ikinci bölümünde ise müşterilerin memnuniyet seviyesinin sorgulandığı 25 soru bulunmaktadır. Anket hazırlanırken esas olarak 5'li likert ölçeği tercih edilmiştir. Anket verileri istatistiksel analiz programına işlenerek, ankette bulunan soruların ayrı ayrı sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar müşteri memnuniyet endeksinin hesaplanması için kullanılmıştır.

#### 4.4. Tutarlılık Analizlerinin Yapılması

İstatistiksel analiz programına girilen veri setleri aracılığıyla kurulan kavramsal modelin ve belirlenen boyutların tutarlılık analizleri yapılarak Cronbach's Alpha değerleri hesaplanmıştır. Tutarlılık analizi uygulaması neticesinde Cronbach's Alpha katsayısı 0,955 olarak tespit edilmiştir. Hesaplanan bu katsayısının 0,80-1,00 arasında olması "yüksek güvenilirlikte" olduğunu göstermektedir. Her bir boyuta ait yapılan tutarlılık analiz sonuçları incelendiğinde Cronbach's Alpha değerlerinin 0,651 ve 0,834 arasında olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5. Doğrulayıcı Faktör Analizi Uygulanması

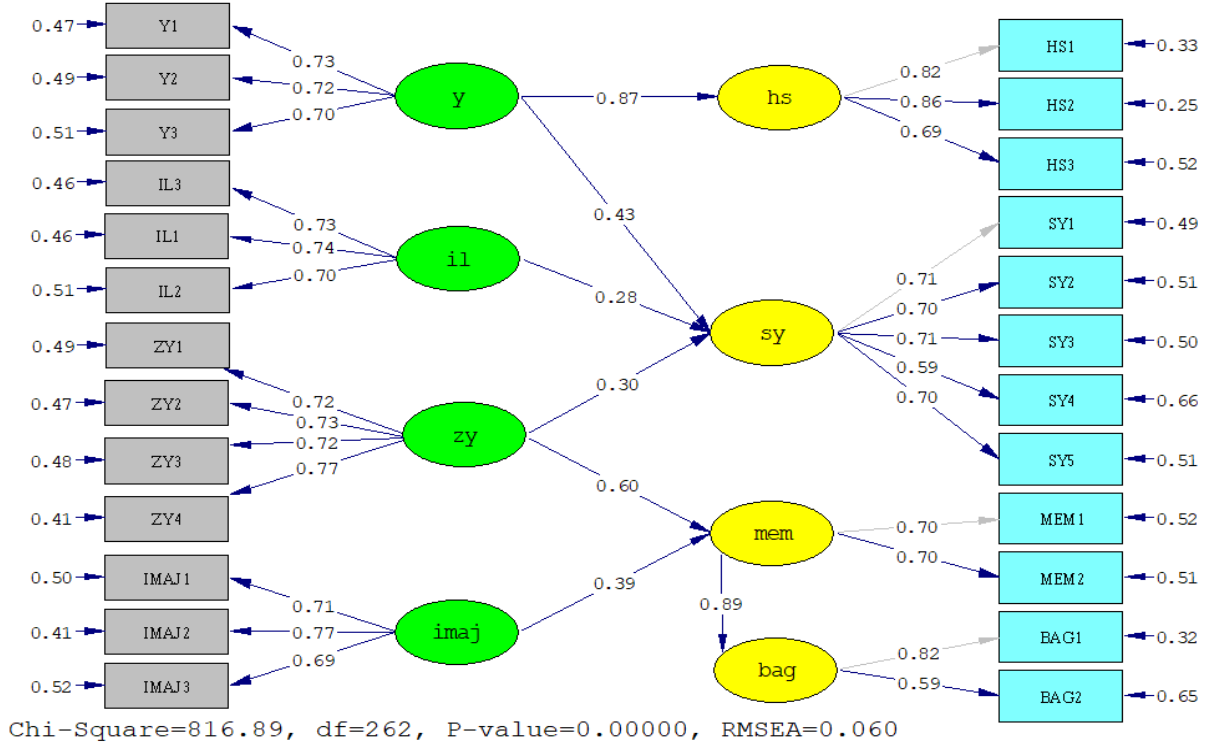
DFA modeli tasarlanırken belirlenen boyutlar sırasıyla hizmet sunumu-hs, zaman yönetimi-zy, süreç yönetimi-sy, yeterlilik-y, iletişim-il, imaj-imaj, müşteri memnuniyeti-mem, müşteri bağlılığı-bag olarak LISREL programına girilmiştir. Boyutların analizinde kullanılacak değişkenler ise hizmet sunumu için HS1, HS2, HS3 olarak; zaman yönetimi için ZY1, ZY2, ZY3, ZY4 olarak; süreç yönetimi için SY1, SY2, SY3, SY4, SY5 olarak; yeterlilik için Y1, Y2, Y3 olarak; iletişim için IL1, IL2, IL3 olarak; imaj için IMAJ1, IMAJ2, IMAJ3 olarak; müşteri memnuniyeti için MEM1, MEM2 olarak ve müşteri bağlılığı için BAG1, BAG2 olarak LISREL programında tanımlanmıştır. İstatistiksel analiz programından alınan veri setleri doğrultusunda LISREL programında doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Oklar üzerinde bulunan sayıların 1'e yakın olması değişkenler ve boyutlar arasında, ayrıca boyutların kendi arasındaki ilişkinin anlamlı olduğunu göstermektedir (Joreskog ve Sorbom, 1996). Modele ilişkin doğrulayıcı faktör analizinin standart çözümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Doğrulayıcı Faktör Analizi Modeli-Standart Çözüm

#### 4.6. Yapısal Eşitlik Modellemesi

Yapısal Eşitlik Modellemesi kapsamında belirlenen boyutlar bağımlı ve bağımsız değişkenler olarak ayrılmıştır. Belirlenen bağımlı değişkenler hizmet sunumu, süreç yönetimi, müşteri memnuniyeti ve müşteri bağlılığı; bağımsız değişkenler ise zaman yönetimi, yeterlilik, iletişim ve imaj şeklinde belirlenmiştir. Yapısal eşitlik modeli boyutlar ve değişkenler arasındaki ilişkiyi Path Analizi ile gösterir. Boyut ve değişkenler arasındaki oklar üzerinde bulunan sayıların 1'e yakın olması arada bulunan etkileşim derecesinin fazla olduğunu gösterir. Çalışma kapsamında yapılan YEM Analiz sonucu Şekil 2'de bulunmaktadır.



Şekil 3. Yapısal Eşitlik Modellemesi Analizi

LISREL'in Reduced Form Equations çıktılarında bulunan  $R^2$  değerlerinin 1'e yakın olması modelin kabul edilebilir ve belirlenen boyutlar arasındaki bağıın kuvvetli olduğunu göstermektedir.

Çalışmaya ait  $R^2$  değerleri Şekil 3' te belirtilmiştir.

#### Reduced Form Equations

$$\begin{aligned}
 \text{hs} &= 0.0 \cdot \text{zy} + 0.0 \cdot \text{il} + 0.87 \cdot \text{y} + 0.0 \cdot \text{imaj}, \text{ Errorvar.} = 0.24, R^2 = 0.76 \\
 &\quad (0.045) \\
 &\quad 19.48 \\
 \\
 \text{sy} &= 0.30 \cdot \text{zy} + 0.28 \cdot \text{il} + 0.43 \cdot \text{y} + 0.0 \cdot \text{imaj}, \text{ Errorvar.} = 0.054, R^2 = 0.95 \\
 &\quad (0.12) \quad (0.096) \quad (0.15) \\
 &\quad 2.46 \quad 2.87 \quad 2.81 \\
 \\
 \text{mem} &= 0.61 \cdot \text{zy} + 0.0 \cdot \text{il} + 0.0 \cdot \text{y} + 0.39 \cdot \text{imaj}, \text{ Errorvar.} = 0.13, R^2 = 0.87 \\
 &\quad (0.068) \quad (0.066) \\
 &\quad 8.95 \quad 5.91 \\
 \\
 \text{bag} &= 0.54 \cdot \text{zy} + 0.0 \cdot \text{il} + 0.0 \cdot \text{y} + 0.35 \cdot \text{imaj}, \text{ Errorvar.} = 0.30, R^2 = 0.70 \\
 &\quad (0.059) \quad (0.058) \\
 &\quad 9.12 \quad 5.96
 \end{aligned}$$

Şekil 4. LISREL  $R^2$  Değerleri

## 5. Sonuçlar

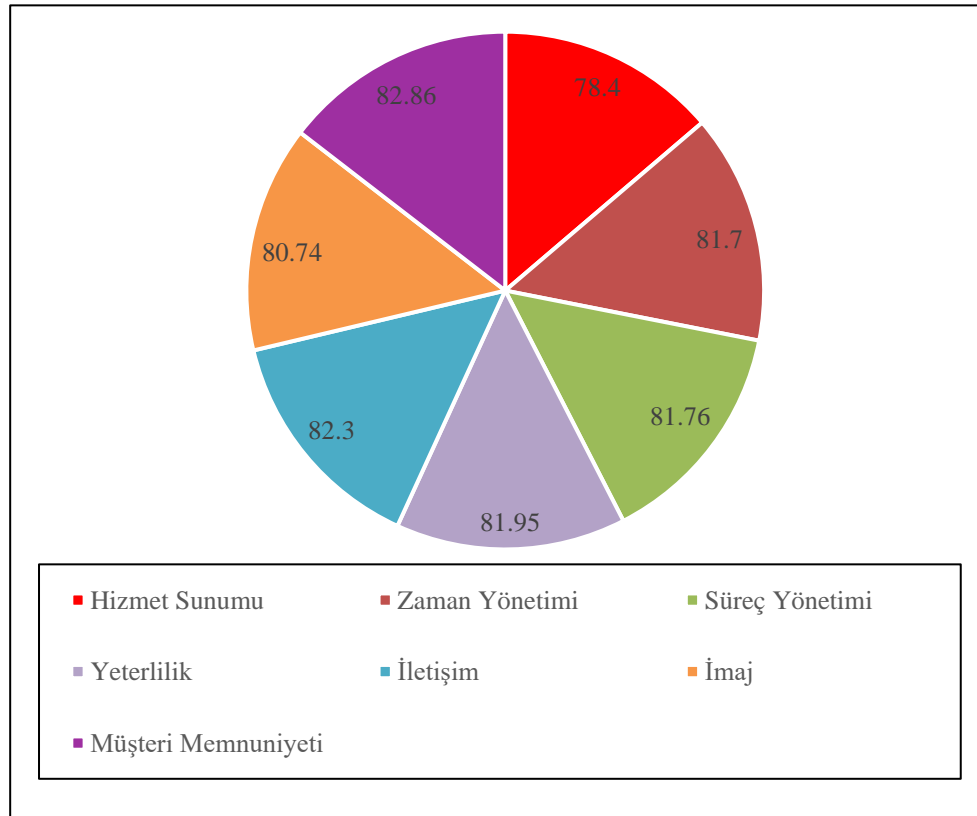
Bu çalışmada öncelikle anketin güvenilirliğini sınamak amacıyla güvenilirlik analizi yapılmıştır. Bu kapsamda Cronbach's Alpha değerleri hesaplanmıştır. Cronbach's Alpha değerleri katsayısı 0,955 çıkmıştır. Elde edilen bu sonuç müşteri memnuniyeti ölçeğinin, yüksek derecede güvenilir olarak değerlendirilebileceğini ifade etmektedir.

Uygulanan anketteki 25 soru 8 ayrı boyut çerçevesinde hazırlanmıştır. Soru ve boyutlara göre uygun ilişkiler modellenmiştir. Öncelikle DFA Modeli kurulmuş müteakiben YEM oluşturulmuştur. Oluşturulan yapısal eşitlik modellemesine ait uyum indeksi sonuçları Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Kurulan Modelin Uyum İndekslerine Ait Veriler (Data on Fit Indexes of the Established Model)

Uyum İndeksi	Model	Tavsiye Edilen Değer	Referanslar
Ki-kare/df	3,16	≤5	(Sümer, 2000)
RMSEA	0,060	<0,08	(Jarvenpaa vd., 2000)
NFI	0,98	<0,90	(Jarvenpaa vd., 2000)
NNFI	0,98	≥0,95	(Meydan ve Şeşen, 2011)
GFI	0,90	≥0,90	(Meydan ve Şeşen, 2011)
AGFI	0,87	0,89-0,85	(Meydan ve Şeşen, 2011)
RMR	0,038	≤0,05	(Aktepe, 2015)

Ülke genelinde ölçümü esas alan bir kalite skalası oluşturmak amacıyla Türkiye Kalite Derneği tarafından TMME modeli geliştirilmiştir. TMME tarafından belirlenen başarı cetveli baz alınarak müşteri memnuniyeti endeksi değerlendirildiğinde her bir boyut 100 üzerinden bir skor alır (KALDER, 2022). Bu kapsamda çalışmada ortaya çıkan sonuçlar Şekil 4'de belirtilmiştir.



**Şekil 5.** Müşteri Memnuniyet Endeks Değeri (%)

Müşteri memnuniyeti boyutu 82,86 puan ile birinci olmuştur. Bu boyutun birinci olmasında iletişim boyutunun çok iyi seviyede olması en önemli etkenlerden biridir. Müşterilerin istekleri doğrultusunda politikalarını belirleyen firma doğal bir sonuç olarak müşterilerinin de memnun edebilmiştir. Firma ile ticari ilişki içerisinde olan müşterilerin, firmayı genel işleyiş olarak takdir ettiği değerlendirilebilir.

İletişim boyutu 82,30 puan ile ikinci olmuştur. İçerisinde bulunduğumuz çağın iletişim çağı olarak nitelendirilebileceğini düşünürsek firmanın izlediği stratejinin doğru olduğunu söyleyebiliriz. Aslında bu sonuç diğer yandan müşteri memnuniyeti boyutunun birinci olmasının da temelini hazırlamaktadır. Kuvvetli bir iletişim ağı, müşterilerin değişen isteklerini karşılamak ve şikayet/önerilerini kısa sürede irdeleyerek bu doğrultuda firma politikasını belirlemek aracılığıyla firmanın müşteri memnuniyet seviyesini de olumlu anlamda etkilemiştir.

Bağlılık boyutu 82,13 puan ile üçüncü olmuştur. Bağlılık boyutu firmanın ticari ilişki kurduğu müşterileri yeniden hizmet satın alma hususunda ikna ettiğini ifade eder. Bu kapsamda bağlılık boyutunun aldığı skor firmanın sadık bir müşteri kitlesine sahip olduğu ifade edilebilir. İletişim boyutunun ve müşteri memnuniyeti boyutunun aldığı puanlar bağlılık boyutu ile anlamlı bir ilişki ortaya çıkarmıştır.

Yeterlilik boyutu 81,95 puan olarak dördüncü olmuştur. Bu boyutun aldığı skor firmanın sahip olduğu fiziksel unsurların TMME başarı cetveline göre çok iyi seviyede olduğunu ve müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde olduğunu ifade etmektedir.

Süreç yönetimi boyutu 81,76 puan olarak beşinci olmuştur. Kargo hizmetinin farklı aşamalar içeren bir süreç olduğunu göz önünde bulundurursak, firmanın farklı unsurların bir arada uyum içerisinde çalışmasını gerektiren bu lojistik süreci çok iyi seviyede yönettiğini söyleyebiliriz.

Zaman yönetimi boyutu 81,70 puan olarak altıncı olmuştur. Zaman yönetimi boyutunun diğer boyutların gerisinde kalmış gibi ilk bakışta bir algı oluşsa da TMME başarı cetveline göre çok iyi seviyede olduğu açıkça görülmektedir. Firmanın sürdürdüğü zaman yönetimi politikasının uygun olduğu değerlendirilmektedir.

İmaj boyutu 80,74 puan ile yedinci olmuştur. Mevcut skor her ne kadar çok iyi seviyesinde görünse de TMME başarı cetveline göre çok iyi bantının en alt sınırındadır. Bu durum firmanın imajını biraz daha olumlu anlamda değişmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Özellikle yeniden düzenlenecek reklam kampanyaları atılacak adımların ilki olabilir. Ayrıca firmanın sahip olduğu müşteri memnuniyet seviyesi, güçlü iletişim politikası ve sahip olduğu sadık müşteriler düşünüldüğünde, insanlar arasında kulaktan kulağa etkileşimlerle imajını yükseltebileceği ve yapacağı kampanyalarla bunu destekleyebileceği değerlendirilmektedir.

Hizmet sunumu 78,4 puan ile diğer boyutlar arasında en son sırada bulunmaktadır. Kargo şirketinin hizmet sunumu düşünüldüğünde iki ana unsur olduğu görülmektedir. Bunlardan birincisi ürünün paketlenmesi ve sağlam bir şekilde müşterilere ulaştırılmasıdır. Diğer unsur ise bu ürünü teslim eden kuryenin kendisidir. Bir diğer deyişle hizmet sunumu boyutunun daha yüksek bir puan alabilmesi için hem ürün paketlenmesinin, hem de kuryelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ürün paketlenmesi için daha albenisi olan ve müşterilerin beğenisini kazanacak bir yöntem izlenmesi uygun olacaktır. Diğer unsur olan kuryelerin ise özellikle müşterilerle iletişiminin geliştirilmesi hayati bir öneme sahiptir. Bu gelişmede ancak çalışanların bu konuda bir dizi eğitime tabi tutulmasıyla mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak firmanın genel politikaları değerlendirildiğinde, belirlenen boyutlara göre genel olarak çok iyi seviyede olduğu görülmektedir. Ancak gelişimin ve değişimin hiç durmadığı günümüz şartlarında mevcudiyetini sürdürebilmesi için sahip olduğu müşteri memnuniyetini yitirmeden özellikle imaj ve hizmet sunumu boyutları kapsamında az önce belirtilen iyileştirmelerin yapılması gereklidir. Bu geliştirmeler sayesinde sadık müşterilerin sadakati artarken yeni müşterilerin de kazanılarak firmanın kazanç seviyesini yükselteceği değerlendirilmektedir.

## **Bilgilendirme**

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## **Referanslar**

Aksan, A., & Oğuzlar, A. (2019). Çalışan Memnuniyetinde Yöneticinin Rolü: Bursa İlinde Yapısal Eşitlik Modeli Uygulaması. *International Journal of Social Inquiry*, 12(2), 391-408. doi: 10.37093/ijisi.658501

Aktepe, A. (2015). Müşteri Memnuniyet Endeks Hesaplaması İçin Model Önerisi: Bir Yerel Yönetim Uygulaması. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara. (Danışmanlar Prof. Dr. Bilal Toklu, Prof. Dr. Süleyman Ersöz).

Alp, M., Köleoğlu, N., & Çınar, B. (2019). Kargo Firmalarının İtibarının Müşteri Memnuniyetine Etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 60, 1-13.

Altun, S. (2019). Elektrik Dağıtım Hizmetleri Sunan Bir İşletmede Müşteri Memnuniyetini Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modellemesi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.

- Bekmezci, E. N. (2021). Sağlık Sektöründe Yapısal Eşitlik Modellemesi ile Hasta Memnuniyet Ölçüm Modeli Tasarımı ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Boon-itt, S., & Chomvong, V. (2010). Analyzing Service Quality in Thai Hotel Industry: An Application of the SERVQUAL Model. 2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 395-399.
- Burucuoğlu, M., & Erdoğan Yazar, E. (2020). Üçüncü Parti Platformda Kargo Firmalarına Yapılan Müşteri Şikayetlerinin İçerik Analizi. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 16(1), 99-114.
- Büyükkeklik, A., Özoğlu, B., & Bülbül, H. (2014). Kargo Hizmet Sağlayıcılarında Kalitenin Tüketici Davranışına Etkisi: Bireysel Tüketici Araştırması. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı, 33-43.
- Çelikkol, Ş., & Bakır, A. (2022). Müşteri Memnuniyetini Etkileyen Faktörler ve Müşteri Memnuniyetinin Müşteri Sadakati Üzerindeki Etkisi: Bir Vakıf Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencileri Üzerinde Uygulama. Doğu Üniversitesi Dergisi, 23(1), 127-148.
- Çoban, S. (2004). Toplam Kalite Yönetimi Perspektifinde İçsel Pazarlama Anlayışı. Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, (22), 85-98.
- Deniz, A., & Gödekmerdan, L. (2011). Müşterilerin Kargo Firmalarının Sunduğu Hizmetlere Yönelik Tutum ve Düşünceleri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 15(2), 379-396.
- Erdem, A. T., & Akolaş, D. A. (2020). Müşteri Memnuniyetinin Lojistik Yönetimi Bağlamında İncelenmesi: Bir Kargo Şirketi Örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(2), 139-159.
- Eroğlu, E. (2005). Müşteri Memnuniyeti Ölçüm Modeli. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Dergisi, 34(1), 7-25.
- Ersöz, S., Pınarbası, M., Türker K. A., & Yüzükırmızı M. (2009). Hizmet Kalitesinin Servqual Metodu ile Ölçümü ve Sonuçların Yapısal Eşitlik Modelleri ile Analizi: Öğretmen Evi Uygulaması. Int. J. Eng. Research&Development, 1(1), 19-27.
- Gençtürk, M., Kalkan, A., & Oktar, F. (2011). Bireysel Bankacılıkta Müşteri Memnuniyetini Etkileyen Faktörler: Burdur ve Isparta İllerinde Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(2), 59-77.
- Gul, R. (2014). The Relationship between Reputation, Customer Satisfaction, Trust, and Loyalty. Journal of Public Administration and Governance, 4(3), 368-387. doi:10.5296/jpag.v4i3.6678
- Ilıcalı, İ. B., Yönet, Ö., Şahin, Ş., & Suher, H. K. (2016). Algılanan Marka Benzerliğinin; Marka Sadakati, Marka Tatmini ve Servis Kalitesi ile Olan İlişkisi: Kargo Kategorisine Yönelik Bir Araştırma. Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi, 12(46), 295-319. doi: 10.14783/od.v12i46.1000010016
- <https://www.kalder.org/tmme> (09.08.2022).
- Jarvenpaa, S. L., Tractinsky, N., & Vitale, M. (2000). Consumer Trust in an Internet Store. Information Technology and Management, 1, 45-71.
- Joreskog, K. G., & Sorbom, D. (1996). LISREL 8: User's Reference Guide. Chicago, Scientific Software International.
- Keser, E. (2007). Üniversite Kütüphanelerinde Kullanıcı Memnuniyeti Ölçümü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Kılıç, B., & Eleren, A. (2009). Turizm Sektöründe Hizmet Kalitesi Ölçümü Üzerine Bir Literatür Araştırması. Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 1(1), 91-118.
- Mahmoud, R. (2019). The Interrelationship Between E-Service Quality, Customer Satisfaction, And Customer Loyalty: A Survey About Libyan Private Banking Market. Doktora Tezi. Okan Üniversitesi, İstanbul.
- Meydan, H. C., & Şeşen, H. (2011). Yapısal Eşitlik Modellemesi AMOS Uygulamaları. Ankara, Detay Yayıncılık.
- Naktiyok, A., & Küçük, O. (2003). İşgören (İç Müşteri) ve Müşteri (Dış Müşteri) Tatmini, İşgören Tatminin Müşteri Tatmini Üzerine Etkileri: Ampirik Bir Değerlendirme. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 17, (1-2), 225-243.
- Nazlı, Z. (2018). Yapısal Eşitlik Modellemesi ile Müşteri Memnuniyet Analizi: Aydınlatma Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Onurlubaş, E., & Gümüş, N. (2020). Kargo Firmalarının Hizmet Kalitesinin Müşteri Memnuniyeti Üzerine Etkisinin SERVQUAL Ölçeği ile İncelenmesi. Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(1), 30-46.
- Sümer, N. (2000). Yapısal Eşitlik Modelleri: Temel Kavramlar ve Örnek Uygulamalar. Türk Psikoloji Yazıları, 3(6), 49-74.
- Tak, B. (2002). Kamu Kuruluşlarında Müşteri Odaklı Yönetim Anlayışına Geçiş Aracı Olarak Vatandaş Tatmin Araştırmaları ve Bursa Halkına Yönelik Görgül Bir Çalışma. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(2), 143-159.

- Ünal, A., & Yücel, M. (2014). Kargo Hizmetlerinin Pazarlanmasında Tüketici Tercihlerini Etkileyen Faktörler: Malatya'da Bir Alan Çalışması. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı, 119-133.
- Yaghoubi, M., Asgari, H., & Javadi, M. (2017). The impact of the customer relationship management on organizational productivity, customer trust and satisfaction by using the structural equation model: A study in the Iranian hospitals. *Journal of Education and Health Promotion*, 6, 1-5.
- Yazıcıoğlu, Y., & Erdoğan, S. (2004). *SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Ankara, Detay Yayıncılık.
- Yıldız, E. (2017). Effects Of Service Quality On Customer Satisfaction, Trust, Customer Loyalty And Word Of Mouth: An Application On Cargo Companies In Gümüşhane. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 6(12), 81-88.
- Yieh, K., Chiao, Y., & Chiu, Y. (2007). Understanding the Antecedents to Customer Loyalty by Applying Structural Equation Modeling, *Total Quality Management & Business Excellence*, 18(3), 267-284. doi: 10.1080/14783360601152400



## Ergonomik Personel Çizelgeleme Problemi: Savunma Sanayinde Bir Uygulama

### Ergonomic Personnel Scheduling Problem: An Application in Defense Industry

Rabia Akgönül<sup>1</sup> , Tamer Eren<sup>1</sup> , Hacı Mehmet Alakaş<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71451, Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 08/11/2022

Kabul / Accepted: 19/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Hızlı ve dinamik bir çalışma temposu olan savunma sanayinde insan gücüne olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Firmalar hızlı ve titiz üretim yaparken, iş güvenliği önlemlerini almaları, iş sağlığına önem vermeleri ve personelin verimli çalışabileceği ortamları ergonomik olarak doğru planlaması firmanın sektörde gelişmesine yardımcı olmaktadır. Ergonomik riskler göz önüne alınarak yapılan çizelgelemeler meslek hastalıklarını ve iş kazalarını azaltmakta, gerekli işçilik maliyetlerini azaltmakta ve çalışanların verimliliğini artırmaktadır. Bu çalışmada toplam 60 personeli olan bir savunma sanayisinin alt tedarikçisi olan firmada ergonomik personel çizelgeleme problemini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada operatörlerin makinelerdeki yetkinlikleri ve özel istekleri tespit edilerek matematiksel model kurulmuştur. Daha sonra departmanlardaki görevler belirlenmiş ve görevlerin ergonomik risk değerleri REBA metodu ile hesaplanmıştır. Elde edilen risk değerlerini kullanarak görevlere atanmadaki toplam risk puanını en küçükleyecek matematiksel model kurulmuştur ve iki matematiksel model ILOG CPLEX Studio IDE programında çözülüp, çalışanlar için ergonomik riskler de göz önünde bulundurularak aylık çalışma çizelgeleri elde edilmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“ergonomik personel çizelgeleme, REBA, hedef programlama, savunma sanayi”

#### Abstract

The need for manpower in the defense industry, which has a fast and dynamic work pace, is increasing day by day. While companies are producing fast and meticulously, taking occupational safety precautions, giving importance to occupational health and ergonomically correct planning of the environments where the personnel can work efficiently help the company to develop in the sector. Scheduling, taking into account ergonomic risks, reduces occupational diseases and work accidents, reduces the necessary labor costs and increases the productivity of the employees. In this study, the ergonomic personnel scheduling problem was carried out for a total of 60 personnel in a company that is a sub-supplier of the defense industry. In the study, the competencies and special requests of the operators on the machines were determined and a mathematical model was established. Then, the tasks in the departments were determined and the ergonomic risk values of the tasks were calculated with the REBA method. Using the obtained risk values, a mathematical model was established to minimize the total risk score in assignment to tasks, and two mathematical models were solved in the ILOG CPLEX Studio IDE program, and monthly work schedules were obtained considering ergonomic risks for the employees.

#### Key Words

“ergonomic personnel scheduling, REBA, goal programming, defense industry”

## 1. Giriş

Savunma sanayi sektörü Türkiye'nin en önemli sektörlerinden birisidir. Türk savunmasında dışa bağıllığı azaltmak amacıyla başta Savunma Bakanlığı olmak üzere diğer kuruluşlar ve Türk milletinin de desteği ile hızla büyümeye devam etmektedir. Savunma sektörünün önde gelen büyük firmalarının yanı sıra çok fazla küçük ölçekli alt tedarikçi işletmeleri bulunmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte makine, ekipman, hammadde ve işgücü gibi üretim kaynaklarını etkin kullanarak, rekabet avantajı sağlamak ve müşteri isteklerine daha hızlı bir şekilde geri dönüş yapmak mümkündür. Bu hızlı imalat süreçlerinde makine gücünün yanısıra beden gücüne de fazlaca ihtiyaç duyulmaktadır. Beden gücünün etkin kullanılmasında hem personelin istek ve tercihlerine göre uygun çizelgelerin oluşturulması hem de ergonomi kavramı önemli bir yere sahiptir.

Çizelgeleme, üretim ve hizmet sektöründe verimliliği arttırmak, sürekliliği sağlamak, gerekli işgücünü doğru planlamak, çalışan memnuniyetini arttırmak gibi çeşitli amaçlar için kullanılan bir karar verme sürecidir. Bu amaçları sağlamak için üretim kaynaklarının (makine, ekipman, işgücü, vb.) belirli zaman aralığında ve belirli kısıtlar çerçevesinde işlere ataması yapılır. Literatürde yapılan çizelgeleme çalışmalarını bir bütün olarak değerlendirmek amacıyla literatür taramaları yapılmıştır. Eren ve Güner (2002), tek ve paralel makinalı problemlerde çok ölçütlü çizelgeleme problemleri konusunda; Eren ve Güner (2004) çok ölçütlü akış tipi çizelgeleme problemleri konusunda; Özder vd. (2020) personel çizelgeleme problemleri konusunda detaylı literatür taramaları gerçekleştirmişlerdir. Son yıllarda üzerinde en çok araştırma yapılan çizelgeleme türü personel çizelgelemedir.

Personel çizelgeleme problemi üretim ve hizmet sektöründe sıklıkla karşılaşılan önemli bir çizelgeleme problemdir. Personel çizelgeleme problemi ile işletmelerdeki ürün ve hizmet üretimine olan talebi tam zamanında ve sistematik bir şekilde karşılayabilmeleri için işletmede iş zamanlaması ve iş ataması yapılabilir. (Ernst ve diğ. 2004). Etkin bir personel çizelgeleme ile doğru zamanda doğru göreve en uygun çalışanın atanmasını sağlanmaktadır. Personel çizelgeleme, çalışanın özel isteklerini ve ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurularak bir model oluşturulmasını, bu modelin çözümü ile çalışan ve işletme için bir plan dahilinde ve sistematik olarak üretim veya hizmet üretebilmesini sağlamaktadır. (Eren ve Varlı, 2017)

Ergonomik personel çizelgeleme iş rotasyonu tabanlı bir çizelgeleme türüdür. Üretim sistemlerindeki ergonomik risklere olan maruziyetleri en aza indirmesinden, mesleki yaralanma ve kas-iskelet hastalıkları önlemeyi amaçlamasından dolayı gün geçtikçe tercih edilen bir uygulama haline gelmektedir. Ergonomik personel çizelgeleme yardımıyla işlerin maruziyet değerleri hesaplanarak personelin en uygun göreve atanması sağlanmaktadır. Maruziyeti azaltmak için personelin zorunlu izin günleri, nitelik ve yetkileri de hesaba katılır. Bu sayede hem personelin iş tatmini hem de motivasyonu artar (Otto ve Scholl, 2013). Bunların yanı sıra personellerin çeşitli görevleri yapabilmeleri için eğitilmelerini, iş devamlılığının yüksek oranda olmasını, personelin değişikliklere daha kolay adapte olmasını ve zamanla artan tramvasal hastalıkların azalmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, ergonomik personel çizelgeleme problemi incelenmiştir. Çalışma, Ankara'daki Türk savunma sanayisinin alt tedarikçisi olan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Problemin 2 ayrı matematiksel modeli ve 2 ana amacı bulunmaktadır. Birinci amaçta operatörleri yetkinliklerine göre atayarak dengeli bir çizelgeleme hazırlamaktır. İkinci amacı üretim dışındaki diğer departmanlarda çalışan personeller için görevlerin risklerine göre dengeli bir çizelgeleme oluşturmaktır. Her bir görevin risk değerini hesaplamak için "Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme Yöntemi (REBA)" kullanılmıştır. Kalite kontrol, tesviye ve temizlik bölümlerinde çalışan personellerin daha verimli ve rahat bir ortamda çalışmalarını için yaptıkları işlerin REBA puanları hesaplanarak ergonomik risk faktörü en küçüklenecek şekilde görevlere atanması sağlanmıştır. Bu modelde de her personel sadece kendi departmanındaki görevleri yapabilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırmasına yer verilmiş, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemlere detaylı olarak yer verilmiş, dördüncü bölümde uygulamanın detaylarına yer verilmiş, beşinci bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

## 2. Literatür Araştırması

Literatürde yer alan çizelgeleme çalışmaları incelendiğinde ergonomik personel çizelgeleme konusunun diğer çalışmalara göre daha yeni olduğu görülmektedir. Literatürde yapılan ergonomik personel çizelgelemeye ait bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Carnahan vd. (2000) iş şiddeti indeksini kaldırma işlerinin fiziksel iş yükünü hesaplamada kullanarak iş değişim çizelgesi modeli önermişlerdir. Malladi ve Min (2004), deneme verilerini kullanarak ergonomik ve finans temelli kriterleri göz önünde bulunduran bir çizelge bulmaya çalışmışlardır. Seçkiner ve Kurt (2005), radyografi teknisyenleri üzerindeki ergonomik iş yükünü en aza indirmek amacıyla tur ve rotasyon çizelgelerini bütünlüklü bir şekilde kullanmışlardır. Yaoyuenyong ve Nanthavanij (2006), üretim ortamındaki gürültüyü göz önünde bulundurarak, çalışanlar için işitme kaybı sorununun çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu sorunun işler arasında değişim ile ortadan kaldırılabileceği fikrini ortaya atmışlardır. Aryanezhad vd. (2009), çalışanlar için gürültü maruziyeti ve iş kaynaklı sırt ağrısı potansiyeli toplamını minimize etmeyi amaçlayan bir iş değişim çizelge modeli önermişlerdir. Asensio-Cuesta vd. (2011), çalışanların işleri gerçekleştirirken maruz kaldıkları ergonomik risk değerlerinin azaltılması için iş değişim çizelgelerinin çalışan ve firma için faydalarını ayrı ayrı incelemişlerdir. Çok kriterli bir genetik algoritma kullanarak iş değişim çizelgelerini hazırlamışlardır. Cheshmehgaz vd. (2012), klasik montaj hattı dengeleme probleminin kısıtlarına ek olarak ergonomik olarak bozuk vücut duruşunun kümülatif riskinide göz önünde bulunduran bir model önermiştir. Wongwien ve Nanthavanij (2012), iş rotasyonuna



göre çalışan sayısını minimize etmeyi amaçlayan ve ergonomik tehlikeye maruz kalmayı bir kısıt olarak kullandıkları 0-1 tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Xu vd. (2012), montaj hattı dengelemede ergonomi kriterleri ve verimlilik olgusu çerçevesinde vücudun üst bölümündeki kas-iskelet hastalıklarını engellemek amacıyla el aktivitesi ergonomi kriterinin seviyesini ölçerek problemi karışık tam sayılı matematiksel programlama yaklaşımı ile çözümlenmişlerdir. Otto ve Scholl (2013), montaj hattı dengeleme probleminde ergonomi kriterlerini kullanan matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modeli, sezgisel çözüm yöntemleri ve OCRA indeksini kullanarak modellerini çözüme kavuşturmışlardır. Rattanamanee ve Nanthavanij (2013), ergonomi kısıtını işgücü çizelgeleme problemi ile incelemişlerdir. İşlerin yapıldığı istasyonlara ergonomik risk değerleri atayıp, çalışanların günlük olarak belirlenen sınırı geçmeyecek şekilde makineler arasında atanmasını sağlayacak günlük bir çizelgeleme için model geliştirmişlerdir. Wongwien ve Nanthavanij (2013), ergonomik personel çizelgelemesini verimlilik ve çalışan memnuniyeti açısından incelemeyi amaçlamışlardır. Toplam sistemin verimliliği ve çalışanın memnuniyetini en büyüleyecek amaç fonksiyonunu modele eklemişlerdir. Wang ve Liu (2014), vardiya çalışanlarının yorgunluklarını azaltmak amacıyla en uygun vardiya çizelgelemesini hazırlamak için üstel koşullu bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Karışık tam sayılı programlama yöntemini ve Xpress IVE kodlaması ile farklı parametrelere göre çalıştırarak çözmüşlerdir. Akbari (2015), işçi maliyetlerini minimize edecek tur çizelgeleme yaklaşımı geliştirmiştir. Bu yaklaşımda çalışanlar arasından yarı zamanlı olanların yorgunluk oranlarını dikkate alarak vardiyaların dengeli atanması problemini modellediğini belirtmiştir. Boenzi vd. (2015), yaş aralığı yüksek olan çalışanların bulunduğu bir işletmede ergonomik açıdan en uygun iş değişim çizelgelerini hazırlamayı amaçlamışlardır. Ergonomik açıdan OCRA indeksini kullanmışlardır. Dewi ve Septina (2015), lojistik hizmeti veren bir şirkette hem fiziksel hem de zihinsel iş yükünü dengeleyecek işgücü çizelgeleme modeli kurmuşlardır. Zihinsel iş yükünü ölçmede NASA TLX yöntemini, fiziksel iş yükünü ölçmede ise kalori tüketimini göz önünde bulundurarak modelleme yapmışlardır. Bautista vd.(2016), birden fazla ürünlü montaj hatları için ergonomik risklere göre maksimum izin verilen risk sınırını dikkate alan bir matematiksel model önermişlerdir. Mossa vd. (2016), OCRA indeksi ve verimlilik faktörünü göz önüne alan iş-rotasyon çizelgelemesi üzerinde çalışmışlardır. Moussavi vd. (2016), çevrim süresinin kısaltılmasını amaçlayan ergonomik iş gücü çizelgelemesi problemini ele almışlardır. Montaj hattı özelinde kullandıkları modelin ergonomik analizi için boy ölçüsü, yaş aralığı, işe göre yetenek seviyesi ve tecrübe durumlarını kullanarak tam sayılı doğrusal matematiksel modelleme yaklaşımı ile model oluşturmuşlar ve GUROBI yazılımı ile çözmüşlerdir. Song vd. (2016), görevi yerine getirirken vücudun kullanılan bölgesine göre her işe özel puanlar atayarak, çalışan-görev atamasındaki puanların toplamının en küçükleyecek ergonomik personel çizelgesi hazırlamayı amaçlamışlardır. Yoon vd. (2016), işlere ilişkin duruşları REBA metodu ile değerlendirerek, tek günlük iş değişim çizelgeleme elde etmeyi amaçlamışlardır. Battini vd. (2017), bir çalışanın hem ergonomik hem de ekonomik yönden kaldırabileceği ağırlık miktarının belirlenmesi ve çalışma-mola sürelerini belirleyen matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Bedir vd. (2017), bir hazır giyim mağazası için ergonomik risk faktörlerini ve çalışma saatlerini dengeleyecek bir aylık çalışma çizelgesi Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve hedef programlama yöntemlerini kullanarak hazırlamışlardır. Hochdörffer vd. (2018), kısa süreli planlama çalışmalarında istasyonun tüm vücudu çalıştırması ya da yoğunluklu olarak el-parmak sistemini çalıştırması özelliğini dikkate alarak iş değişim çizelgeleri oluşturmayı amaçlamışlardır. Moussavi vd. (2018), ergonomik iş değişim çizelgeleri oluşturmak için hem fiziksel iş yükünü azaltmayı hem de verimliliği arttırmayı amaçlayan çok amaçlı bir matematiksel model önermişlerdir. Verimlilik açısından ise maksimum iş yükünü ve üretim çevrim zamanını en küçüklemeyi dikkate alan modeller oluşturmuşlardır. Şenyiğit ve Atıcı (2018), çalışanların işe bağlı öğrenme indeksini göz önüne alarak çevrim zamanının en küçüklemeyi amaçlayan tek makine çizelgelemesi için bir matematiksel model geliştirmişler. Modeli RULA yöntemini ile entegre ederek atama probleminde dönüştürmüşlerdir. Alakaş vd. (2019), orta gerilim sigorta üreten bir firma için ergonomik personel çizelgeleme problemini ele almışlardır. Görevlerin ergonomik risklerini ölçmek için REBA metodunu; problemi çözmek için ise hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Sana vd. (2019), sadece tek bir çalışanı değil de tüm çalışanların korunmasını sağlayan iş değişim çizelgeleme modeline OCRA, RULA ve NIOSH yöntemlerini kısıtlara eklemişler ve özel bir genetik algoritma çeşidi ile çözümlenmişlerdir. Aksüt vd. (2020), EBSCO veri tabanı üzerinden ergonomik risk faktörleri üzerinde yapılan 59 makaleyi incelemişler ve riskleri sınıflandırmışlardır. Ergonomik riskler; fiziksel, bilişsel, örgütsel, çevresel, kişisel ve psikososyal faktörler olmak üzere altı ana sınıf ve 55 alt sınıfa ayrılmıştır. Kaçmaz vd. (2020), bir cam fabrikasında, her bir çalışanı gün içinde uygun yetkinlik ve risk düzeyini tayin etmeyi amaçlamışlardır. REBA metodu ile her personelin duruş pozisyonu riske değerlendirmesini, hedef programlama ile de yeteneğe göre planlama yapmak için kullanmışlardır. Adem ve Dağdeviren (2021) çalışanların metabolik ağırlıklarına uygun sıcaklıklara maruz kalacakları işlere atayacak ve aynı zamanda işletmenin amaçlarını da etkileyen bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Aksüt vd. (2021), tekstil fabrikasında kadın çalışanlar için Analitik Ağ Süreci (ANP) ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak ergonomik risk değerlerini hesaplamışlardır. En yüksek riske sahip bölüm dikimhane olarak bulunmuştur. Pınarbaşı (2022), orta gerilim sigorta üretimi yapan bir firmadaki gerçek verileri kullanarak bir kısıt programlama modeli önererek ergonomik personel çizelgeleme gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak personel ergonomik risk skorlarını REBA metodu ile belirlemiş, daha sonra da elde edilen risk skorlarını en küçükleyecek şekilde görevlere personel atamasını gerçekleştirmiştir. Aksüt vd. (2022), tişört üretimi yapan bir tekstil firmasında ergonomik risklere maruz kalan kadın çalışanlar için dikimden paketlemeye kadar olan bütün üretim sürecindeki 15 görevin ergonomik risk skorlarını REBA metodu ile belirlemişlerdir. Elde ettikleri risk skorlarını hedef programlama ile bütünleştirerek iş çizelgesi oluşturmuşlardır. Aksüt vd. (2022), Covid-19 döneminde uzaktan çalışan öğretmenlerin cep telefonu, tablet, dizüstü bilgisayar ve masaüstü bilgisayar kullanımında maruz kalacakları riskleri Analitik Ağ Süreci (ANP) ile hesaplamışlardır.

Literatürde yapılan çalışmaların özetlenmiş hali Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmalar uygulandıkları alan bazında değerlendirildiğinde üretim ve hizmet sistemleri olarak iki farklı sektörel uygulamaya rastlanmaktadır. Literatürdeki çalışmalar için kullanılan yöntemlerde

çoğunlukla tamsayı programlama, hedef programlama gibi model temelli yöntemler, REBA, OCRA gibi ergonomik risk ölçme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

**Tablo 1.** Literatürde Yapılan Çalışmalar

YAZAR ADI	ERGONOMİK FAKTÖR	YÖNTEM
Carnahan vd. (2000)	Taşınan nesnelerin ağırlığı, taşıma mesafesi, tekrarlama frekansı	Tamsayı Programlama, Genetik Algoritma
Malladi ve Min (2004)	Ergonomik ve finansal kriterler	Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Tamsayı Programlama
Seçkiner ve Kurt (2005)	Radyasyon miktarı	Tamsayı Programlama
Yaoyuenyong ve Nanthavanij (2006)	Gürültü miktarı	Sezgisel Yöntem
Aryanezhad vd. (2009)	Gürültü değeri ve sırt ağrısı	Hedef Programlama
Asensio-Cuesta vd. (2011)	Yorgunluk faktörü	ECRot
Cheshmehgaz vd. (2012)	Birikimli risk değeri	Bulanık Hedef Programlama
Wongwien ve Nanthavanij (2012)	Gürültü değerleri	Tamsayı Programlama
Xu vd. (2012)	El aktivitesi	Karışık Tamsayı Programlama
Otto ve Scholl (2013)	OCRA İndeksi	Tabu Arama
Rattanamanee ve Nanthavanij (2013)	Ergonomik tehlikeye maruz kalma risk değeri	Tamsayı Programlama
Wongwien ve Nanthavanij (2013)	Rassal risk değeri üretimi	Karışık Tamsayı Programlama
Wang ve Liu (2014)	Yorgunluk faktörü	Yorgunluk Kısıtlı MM
Akbari (2015)	Yorgunluk faktörü	Genetik Algoritma
Boenzi vd. (2015)	OCRA indeksi	OCRA
Dewi ve Septiana (2015)	Fiziksel ve zihinsel iş yükü	NASA TLX
Bautista vd. (2016)	Fiziksel iş yükü	Karışık Tamsayı Programlama, GRASP
Mossa vd. (2016)	OCRA indeksi	OCRA, Tamsayı Programlama
Moussavi vd. (2016)	Fiziksel özellikler	Tamsayı Programlama
Song vd. (2016)	Fiziksel iş yükü	Tamsayı Programlama
Yoon vd. (2016)	REBA Skoru	REBA, Matematiksel Modelleme
Battini vd. (2017)	Ergonomik ağırlık miktarı	Matematiksel Modelleme
Bedir vd. (2017)	Ergonomik risk faktörü	Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Hedef Programlama
Hochdörffer vd. (2018)	El-parmak sistemi	Tamsayı Programlama
Moussavi vd. (2018)	Fiziksel iş yükü	Hedef Programlama
Şenyiğit ve Atıcı (2018)	RULA Skoru	RULA
Alakaş vd. (2019)	REBA Skoru	REBA, Hedef Programlama
Sana vd. (2019)	OCRA, RULA ve NIOSH değerleri	Hedef Programlama, Genetik Algoritma
Aksüt vd. (2020)	Fiziksel, bilişsel, örgütsel, çevresel, bireysel ve psikososyal faktörler	-
Kaçmaz vd. (2020)	REBA Skoru	REBA, Hedef Programlama
Adem ve Dağdeviren (2021)	Metabolik faktörler	Karışık Tamsayı Programlama
Aksüt vd. (2022)	Fiziksel, bilişsel, örgütsel, çevresel, bireysel ve psikososyal faktörler	ANP, PROMETHEE
Pınarbaşı (2021)	REBA Skoru	REBA, Kısıt Programlama
Aksüt vd. (2022)	REBA Skoru	REBA, Hedef Programlama
Aksüt vd. (2022)	Çalışma süresi, duruş, ve fiziksel çevre, fiziksel faktörler	ANP

Yapılan bu çalışma savunma sanayi alt tedarikçisi olan fabrikada uygulamalı olarak gerçekleştirilip, literatüre ergonomik personel çizelgeleme problemi hakkında örnek bir çalışma olarak sunulmuştur. Çalışmada ergonomik personel çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Operatörler için vardiya sapmalarını en küçükleyecek personel çizelgeleme ve diğer personeller için ergonomik risk maruziyetini en aza indireyecek ergonomik personel çizelgeleme yapılmıştır. İşletmeden alınan veriler kullanılarak, görevlerin ergonomik risk değerleri REBA metodu ile hesaplanmıştır. Daha sonra operatörlerin yetkinlikleri ve görevlerin ergonomik risk değerleri göz önünde bulundurularak model oluşturulmuştur. Modeller, ILOG CPLEX Optimization programı ile çözülerek çizelgeler elde edilmiştir. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farkı hem operatörler için yapılan vardiya çizelgeleme ve ergonomik risk faktörünün etkili olduğu departmanlardaki personeller için ergonomik personel çizelgeleme problemlerinin aynı çalışma içerisinde gerçekleştirilmesidir.

### 3.Kullanılan Yöntemler

Literatüre bakıldığında; ergonomik personel çizelgeleme çalışmalarında çoğunlukla REBA metodu ile birlikte hedef programlamanın kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada da departmanlardaki görevlerin risk değerlerinin hesaplanmasında REBA metodu, personellerin vardiyalara eşit ve dengeli atanmasında ise hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

#### 3.1. REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi)

Ergonomik analiz uygulamaları için farklı çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, hareket esnasında kas-iskelet sisteminin hangi bölgesinde baskı oluştuğunu farklı teknikler ile değerlendirmektedir. Bu amaçla kullanılan ergonomik analiz yöntemleri arasında; RULA (Rapid Upper Limb Assessment), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), REBA (Rapid Entire Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) ve LMM (Lumbar Motion Monitor) bulunmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği firma bir savunma sanayi firması olmasından ve ağır malzemeler kullanılmasından dolayı bir görev gerçekleştirilirken birden çok pozisyon değişikliği bulunmaktadır. Görevin yapılışı esnasında çalışanın duruşunu hem sabit hem de dinamik hareketlerle bir bütün olarak dikkate alınarak tüm vücut faaliyetleri üzerinde ergonomik risk faktörünün sayısal hesabının yapılmasında REBA metodunun uygun olduğu kararı verilmiştir.

REBA metodu bütün vücut bir bütün olarak düşünerek yapılan bir risk değeri ölçme yöntemidir. Yöntemin uygulanması ve duruş analizlerinin yapılması için çalışmanın fotoğraf ve/veya video ile analiz edilmesi önerilir. Elde edilen görüntülerde en çok yapılan, fiziksel kuvvet gerekli işler, işçiyi zorlayan, daha çok zaman gerektiren hareket seçilerek duruş analizi yapılır.

REBA metodunda; belirlenen bir çalışma duruşunun REBA skoru hesaplanırken vücut kısımları A ve B grubu olarak ikiye ayrılır. A grubu gövde, boyun ve bacaklardan oluşur; B grubu ise üst kollar, alt kollar ve bileklerden oluşur. REBA metodundaki diğer faktörler, yükün kaldırılmasındaki kolaylık derecesi, yükün nasıl kavrandığı, hareketin yapıldığı sıklık değeri ve hareket haline ek olarak dönme, bükülme hareketlerinin olup olmadığıdır (Kocabaş, M., 2009).

##### 3.1.1. REBA metodunun adımları

###### Adım 1: Görevin Gözlemi

Görev gerçekleştirilirken; çalışanın vücut duruşu, ekipmanları kullanımı, kullanılan ekipmanın ile çalışan arasındaki uyum, çalışmanın gerçekleştirildiği ortam, genel çevre vb. gözlemlenmesi, imkan varsa fotoğraf ya da video ile görevlerin kayıt altına alınması gerçekleştirilir.

###### Adım 2: Değerlendirilecek Duruşun Seçilmesi

Görevlerin değerlendirilmesinden sonra görev için hangi duruşunun değerlendirileceği seçilir. Seçim yapılırken, çalışan kas sayısının fazla olması ya da güç gerektiren, tekrarı ve süresi en uzun olan, kas iskelet sistemi üzerinde oluşacak yükü en çok etkileyen duruş seçilebilir. Bahsedilen durumlardan bir ya da birden fazlasını içeren duruşlar göz önünde bulundurularak seçim yapılabilir.

###### Adım 3: Duruşların Puanlaması

A grubu olan gövde, boyun ve bacaklar için hareket biçimleri, skor ve skor değişimi Ek A'da Tablo A ile verilmiştir. Tablo A'daki Şekil 3 gövde hareketleri ve skorlarını, Şekil 4 boyun hareketleri ve skorlarını, Şekil 5 bacak hareketlerini ve skorlarını göstermektedir. Gövde ve boyun için harekete ek olarak yana esneme ve dönme varsa hareketin skoruna +1 eklenir. Bacaklarda 30°-60° arası fleksiyon varsa +1, 60°'den büyük fleksiyon varsa +2 eklenir.

###### Adım 4: Puanların İşlenmesi

Gövde, boyun ve bacaklar için hesaplanan skordan tek bir skor elde etmek için Ek A'de verilen Tablo B'da skor kesişimlerine denk gelen sayıya Ek A'daki Tablo C'de verilen Yük/kuvvet skoru eklenerek A skoru elde edilir. B grubu olan üst kollar, alt kollar ve bilekler için hareket biçimleri, skor ve skor değişimi Ek A'da Tablo D'de verilmiştir. Tablo D'deki Şekil 6 üst kol hareketleri ve skorlarını, Şekil 7 alt kol hareketleri ve skorlarını, Şekil 8 bilek hareketlerini ve skorlarını göstermektedir. Üst kollar, alt kollar ve

bilekler için hesaplanan skorlardan tek bir skor elde etmek için Ek A’da verilen Tablo E’de skor kesişimlerine denk gelen sayıya Tablo F’de verilen Kavrama skoru eklenerek B skoru elde edilir. Tablo G’de A skoru ve B skorunun kesişimine denk gelen sayı C skorunu verir. C skoruna Tablo H’de verilen Aktivite skoru eklenerek duruşun REBA skoru elde edilir.

#### Adım 5: Önlemlerin Belirlenmesi

REBA skorlarının hangi risk düzeyine denk geldiği, hangi risk derecesine ve bu riski önlemek için ne yapılması gerektiği Tablo 2’de verilmiştir. Bu tabloya göre REBA Skoru 1 olan duruşun risk derecesi 0 olur ve herhangi bir önlem alınmasına gerekli değildir. Ancak REBA Skoru 11-15 olan duruşun risk derecesi 4 olur ve önlemin hemen alınması gereklidir.

**Tablo 2.** REBA Skoru

DERECE	REBA SKORU	RİSK SEVİYESİ	ÖNLEM
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen gerekli

Yapılan her bir görev için REBA skor değeri yukarıda anlatılan adımlar ve Şekil 1’de verilen hesaplama diyagramı ile belirlenir. Elde edilen REBA skorları önerilecek olan hedef programlama modelinin REBA skoru, A skoru ve B skoru olmak üzere ergonomik hedef kısıtları olarak kullanılacaktır. Önerilen modelin amaç fonksiyonu da elde edilen bu skorlarda oluşacak sapma değerlerinin en küçüklenmesi olarak belirlenmektedir. Oluşturulan modelde üç skorun birlikte değerlendirilmesi ile personelin vücut duruşundaki ergonomik dengeyi sağlayarak tüm organlara olan yükün daha dengeli dağılmasına olanak sağlamaktadır.



**Şekil 1.** REBA Metodu Planlama Diyagramı

### 3.2. Hedef programlama modeli

İlk hedef programlama çalışması 1955 yılında Charnes vd. tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonrasında hedef programlamayı geliştirmek amacıyla 1961 yılında Charnes ve Cooper çalışmalar yapmışlardır (Aktürk vd., 2017)

Hedef programlama, bir ya da birden fazla amaca sahip problemlerin modellenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile yapılmak istenen amaç fonksiyonunun maksimizasyonu veya minimizasyonu değil; var olan kısıtlar ile ulaşılmak istenen hedeflerdeki  $d_i^+$  ve  $d_i^-$  simgeleriyle gösterilen sapma değişkenlerini minimize etmektir (Ignizio, 1985).

Hedeflerin önemleri karar vericilere göre birbirinden farklı olabilmektedir. Bu durumda amaç fonksiyonu yazılırken öncelikli ya da ağırlıklı yöntemler kullanılabilir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde hedef programlama; tek hedefli, eşit ağırlıklı çok hedefli, ağırlıklı çok hedefli, öncelikli çok hedefli, ağırlıklı-öncelikli çok hedefli programlama olmak üzere 5 farklı şekilde gruplandırılabilir (Bayraktar, 2019).

Gür ve Eren (2018), literatürde hedef programlama yönteminin kullanıldığı çalışmaları bir literatür taraması yaparak değerlendirmişlerdir. Ayrıca yine Gür ve Eren (2018) hedef programlama yönteminin kullanıldığı konulardan birisi olan ameliyathane çizelgeleme problemleri için de literatürde yapılan çalışmaları literatür taraması ile incelemişlerdir.

Matematiksel gösterimi şu şekildedir;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^t (d_i^+ + d_i^-)$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j + d_i^+ + d_i^- = k_i$$

$$d_i^+ * d_i^- = 0$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1 \dots t \quad j = 1 \dots n$$

Değişkenler;

$x_j$  = j. karar değişkeni

$w_{ij}$  = i. hedefin j. karar değişkeni ağırlık katsayısı

$k_i$  = i. hedef için ulaşılmak istenen değer

$d_i^+$  = i. hedefin pozitif sapma değişkeni

$d_i^-$  = i. hedefin negatif sapma değişkeni

Hedef programlamada ilk olarak karar vericinin hedeflerini belirleyerek bu hedefleri ağırlıkları ve sapmaları ile beraber kısıt olarak yazması gerekir. Kısıtlardaki sapma değişkenlerinin negatif değer almaması ve hedefin hem üst hem de altında değer almaması için sapmalardan birisi mutlaka sıfır olmalıdır. Bu da sapmaların çarpımının sifira eşitlenmesi ile mümkün olmaktadır. Daha sonra amaç fonksiyonuna sapmaların önem sıralarına ya da ağırlıklarına göre yazılmasıyla hedeflerdeki sapmaların minimize edilmesi sağlanır (Ediz ve Yağdıran, 2009).

#### 4. Uygulama

Ankara İvedik OSB'de 1500 m<sup>2</sup>'lik kapalı alana sahip Türk savunma sanayisine talaşlı üretim yapan bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Fabrika 2007 yılında ilk olarak madencilik sektörü için üretimler yapmak amacıyla kurulmuştur. Ancak sürekli gelişen savunma sanayisinin ihtiyaçlarını karşılamak ve büyüme elde etmek amacıyla devlet teşviği yardımıyla 2017 yılından itibaren üretim hattını baştan tasarlamıştır. İşletme 34'ü operatör, 8'i tesviye personeli, 10'u kalite kontrol personeli ve 8'i temizlik personeli olmak üzere toplam 60 personel haftanın 6 günü üç vardiya şeklinde üretim yapmaktadır. Gerekli durumlarda ek mesai yapılmaktadır.

Firmanın üretim bölümünde torna, freze ve beş eksen olmak üzere 3 makine grubundan toplam 15 makine bulunmaktadır. Üretilen parçaların savunma sanayinde kullanılmasından dolayı üretimde çalışan operatörler titiz ve kaliteli iş çıkarmak zorundadır. Bu nedenle operatör seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus operatörün makine bilgisi ve kullanım yetkinliğidir.

Üretimin yanı sıra üretilen parçaların son temizliklerinin yapıldığı tesviye bölümü ve hassas ölçümlerin yapılarak teslimat için hazırlandığı kalite kontrol bölümü de büyük öneme sahiptirler. Ayrıca firmaya sürekli müşteri ziyaretleri olduğu için firma içerisindeki temizliğe de önem verilmektedir. Bu sebeple bu bölümlerde çalışan personellerin verimlilikleri ve rahat bir ortamda çalışmaları firma için çok önemlidir. Aylık olarak çalışma çizelgeleri hazırlanırken; operatörlerin yetkinlikleri, personellerin özel istekleri ve görevlerin ergonomik risk faktörleri göz önünde bulundurulmaktadır.

#### 4.1. Problemin tanımı

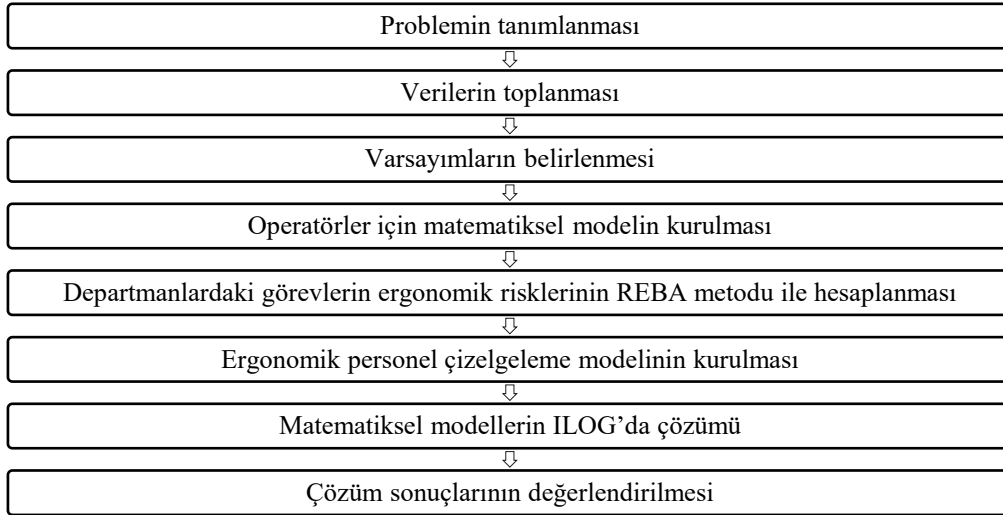
Bu çalışmada, iki ayrı matematiksel model ve iki amaç bulunmaktadır. Birinci amaç, operatörleri yetkinliklerine göre makinelere atayarak dengeli bir çizelge elde etmektir. Bunun için ilk olarak operatörlerin makinelerdeki yetkinlikleri ve özel istekleri tespit edilmiştir. Her bir operatörün fabrika içerisindeki makinelerde yetkinlikleri farklıdır. Bazı operatörler tüm makinelerde çalışırken bazı operatörler sadece belli makinelerde çalışabilmektedir. Bu bilgiler göz önünde bulundurularak bir aylık vardiyalara atanmalarındaki sapmaları minimize edecek matematiksel model kurulmuştur. Problemin ikinci amacı da üretim dışındaki tesviye, kalite kontrol ve temizlik departmanlarındaki çalışan personellerin görevlere atanmasında risk değerini en küçükleyecek çizelge oluşturmaktır. Bu nedenle, ilk olarak departmanlardaki görevler belirlenmiştir. İkinci olarak REBA metodu görevlerin risk değerleri hesaplanarak bu değerler hedef programlama ile modellenmiştir. Model, personel üzerinde oluşacak toplam ergonomik yüklerin en küçüklenmesini amaçlamaktadır.

#### 4.2. Problemin varsayımları

Modellerin geliştirilmesi aşamasında aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır:

- Bir personel için günlük çalışma süresi en fazla 480 dakikadır.
- Operatörler her gün yetkinlikleri oldukları makinelerden sadece birine atanabilmektedir.
- Kalite kontrol, tesviye ve temizlik bölümünde çalışan personeller her gün sadece bir göreve atanabilmektedir.
- Her personel sadece çalıştığı departmandaki görevlere atanabilmektedir.
- Görevlerin gerçekleşme süreleri önceden belirlenmiştir.
- İşletmenin bünyesindeki süreçler göz önünde bulundurularak her görevin gerçekleşmesi için gerekli personel sayısı belirlenmiştir.
- REBA metodu ile her bir görevin ergonomik değerlendirilmesi yapılmış ve skorları hesaplanmıştır.
- A skorunun, B skorunun ve toplam REBA skorunun en küçüklenmesi amaçlanmıştır.
- Her personel çalıştıkları hafta boyunca aynı vardiyaya atanmaktadır.

Problemin akış şeması Şekil 2’de verilmiştir. Bu şemaya göre önce uygulama için veriler toplanmıştır. Verilerin toplanmasından sonra varsayımlar belirlenmiştir. Departmanlardaki görevlerin ergonomik riskleri REBA metodu ile belirlendikten sonra matematiksel modeller kurulmuştur. Modellerin ILOG Cplex Optimization programında çözülmesi ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.



Şekil 2. Uygulamanın Akış Şeması

#### 4.3. Operatörler için çizelgeleme

Firma, torna-freze ve beş eksen olmak üzere 3 makine grubundan toplam 15 makineye sahiptir. Bu makinelerde toplamda 34 operatör çalışmaktadır. Her makinenin kendine özgü farklı özellikleri bulunduğu için her operatör her makine hakkında yeterli bilgi birikimi ve kullanma tecrübesine sahip değildir. Aşağıda verilen Tablo 3’de hangi operatörlerin hangi makinelerde yetkinliği olduğu gösterilmiştir. Bu tabloda 1-4 arası makine torna grubunu, 5-12 freze grubunu ve 13-15 beş eksen CNC makinelerini temsil etmektedir.

**Tablo 3.** Operatörlerin Makine Yetkinlikleri

		OPERATÖRLER																																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
MAKİNELER	1	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓																										
	2	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓																										
	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓																									
	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓																									
	5	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓								
	6	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓								
	7	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓							
	8	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓							
	9	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓							
	10	✓	✓	✓											✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	11	✓	✓	✓											✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	12	✓	✓	✓											✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	13	✓	✓	✓																									✓	✓	✓	✓					✓	
	14	✓	✓	✓																									✓	✓	✓	✓					✓	✓
	15	✓	✓	✓																									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

**Parametreler:**

i=operatör (1,...34)

j= gün (1,...,28)

k= vardiya (1,2,3)

l= makine (1,...,15)

**Karar Değişkenleri:**

$$x_{ijkl} = \begin{cases} i. \text{ operatör } j. \text{ gün } k. \text{ vardiyada } l. \text{ makineye atanırsa } 1, \\ \text{diğer durumlarda } 0 \end{cases} \quad i = 1, \dots, 34 \quad \forall j | 7, 14, 21, 28 \quad \forall k, \quad \forall l$$

$$h_{ij} = \begin{cases} i. \text{ operatör } j. \text{ gün izinliyse } 1, \\ \text{diğer durumlarda } 0 \end{cases} \quad i = 1, \dots, 34 \quad \forall j | 7, 14, 21, 28$$

p1<sub>i</sub><sup>+</sup> = Hedef 1'in pozitif sapmasıp2<sub>i</sub><sup>+</sup> = Hedef 2'nin pozitif sapmasıp3<sub>i</sub><sup>+</sup> = Hedef 3'ün pozitif sapmasıp1<sub>i</sub><sup>-</sup> = Hedef 1'in negatif sapması

$p2_i^-$  = Hedef 2'nin negatif sapması

$p3_i^-$  = Hedef 3'ün negatif sapması

**Amaç Fonksiyonu:**

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{34} (p1_i^+ + p1_i^- + p2_i^+ + p2_i^- + p3_i^+ + p3_i^-) \quad (1)$$

**Kısıtlar:**

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{15} x_{ijkl} \leq 1 \quad \forall i, j \mid j=7,14,21,28 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^3 x_{ijkl} \leq 5 \quad \forall l, j \mid 7,14,21,28 \quad (3)$$

$$x_{ijkl} \leq T_{il} \quad \forall i, k, l, j \mid 7,14,21,28 \quad (4)$$

$$x_{4j3l} = 0 \quad \forall l, j \mid 7,14,21,28 \quad (5)$$

$$x_{13j3l} = 0 \quad \forall l, j \mid 7,14,21,28 \quad (6)$$

$$x_{28j3l} = 0 \quad \forall l, j \mid 7,14,21,28 \quad (7)$$

$$(h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} + h_{i(j+6)}) \geq 1 \quad \forall i \mid j = 1, \dots, 22 \mid 7,14,21,28 \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{15} x_{ijkl} = (1 - h_{ij}) \quad \forall i, j \mid 7,14,21,28 \quad (9)$$

$$\sum_{l=1}^{15} (x_{ijkl} - x_{i(j+1)kl} - h_{i(j+1)}) \leq 0 \quad \forall i, j \mid 7,14,21,28, k \quad (10)$$

$$h_{8j} = 1 \quad j = 8, \dots, 13 \quad (11)$$

$$h_{12j} = 1 \quad j = 15, \dots, 27 \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{28} \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{15} x_{ijkl} - d1_i^+ + d1_i^- = 24 \quad \forall i \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^{28} \sum_{l=1}^{15} x_{ij2l} - d2_i^+ + d2_i^- = 6 \quad \forall i \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{28} \sum_{l=1}^{15} x_{ij3l} - d3_i^+ + d3_i^- = 6 \quad \forall i \quad (15)$$

Önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonu (1) operatörlerin bir aylık çizelgede atandıkları vardiya 1, vardiya 2 ve toplam vardiya sayısındaki sapmaları en küçüklemeyi hedeflemektedir. Kısıt (2) her operatörün her gün sadece bir vardiyaya ve bir makineye atanması gerektiğini göstermektedir. Her gün her makineye bütün vardiyalar boyunca atanacak operatör sayısı (3) ile sağlanmaktadır. Operatörlerin yetkinliğinin olduğu makine/makinelere atanması (4) kısıtı ile gerçekleşmektedir. 4'üncü, 13'üncü ve 28'inci personeller özel sebeplerden dolayı vardiya 3'e atanmak istememektedir. Bu özel durum (5), (6) ve (7) kısıtı ile sağlanmaktadır. (8) ile operatörün ardı ardına 6 günden fazla çalışmaması ve operatörün izinli olduğu gün çalışmaması (9) ile sağlanmaktadır. Operatörlerin haftalık olarak tek vardiyaya atanması (10) ile gerçekleşmektedir. (11) kısıtı 8'inci operatörün 8-13. günler arasında senelik izinde olmasını ve (12) 12'inci operatörün 15-27. günler arası senelik izinde olmasını sağlamaktadır. (13), (14) ve (15) amaç fonksiyonuna etki eden kısıtlardır. Bu kısıtlarda oluşacak pozitif ve negatif sapmalar operatörlerin bir aylık çalışmasında vardiyardan sapmaları belirlemeyi sağlayacaktır.



#### 4.4. Departmanlar için çizelgeleme

Üretimden sonra parçaların son temizlik işlemleri tesviye bölümünde yapılmaktadır. Tesviye bölümünde toplamda 8 personel, 3 vardiyada görev almaktadır. Hassas ölçümlerin yapılarak teslimat için hazırlandığı kalite kontrol bölümünde 10 personel 2 vardiya şeklinde çalışmaktadır. Firma sürekli müşterilerin uğrak yeri olduğu için temizliğe büyük önem verilmektedir. Temizlik için 8 personel vardiya 1 ve vardiya 2’de görev yapmaktadır. Bu 3 departmanda yapılan toplam 10 görev aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

Firmada üretimi yapılan parçaların kenarlarında çapaklar kalmaktadır ve bu da üretilen parçanın hem ölçümünde hata yapılmasına hem de diğer dış proseslerde (kaplama, kumlama, boya, tahribatsız muayene gibi) sorun çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle tesviye bölümünde son çapak alma işlemi yapılmaktadır. Ayrıca parçalara diş açmak için kılavuz çekilmekte ve açılan dişlinin uzun süre kullanılması için helicoil takılmaktadır. Bu görevlerin gerçekleşmesinde daha çok kol gücü gereklidir. Bu nedenle bu 3 görevin Grup B puanı ( üst kol- alt kol- bilek) daha yüksek çıkmıştır.

Firmada üretilen her parça her aşamada kalite kontrolden geçmektedir. Firmaya giriş yapan hammaddelere ilk olarak giriş kalite kontrol yapılmaktadır. Giriş kalite kontrolde hammaddeler kaldırılır, taşınır ve ölçümü yapılır. Hammaddelerin giriş alanından alınıp ölçüm noktasına taşınmasında beden gücü çok fazla gereklidir. Daha sonra hammaddeler teknik resimlere uygun şekilde makinelerde işlem görmektedir. Makine başında operatör ile birlikte üretilen parçaların ara kontrolleri yapılmaktadır. Bu ara kontrolün yapılmasındaki en büyük amaç oluşabilecek hataya yerinde ve anında müdahale etmektir. Üretimi bitip tesviye bölümünde temizlikleri yapılan tüm parçalar %100 ölçüme tabi tutulmaktadır. Ölçüm yapılırken; parçanın hassas, manuel olarak ölçümü zor ölçüleri hassas ölçüm cihazı olan CMM cihazıyla ölçülürken manuel ölçümleri yapılacak ölçüler kumpas, mikrometre, mihengir gibi ölçüm aletleri ile yapılmaktadır. Ölçümü ve kaynağında muayenesi tamamlanan ürünler sevkiyata hazırlanır. Hassas olan parçaların sevkiyatta herhangi bir zarar görmemesi için özenle paketlenmesi ve her ürünün izlenebilirliğinin sağlanması için ayrı ayrı etiketlenmesi gerekir. Paketleme ve etiketleme işlemi daha çok eğilip doğrulama eylemi gerektirdiği için REBA puanı çok yüksek çıkmaktadır. Bu 4 görevin yapılmasında daha çok beden gücüne ihtiyaç duyulduğu için REBA skorları ortalamanın üzerindedir.

Firma savunma sanayisine çalışmakta olduğu için en küçük hataya karşı hem müşteriler hem de firma çalışanları büyük özveriyle çalışmaktadır. Üretilen parçalar büyük projelerin parçaları olduğu için müşteriler üretimi yakından takip etmek, hataları minimum seviyede tutmak ve kaliteyi ön plana çıkarmak için sık sık firma ziyaretinde bulunmaktadır. Bu ziyaretlerde müşterilerin gözünde firma imajını arttırmak için temizliğe büyük önem verilmektedir. Her gün tüm firma süpürülmekte, paspaslanmakta ve toz alınmaktadır. Bu görevlerden yer süpürme diğer iki göreve nazaran daha çok beden gücü gerektirmektedir. Yer süpürme görevinin REBA skoru ortalamanın üzerindedir.

3 departmandaki personellere karşılık gelen numaralar, toplam 10 görevin; hangi departmanlara ait olduğu, görev numaraları, hangi vardiyalarda yapılacağı, her görev için vardiyalarda kaç personelin bulunması gerektiği Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Tesviye, Kalite Kontrol ve Temizlik Departmanları Görev, Vardiya ve Gerekli Personel Bilgisi

Departman	Karşılık Gelen Numaralar	Görev No.	Görevler	Vardiyalar			Gereken Personel Sayısı
				1	2	3	
Tesviye Departmanı	35,...,42	1	Çapak alma	√	√		2
		2	Kılavuz çekme	√		√□	1
		3	Yüzey parlatma		√	√□	1
		4	Giriş kalite kontrol	√	√□		1
Kalite Kontrol Departmanı	43,...,52	5	Operatörler ile ara kontrol	√□	√□		1
		6	Parçaların ölçülmesi	√□			2
		7	Etiketleme ve kolileme	√□	√□		2
Temizlik Departmanı	53,...,60	8	Yer süpürme	√□			2
		9	Paspaslama	√□	√□		2
		10	Toz alma	√□			2

Görevlerin Grup A (Gövde – boyun – bacaklar), Grup B (üst kol – alt kol – bilek) ve REBA skorları ile görev süreleri Tablo 5’de verilmiştir. 10 görevin Skor A ortalaması 5 ve Skor B ortalaması 5 bulunmuştur. Skor A ve Skor B’nin REBA metodundeki tablosu

kullanılarak elde edilen Skor C'ye Aktivite skoru da eklenerek her görevin REBA puanı hesaplanmıştır. 10 görevin REBA ortalaması da 7 bulunmuştur.

**Tablo 5.** Görevlerin REBA Skorları

Görev No.	Görevler	Grup A					Grup B					Aktivite Skoru	REBA Skoru	Görev Süresi (Dk)			
		Gövde	Boyun	Bacaklar	Toplam	Yük Kuvvet	Skor A	Üst Kol	Alt Kol	Bilek	Toplam				Kavrama	Skor B	Skor C
1	Çapak alma	2	2+1	1	4	0	4	3	2	1+1	5	0	5	5	1+1	7	475
2	Kılavuz çekme	2+1	1+1	1	4	0	4	3+1	2	2+1	7	0	7	7	1	8	390
3	Yüzey parlatma	2+1	2+1	1	5	0	5	2	2	1	2	0	2	4	1+1	6	430
4	Giriş kalite kontrol	4	1	1+2	6	0	6	2	1	1+1	2	2	4	7	1	8	360
5	Operatörler ile ara kontrol	1	2+1	1+2	5	0	5	3+1	2	2+1	7	1	8	8	0	8	383
6	Parçaların ölçülmesi	2	2+1	1	4	0	4	3+1	2	2+1	7	1	8	8	1	9	473
7	Etiketleme ve kolileme	3+1	2+1	1+1	7	1	8	3+1	1	1+1	5	1	6	10	1+1	12	310
8	Yer süpürme	3+1	2+1	1+1	7	0	7	2+1	1	1	3	0	3	7	1+1	9	253
9	Paspaslama	2+1	1	1	2	0	2	2+1	2	2+1	5	0	5	4	1	5	280
10	Toz alma	2	1	1	2	0	2	1+1	1	1+1	2	0	2	2	1	3	440
							<b>5</b>						<b>5</b>			<b>7</b>	

**Parametreler:**

i=personel (35,...,60)

j= gün (1,...,28)

k= vardiya (1,2,3)

l= görev (1,...,10)

**Karar Değişkenleri:**

$$y_{ijkl} = \begin{cases} i. \text{ personel } j. \text{ gün } k. \text{ vardiyada } l. \text{ göreve atanırsa } 1, \\ \text{diğer durumlarda } 0 \end{cases} \quad i = 35, \dots, 60 \quad \forall j | 7, 14, 21, 28 \quad \forall k, \quad \forall l$$

$$h_{ij} = \begin{cases} i. \text{ personel } j. \text{ gün izinliyse } 1, \\ \text{diğer durumlarda } 0 \end{cases} \quad i = 35, \dots, 60 \quad \forall j | 7, 14, 21, 28$$

$T_{kl}$  = k. vardiyada l. görev için gerekli personel sayısı

$s1_i^+$  = REBA A puan hedefinden pozitif sapma

$s2_i^+$  = REBA B puan hedefinden pozitif sapma

$s3_i^+$  = REBA puan hedefinden pozitif sapma

$s1_i^-$  = REBA A puan hedefinden negatif sapma

$s2_i^-$  = REBA B puan hedefinden negatif sapma

$s3_i^-$  = REBA puan hedefinden negatif sapma

**Amaç Fonksiyonu:**

$$\text{Min } z = \sum_{i=35}^{60} (s1_i^- + s1_i^+ + s2_i^- + s2_i^+ + s3_i^- + s3_i^+) \quad (16)$$

**Kısıtlar:**

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} = 1 \quad \forall i, j | 7,14,21,28 \quad (17)$$

$$y_{ijkl} = 0 \quad i = 35, \dots, 42 \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k, \quad \forall l | 1,2,3,4 \quad (18)$$

$$y_{ijkl} = 0 \quad i = 43, \dots, 52 \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k, \quad \forall l | 5,6,7 \quad (19)$$

$$y_{ijkl} = 0 \quad i = 53, \dots, 60 \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k, \quad \forall l | 8,9,10 \quad (20)$$

$$\sum_{i=35}^{60} y_{ijkl} \geq T_{kl} \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k \quad (21)$$

$$(h_{ij} + h_{i(j+1)} + h_{i(j+2)} + h_{i(j+3)} + h_{i(j+4)} + h_{i(j+5)} + h_{i(j+6)}) \geq 1 \quad \forall i \quad j = 1, \dots, 22 | 7,14,21,28 \quad (22)$$

$$h_{i7} = 1 \quad \forall i \quad (23)$$

$$h_{i14} = 1 \quad \forall i \quad (24)$$

$$h_{i21} = 1 \quad \forall i \quad (25)$$

$$h_{i28} = 1 \quad \forall i \quad (26)$$

$$\sum_{l=1}^{10} (y_{ijkl} - y_{i(j+1)kl}) - h_{i(j+1)} \leq 0 \quad \forall i \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k \quad (27)$$

$$y_{42j3l} = 0 \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall l \quad (28)$$

$$y_{55jk10} = 1 \quad \forall j | 7,14,21,28 \quad \forall k \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^{28} \sum_{l=1}^{10} y_{ij2l} \leq 12 \quad \forall i \quad (30)$$

$$\sum_{j=1}^{28} \sum_{l=1}^{10} y_{ij3l} \leq 12 \quad \forall i \quad (31)$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * R_j - d1_i^+ + d1_i^- = \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * 7 \quad \forall i, j | 7,14,21,28 \quad (32)$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * A_j - d2_i^+ + d2_i^- = \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * 5 \quad \forall i, j | 7,14,21,28 \quad (33)$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * B_j - d3_i^+ + d3_i^- = \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^{10} y_{ijkl} * t_1 * 5 \quad \forall i, j | 7,14,21,28 \quad (34)$$

Önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonu (16) REBA, REBA A ve REBA B puanlarındaki sapmayı enküçükleyecek ergonomik risk değerleri minimum olacak görevlere atanmasını sağlamaktadır. Kısıt (17) her personelin her gün sadece bir vardiyaya atanması gerektiğini göstermektedir. (18), (19) ve (20) kısıtları ile her personelin kendi departmanı dışındaki görevlere atanmaması sağlanmaktadır. Her gün her görev için her vardiyada gerekli olan personel sayısı (21) ile karşılanmaktadır. (22) ile personelin ardı ardına 6 günden fazla çalışmaması; her personelin ayın 7'inci, 14'üncü, 21'inci ve 28'inci günlerinde çalışmaması (23), (24), (25), (26) kısıtları ile sağlanmaktadır. Personellerin haftalık olarak tek vardiyaya atanması (27) ile gerçekleşmektedir. 42'inci personel özel sebeplerden dolayı vardiyaya 3'e atanmak istememektedir. Bu özel durum (28) kısıtı ile sağlanmaktadır. 55'inci personelin isteği doğrultusunda sadece 10'uncu göreve atanması (29) ile gerçekleşmektedir. Her personelin aylık olarak Vardiyaya 2'ye 12 kez atanması (30) kısıtı ile, Vardiyaya 3'e 12 kez atanması (31) kısıtı ile sağlanmaktadır. (32), (33) ve (34) amaç fonksiyonuna etki eden kısıtlardır ve bu kısıtlarda oluşacak pozitif ve negatif sapsmalar personelin ergonomik olarak risk değerini enküçükleyecek görevlere atanmasındaki sapsmaları belirlemeyi sağlayacaktır.

**4.5. Matematiksel modellerin sonuçları**

Problemler için kurulan matematiksel modellerin çözülmesinde "Intel (R) Core (TM) i5-4210U CPU@1.70 GHz 2.40 GHz" işlemcisi, 8.00GB belleği, 64 bit İşletim Sistemi ve Windows 10 sürümüne sahip bilgisayar kullanılmıştır. Elde edilen veriler ve kurulan modeller ILOG CPLEX Studio IDE programına yazılmış ayrı ayrı yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Modellerin sonuçlarına göre operatörler için yapılan yeni aylık ergonomik çizelge Ek B’de Tablo I’da verilmiştir. Tablo I’ya bakıldığında her bir operatörün bir aylık çizelgede hangi gün hangi vardiyada hangi makinalara atandığı net olarak görülmektedir. Tablodaki “V1” Vardiya-1’e, “V2” Vardiya-2’ye ve “V3” Vardiya-3’e denk gelmektedir. Operatörlerin hangi makinalara atandığı 1-15 arasında makinalara karşılık gelen sayılar ile ifade edilmiştir. 1-4 arası makine torna grubunu, 5-12 freze grubunu ve 13-15 beş eksen CNC makinelerini temsil etmektedir.

Operatörlerin aylık olarak vardiyalara atanma sayıları ve toplam atandıkları vardiya sayısı Tablo 6’da gösterilmiştir. Çizelgede verilen toplam vardiya sayılarına bakıldığında tüm operatörler için aylık toplam vardiya sayıları mümkün olduğunca eşit ve dengeli olarak dağıtılmıştır. Bu tabloda görüldüğü üzere vardiya sayısı hedefindeki en büyük negatif sapma 12 iken en küçük negatif sapma 0’dır. 4’üncü, 13’üncü ve 28’inci operatörlerin özel isteği olan 3’üncü vardiyalara atanmaması matematiksel modelle sağlanmıştı. Bu çizelgeye bakıldığında eşit ve dengeli atanmaları için diğer operatörler gibi toplam vardiya sayısı 24 olacak şekilde bir atanmanın gerçekleştiği görülmektedir. Modelin amaç fonksiyonu değeri 36 olarak bulunmuştur.

**Tablo 6.** Operatörlerin Aylık Atandıkları Vardiya Sayıları

Operatör	V1	V2	V3	Toplam Vardiya	Operatör	V1	V2	V3	Toplam Vardiya
1	12	6	6	24	18	12	6	6	24
2	12	6	6	24	19	12	6	6	24
3	12	6	6	24	20	12	6	6	24
4	18	6	-	24	21	12	6	6	24
5	12	6	6	24	22	12	6	6	24
6	12	6	6	24	23	12	6	6	24
7	12	6	6	24	24	12	6	6	24
8	6	6	6	18	25	12	6	6	24
9	12	6	6	24	26	12	6	6	24
10	12	6	6	24	27	12	6	6	24
11	12	6	6	24	28	18	6	-	24
12	-	6	6	12	29	12	6	6	24
13	18	6	-	24	30	12	6	6	24
14	12	6	6	24	31	12	6	6	24
15	12	6	6	24	32	12	6	6	24
16	12	6	6	24	33	12	6	6	24
17	12	6	6	24	34	12	6	6	24

Departmanlardaki diğer personeller için ergonomik risk değerleri göz önünde bulundurularak kurulan matematiksel modelin çözdürülmesi sonucu yeni aylık ergonomik çizelge Ek B’de Tablo J’de verilmiştir. Tablo J’ye bakıldığında tesviye, kalite kontrol ve temizlik departmanlarındaki her bir personelin bir aylık çizelgede hangi gün hangi vardiyada hangi göreve atandığı net olarak görülmektedir. Tablodaki “V1” Vardiya-1’e, “V2” Vardiya-2’ye ve “V3” Vardiya-3’e denk gelmektedir. Personellerin hangi görevlere atandığı 1-10 arasında görevlere karşılık gelen sayılar ile ifade edilmiştir. Tesviye departmanındaki çapak alma, kılavuz çekme ve yüzey parlatma görevleri 1-3 arası sayılarla; kalite kontrol departmanındaki giriş kalite kontrol, operatörler ile ara kontrol, parçaların ölçülmesi ve etiketleme ve kolileme görevleri 4-7 arası sayılarla; temizlik departmanındaki yer süpürme, paspaslama ve toz alma görevleri 8-10 arası sayılarla ifade edilmektedir.

Tablo J’e bakıldığında tesviye, kalite kontrol ve temizlik departmanlarında çalışan toplamda 26 personelin yapmış oldukları görevlerin ergonomik risk değerleri göz önünde bulundurularak kurulan matematiksel modeldeki kısıtları sağlayacak şekilde atanmasının yapıldığı görülmüştür. Her personel sadece bulunduğu departmandaki görevleri yerine getirecek şekilde haftanın 6 günü 3 vardiya şeklinde atanmıştır. Her görev için her gün her vardiyada gerekli olan personel sayısının karşılanacak şekilde atanmanın yapıldığı görülmüştür. 7’inci, 14’üncü, 21’inci ve 28’inci günler tüm personeller için izin günüdür ve hiçbir şekilde atama yapılmamıştır. Her personelin çalışma haftası boyunca sadece tek vardiyaya atandığı görülmüştür. 55’inci personelin kendi isteğiyle sadece 10’uncu göreve atandığı kısıtının sağlandığı görülmektedir.

Tablo 7’ye bakıldığında departmanlardaki personellerin bir aylık çalışma çizelgesinde vardiyalara kaç kez atandığı ve bir ayın sonunda toplam REBA değerleri görülmektedir.

**Tablo 7.** Departman Personellerinin Aylık Atandıkları Vardiya Sayıları ve REBA Değeri

Personel	V1	V2	V3	Toplam Vardiya	Görev ve Çalışma Süreleri	Toplam REBA Değeri	Personel	V1	V2	V3	Toplam Vardiya	Görev ve Çalışma Süreleri	Toplam REBA Değeri
35	12	12	-	24	1 (475)	11400	48	12	12	-	24	4 (360)	8640
36	12	12	-	24	1 (475)	11400	49	24	-	-	24	6 (473)	11352
37	12	-	12	24	2 (390)	9360	50	12	12	-	24	7 (310)	7440
38	-	12	12	24	3 (430)	10320	51	12	12	-	24	5 (383)	9192
39	-	12	12	24	3 (430)	10320	52	12	12	-	24	7 (310)	7440
40	12	12	-	24	1 (475)	11400	53	24	-	-	24	8 (253)	6072
41	12	-	12	24	2 (390)	9360	54	12	12	-	24	9 (280)	6720
42	12	12	-	24	1 (475)	11400	55	24	-	-	24	10 (440)	10560
43	12	12	-	24	7 (310)	7440	56	24	-	-	24	10 (440)	10560
44	12	12	-	24	5 (383)	9192	57	12	12	-	24	9 (280)	6720
45	12	12	-	24	4 (360)	8640	58	24	-	-	24	8 (253)	6072
46	24	-	-	24	6 (473)	11352	59	12	12	-	24	9 (280)	6720
47	12	12	-	24	7 (310)	7440	60	12	12	-	24	9 (280)	6720

## 5. Sonuç

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışmanın ergonomik personel çizelgeleme çalışmalarında savunma sanayine yön vereceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Türk savunma sanayisinin alt tedarikçilerinden birisi olan firmada bulunan üretimdeki 34 operatörün ve tesviye, kalite kontrol, temizlik departmanlarındaki 26 personelin ergonomik personel çizelgelemesi yapılmıştır. Toplamda 60 personelin bir aylık olarak dengeli ve istenilene uygun olarak vardiyalara atanması sağlanmıştır. Veriler firmadan alındıktan sonra varsayımlar belirlenmiştir. İlk olarak üretimdeki operatörler için matematiksel model kurulmuştur. Daha sonra diğer departmanlardaki görevler belirlenmiş ve görevlerin ergonomik risk değerleri REBA metodu ile hesaplanmıştır. Elde edilen değerler kullanılarak matematiksel model kurulmuştur. Kurulan iki model ILOG CPLEX Studio IDE programında ayrı ayrı çözdürülerek optimal çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır.

Firmadaki mevcut durumda operatörlerin makinalara ve vardiyalara ataması rastgele ve özel istekler göz ardı edilerek yapılmaktaydı. Yeni önerilen model ile operatörlerin yetkinliklerine uygun makinalara atanması, özel isteklerinin karşılanması ve adil bir çalışma ortamının oluşturulması sağlandı. Modelin kısa sürede sonuç vermesi ile de çizelgenin hazırlanmasındaki zaman kaybı en az seviyeye indirgenmiş oldu. Yapılan bu çizelge; operatörlerin verimliliğinin artması, iş kalitesinin artması, iş kazalarının azalması ve daha sistemli bir çalışma ortamının oluşmasına olanak sağlayacaktır.

Tesviye, kalite kontrol ve temizlik departmanlarındaki personellerin mevcut durumda görevlere atanması gerçekleştirilirken ergonomik riskler gözardı edilmekteydi. Bu çalışma ile birlikte personeller görevlere ergonomik risk değerleri göz önünde bulundurularak atanmıştır. Bu yeni çizelge sayesinde hem personellerin maruz kaldıkları ergonomik risk değerleri azaltılmış hem de iş yorgunluğu azaltılmış ve yorgunluğa bağlı meslek hastalıkları önlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca yapılan yeni çizelge iş verimliliğinin de artmasına katkı sağlayacaktır.

İleride yapılacak çalışmalarda savunma firmasındaki tüm görevlerin ergonomik risk değerleri farklı hesaplama yöntemleri ile hesaplanabilir. Elde edilen değerler diğer programlama yöntemlerinde kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Aylık çizelge yerine haftalık olarak da vardiyalar çizelgelenebilir. Daha fazla personel, daha fazla görev, daha fazla birim ve daha fazla vardiya için matematiksel modellemeler yerine sezgisel algoritmalar kullanılabilir, personellerin talepleri ve tercihleri de göz önüne alınarak özel kısıtlı hedef programlama ile yeni çözümler üretilebilir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Adem, A. & Dağdeviren, M. (2021). A personnel scheduling model containing thermal comfort and equivalent metabolic rate factors, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1), 303-317.
- Akbari, M. (2015). Tour scheduling for part-time employee with variable productivity, *Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dubai, United Arab Emirates (UAE)*, 3 – 5 March.
- Aksüt, G., Alakaş H.M., Eren, T., & Karaçam, H. (2022). Fiziksel ergonomik riskli personel çizelgeleme problemi için model önerisi: Kadın çalışanlar için tekstil sektöründe bir uygulama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi*, 38(1), 245-256.
- Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2021) Tekstil sektöründe kadın çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile belirlenmesi, *Endüstri Mühendisliği*, 32 (1), 12-33.
- Aksüt, G., Eren, T. & Tüfekçi, M., (2021). Tekstil sektör çalışanlarının maruz kaldığı ergonomik risklerin analitik ağ süreci ile değerlendirilmesi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13 (1), 231-242.
- Aksüt, G., Tüfekçi, M., & Eren, T., (2020). Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması Bir Literatür Taraması, *Ergonomi*, 3(3), 169-192.
- Aksüt, G., Alakaş, H.M., & Eren, T., (2022-baskıda). Determining ergonomic risks arising from the use of information technologies in the covid-19 environment, *International Journal of Human-Computer Interaction*.
- Aktürk M.S., Varlı E., & Eren T., (2017). Tam Gün Vardiyalı ve Özel İzin İstekli Hemşire Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama İle Çözümü, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 1-16.
- Alakaş, H.M., Pınarbaşı, M., Sönmez, İ. & Yüksel, A. (2019). Ergonomic staff task scheduling problem: A medium voltage insurance production application, *5th International Conference on Engineering Sciences-ICES*. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Turkey, 19 September.
- Aryanezhad, M. B., Kheirkhah, A. S., Deljoo V., & Mirzapour Al-e-hashem, S. M. J., (2009). Designing safe job rotation schedules based upon workers' skills, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 193-199.
- Asensio-Cuesta S., Diego-Mas J. A., Canós-Darós L., & Andrés-Romano, C., (2011). A genetic algorithm for the design of job rotation schedules considering ergonomic and competence criteria, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60(9-12), 1161-1174.
- Battini D., Glock C., Grosse E., Persona A., & Sgarbossa F., (2017). Ergo-lot-sizing: An approach to integrate ergonomic and economic objectives in manual materials handling, *International Journal of Production Economics*, 185, 230–239.
- Bautista J., Garcia C., & Pozo R., (2016). Models for assembly line balancing by temporal, spatial and ergonomic risk attributes, *European Journal of Operational Research*, 251, 814–829.
- Bayraktar E., (2019). Tamsayılı Hedef Programlama ve Hemşire Çizelgeleme Problemi için Bir Uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Bedir N., Eren T., & Dizdar E.N., (2017). Ergonomik Personel Çizelgeleme ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 657-674.
- Boenzi, F., Mossa, G., Mummolo, G., & Romano, V. A., (2015). Workforce aging in production systems: Modeling and performance evaluation, *Procedia Engineering*, 100, 1108-1115.
- Carnahan, B. J., Redfern, M. S., & Norman, B., (2000). Designing safe job rotation schedules using optimization and heuristic search, *Ergonomics*, 43(4), 543-560.
- Cheshmehgaz, H.R., Haron, H., Kazemipour, F., & Desa, M. I., (2012). Accumulated risk of body postures in assembly line balancing problem and modeling through a multi-criteria fuzzy-genetic algorithm, 63, 503–512.
- Dewi, D.S., & Septiana, T., (2015). Workforce scheduling considering physical and mental workload: A case study of domestic freight forwarding, *Procedia Manufacturing*, 4, 445 – 453.

- Eren T. & Güner E., (2002). Tek ve paralel makinalı problemlerde çok ölçütlü çizelgeleme problemleri için bir literatür taraması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17 (4), 37-69.
- Eren T. & Güner E., (2004). Çok ölçütlü akış tipi çizelgeleme problemleri için bir literatür taraması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (1), 19-30.
- Eren T., Özder E.H., & Varlı E., (2017). Hedef Programlama Yaklaşımı İle Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 114-127.
- Ernst, A.T. Jiang, H., Krishnamoorthy, M., Owens, B., & Sier, D. (2004). An annotated bibliography of personnel scheduling and rostering, *Annals of Operations Research*, 127, 21–144.
- Gür, Ş., & Eren, T., (2018). Scheduling and planning in service systems with goal programming: literature review, *Mathematics*, 6, 265.
- Gür, Ş., & Eren, T., (2018). Application of operational research techniques in operating room scheduling problems: a literature overview, *Journal of Healthcare Engineering*, 1-15.
- Hochdörffer, J., Hedler, M., & Lanza, G., (2018). Staff scheduling in job rotation environments considering ergonomic aspects and preservation of qualifications, *Journal of Manufacturing Systems*, 46, 103-114.
- Ignizio J., (1985). *Introduction to Goal Programming*, Sage Publications Inc, Beverley Hills, California, Usa.
- Kaçmaz S.Ö., Alakaş H.M., & Eren T., (2020). Ergonomic staff scheduling problem with goal programming in glass industry, *Journal of Turkish Operations Management*, (4)1, 369-377.
- Kocabaş, M. (2009). Ağır ve Tehlikeli İşlerde Çalışan İş Görenlerde Zorlanmaya Neden Olan Çalışma Duruşlarının Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Malladi, S. & Min, K. J. (2004). Workforce scheduling with costs and ergonomic considerations. Paper presented at the IIE Annual Conference, Institute of Industrial Engineers, May 15-19, 2004, Hilton Americas, Houston, Texas.
- Mossa, G., Boenzi F., Digiesi, S., Mummolo, G., & Romao, V.A., (2016). Productivity and ergonomic risk in human based production systems: A job-rotation scheduling model, *International Journal of Production Economics*, 171, 471–477.
- Moussavi, S. E., Mahdjoub, M., & Grunder, O., (2018). A multi-objective programming approach to develop an ergonomic job rotation in a manufacturing system, *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 850-855.
- Moussavi, S.E., Mahdjoub, M., & Grunder, O., (2016). Reducing production cycle time by ergonomic workforce scheduling, *IFAC-PapersOnLine*, 419–424.
- Otto, A., & Scholl, A., (2013). Reducing ergonomic risks by job rotation scheduling, *OR spectrum*, 35(3), 711.
- Özder, E.H., Özcan E., & Eren T., (2019). Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant, *Mathematics*, 7(192), 2-26.
- Özder, E.H., Özcan, E.C., & Eren, T., (2020). A Systematic Literature Review for Personnel Scheduling Problems, *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 19 (6): 1695-1735.
- Pınarbaşı M. (2022). Ergonomik Personel Görev Çizelgeleme Problemi: Çok Amaçlı Bir Kısıt Programlama Modeli ve Vaka Çalışması, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 14(1), 141-154.
- Rattanamanee, T. & Nanthavanij, S. (2013). Multi-Workday Ergonomic Workforce Scheduling With Days Off, *Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Project, and Production Management*, 1(1), 1117-1125.
- Sana S. S., Ospina-Mateus H., Arrieta F. G., & Chedid J. A., (2019). Application of genetic algorithm to job scheduling under ergonomic constraints in manufacturing industry, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(5), 2063-2090.
- Seçkiner S.U., & Kurt M., (2005). Bütünleşik Tur-Rotasyon Çizelgeleme Yaklaşımı İle İşyükü Minimizasyonu”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 161-169.

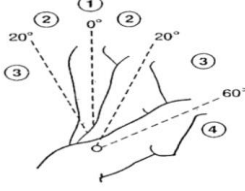
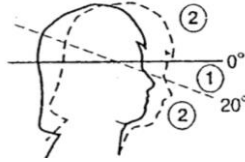
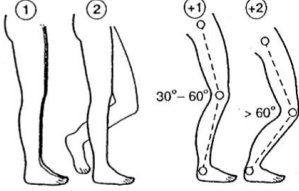
- Song J., Lee C., Lee W., Bahn S., Jung C., & Yun M. H., (2016). Development of a job rotation scheduling algorithm for minimizing accumulated work load per body parts, *Work*, 53(3), 511-521.
- Şenyigit, E., & Atıcı U., (2018). Scheduling with Job Dependent Learning Effect and Ergonomic Risk Deterioration, 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) IEEE, 1-4.
- Wang T.C., & Liu C.C., (2014). Optimal Work Shift Scheduling with Fatigue Minimization and Day Off Preferences”, *Mathematical Problems in Engineering*, 1(1), 1-8.
- Wongwien, T. & Nanthavanij, S. (2012). Ergonomic workforce scheduling under complex worker limitation and task requirements: Mathematical model and approximation procedure, *Songklanakarin Journal of Science ve Technology*, 34(5), 541-549.
- Wongwien, T. ve Nanthavanij, S. (2013). Ergonomic Workforce Scheduling With Productivity And Employee Satisfaction Consideration, *Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Project, and Production Management*, 1(1), 1108-1116.
- Xu, Z., Ko, J., Cochran, D., & Jung, M., (2012). Design of assembly lines with the concurrent consideration of productivity and upper extremity musculoskeletal disorders using linear models, *Computers ve Industrial Engineering*, 62, 431–441.
- Yaoyuenyong, S. & Nanthavanij, S. (2006). Hybrid procedure to determine optimal workforce without noise hazard exposure, *Computers ve Industrial Engineering*, 51(4), 743-764.
- Yoon, S., Ko, J., & Jung, M., (2016). A model for developing job rotation schedules that eliminate sequential high workloads and minimize between-worker variability in cumulative daily workloads: Application to automotive assembly lines, *Applied Ergonomics*, 55, 8-15.



## Ek A. REBA Skor Tabloları

Bu ek bölümünde REBA metodunun anlatıldığı Bölüm 3'deki REBA skorunun hesaplanması için gerekli skor tablolarına yer verilmiştir. Bölüm 3'teki bahsi geçen ilgili tablolar Tablo A, Tablo B, Tablo C, Tablo D, Tablo E, Tablo F, Tablo G ve Tablo H'de verilmiştir.

Tablo A. REBA Metodu Grup A Puan Tablosu

		<b>GÖVDE</b>		
		<b>Hareket</b>	<b>Skor</b>	<b>Skor Değişimi</b>
 <p>Şekil 3. Gövde Hareketleri ve Skorları</p>	Dik	1		
	0°-20° Fleksiyon	2	Yana esneme veya dönme varsa	
	0°-20° Ekstansiyon	2		
	20°-60° Fleksiyon	3	+1	
	> 20° Ekstansiyon	3		
	> 60° Fleksiyon	4		
		<b>BOYUN</b>		
		<b>Hareket</b>	<b>Skor</b>	<b>Skor Değişimi</b>
 <p>Şekil 4. Boyun Hareketleri ve Skorları</p>	0°-20° Fleksiyon	1		
	> 20° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2	Yana esneme veya dönme varsa	
		<b>BACAKLAR</b>		
		<b>Hareket</b>	<b>Skor</b>	<b>Skor Değişimi</b>
 <p>Şekil 5. Bacak Hareketleri ve Skorları</p>	Bilateral (iki taraflı) ağırlık taşıma, yürüme veya oturma	1	Diz(ler)de 30°-60° arası fleksiyon +1	
	Unilateral (tek taraflı) ağırlık taşıma veya sabit olmayan duruş	2	Diz(ler)de >60° fleksiyon (oturma hariç) +2	

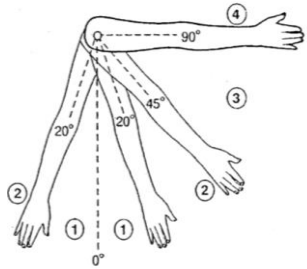
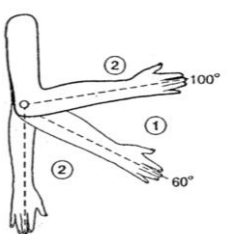
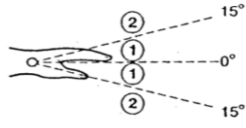
Tablo B. A Grubu Skor Kesişimleri  
BOYUN

		1				2				3			
		BACAKLAR				BACAKLAR				BACAKLAR			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>GÖVDE</b>	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo C. Yük/Kuvvet Skoru

<b>YÜK / KUVVET</b>	<b>SKOR</b>
<5 kg	0
5 – 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

**Tablo D.** REBA metodu Grup B Puan Tablosu

		ÜST KOLLAR		
		Hareket	Skor	Skor Değişimi
	20° Fleksiyon - -20° Ekstansiyon	1	Kol dönmüş veya dışarı çekilmişse +1	
	20°-45° Fleksiyon	2	+1	
	> 20° Ekstansiyon	3	Omuz yükseltilmişse +1	
	45°-90° Fleksiyon	3		
	> 90° Fleksiyon	4	Eğer hareket yerçekimi desteği ile yapılıyorsa -1	
		ALT KOLLAR		
		Hareket	Skor	Skor Değişimi
	60°-100° Fleksiyon	1		
	< 60° Fleksiyon > 100° Ekstansiyon	2		
		BİLEKLER		
		Hareket	Skor	Skor Değişimi
	0°-15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	1	Bilekte yana esneme veya dönme varsa +1	
	> 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2		

**Şekil 7.** Üst Kol Hareketleri ve Skorları**Şekil 8.** Alt Kol Hareketleri ve Skorları**Şekil 9.** Bilek Hareketleri ve Skorları**Tablo E.** B Grubu Skor Kesişimleri

		ALT KOL					
		1 BİLEK			2 BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

**Tablo F.** Kavrama Skoru

DERECE	AÇIKLAMA	SKOR
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi le kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun Değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

**Tablo G.** A Skoru ve B Skoru Kesişimi (C Skoru)

		<b>B SKORU</b>											
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>A SKORU</b>	<b>1</b>	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	<b>2</b>	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	<b>3</b>	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	<b>4</b>	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	<b>5</b>	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	<b>6</b>	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	<b>7</b>	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	<b>8</b>	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	<b>9</b>	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	<b>10</b>	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	<b>11</b>	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	<b>12</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

**Tablo H.** Aktivite Skoru

<b>AKTİVİTE</b>	<b>SKOR</b>
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (ör: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (ör: 1 dakikada 4'ten fazla tekrar eden iş)(yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

## Ek B. Vardiya Çizelgeleri

Tablo I. Operatörler İçin Aylık Vardiya Çizelgesi

		GÜNLER																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
1	V1	5	4	9	7	6	10									9	4	10	12	3	14															
	V2							2	9	11	2	8	1																							
	V3																						3	11	14	1	1	11								
2	V1	5	12	1	7	9	13															2	11	11	12	12	9									
	V2															12	9	13	9	13	11															
	V3							15	8	8	11	14	12																							
3	V1	1	10	13	12	11	3	6	14	13	11	11	3																							
	V2																						7	14	1	15	3	11								
	V3															4	9	2	7	3	4															
4	V1							1	2	1	3	1	4	4	3	4	1	2	2																	
	V2	1	2	1	4	3	1																3	4	2	4	2	3								
	V3																																			
5	V1							3	3	3	4	4	3										3	4	4	4	3	4								
	V2														4	4	3	4	4	4																
	V3	3	3	4	4	3	3																													
6	V1	1	2	2	4	3	4	4	3	4	4	2	2																							
	V2																						4	2	4	2	2	4								
	V3														2	3	1	1	1	2																
7	V1	1	3	2	3	2	2								1	3	1	2	3	3																
	V2																						1	2	2	3	1	1								
	V3							3	3	1	3	2	3																							
8	V1	1	1	2	1	2	2																													
	V2							İZİN																												
	V3																1	2	2	1	2	2														
9	V1							3	3	4	4	4	1	4	1	3	3	3	2																	
	V2																						3	2	4	2	4	3								
	V3	4	3	2	3	2	3																													
10	V1														4	3	3	3	4	3																
	V2							3	4	3	3	3	3										4	4	3	4	4	4								
	V3	3	4	4	3	4	3																													
11	V1	2	3	2	2	1	1	2	2	3	3	2	2																							
	V2														1	4	3	2	3	2																
	V3																						3	2	2	3	4	1								
12	V1																																			
	V2	7	6	9	8	6	7																İZİN													
	V3							7	5	8	6	9	6																							
13	V1	10	8	7	11	6	12	7	8	12	11	10	8	5	10	10	7	7	7																	
	V2																						9	6	6	10	9	10								
	V3																																			
14	V1							9	9	6	5	7	8										6	6	10	9	10	9								
	V2	9	10	7	8	7	9																													
	V3														10	10	5	9	7	9																

Tablo I. (devam) Operatörler İçin Aylık Vardiya Çizelgesi

		GÜNLER																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	V1	10	12	10	10	7	6																7	12	12	6	10	7	
15	V2															5	11	12	10	6	5								
	V3								5	6	7	5	10	10															
	V1	5	8	8	9	5	8																5	6	6	8	6	7	
16	V2								6	7	5	9	5	8															
	V3															6	8	7	9	5	5								
	V1	9	5	7	10	10	10									9	5	8	7	12	5								
17	V2								6	8	6	5	11	12															
	V3																						10	8	11	7	11	6	
	V1								10	11	10	12	10	10									12	12	11	10	11	12	
18	V2	10	11	10	12	12	12																						
	V3															12	11	12	12	10	10								
	V1								10	8	10	9	9	6									5	9	8	11	11	7	
19	V2															9	11	11	9	5	8								
	V3	10	11	5	11	12	6																						
	V1	8	8	5	7	5	8		7	5	7	9	7	6															
20	V2																						6	8	6	8	6	6	
	V3															5	9	5	8	6	5								
	V1	5	7	8	10	10	5																12	5	8	11	10	12	
21	V2															6	11	12	5	8	5								
	V3								12	8	7	6	5	9															
	V1	5	12	7	7	12	12																12	10	9	7	12	11	
22	V2								12	11	5	5	10	6															
	V3															10	6	8	6	12	8								
	V1	12	11	10	12	10	10		10	10	12	10	11	10															
23	V2															12	12	12	10	11	11								
	V3																						10	11	11	12	12	12	
	V1								5	7	5	9	12	12									8	12	12	6	7	9	
24	V2															10	11	5	10	10	10								
	V3	9	11	5	10	12	11																						
	V1								12	11	11	10	11	11									10	10	12	12	11	10	
25	V2															12	10	11	10	10	12								
	V3	12	10	12	10	11	12																						
	V1	11	12	12	11	10	12									11	12	12	10	12	10								
26	V2																						10	10	10	10	11	11	
	V3								11	10	10	12	12	12															
	V1															7	6	8	9	6	8		5	15	14	7	13	13	
27	V2								9	6	5	6	5	5															
	V3	9	7	8	13	14	13																						
	V1	10	14	14	12	15	13		10	11	13	12	15	14		15	12	15	15	11	14								
28	V2																						11	12	13	11	13	15	
	V3																												
	V1															10	15	14	5	5	10		15	13	13	6	7	14	
29	V2	13	10	7	15	13	8																						
	V3								9	13	14	10	9	14															

Tablo I. (devam) Operatörler İçin Aylık Vardiya Çizelgesi

		GÜNLER																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	V1								10	11	15	15	15	12									15	7	12	13	15	14	
30	V2															12	9	11	15	7	7								
	V3	13	7	8	7	10	9																						
	V1								12	10	11	11	10	10									12	10	12	15	15	15	
31	V2															15	15	10	15	10	12								
	V3	15	11	10	15	12	11																						
	V1															15	6	15	8	6	10		12	15	7	15	15	12	
32	V2								12	9	8	8	8	10															
	V3	9	5	12	11	5	8																						
	V1								14	14	15	13	15	15									13	15	13	14	13	15	
33	V2															14	15	13	13	14	15								
	V3	14	15	13	15	13	15																						
	V1								15	15	15	14	14	14									14	15	14	15	14	14	
34	V2	14	15	14	15	15	14																						
	V3															14	15	15	14	15	14								

Tablo J. Departmanlardaki Personeller İçin Aylık Vardiya Çizelgesi

		GÜNLER																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	V1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1															
35	V2															1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
	V3																												
	V1															1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
36	V2	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1															
	V3																												
	V1															2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	
37	V2																												
	V3	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2															
	V1																												
38	V2															3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	
	V3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3															
	V1																												
39	V2	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3															
	V3															3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	
	V1								1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1	
40	V2	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1								
	V3																												
	V1	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2															
41	V2																												
	V3															2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	

Tablo J. (devam) Departmanlardaki Personeller İçin Aylık Vardiya Çizelgesi

## GÜNLER

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
V1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1									
42 V2								1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1	1	
V3																													
V1								7	7	7	7	7	7										7	7	7	7	7	7	
43 V2	7	7	7	7	7	7									7	7	7	7	7	7									
V3																													
V1	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5																
44 V2															5	5	5	5	5	5			5	5	5	5	5	5	5
V3																													
V1	4	4	4	4	4	4																	4	4	4	4	4	4	
45 V2								4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4									
V3																													
V1	6	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6			6	6	6	6	6	6	
46 V2																													
V3																													
V1	7	7	7	7	7	7									7	7	7	7	7	7									
47 V2								7	7	7	7	7	7										7	7	7	7	7	7	
V3																													
V1								4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4									
48 V2	4	4	4	4	4	4																	4	4	4	4	4	4	
V3																													
V1	6	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6			6	6	6	6	6	6	
49 V2																													
V3																													
V1	7	7	7	7	7	7																	7	7	7	7	7	7	
50 V2								7	7	7	7	7	7		7	7	7	7	7	7									
V3																													
V1															5	5	5	5	5	5			5	5	5	5	5	5	
51 V2	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5																
V3																													
V1								7	7	7	7	7	7		7	7	7	7	7	7									
52 V2	7	7	7	7	7	7																	7	7	7	7	7	7	
V3																													
V1	8	8	8	8	8	8		8	8	8	8	8	8		8	8	8	8	8	8			8	8	8	8	8	8	
53 V2																													
V3																													
V1	9	9	9	9	9	9									9	9	9	9	9	9									
54 V2								9	9	9	9	9	9										9	9	9	9	9	9	
V3																													
V1	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10			10	10	10	10	10	10	
55 V2																													
V3																													

**Tablo J. (devam)** Departmanlardaki Personeller İçin Aylık Vardiya Çizelgesi**GÜNLER**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>56</b>	V1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	V2																											
	V3																											
<b>57</b>	V1							9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9								
	V2	9	9	9	9	9	9															9	9	9	9	9	9	
	V3																											
<b>58</b>	V1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	V2																											
	V3																											
<b>59</b>	V1	9	9	9	9	9	9															9	9	9	9	9	9	
	V2							9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9							
	V3																											
<b>60</b>	V1							9	9	9	9	9	9									9	9	9	9	9	9	
	V2	9	9	9	9	9	9								9	9	9	9	9	9	9							
	V3																											





## Kentlerde Sessiz/Sakin Alanların Önemi ve Eskişehir Kurşunlu Cami ve Külliyesi Bahçesinin İşitsel Peyzaj Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi

### The Importance of Quiet/Calm Areas in Cities and an Assessment of the Eskisehir Kursunlu Mosque and Complex with Soundscape Approach

Gülşen Akın Güler<sup>1</sup> , Aşlı Özçevik Bilen<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 26555 Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 10/11/2022

Kabul / Accepted: 27/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Hızla büyüyen, kalabalıklaşan, karmaşıklaşan ve daha gürültülü hale gelen kentlerde yaşam kalitesi giderek düşmekte ve kentte yaşayan insanlar sessiz/sakin bir ortamda dinlenme, rahatlama ve rehabilite olma ihtiyacı hissetmektedir. Bu anlamda kentsel bölgelerdeki park, bahçe, avlu vb. açık alanlar sessiz/sakin alan olarak, bu ihtiyacın karşılanması için kullanılabilir öneme sahip mekanlardır. Bu tür yerlere örnek bir alan olarak Eskişehir Kurşunlu Camii ve Külliyesi bahçesi, alana sessizlik/sakinlik niteliği kazandıran özellikleri açısından işitsel peyzaj yaklaşımıyla alan çalışması üzerinden incelenerek sessiz/sakin alan olma potansiyeli değerlendirilmiş, sessizlik/sakinlik algısını etkileyen faktörler (akustik özellikler, mekânsal özellikler, işlev) belirlenmiştir. Alan çalışmasında akustik ölçüm ve anket yapılmıştır.

Akustik ölçüm sonuçlarına göre alandaki ses basınç düzeyi (LAeq) kabul edilebilir düzeyin (55 dB'in) altındadır. Anket sonuçlarına göre ise beklenene paralel olarak alan, çoğunluk tarafından sessiz/sakin alan olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Kurşunlu Camii ve Külliyesi bahçesinin sessiz/sakin alan olarak kullanılabilirliği ve dolayısıyla farklı kentsel bölgelerde bu alan ile benzer özelliklere sahip açık alanların da ergonomik kent koşullarının oluşturulmasına katkı sağlayan alanlar olarak değerlendirilebileceği ortaya konulmuştur.

#### Anahtar Kelimeler

*"Sessiz/Sakin Alanlar, İşitsel Peyzaj, Sessizlik/Sakinlik Algısı, Kent Ergonomisi, Eskişehir Kurşunlu Camii ve Külliyesi."*

#### Abstract

The quality of life in rapidly growing, crowded, complex and noisy cities is gradually decreasing and people living in the city feel the need to rest, relax and rehabilitate in a quiet/calm environment. In this sense, open spaces such as parks, gardens, courtyards, etc. in urban areas are places of importance that can be used as quiet/calm spaces to meet this need. In this context, Eskisehir Kursunlu Mosque and Complex garden, as an example area for such places was examined through fieldwork with soundscape approach in terms of the features that give the area the quality of quietness/calmness, its potential to be a quiet/calm area has been evaluated, and the factors affecting the perception of quietness/ calmness (acoustic features, spatial features, function) have been determined. During the field study, acoustic measurements and questionnaire have been made. According to the acoustic measurement results, the sound pressure level (LAeq) in the area is below the acceptable level (55 dB). In parallel with the expectations, as to the results of the survey, the area has been evaluated as quiet/calm by the majority. As a result, it has been revealed that the garden of Kursunlu Mosque and Complex can be used as a quiet/calm area, and therefore, open spaces with similar characteristics in different urban regions can also be considered as areas that contribute to the creation of ergonomic urban condition.

#### Key Words

*"Quiet/Calm Areas, Soundscape, Perception of Quietness /Calmness, Urban Ergonomics, Eskisehir Kursunlu Mosque and Complex."*

## 1. Giriş

Ergonomi, insan ve insanın dahil olduğu sistemdeki diğer öğeler arasındaki etkileşimi anlayarak, tüm sistemin performansı ile birlikte ve insan refahını en iyi seviyeye ulaştırmak için kuram, ilke, veri ve tasarım yöntemlerini uygulayan bir uzmanlık alanı olarak tanımlanabilir (IEA). Aynı zamanda iş ya da aktiviteyi ve iş yapma ya da aktivite ortamını; insan güvenliği, konforu ve memnuniyetini de sağlayarak en iyi performansın gösterilmesine elverişli şekilde tasarlamayı içerir (Dul ve Weerdmeester, 2001) ve ergonomik uygulamalar sayesinde insan stresi, yaralanma veya üretkenliğin azalması gibi sorunlar çözüme kavuşturularak kamu yükü azaltılabilir (Wolf, 2003). Ergonomi deyince akla başta makineler, mobilyalar, günlük yaşamda ve iş hayatında kullanılan diğer araçlar ve endüstriyel ürünler gelebilir. Bununla birlikte insanın doğal ve yapılı çevre içerisinde yaşadığı ve bunlarla sıkı sıkıya bir ilişki ve etkileşim içinde olduğu konusundaki farkındalığın arttığı söylenebilir. Bu bağlamda insan ile doğal/yapılı çevre arasındaki ilişki ve insan-doğal/yapılı çevre etkileşimi farklı disiplinler tarafından farklı açılardan araştırılarak incelenmektedir (Jackson, 2003; Mori vd., 2008 ). İnsan-çevre etkileşimi, hem iş yaşamında verimin artması hem de günlük hayatta sağlıklı çevresel koşulların oluşturulmasıyla, yaşam kalitesinin yükselmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ergonomistlerin, çalışanların refahını ve nihayetinde işe devamsızlığı azaltmak ve üretkenliği iyileştirmek için, iş yerinde doğal elemanların var olması ve doğaya erişimin sağlanması konusunu, genel sağlıktan başlayarak öznel iyi oluş ve canlandırıcılık açısından inceledikleri çalışmalar bulunmaktadır (Hartig vd., 1991; Hartig vd., 2011). Doğanın ergonomi ve işyeri refahı için yeni bir paradigma olarak desteklenmesine ek olarak, insan-çevre ilişkisi ve doğanın faydalı etkilerine ilişkin literatür, işyerinde doğal çevrenin değerini artırmak ve uygulamaları desteklemek için bir çok uygulamalı araştırma sonuçlarını sunmaktadır (Richardson vd., 2017). Örneğin bu konuda yapılan korelasyonel bir çalışmada, işyerinde doğayla dış mekanda, iç mekanda ve dolaylı temasın, stres ve ilgili sağlık sorunlarının azalmasıyla pozitif olarak ilişkili olduğu ve doğayla temasın sağlıklı bir çalışma ortamına katkıda bulunduğu ortaya konulmuştur (Largo-Wright vd., 2011). Dolayısıyla hem çalışanların açık ve doğal ortamda vakit geçirmesi hem de kentlilerin kentsel açık alanlarda bulunarak doğal ve yapılı çevreyle etkileşime geçmesi, kişilere fiziksel ve zihinsel açıdan birçok etki yapmaktadır (Frumkin, 2001). Bu bağlamda yoğun iş temposunda uzun çalışma saatleri olan, karmaşık ve gürültülü kentlerde yaşayan insanların sadece uyuyarak dinlenmesinin yeterli olmadığı (Ulrich, 1993) ve bu nedenle özellikle doğal öğelerce zengin sessiz/sakin açık alanlarda vakit geçirmenin bu eksikliği kapatarak, zihinsel ve fiziksel dinlenmeye ve kendini yeniden kazanmaya katkı sağladığı ortaya konulmuştur (Kaplan, 1995). Bunun sonucunda özellikle kalabalık, yoğun yapılaşmanın olduğu büyük kentlerde insanların vakit geçirerek dinlenme/rahatlama ihtiyacını karşılayacağı sessiz/sakin kentsel açık alanların varlığı önem kazanmıştır. Sessiz/sakin alanların kentlerdeki yeri, önemi, kentlilere fizyolojik, psikolojik, bilişsel ve fiziksel katkısı, bu tür alanların özellikleri ve kullanılabilirliği daha önceki bir çok çalışmada konu edilmiştir (Maffei vd., 2017; Watts, 2017; Sona, 2017; Herranz-Pascual vd., 2019; Payne ve Bruce, 2019, Masullo vd., 2021). Bu çalışmada ise sessiz/sakin alanların kent ergonomisi bağlamında insan-doğal/yapılı çevre etkileşimi sonucunda kentlilerin dinlenme ve rahatlama ihtiyacını karşılayabilecek yerler olarak ele alınarak, Eskişehir Kurşunlu Camii ve Külliyesi bahçesi örneği üzerinden işitsel peyzaj yaklaşımıyla değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada öncelikle sessiz/sakin alanlar, sessizlik/sakinlik algısı ve işitsel peyzaj yaklaşımı hakkında literatürel bilgi verildikten sonra çalışmanın yöntemi açıklanmış, bulgular sunulmuş ve sonuçlar tartışılmıştır.

## 2. Kaynak Araştırması

### 2.1. Sessiz/Sakin alanların önemi ve sessizlik/sakinlik algısı

Çevresel gürültü, hem insan sağlığını ve yaşam kalitesini hem de biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyen çok faktörlü bir çevre kirliliğidir. Dolayısıyla sağlıklı bir yapılı çevrenin uzun vadeli hedefini gerçekleştirmek için yoğun gürültüye maruz kalan alanlarda binaların inşa edilmesinden ve insanların bu tür açık alanlarda vakit geçirmesinden kaçınılmalıdır (Gidlöf-Gunnarsson ve Öhrström, 2010). Buna karşın sessizlik/sakinlik, sağlıklı bir ekosistemin hem nedeni hem de sonucu olan kentsel yeşil alanlara atfedilen bir ekosistem hizmeti olarak düşünülebilir (Votsi vd. 2013). İnsan sağlığı ile yapılı çevrenin akustik kalitesi arasındaki bağlantılarını sessizlik ve diğer boyutlar açısından geniş bir metodoloji ve perspektif yelpazesinden araştıran bir çok çalışma göstermiştir ki, kent içerisindeki sessiz/sakin alanların o kentte yaşayanlara sağladığı birçok fayda bulunmaktadır (Aletta ve Kang, 2019). Sessiz/sakin bir ortamda vakit geçirmenin, insan refahını sağlamadan, çevre sağlığına kavuşma ve iklim değişikliğine uyum sağlamaya kadar uzanan doğrudan ya da dolaylı birçok yararı vardır (Krause ve Farina, 2016). Kent sakinlerinin tercih ettiği sessiz/sakin ses ortamları barındırmasıyla beraber hoş bir görsel görüntü ve dinlenme ile sosyal temas için fırsatlar sunabilecek çekici, yüksek kaliteli, korunaklı alanların tasarlanması da önemlidir (Gidlöf-Gunnarsson ve Öhrström, 2010). İnsana ve diğer canlılara faydalarının yanı sıra sessizlik/sakinlik, bir kentin işitsel kimliğinin parçası olarak da değerlendirilmelidir (Simpson, 2009). Sessizlik/sakinlik, gürültü kirliliğinden kaçma açısından her derde deva gibi görünmektedir, ancak yine de sessiz/sakin alanların kent planlamasında doğru bir şekilde kullanılması için bu konuda yapılan alan çalışmalarının artırılarak, sessiz/sakin alan kavramının ve bu tür alanların sahip olması gereken özelliklerin daha belirgin şekilde netleştirilmesi gerekmektedir (Tsaligopoulos vd., 2021). Sessiz/sakin alanlar üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, 2002 yılında yayınlanan 2002/49 /EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi'nde (EC, 2002) bu tür alanlara yer verildikten sonra nicelik ve nitelik bakımından her geçen gün artmaktadır. Avrupa Birliği'nde çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetilmesine ilişkin ana hatları belirleyen bu yönetmelik doğrultusunda hazırlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) 2005 yılında ülkemizde yayınlanmıştır. Kamunun gürültü konusunda bilgilenmesi ve bilinçlenmesi, kentlerde çevresel gürültünün ve çevresel gürültüye maruziyetin belirlenmesi, gerekli yerlerde gürültü düzeyinin azaltılması, gerekli yerlerde ise sessizliğin/sakinliğin korunmasını içeren bu yönetmelikte (ÇŞB, 2010), kentsel yerleşimlerdeki sessiz/sakin alanlara “yerleşim alanı içindeki sessiz alan” kavramıyla yer verilmiş ve bu tür alanlar için sınır ses basınç düzeyleri üzerinden genel bir tanımlama yapılmıştır. Algılanan sessizlik kavramı, büyük çevre kurumları, politika yapımcılar ve bilim insanları tarafından bu konuya yapılan vurgu nedeniyle, yıllar içinde kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Aletta ve Kang, 2019). Sessiz/sakin alanlara yönelik olarak

gerçekleştiren bilimsel çalışmalarda sessizlik/sakinlik algısının ses basınç düzeyleriyle (dB) yakından ilişkili olduğu ancak bu algı üzerinde düzeyden başka faktörlerin de etkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu faktörler akustik özellikler, mekânsal özellikler ve işlev başlıkları altında toplanabilir. Sessizlik/sakinlik algısını etkileyen akustik faktörler arasında ses basınç düzeyi, baskın ses türü (Filipan vd., 2017), işitsel kimlik ve sembol seslerin varlığı (Akın Güler vd., 2019); mekânsal özelliklerin arasında ağaç ve bitki durumu (Duguet vd., 2012; Matsinos ve Tsaligopoulos, 2017), alan büyüklüğü (Maffei vd., 2017), temizlik ve düzen (Nielsen vd., 2016) ile tarihi ve kültürel değer (Masullo vd., 2021); işlev için ise alanda bulunan işlevler (Duguet vd., 2012) ve kullanıcı sayısı (Tsaligopoulos vd., 2021) gibi faktörler öne çıkan özelliklere örnek olarak sayılabilir. Sessiz/sakin alanlar konusunda yapılan bilimsel araştırmalarda genellikle işitsel peyzaj yaklaşımı benimsenmektedir ve alan çalışmalarında elde edilen verilerin analizleri doğrultusunda değerlendirmeler yapılmaktadır.

## 2.2. İşitsel peyzaj yaklaşımı

İşitsel peyzaj, temelde herhangi bir ortamın akustik boyutlarını araştırmak üzere 1960'lı yılların sonunda R. M. Schafer ve arkadaşları tarafından ortaya atılmış bir kavramdır (Schafer, 1977a). İşitsel peyzaj yaklaşımının benimsenmesindeki amaç, ses kaynakları, sesi işiten kişiler ve ortam arasındaki etkileşimi kapsayan ses ortamını artı ya da eksi kabuller olmaksızın değerlendirilmesini mümkün kılmaktır (Southworth, 1969). Bir şehrin işitsel kimliği açısından hayati bir önem taşıyan işitsel peyzaj (Rehan, 2016), görsel algıda yapılan tanımlamaların işitsel karşılığı olarak da ifade edilebilir ve işitsel peyzajı oluşturan bileşenler, görseldeki ön plan ve sembol seslerini ifade eden figür, arka plan seslerini ifade eden zemin ve sesin meydana geldiği yeri ifade eden alandan oluşmaktadır (Schafer, 1993). Bir ses ortamında istenilen/tercih edilen seslere odaklanarak bu sesleri arttırmayı hedefleyen işitsel peyzaj yaklaşımında ses türleri ve bunların öznel değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır (Kang vd., 2016). Bu bağlamda ses türleri Schafer tarafından doğal sesler, insan sesleri, kamusal sesler, mekanik sesler, gösterge sesleri ve sessizlik olarak sınıflandırılmıştır (Schafer, 1977b). İşitsel peyzaj yaklaşımıyla gerçekleştirilen daha önceki araştırmalarda alan çalışmalarında yapılan öznel değerlendirmelere göre genellikle doğal sesler (kuş, rüzgar, su sesi) (Krzywicka ve Byrka, 2017; Rådsten-Ekman vd., 2013; Zhang vd., 2019) tercih edilirken, trafik sesi gibi mekanik sesler tercih edilmemektedir (Taghipour ve Pelizzari, 2019). Bununla birlikte tercih edilen seslerin toplumdan topluma farklılık gösterebildiği, bulunduğu yerin kimliğiyle ilişkilenen ya da o alanı tanımlayan sembol seslerin o yerde tercih edilen sesler olduğu da ortaya konulmuştur (Losiak, 2016). Ayrıca işitsel peyzaj yaklaşımıyla yürütülen araştırmalarda, işitsel algılama insan, kaynak ve alıcı arasındaki çoklu etkileşime bağlı olduğundan, sesin olduğu ortama yani mekana ait özellikler ve alıcının subjektif algısı da ölçülebilen/hesaplanabilen nesnel verilerle birlikte değerlendirilmeye katılmaktadır.

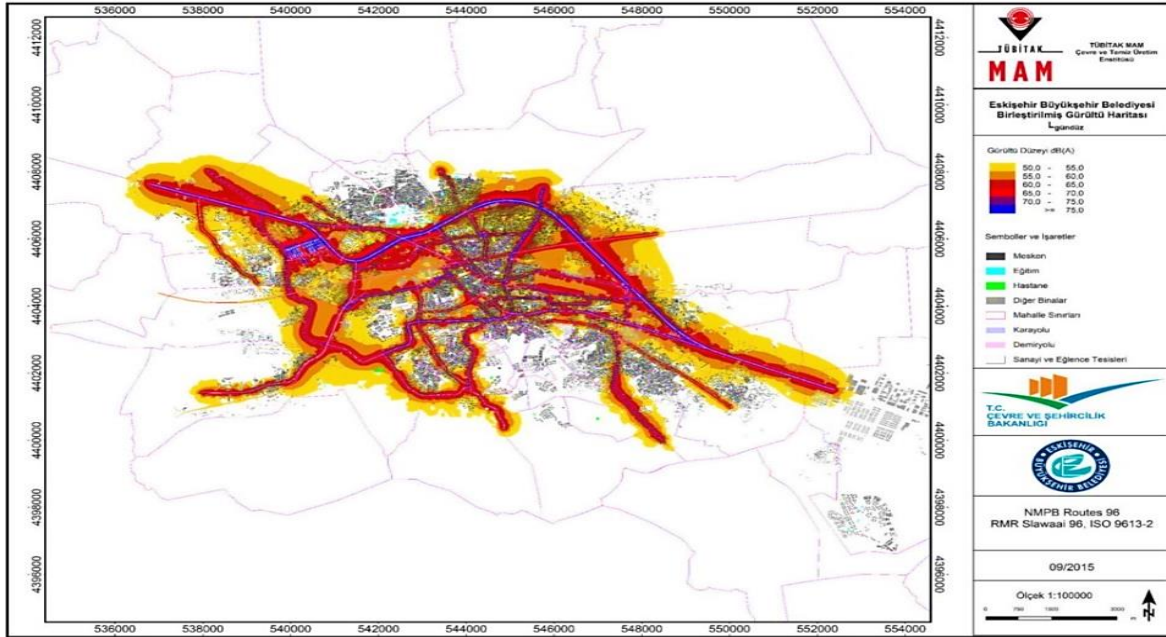
Kentsel açık alanların ses ortamı, tüm ses ortam türlerinin yalnızca küçük bir alt kümesini temsil etse de, işitsel peyzaj yaklaşımıyla yapılan çalışmalarda kent parklarının/yeşil alanların bağlamı oldukça iyi tanımlanmıştır (Jabben vd., 2015; Brambilla vd., 2013) ve bu tür alanlar sıklıkla kentin canlılığı ve gürültüsü içinde sakin ve sessiz alanlar olarak değerlendirilmektedir (Filipan vd, 2017). Ayrıca, sakinlik kavramı, işitsel peyzaj ile yakından ilgili olan çeşitli araştırma alanlarında incelenmiştir. Örneğin, algılanan sakinlik için bir beyin tepkisinin nöral görüntüleme ile ölçüldüğü (Hunter vd., 2010), doğal yerlerin sakinliğinin, temel işitsel peyzajı göstergeleri ile araştırılıp değerlendirildiği (Watts ve Pheasant, 2015) ve sakinliğin dini mekanların önemli bir özelliği olması (Jeon vd., 2014) üzerine çalışmalar işitsel peyzaj yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir.

## 3. Materyal ve Yöntem

İşitsel peyzaj yaklaşımıyla gerçekleştirilen bu çalışmada veri toplanması için seçilen Kurşunlu Camii ve Külliyesi bahçesinde saha çalışması yapılmış, akustik ölçüm ile nesnel veriler; anket çalışması ile de öznel veriler toplanmış ve bu veriler ışığında kent ergonomisi ve sessiz/sakin alan özellikleri arasındaki ilişki yorumlanmıştır.

### 3.1. Çalışma alanı

Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerini içeren Eskişehir kent merkezinin nüfusu yaklaşık 800000 kişidir. Kent içerisinde karayolu, demiryolu ve hava yolundan kaynaklı ulaşım sesleri, sanayi ve eğlenceden kaynaklanan sesler bulunmaktadır ve Eskişehir için karayolu, demiryolu, sanayi ve eğlenceden kaynaklanan sesler için gürültü haritaları yapılmıştır (EBB, 2020). Bu çalışmada seçilen Eskişehir Kurşunlu Camii ve Külliyesi bahçesi Odunpazarı Kentsel Sit Alanı içerisinde bulunmaktadır. Bölge, tarihi değeri ve turistik kullanımı ile ön plana çıksa da külliyei oluşturan caminin ve müze, sergi salonu vb. amaçlarla kullanılan diğer binaların arasında kalan yeşil alan, çevresine göre sessiz/sakin bir yer olma potansiyeline sahiptir (Şekill).



Şekil 1. Kurşunlu Camii ve Külliyesi'nin Eskişehir Birleştirilmiş Gürültü Haritası Üzerindeki Konumu (Kaynak:EBB,2020)

Çalışma alanı içerisinde Osmanlı Dönemi'nde inşa edilmiş kervansaray, cami, şadırvan, medrese, imaret, tabhane, sıbyan mektebi gibi binalar bulunmaktadır (Şekil2). Bu binalardan cami, işlevine devam ederken diğer binalar kütüphane, sıcak cam üfleme atölyesi, cam sanatları merkezi, satış birimleri gibi işlevler kazanmıştır. Külliye içerisinde açık türbeler ile halkın kullanımına açık yeşil alan bulunmaktadır.



Şekil 2. Kurşunlu Camii ve Külliyesi'nde Bulunan Binalar ve Yeşil Alanların Konumu (Kaynak:url 1)

### 3.2. Akustik ölçüm

Seçilen çalışma alanının 4 tarafında belirlenen noktalarda (Şekil3), en yoğun kullanımın olduğu zaman diliminde (öğleden sonra), kalibre edilmiş portatif bir kayıt cihazına (B&K Type 2270-S Sound Level Meter / Analyzer) bağlı kulaklık kullanılarak en az 5 dakika olacak şekilde çift kanallı (binaural) ses ortam kayıtları alınmış ve alınan kayıtlar Pulse Reflex yazılımı ile analiz edilerek ortama ait

LeqA (A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses düzeyi), LA10 (Ölçme süresinin %10'unda aşılan A ağırlıklı ses düzeyi) LA50 (Ölçme süresinin %50'sinde aşılan A ağırlıklı ses düzeyi) ve LA90 (Ölçme süresinin %90'ında aşılan A ağırlıklı ses düzeyi) değerleri hesaplanmıştır.



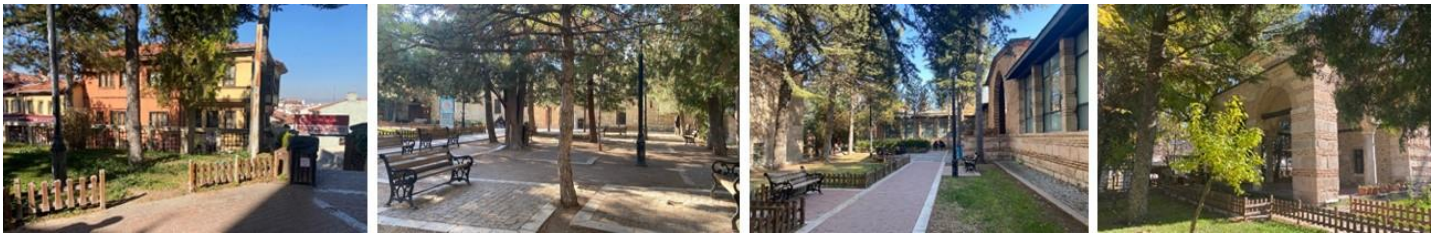
Şekil 3. Kurşunlu Camii ve Külliyesi'nde Ses Kaydı Alınan Noktalar (Kaynak:url 1)

### 3.3. Anket

Alanda uygulanan ankette genel kişisel sorular, akustik özellikler, mekânsal özellikler ve işlevin sessizlik/sakinlik algısına etkisiz sorgulayan soru grupları bulunmaktadır. Anket çalışmasına, işitme problemi ve yaşa bağlı olarak algılama sorunu olmayan ve Eskişehir'de yaşayan, yaşları 18 ile 30 arasında değişen, en az lise mezunu, 22'si kadın, 15'i erkek 37 kişi katılmıştır. Anket çalışması, alanda alınan ses kayıtları ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

### 4. Alan Çalışması Sonuçları

Alanda yapılan nokta ölçüm sonuçlarına göre LAeq değerleri 51 ile 56 dB, LA90 değeri 55 ile 48 dB, LA50 değeri 52 ile 61 dB, LA10 değeri ise 61 ile 68 dB arasında değişmektedir (Tablo1). Buna göre LAeq değeri ve LA90 değeri yönetmelikte tavsiye edilen sınır değere yakın veya altında çıkmıştır (55 dB). LA50 değeri yalnızca 1.noktada 55 dB'in üzerindeyken, kısa süreliğine arka plan gürültüsünün üzerine çıkan sesleri ifade eden LA10 değeri tüm noktalarda 55 dB'in üzerinde çıkmıştır. Etrafı yayalaştırılmış alanla çevrili olan alan, trafik seslerine karşı korunaklı bir konuma bulunmaktadır. Özellikle yoğun trafiğin bulunduğu cadde ile arasında mesafe ve kot farkı bulunması, alanın trafik sesinden daha az etkilenmesini sağlamaktadır. Alanda ses kaydı alınarak ölçüm yapılan noktaların fotoğrafları Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Kurşunlu Camii ve Külliyesi'nde Ses Kaydı Alınan Noktalardan Fotoğraflar (soldan sağa 1,2,3,4)

1. noktada ses düzeyinin yüksek çıkmasına neden olan etkenler arasında giriş kapısına ve alan dışındaki ticari birimlere yakın olması sayılabilir. Alan içi ses kaynaklarından insan sesleri alan dışı ses kaynaklarından ise ticari birimlerden müzik yayını ve alıveriş sesleri 1.noktadaki ses basınç düzeyi arttıran ses kaynakları arasındadır. Diğer noktalar 1. noktaya göre yoğunluğun daha az olduğu noktalardır. 4. noktaya yakın bulunan ticari birimlerin kapalı olması buradaki ses ortamını ileri düzeyde etkilenmesini önlemektedir. Bu kısımda genellikle ayakta bekleyerek sohbet eden ya da banklara oturarak dinlenen kişilerin sesleri duyulmaktadır. Alıveriş sesleri bina içerisinde kaldığı için dış ortama ulaşmamaktadır.

**Tablo 1.** Noktalara Göre Ses Basınç Değerleri (dBA)

Ölçüm noktası	Leq	L90	L50	L10
<b>Nokta 1</b>	56.56 dBA	55.85 dBA	61.35 dBA	68.97 dBA
<b>Nokta 2</b>	54.99 dBA	52.82 dBA	54.26 dBA	64.49 dBA
<b>Nokta 3</b>	52.42 dBA	51.31 dBA	53.71 dBA	63.45 dBA
<b>Nokta 4</b>	51.78 dBA	48.31 dBA	52.81 dBA	61.72 dBA

Anket sonuçlarına göre genel ses ortam değerlendirildiğinde katılımcıların büyük çoğunluğunun alanı sessiz/sakin (%38,6) ya da çok sessiz/sakin (%25,7) olarak değerlendirildiği tespit edilmiştir. Ayrıca ses türlerine göre sessizlik/sakinlik algısının nasıl etkilendiğini (olumlu/olumsuz) sorgulamak üzere katılımcılardan ses türlerine göre değerlendirme yapılması istenmiştir. Cevaplara göre sessizlik/sakinlik algısına olumlu katkısı olan sesler arasında yüksek oranda doğal seslerden kuş, ağaç/yaprak ve su sesi; insan seslerinden ezan/sela ve ilahi/Kuran okuma sesi; teknolojik seslerden ise müzik sesi başta gelmektedir (Tablo2). Bu ses türlerinin tümü kentin geneli için sembol sesler arasında sayılmasa da bu alan için alana özgü özelliklere (fonksiyonel yapı, kullanıcı durumu vb) bağlı olarak yüksek oranda (%50-91) sembol ses olarak değerlendirilmiştir. Sessizlik/sakinlik algısına olumsuz etkisi olduğu şeklinde değerlendirilen sesler ise yoğunlukla trafikten kaynaklanan teknolojik seslerdir. Bununla birlikte insan seslerinden çığırkanların sesi de yüksek oranda olumsuz etkiye (%30,6+%38,9) sahip ses olarak değerlendirilmiştir. Farklı kentlerde genellikle rahatsız edici olarak kabul edilen uçak sesleri Eskişehir kent kimliğinde yer edinen bir ses olarak yüksek oranda memnuniyet verici sembol ses olarak (%63,9) değerlendirilirken, bu sesin ibadet ve turistik öncelikli kullanımı olan alandaki sessizlik/sakinlik algısına etkisi ise yüksek oranda (%47,2+%38,9) olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Buna göre kent kimliğiyle ilişkilenen ve korunması gereken somut olmayan kültürel değer/miras olarak değerlendirilebilen sembol sesler, sessizlik/sakinlik algısını olumsuz etkileyebilirken, sessiz/sakin alanı tanımlayan sembol sesler alana özgü (doğal sesler, dini sesler gibi) sessizlik/sakinlik algısını olumlu yönde etkilemektedir.

**Tablo 2.** Ses Türüne Göre Sessizlik/Sakinlik Algısına Katkı Değerlendirmesi (%)

SES KAYNAKLARI	SES TÜRLERİ	SEMBOL SES			SESSİZLİK/SAKİNLİK ALGISINA ETKİSİ			
		EVET (%)	HAYIR (%)	ÇOK OLUMSUZ(%)	OLUMSUZ (%)	KARARSIZIM (%)	OLUMLU (%)	ÇOK OLUMLU (%)
<b>DOĞAL SESLER</b>	Kuş Sesi	<b>50,0</b>	50,0	0,0	0,0	0,0	<b>44,4</b>	<b>55,6</b>
	Kedi/Köpek Sesi	8,6	91,4	0,0	14,3	48,6	34,3	0,0
	Rüzgar/Yaprak Sesi	<b>51,4</b>	48,6	0,0	0,0	0,0	<b>42,9</b>	<b>60,0</b>
	Su sesi	<b>56,8</b>	43,2	0,0	0,0	0,0	<b>52,9</b>	<b>47,1</b>
	Konuşma Sesi	22,2	77,8	0,0	22,2	61,1	13,9	0,0
	Çocuk Sesi	16,2	83,8	2,7	13,5	35,1	43,2	2,7
<b>İNSAN SESLERİ</b>	Çığırkanların Sesi	19,4	80,6	<b>30,6</b>	<b>38,9</b>	25,0	2,8	2,8
	Alışveriş Sesi	26,5	73,5	5,9	23,5	52,9	14,7	2,9
	Ezan/Sela Sesi	<b>94,6</b>	5,4	0,0	8,1	8,1	<b>62,2</b>	<b>21,6</b>
	İlahi/Kuran Okuma Sesi	<b>91,9</b>	8,1	0,0	5,4	8,1	<b>67,6</b>	<b>18,9</b>
	Trafik Sesi	5,7	94,3	<b>51,4</b>	<b>45,7</b>	2,9	0,0	0,0
	Korna Sesi	2,9	97,1	<b>60,0</b>	<b>40,0</b>	0,0	0,0	0,0
<b>TEKNOLOJİK SESLER</b>	Siren Sesi	2,9	97,1	<b>48,6</b>	<b>42,9</b>	8,6	0,0	0,0
	Uçak Sesi	<b>63,9</b>	36,1	<b>47,2</b>	<b>38,9</b>	11,1	0,0	2,8
	İnşaat Sesi	5,6	94,4	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>	0,0	0,0	0,0
	Müzik Sesi	22,2	77,8	0,0	0,0	25,0	<b>61,1</b>	<b>13,9</b>
	Üretim Sesleri	<b>47,2</b>	52,8	13,9	38,9	13,9	27,8	5,6
	Diğer Mekanik Sesler	16,7	83,3	<b>16,7</b>	<b>47,2</b>	33,3	2,8	0,0

Anket sonuçlarına göre mekanın akustik ve akustik olmayan özelliklerinin sessizlik/sakinlik algısına etkisi değerlendirildiğinde, sessizlik/sakinlik algısına olumlu katkısı olan akustik özellikler arasında ses düzeyinin düşük olması, ses kaynağı sayısının az olması ve ses kaynaklarının uzakta olması başta gelmektedir (Tablo3). Mekansal özelliklere bakıldığında alanda yeşil dokunun fazla olması başta gelmek üzere (ağaç miktarının çok olması - %37,84+%62,16) zeminin çimle kaplı olması (%64,86+%29,73), alan büyüklüğünün fazla olması, temizlik ve düzenin sağlanması gibi özellikler yer almaktadır. Alanda tarihi ve kültürel değer ve dini yapının bulunması ile kullanıcı sayısının az olması da sessizlik/sakinlik algısına olumlu katkısı olduğu değerlendirilen diğer özelliklerdir(Tablo3).

**Tablo 3.** Mekanın Akustik ve Akustik Olmayan Özelliklerinin Sessizlik Algısına Etkisi (%)

ÖZELLİK	SESSİZLİK/SAKİNLİK ALGISINA ETKİSİ				
	ÇOK OLUMSUZ (%)	OLUMSUZ (%)	KARARSIZIM (%)	OLUMLU (%)	ÇOK OLUMLU (%)
Ses düzeyinin düşük olması	0,00	0,8	1,1	<b>9,6</b>	<b>88,5</b>
Ses kaynağı sayısının az olması	0,00	5,41	10,81	<b>81,08</b>	2,70
Sesin değişken olması	0,00	8,11	21,62	67,57	2,70
Ses kaynağı çeşidinin az olması	0,00	13,51	18,92	62,16	5,41
Ses kaynaklarının uzakta olması	0,00	5,41	8,11	<b>56,76</b>	<b>29,73</b>
Alanda ağaçların bulunması	0,00	0,00	0,00	<b>37,84</b>	<b>62,16</b>
Alanda çalı tipi bulunması	0,00	0,00	16,22	45,95	37,84
Alanda çiçeklerin bulunması	0,00	0,00	27,03	45,95	27,03
Zeminin çimle kaplı olması	0,00	0,00	5,41	<b>64,86</b>	<b>29,73</b>
Alanın geniş olması	0,00	8,11	16,22	<b>51,35</b>	<b>24,32</b>
Alanın temiz olması	0,00	0,00	24,32	<b>51,35</b>	<b>24,32</b>
Alanın düzenli olması	0,00	2,70	16,22	<b>59,46</b>	<b>21,62</b>
Oturma alanlarının bulunması	2,70	10,81	40,54	27,03	18,92
Tarihi ve kültürel değere sahip olması	0,00	0,00	13,51	<b>29,73</b>	<b>56,76</b>
Alanda dini yapının bulunması	2,70	13,51	10,81	<b>48,65</b>	<b>24,32</b>
Kullanıcı sayısının az olması	2,70	18,92	8,11	<b>62,16</b>	<b>8,11</b>

## 5. Sonuç ve Tartışma

Doğal ve sessiz/sakin bir ortamda vakit geçirmenin kişilerin stresini azalttığı, dinlenmelerine ve canlanmalarına katkı sağladığı ve dolayısıyla yaşam kalitelerini yükselterek verimlerini artırdığı önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur. Özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu, kalabalık ve gürültülü kentlerde bu tür alanlara olan ihtiyaç kaçınılmazdır. Bu ihtiyacın karşılanması ve dolayısıyla kent ergonomisinin iyileştirilmesi için kent içindeki parklar, avlular ve kamusal bina bahçeleri (ibadet mekanları, eğitim alanları vb.) gibi kentsel açık alanlar önem taşımaktadır. Kent içerisinde bu tür alanların yeterli ve dengeli bir şekilde planlanması ve alan tasarımında sessizlik/sakinlik algısını olumlu yönde etkileyecek kent ve alan özelliklerine dikkat edilmesi önerilmektedir. Sessiz/sakin alanlar planlanırken nüfus yoğunluğuna göre kişi başına düşmesi gereken alan büyüklüğünün doğru belirlenmesi ve kullanıcılara yürüme mesafesinde olması göz ardı edilmemelidir. Alanların tasarımı yapılırken alanda yeşil doku ve su ögesi gibi doğal elemanların ve dolayısıyla doğal seslerin oranının artırılması, alanın teknolojik seslere karşı korunaklı hale getirilmesi (kaynakların alan dışına alınması, gürültü bariyeri kullanımı vb.), mümkünse alan çevresinin yayalaştırılması ve alan içi işlevlerin bulunduğu bölge özelinde uygun seçilmesi ile yoğun kalabalıkların oluşmasının engellenmesi ve böylelikle insan seslerinin kontrollü seviyede tutulması, alanda kentsel donatı kullanımının planlanması, güvenlik, temizlik ve bakımın düzenli sağlanması gibi düzenlemelerin yapılması ile bu tür alanların sessiz/sakin olma potansiyellerinin artacağı ve bu alanları kullanan kentlilerin yaşam kalitesinin yükseleceği ve dolayısıyla kentin daha ergonomik bir hale geleceği vurgulanmaktadır. Ayrıca doğal sesler ile birlikte insan sesleri arasında dini seslerin sessiz/sakin alanlar için sembol ses olarak değerlendirilmesi ve ibadet işlevinin dinginlik ve huzurla ilişkilmesi sebebiyle ülkemizdeki kentlerde yerleşime dağılmış bir şekilde bulunan cami bahçelerinin sessiz/sakin olma ve bu anlamda kullanılma durumları açısından ileriki çalışmalarda daha detaylı incelenmesi önerilmektedir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Akın Güler, G., Özçevik Bilen, A., Masullo, M. & Maffei, L. (2019). The potential of being the quiet place of the khans courtyards in Istanbul Historic Peninsula. Presented at the ICA 2019, Aachen.
- Aletta, F. & Kang, J. (2019). Promoting Healthy and Supportive Acoustic Environments: Going beyond the Quietness. *Int J Environ Res Public Health*, 2019 Dec 8, 16(24), 4988.
- Brambilla, G., Gallo, V., Zambon, G. (2013). The soundscape quality in some urban parks in Milan, Italy. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10, 2348–2369.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (Vol. 27601). Ankara. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=14012&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 20.10.2022)
- Duguet, P., Mietlicki, F., Da Silva, R., Ribeiro, C. & Gaucher, E. (2012). Implemented comprehensive approach for the identification of quiet areas in the city of paris. *Inter Noise 2012*, New York.

- Dul, J., & Weerdmeester B.A. (2001). *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide*. New York, NY: Taylor & Francis
- EBB, 2020. Eskişehir Stratejik Gürültü Haritaları Sonuçlarına Göre Eskişehir Gürültü Eylem Planı Final Raporu. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Eskişehir.
- EC. (2002). Directive (2002/49/EC) of the European Parliament and the Council of 25 June 2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise.
- Filipan, K., Boes, M., De Coensel, B., Lavandier, C., Delaitre, P., Domitrović, H. & Botteldooren, D. (2017). The personal viewpoint on the meaning of tranquility affects the appraisal of the urban park soundscape. *Applied Sciences*, 7 (1), 91.
- Frumkin, H. (2001). Beyond toxicity: human health and the natural environment. *Am. J. Prev. Med.*, 20 (3), 234-240.
- Gidlöf-Gunnarsson, A. & Öhrström, E. (2010). “Quiet” courtyards: a potential modifier of urban residents’ responses to road traffic noise?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3359-3375.
- Hartig, T., A. van den Berg, C. Hagerhall, M. Tomalak, N. Bauer, R. Hansmann, A. Ojala, E. Syngollitou, G. Carrus, A. van Herzele, S. Bell, M. T. Camilleri Podesta, & G. Waaseth. (2011). Health Benefits of Nature Experience: Psychological, Social and Cultural Processes. In *Forests, Trees, and Human Health*, edited by K. Nilsson, M. Sangster, C. Gallis, T. Hartig, S. de Vries, K. Seeland, and J. Schipperijn, 127–168. Dordrecht: Springer.
- Hartig, T., M. Mang, & Evans, G. W. (1991). Restorative Effects of Natural Environment Experiences. *Environment and Behavior* 23 (1): 3–26. doi:10.1177/0013916591231001.
- Herranz-Pascual, K., Aspuru, I., Iraurgi, I., Santander, Á., Eguiguren, J.L. & García, I. (2019). Going beyond quietness: determining the emotionally restorative effect of acoustic environments in urban open public spaces. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(7), 1284.
- Hunter, M.D., Eickhoff, S.B., Pheasant, R.J., Douglas, M.J., Watts, G.R., Farrow, T.F.D. Hyland, D., Kang, J., Wilkinson, I.D., Horoshenkov, K.V., et al. (2010). The state of tranquility: Subjective perception is shaped by contextual modulation of auditory connectivity. *NeuroImage* 2010, 53, 611–618.
- IEA, The International Ergonomics Association. [www.iea.cc/](http://www.iea.cc/).
- Jabben, J., Weber, M., Verheijen, E. (2015) A framework for rating environmental value of urban parks. *Sci. Total Environ.* 508, 395–401.
- Jackson, L. E. (2003). The relationship of urban design to human health and condition. *Landscape and urban planning*, 64(4), 191-200.
- Jeon, J.Y., Hwang, I.H., Hong, J.Y. (2014). Soundscape evaluation in a Catholic cathedral and Buddhist temple precincts through social surveys and soundwalks. *J. Acoust. Soc. Am.* 2014, 135, 1863–1874.
- Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T.T., Brown, L.A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Lercher, P., Van Kamp, I., Genuit, K., Fiebig, A., et al. (2016). Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Build. Environ.*, 108, 284–294.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.
- Krause, B., Farina, A. (2016). Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. *Biol. Conserv.*, 195, 245–254.
- Krzywicka, P. & Byrka, K. (2017). Restorative qualities of and preference for natural and urban soundscapes. *Frontiers in Psychology*, 8, 1705.
- Largo-Wright, E., W.W.Chen, V. Dodd, & Weiler, R. (2011). Healthy Workplaces: The Effects of Nature Contact at Work on Employee Stress and Health. *Public Health Report* 1 (126): 124–130.
- Losiak, R. (2016). The soundscape as the city’s intangible heritage. Study, protection and restoration, intangible heritage of the city musealisation, preservation, education. *The Historical Museum of the City of Kraków, Kraków*, 61-72.
- Maffei, L., Masullo, M. and Oliviero, A. (2017). Quiet areas inside historical city centers. *Internoise 2017. Hong Kong, China*. 27 – 30 August 2017.



- Masullo, M., Özçevik Bilen, A., Toma, R. A., Akın Güler, G. & Maffei, L. (2021). The Restorativeness of Outdoor Historical Sites in Urban Areas Physical and Perceptual Correlations. *Sustainability*, 13(5603), 0–0.
- Matsinos, G. Y., Tsaligopoulos, A. & Economou, C. (2017). Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene. *Global NEST Journal*, 19 (4), 674 – 681.
- Mori, M., Horino, S., Kitajima, S., Ueyama, M., Ebara, T., Itani, T. (2008). Ergonomics solution for crossing collisions based on field assessment of visual environment at urban intersections in Japan. *Applied ergonomics*, 39(6), 697-709.
- Nielsen, H. W., Jørgensen, G. & Braae, E. (2016). Big cities – ‘quiet places’ tracing relationships between material and immaterial qualities of urban spaces. *Landscape Metropolis #2*, 3 (1).
- Payne, S. R. & Bruce, N. (2019). Exploring the relationship between urban quiet areas and perceived restorative benefits. *Int J Environ Res Public Health*, 16 (9).
- Rådsten-Ekman, M., Axelsson, Ö. & Nilsson, M. E. (2013). Effects of Sounds from Water on Perception of Acoustic Environments Dominated by Road-Traffic Noise. *Acta Acoustica united with Acustica*, 99(2), 218-225
- Rehan, R.M. The phonic identity of the city urban soundscape for sustainable spaces. *HBRC J.* 2016, 12, 337–349.
- Richardson, M., Maspero, M., Golightly, D., Sheffield D., Staples V., Lumber, R. (2017). Nature: a new paradigm for well-being and ergonomics, *Ergonomics*, 60:2, 292-305, DOI: 10.1080/00140139.2016.1157213
- Schafer R. M. (1977)a. *The tuning of the world*. McClelland&Stewart, Toronto.
- Schafer, R. M. (1977)b. *Our sonic environment and the soundscape: the tuning of the World*. DestinyBooks. Rochester. Vermont.
- Schafer, R. M. (1993) *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the World*. Destiny Books. Rochester. Vermont.
- Simpson, P. (2009). Failing on Deaf Ears: A Postphenomenology of Sonorous Presence. *Environ. Plan. A Econ. Space* 2009, 41, 2556–2575.
- Sona, B. (2017). *With all my senses: restorative environments through holistic sensory impressions*. PHD Thesis. Stuttgart: University of Hohenheim.
- Southworth, M. (1969). The sonic environment of cities. *Environ. Behav.* 49–70.
- Taghipour A. and Pelizzari E. (2019). Effects of background sounds on annoyance reaction to foreground sounds in psychoacoustic experiments in the laboratory: limits and consequences. *Appl. Sci.* 9, 1872.
- Tsaligopoulos, A., Karapostoli A., Radicchi, A., Economou, C., Kyvelou, S. and Matsinos, Y.G. (2021). Ecological connectivity of urban quiet areas: The case of Mytilene, Greece. *Cities Health*, 5, 20–32.
- Ulrich, R.S. (1993). Biophilia, Biophobia, and Natural Landscapes. *The Biophilia Hypothesis*. (Kellert, S.R. & Wilson, E.O. eds) p.73-137.
- url 1 <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-149935/kursunlu-camii-ve-kulliyesi.html>
- Votsi, N.-E.P., Kallimanis, A.S., Mazaris, A.D., Pantis, J.D. (2013). Integrating environmental policies towards a network of protected and quiet areas. *Environ. Conserv.* 2013, 41, 321–329.
- Watts, G.R., Pheasant, R.J. (2015). Tranquillity in the Scottish Highlands and Dartmoor National Park—The importance of soundscapes and emotional factors. *Appl. Acoust.* 2015, 89, 297–305.
- Wolf, K. L. (2003). *Ergonomics of the City: Green Infrastructure and Social Benefits*. In C. Kollin (ed.), *Engineering Green: Proceedings of the 11th National Urban Forest Conference*. Washington D.C.: American Forests.
- Zhang, Y., Kang, J. & Kang, J. (2017). Effects of soundscape on the environmental restoration in urban natural environments. *Noise and Health*, 19 (87). pp. 65-72.



## İstatistiksel Veri Analizi ile Çalışma Salonu Memnuniyet Ölçümü Üzerine Bir Uygulama

### An Application on Study Hall Satisfaction Measurement with Statistical Data Analysis

Semra Tebrizcik<sup>\*,1</sup>, Süleyman Ersöz<sup>1</sup>, Adnan Aktepe<sup>1</sup>, Barancan Uzun<sup>1</sup>, Buğrahan Yolbilir<sup>1</sup>,  
Erol Çağatay Güler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450 Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 14/11/2022

Kabul / Accepted: 23/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Bu çalışmada, bir üniversitede öğrencilerin kullandıkları çalışma salonu ergonomik faktörler dikkate alınarak, salonu kullanan öğrencilerin memnuniyeti analiz edilmeye çalışılmaktadır. Araştırmada örnekleme oluşturan öğrencilere anket uygulamasıyla 5'li likert ölçeği kullanılarak sorular hazırlanmış ve çevrimiçi ulaştırılmıştır. Anket soruları çalışma salonunda kullanılan masalar, sandalyeler, lavabolar gibi ortak kullanılan alanlar ve ekipmanlar, güvenlik açısından kamera sistemleri ve güvenliği, teknolojik anlamda yeterliliği, ders çalışmaya uygun sessizliği, ışıklandırılmaları, temizliği, özellikle günümüzde önemi artan çalışma salonunun havalandırma sistemi, sıcaklığı, öğrencilerin oturma alanlarının yeterliliği ve randevu sisteminin kullanılabilirliği koşulları için öğrencilerin memnuniyetlerini sorgulamak üzere 8 soru hazırlanmıştır. Anket verileri SPSS paket programına aktarılıp Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz yöntemleri, Faktör Analizi, Korelasyon ve Çoklu Regresyon analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlar çalışma salonundaki memnuniyetsizliğin büyük ölçüde teknolojik yetersizlik ve temizlik koşullarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Analiz sonuçları doğrultusunda ortaya çıkan yetersizlikler ve çözüm yolları çalışma salonu yetkilileriyle değerlendirilerek yapılabilecek iyileştirme önerileri görüşülüp çözümün uygulanması için takvim oluşturulmuştur.

#### Anahtar Kelimeler

“Çalışma Salonu, Memnuniyet Ölçümü, Çalışma ortamı, İyileştirme”

#### Abstract

In this study, it is tried to analyze the satisfaction of the students using the study hall in a university, taking into account the ergonomic factors. Questionnaires were prepared using a 5-point Likert scale and sent online to the students who formed the sample in the research. Questionnaire questions include common areas and equipment such as tables, chairs, washbasins used in the study hall, camera systems and security in terms of security, technological competence, silence suitable for study, lighting, cleanliness, ventilation system, temperature, seating of students 8 questions were prepared to question the satisfaction of the students regarding the adequacy of their fields and the availability of the appointment system. The survey data were transferred to the SPSS package program and the results were evaluated by performing Multivariate Statistical Analysis methods, Factor Analysis, Correlation and Multiple Regression analyzes. The results reveal that dissatisfaction in the study room is largely due to technological inadequacy and cleaning conditions. The inadequacies and solutions that emerged in line with the results of the analysis were evaluated with the study hall officials, and possible improvement suggestions were discussed and a calendar has created for the implementation of the solution.

#### Key Words

“Study Hall, Satisfaction Measurement, Work Environment, Improvement”

## 1. Giriş

Çalışma salonu birçok öğrencinin bulunduğu, bireysel olmayan bir alandır. Bu nedenle toplu çalışma bilinci de bu konuda çok önemlidir. Öğrencinin çalışma bilinciyle gelmesi ve zamanını verimli şekilde geçirmesi yine öğrenciye bağlıdır. Fakat ortamın motive eden faktörlerinin olması, öğrenciyi harekete geçirip çalışmaya olan ilgisini artıracaktır. Bunun için yapılması gerekenler hem fiziksel hem de mental açıdan önem arz etmektedir. Çalışma salonları öğrenciler tarafından çok fazla rağbet edilen alanlardır. Özellikle sınav haftaları tamamen dolu olan bu salonlarda yer bulma ve teknolojik aletlerden yararlanamama sorunları öğrencilerin yaşadığı başlıca problemlerdendir. Ergonomi bilimi, insanın iş ortamı ve çevresi ile uyumunu dikkate alarak etkinliğini artırmayı amaçlaması olarak düşünüldüğünde, çalışma salonları için ortam gürültüsüz, temiz, konforlu, sıcaklığı optimum düzeyde, ışıklandırması yeterli, elektronik gereçlerin ihtiyacı karşılayacak format ve sayıda olması gerekmektedir.

Bu çalışmada bir üniversitedeki öğrencilerin kullanmış oldukları çalışma salonu ergonomik faktörler dikkate alınarak, memnuniyeti çeşitli istatistiksel analizler ile incelenmeye çalışılmaktadır. Elde edilen veriler ile öğrencilerin demografik özellikleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada öğrencilerin memnuniyet düzeylerine etki eden durumlar üzerinde analizler yapılarak Konfor ve Temizlik Faktörü ve Ders Çalışma Ortamı Faktörü olmak üzere 2 faktör elde edilmiştir. Elde edilen faktörler ile genel memnuniyet düzeyleri arasında karşılaştırmalar yapılmış ve yorumlanmıştır.

Makalenin giriş bölümünü takip eden 2. bölümde literatürde öğrenci memnuniyetini ölçmek amacıyla yürütülmüş çalışmalar anlatılmaktadır, 3. bölümde analizler için kullanılan yöntemler anlatılmaktadır, 4. bölümde ise çalışmanın uygulama kısmı yer alarak, yapılan analizlerine ve bulgulara yer verilmektedir, 5. Bölümde ise analiz sonuçlarına yer verilerek değerlendirmeler yer almaktadır.

## 2. Literatür Araştırması

Altaş (2006), Marmara Üniversitesinde eğitim gören öğrencilerin fakülteleri, bölümleri ve öğretim elemanları hakkındaki memnuniyetlerini incelemek amacıyla araştırma yapmıştır. Çalışmada veriler 500 öğrenciye anket uygulanarak elde edilmiştir. Elde edilen bu verilere SPSS programında Diskriminant analizi ve Betimleyici istatistik analizleri uygulanmıştır. Sonuçlar fakültenin fiziki koşullarının daha fazla iyileştirilmesi, ders programlarının ve müfredatın yenilenmesi ve öğretim elemanlarının çalışmaya teşvik edilmesi gerektiği yönünde olmuştur.

Çavdar (2009), Gazi Üniversitesinde eğitim gören İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencilerinin emnuniyet derecelerini ölçmek için analizler yapmıştır. Çalışmada anakütle temsil eden 361 örneğin incelenmesi yeterli görülmüştür. Elden edilen veriler ile SPSS programında Ki-Kare Bağımsızlık testi, Korelasyon ve Faktör analizi uygulamaları yapılmıştır. Sonuçlar belirtilen kalite faktörlerinin tümünün öğrenciler tarafından önemli olarak değerlendirildiğini göstermiştir. Çalışmada genel olarak fakülte, yeterlilik açısından iyi, tutum açısından yetersiz diğer kalite faktörleri için ise normal olarak değerlendirilmiştir.

Yangın ve Kırca (2013), Antalya Sağlık Yüksekokulu Hemşirelik öğrencilerinin memnuniyet durumlarını etkileyen faktörleri incelemek amacıyla analizler yapmışlardır. Çalışma 262 öğrenci ile yapılmış olup veriler anket uygulamasıyla elde edilip istatistiksel analizler için SPSS programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için Kruskal- Wallis testi ve Mann Witney U test yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar öğrencilerin memnuniyet düzeylerinin en iyi olduğu alanların; eğitim öğretimin niteliği ve öğretim elemanları olduğunu göstermiştir.

Altıntaş (2014), Çukurova Üniversitesi öğrencilerinin öğrenim gördükleri yükseköğretim kurumuna yönelik hizmet kalitesi algılarını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada hizmet kalitesinin öğrenci memnuniyeti üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla SERVQUAL modeli kullanılmıştır. Uygulama 100 üniversite öğrencisi tarafından doldurulan anketler vasıtasıyla toplanılmıştır. Sonuçlar eğitimde hizmet kalitesi ile memnuniyet arasında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığını göstermiştir. Bunun içinde memnuniyeti artırmak ve fiziki unsurlara hassasiyet gösterilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Doğan, Gültekin, Yağmur ve Dinçel (2015) çalışmalarında Akdeniz Üniversitesi Turizm Fakültesi'nde lisans düzeyinde turizm eğitimi alan öğrencilerin, aldıkları yabancı dil eğitimine yönelik memnuniyet düzeylerini araştırmışlardır. Bu amaçla anket çalışmasıyla 170 öğrenciden uygulama verileri elde edilmiştir. Elde edilen bu verilere Kolmogorov Smirnov, Kruskal Wallis testi ve Korelasyon analizleri uygulanmıştır. Çalışmanın turizm öğrencileri ve akademisyenlerinin yabancı dil konusunda farkındalık düzeylerini arttırmalarına ve araştırma etkinliklerine fayda sağlayacağı vurgulanmıştır.

Şenkal Sezer ve Vural Arslan (2016) çalışmalarında Uludağ Üniversitesi yerleşkesinde yer alan mimarlık bölümü binasında kullanıcıların fiziksel çevre (ısıtma, havalandırma, aydınlatma vb.) kontrolü kapsamında ortamlarla ilgili beklentileri tespit etmek ve bu beklentileri ne ölçüde karşılandığını belirlemek amacıyla analizler yapmıştır. Anket 100 öğrenciye ve 20 öğretim elemanına uygulanmıştır. Çalışma mekan kullanımında öğrenciler ve öğretim elemanları için önemli olan kriterleri tespit etmek ve binanın ihtiyaç duyulan performans koşullarını yerine getirmesine olanak sağlamaktadır.

İmamoğlu (2016) Niğde Üniversitesinde yer alan bazı fakültelerdeki lisans öğrencilerinin aldıkları hizmetlerle ilgili çeşitli konulardaki memnuniyet düzeylerini inceleyip üniversitenin performans ve başarı göstergelerinden birisini belirlenmeye çalışmıştır. Hazırlanan ankette öğrencilerin aldıkları hizmetlerle ilgili konulardaki memnuniyet düzeylerinin incelenmesi amacıyla anket ifadeleri

hazırlanmıştır. Çalışmada toplam 400 öğrenciden anket yoluyla elde edilen veriler kullanılmıştır. Anketler SPSS programı ile analiz edilmiştir. Analizler için Faktör, Varyans ve Tanımlayıcı İstatistik analizlerini uygulamışlardır. Çalışmanın Niğde Üniversitesi dışında diğer üniversitelerin öğrenci memnuniyetine dayalı performanslarını iyileştirme yönünde yapılacak çalışmalarda uygulanabilir olacağıda vurgulanmıştır.

Aydar (2020) İstanbul'da bulunan vakıf üniversitelerinde hizmet kalitesi ile öğrencilerin beklentilerinin ne düzeyde karşılandığını ölçmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın örneklemini vakıf üniversitelerinden rasgele seçilen 115 öğrenci oluşturmakta olup anket uygulamasıyla elde edilen verilere Faktör ve Varyans analizleri yapılmıştır. Sonuçlar okulun sunduğu fiziki şartların dış görünüm, derslik, ve laboratuvar, sıcaklık ve aydınlatma, ders araç gereçleri, bilgi kaynaklarının sunumu ve erişilebilir olması, çalışanların sunduğu hizmet kalitesi gibi hizmetlerin kalitesi arttıkça beklenti karşılama düzeyi arttıracak sonucuna ulaşmıştır.

Japorava ve Demirtaş (2020) çalışmalarında Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesinde yapmış oldukları öğrenci memnuniyeti anket çalışmasının amacı eğitim fakültesi öğrencilerinin öğretim elemanları, danışmalık hizmeti, yönetim, kaynaklar, okul olanakları, bilgisayar olanakları, ders programları dersliklerin konforu ile ilgili memnuniyet düzeyinin araştırılmasıdır. 473 öğrenciye uygulanan anket ile elde edilen verilere bağımsız örnekler t-testi ve ANOVA analizleri yapılmıştır.

Adın ve Yağmur (2021) İstanbul'da bulunan bir vakıf üniversindeki iki adet derslik kapsamında yapılan yerinde tespit, anket ve görüşmelerden elde edilen veriler ile dersliklerin fiziksel konfor koşullarını araştırmışlardır. Çalışma 20 denek üzerinden yürütülmüştür. Çalışma 2 aşamada yürütülmüş olup birinci aşamasında seçilen ortamların hacim ve alanı, görsel konfor parametrelerinde gözönüne alınarak yapay ve doğal aydınlatma özellikleri ile nesnelerin yüzeylerindeki renk ve malzeme özellikleri belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında sıcaklık konfor koşullarının sağlanmasına ile havalandırma koşulları ve pencere tipi seçimleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar fiziksel konfor koşullarının eğitim-öğretim faaliyetleri ile çalışma verimliliğini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada bir üniversitedeki öğrencilerin kullanmış oldukları çalışma salonu ergonomik faktörler dikkate alınarak, memnuniyeti çeşitli istatistiksel analizler ile incelenmeye çalışılmaktadır. Elde edilen veriler ile öğrencilerin demografik özellikleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada öğrencilerin memnuniyet düzeylerine etki eden durumlar üzerinde analizler yapılarak Konfor ve Temizlik Faktörü ve Ders Çalışma Ortamı Faktörü olmak üzere 2 faktör elde edilmiştir. Elde edilen faktörler ile genel memnuniyet düzeyleri arasında karşılaştırmalar yapılmış ve yorumlanmıştır.

### 3. Yöntemler

#### 3.1 Örneklem büyüklüğünün hesaplanması

Örneklem büyüklüğü, hata aralıklarını, tahminlerin duyarlılık derecesini ve hipotez testlerinin istatistiksel açıdan güçlülüğünü etkilemektedir (Fan ve Wang, 1999). Çalışmada kullanılacak veriler örnek sayısı (n) Eşitlik 1'de gösterilen formülasyon ile bulunmuştur (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2014).

**N:** Anakütlerdeki birey sayısı

**n:** Örneklem alınacak birey sayısı

**p:** İncelenecek olayın görüş sıklığı

**q:** İncelenecek olayın görülme sıklığı

**z:** Z tablosunda bulunan teorik değer

**d:** Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen sapma miktarı

$$n = \frac{N * p * q * z^2}{(N - 1) * d^2 + p * q * z^2} \quad \text{Eşitlik 1}$$

#### 3.2 Betimsel istatistik analizi

Sayısal verilerin toplanması, betimlenmesi ve sunulmasını sağlayan yöntem ve teknikleri kapsamaktadır. Çok sayıdaki gözlemleri özetlemek, organize etmek ve azaltmak için kullanılan bir tanımlayıcı istatistik yöntemidir.

#### 3.3 Güvenilirlik analizi

Güvenilirlik analizi, bir ölçek türüne göre hazırlanmış olan anket ifadelerinin tutarlılığını ölçmekte kullanılan analiz yöntemidir. Burada ölçeğe uygun olarak sıralanabilen anket ifadelerinin tutarlılığı ölçülür. Analiz için Cronbach Alpha ( $\alpha$ ) katsayısı kullanılmaktadır. Anket ölçeğinin güvenilir kabul edilmesi için Cronbach Alpha ( $\alpha$ ) değerinin en az 0.70 olması gerekmektedir (Gürbüz ve Şahin, 2016).

**Tablo 1.** Cronbach Alpha ( $\alpha$ ) Değişim Aralığı

Değişim Aralığı	Ölçeğin Güvenilirliği
$0 < \alpha < 0.5$	Güvenilir Değil
$0.5 < \alpha < 0.6$	Güvenilirlik derecesi kötü
$0.6 < \alpha < 0.7$	Güvenilirlik şüpheli
$0.7 < \alpha < 0.8$	Orta düzeyde güvenilirlik
$0.8 < \alpha < 0.9$	İyi düzeyde güvenilirlik
$0.9 < \alpha < 1.0$	Mükemmel düzeyde güvenilirlik

### 3.4 T testi

T testi, “iki gruba ait olan ortalamaların birbirinden farklı olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan bir istatistiksel analiz yöntemidir. Temel varsayımları; karşılaştırılacak olan grupların birbirinden bağımsız olmaları, bu gruplardan elde edilen ölçümlerin en az eşit aralıklı ölçek düzeyinde ölçülmüş olmaları, her bir grupta ölçümlerin normal dağılım gösteriyor olmalıdır” (Erdoğan, 2009).

### 3.5 Faktör analizi

Faktör analizi, birbiriyle korelasyona sahip çok sayıda değişkeni bir araya getirerek az sayıda korelasyona sahip olmayan ve kavramsal olarak anlamlı yeni değişkenler (faktörler, boyutlar) bulmayı amaçlayan çok değişkenli bir istatistik analiz yöntemidir (Erdoğan, 2009).

### 3.6 Korelasyon analizi

Korelasyon analizi, “iki değişken arasında ilişki olup olmadığını ilişki varsa bu ilişkinin yönünü, şiddetini belirlemek için yapılan analiz yöntemidir. Korelasyon analizi sonucu hesaplanan korelasyon katsayısı ( $r$ ), -1 ile 1 arası değer alabilir. Katsayı değeri 1 olursa iki değişken arasında mükemmel bir doğrusal ilişkinin olduğunu gösterirken katsayının -1 olması değişkenler arasında mükemmel bir ilişki olduğunu fakat ilişkinin yönünün ters olduğu anlamına gelmektedir” (Erdoğan, 2009).

**Tablo 2.** Korelasyon Değişim Aralığı

Değişim aralığı	Korelasyon
$0 < r < 0.25$	Çok zayıf
$0.26 < r < 0.49$	Zayıf
$0.50 < r < 0.69$	Orta şiddette
$0.70 < r < 0.89$	Yüksek
$0.90 < r < 1$	Çok Yüksek

### 3.7 Regresyon analizi

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkisini kurmamızı sağlayan istatistiksel bir analiz yöntemidir. Doğrusal regresyon  $y$  ile gösterilen sayısal bir bağımlı değişkenle  $x$  olarak ifade edilen bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modelleme yaklaşımıdır. Regresyon modelindeki bağımsız değişken sayısı bir ise model basit doğrusal regresyon olarak tanımlanmaktadır. Modeldeki bağımsız değişken sayısı birden fazla ise çoklu doğrusal regresyon olarak tanımlanır. Doğrusal regresyonda bağımlı değişken ( $y$ ) sayısal bir değişken olmak zorundadır (Kılıç, 2013).

## 4. Uygulama

Bu çalışmada bir üniversitedeki öğrencilerin kullanmış oldukları çalışma salonu ergonomik faktörler dikkate alınarak, memnuniyeti çeşitli istatistiksel analizler ile incelenmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında üniversitedeki Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencileri rassal olarak değerlendirmeye alınmış ve hazırlanan anket öğrencilere uygulanarak veriler toplanmıştır. Anket soruları oluşturulurken literatürden ve öğrenci görüşlerinden faydalanılmıştır. Anket formu iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde cinsiyet ve yaş gibi demografik özellikler sorulmuştur. İkinci bölümde ise çalışma salonunun öğrenci memnuniyetine etki eden faktörlerine yönelik anket ifadeleri hazırlanmıştır. Anket verileri SPSS paket programına aktarılıp Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz yöntemleri, Faktör Analizi, Korelasyon ve Çoklu Regresyon analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen veriler ile öğrencilerin demografik özellikleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmada öğrencilerin memnuniyet düzeylerine etki eden durumlar üzerinde analizler yapılarak Konfor ve Temizlik Faktörü ve Ders Çalışma Ortamı Faktörü olmak üzere 2 faktör elde edilmiştir. Elde edilen faktörler ile genel memnuniyet düzeyleri arasında karşılaştırmalar yapılmış ve yorumlanmıştır.

### 4.1. Bulgular

Yapılan çalışmada betimsel istatistik analizi, güvenilirlik analizi, örneklem büyüklüğü belirlenmesi, T testi, faktör analizi, korelasyon analizi ve regresyon analizi yöntemleri kullanılarak elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Örneklem büyüklüğü belirlenmesinde örneklem büyüklüğü belirleme formülü kullanılmıştır. Betimsel istatistik sonuçları cinsiyet ve yaşa göre değerlendirilmiştir. Faktör

analizi yöntemi ile iki boyut oluşturulmuştur. T testi sonuçları, regrasyon ve korelasyon analizi sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre iyileştirme önerileri yapılmıştır.

#### 4.1.1 Anket

Çalışmada anket yöntemi, çok miktarda veri toplama imkanı sağlaması, maliyet olarak ekonomik olması ve elde edilen verilerin sayısal olarak ifade edilebilmesi sebebiyle tercih edilmiştir. Değerlendirme 5'li likert ölçeği derecelendirilerek yapılmıştır ve 8 maddeden oluşmaktadır. Verilerin analizinde SPSS 15,0 ( Statistical Package for the Social Sciences ) istatistik paket programı kullanılmıştır (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2014). Ölçeklendirmeye göre “5 = Kesinlikle katılıyorum”, “4 = Katılıyorum”, “3 = Orta düzeyde katılıyorum”, “2 = Katılmıyorum”, “1 = Kesinlikle katılmıyorum” anlamına gelmektedir. Değerlendirmeye yardımcı olmak amacıyla ayrıca değerlerin aritmetik ortalaması da hesaplanmış ve memnuniyet ortalaması olarak ele alınmıştır. Hesaplanan bu değer 3'ün üzerindeyse bu genel bir memnuniyet ifadesi, 3'ün altında bir değer ise genel bir memnuniyetsizlik ifadesi olarak değerlendirilmiştir (Turan ve Ünsel, 2014).

#### 4.1.2 Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi

2022-2023 eğitim-öğretim yılında bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği bölümünde öğrenim gören 700 öğrenci araştırma evrenini oluşturmaktadır. Rastgele örnekleme yöntemi ile araştırmanın örnekleme belirlenmiştir. Rassal olarak değerlendirmeye alınmış olan Endüstri Mühendisliği bölümü öğrencileri ve hazırlanan anket ile 114 katılımcıya ulaşılarak uygulama verileri toplanmıştır. 700 öğrenci için hazırlanan örneklem büyüklüğünde güvenilirlik payı %95 olarak alınmıştır. Eşitlik 2'de örneklem büyüklüğünün hesaplanması sonucunda 113 kişiye anketin yapılabileceği görülmüştür.

$$n = \frac{700 * 0,30 * 0,70 * 1,96}{(700 - 1) * 0,05^2 + 0,30 * 0,70 * 1,96^2} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$n = 113$$

#### 4.1.3 Betimsel istatistik sonuçları

Yapılan ankette katılımcıların %51,75'ini kadınlar, %48,25'ini erkekler oluşturmaktadır. Anket toplam 114 katılımcıyla gerçekleştirilmiştir.

Ankete katılanların %87,72'si 18-24 yaş arası, %12,28'i de 24 yaş üstüdür. Görüldüğü üzere 18-24 yaş arası kullanıcı çoğunluktadır.

**Tablo 3.** Demografik Özellikler

	Demografik Özellikler	Frekans	Yüzde %
<b>Cinsiyet</b>	Kadın	59	51,75
	Erkek	55	48,25
	Toplam	114	100
<b>Yaş</b>	18-24	100	87,72
	24+	14	12,28
	Toplam	114	100

#### 4.1.4 Güvenilirlik testi

Uygulamanın yapıldığı bir üniversiteye ait Çalışma Salonu Kullanım Memnuniyet Ölçümü Anket 'inin güvenilirlik testi sonucu  $\alpha$  değeri 0,849 olarak bulunmuştur. Cronbach Alpha testinde  $0.8 < \alpha < 0.9$  iyi düzeyde güvenilirlik anlamına gelmektedir. Böylelikle yapılan ankette ifadelerin iç tutarlılığının yüksek olduğu yani iyi düzeyde güvenilirliğe sahip olduğu sonucu elde edilmiştir.

**Tablo 4.** Cronbach Alpha Güvenilirlik Testi Sonucu

Cronbach Alpha	Madde Sayısı
0,849	8

#### 4.1.5 Faktör analizi sonuçları

Faktör analizi sonucunda 2 boyut oluşmuştur. Bu boyutlar anket ifadelerine göre şu şekilde gruplandırılmıştır:

- Konfor ve Temizlik Faktörü
- Ders Çalışma Ortamı Faktörü

Faktör analizi sonucu oluşturulan boyutlara ait sorular incelendiğinde 1. faktörün çalışma öncesinde ve 2. faktörün ise çalışma sırasına ait durumlar olduğu söylenebilir.

**Tablo 5.** Faktör Analizi Bileşen Matrisi

Verilen değerlendirme ifadeleri	Dönüştürülmüş Bileşen Matrisi	
	Bileşen	
<b>M1:</b> Çalışma salonu teknolojik anlamda yeterlidir.	0,893	-0,074
<b>M2:</b> Çalışma salonunun masa ve sandalyeleri konfor açısından uygundur.	0,720	0,411
<b>M3:</b> Çalışma salonu temizdir.	0,579	0,524
<b>M4:</b> Çalışma salonunun ışıklandırması, ders çalışma ortamına uygundur.	0,557	0,578
<b>M5:</b> Çalışma salonu havalandırması yeterlidir.	0,702	0,350
<b>M6:</b> Çalışma salonu çalışmak için yeterli sessizliktedir.	0,188	0,766
<b>M7:</b> Çalışma salonu güvenlik açısından (Kamera sistemleri - Güvenlik) yeterlidir.	0,180	0,668
<b>M8:</b> Çalışma salonu yaz-kış sıcaklığı uygundur.	0,121	0,756

#### 4.1.6 T-Testi sonuçları

En az iki gruba ait ortalama arasındaki farkın anlamlılığını test etmede kullanılır. Memnuniyet ortalaması iki grup (kadın ve erkek) için farklılık gösteriyor mu? Bunun cevabını öğrenmek için T-Testi uyguladık. Cinsiyete göre genel sorulara olan memnuniyete bakılacak olursa, katılımcılar hem erkek hem de kadın olmak üzere ortalama bir memnuniyete sahip oldukları görülmektedir.

**Tablo 6.** T- Testi Cinsiyete Göre Memnuniyet Ortalaması

	Cinsiyetiniz nedir?	N	Ortalama	Standart sapma	p
Memnuniyet Ortalaması	Kadın	59	3,1146	0,80236	0,331
	Erkek	55	2,9640	0,84323	

$H_0$  = “Öğrencilerin memnuniyet algıları cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.”

$H_1$  = “Öğrencilerin memnuniyet algıları cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.”

$p > 0,05$  olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilemez.

Yukarıdaki tabloya göre t testi sonucunda oluşturulan  $H_0$  hipotezinde yer alan “Öğrencilerin memnuniyet algıları cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.” ifadesi reddedilemeyeceğinden dolayı bu ankette memnuniyet algısı cinsiyetlere göre anlamlı bir farklılık göstermez.

**Tablo 7.** Faktör Analizi

Verilen değerlendirme ifadeleri	Dönüştürülmüş Bileşen Matrisi	
	Konfor ve Temizlik	Ders Çalışma Ortamı
<b>M1:</b> Çalışma salonu teknolojik anlamda yeterlidir.	*	
<b>M2:</b> Çalışma salonu konfor açısından uygundur.	*	
<b>M3:</b> Çalışma salonu temizdir.	*	
<b>M4:</b> Çalışma salonunun ışıklandırması, ders çalışma ortamına uygundur.		*
<b>M5:</b> Çalışma salonu havalandırması yeterlidir.	*	
<b>M6:</b> Çalışma salonu çalışmak için yeterli sessizliktedir.		*
<b>M7:</b> Çalışma salonu güvenlik açısından yeterlidir.		*
<b>M8:</b> Çalışma salonu yaz-kış sıcaklığı uygundur.		*

#### 4.1.7 Korelasyon analizi sonuçları

Yapılan korelasyon analizlerinde Temizlik ile Işıklıdırma arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. (0,505\*\*)

**Tablo 8.** Temizlik ile Işıklıdırmanın Korelasyon Analizi

		Temizlik	Işıklıdırma
Temizlik	Pearson Korelasyonu	1	0,505**
	Anlamlılık	114	0,000
	N		114
Işıklıdırma	Pearson Korelasyonu	0,505**	1
	Anlamlılık	0,000	114
	N	114	

Aşağıdaki korelasyon analizinde Temizlik ile konfor arası ilişki tespit edilmiştir. (0,591\*\*)

**Tablo 9.** Temizlik İle Konforun Korelasyon Analizi

		<b>Temizlik</b>	<b>Konfor</b>
Temizlik	Pearson Korelasyonu	1	0,591**
	Anlamlılık	114	0,000
	N		114
Konfor	Pearson Korelasyonu	0,591**	1
	Anlamlılık	0,000	114
	N	114	

Aşağıdaki korelasyon analizinde havalandırma ile ışıklandırma arasındaki ilişkiyi göstermektedir. (0,608\*\*)

**Tablo 10.** Havalandırma İle Işıklandırmanın Korelasyon Analizi

		<b>Havalandırma</b>	<b>Işıklandırma</b>
Havalandırma	Pearson Korelasyonu	1	0,608**
	Anlamlılık	114	0,000
	N		114
Işıklandırma	Pearson Korelasyonu	0,608**	1
	Anlamlılık	0,000	114
	N	114	

Yapılan korelasyon analizlerine göre Havalandırma ve Işıklandırma değişkenleri arasında en fazla ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. (0,608\*\*)

#### 4.1.8 Regrasyon analizi

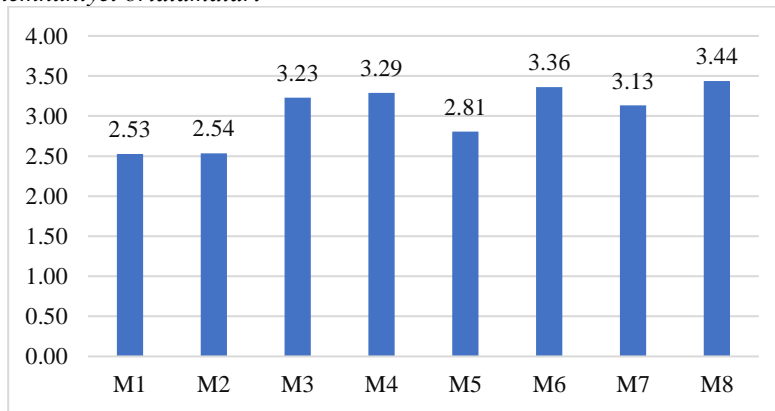
**Tablo 11.** Regrasyon Analizi Sonuçları

<b>Model</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	<b>Tahminin Standart Hatası</b>
1	0,670	0,449	0,438	0,94713

Model özeti tablosundaki R<sup>2</sup> değeri bağımsız değişkenler durumundaki Temizlik ve Havalandırmanın, bağımlı değişken durumundaki Konfor değişkenine ait varyansı % 45 oranında açıkladığı ifade edilir.

Konfor, Temizlik ve Havalandırma koşullarına ilişkin anket ifadeleri (M2, M3 ve M5) ile yapılan regresyon analizi sonuçlarına baktığımızda Konfor koşullarına ilişkin değişkeninin % 45 oranında Temizlik ve Havalandırma koşullarına ilişkin tanımlanan anket ifadelerine bağlı olduğu söylenebilir.

#### 4.1.9 Anket ifadelerine göre memnuniyet ortalamaları

**Şekil 1.** Anket Memnuniyet Ortalamaları

Anket ifadelerine göre memnuniyet ortalamaları her bir ifade için incelendiğinde M3, M4, M6, M7 ve M8 (Temizlik, Işıklandırma, Gürültü, Güvenlik ve Sıcaklık) ortam koşullarının 3'ün üzerinde ortalama değeri ile orta düzeyde bir memnuniyet düzeyine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



**Tablo 12.** Faktörlere İlişkin Ortalamalar

	<b>Ortalama</b>
<b>Genel Memnuniyet</b>	3,04
<b>Konfor ve Temizlik Faktörü</b>	2,77
<b>Ders Çalışma Ortamı Faktörü</b>	3,30

Genel memnuniyet ortalaması; elde edilen faktör ortalamalarıyla karşılaştırıldığında Konfor ve Temizlik faktörünün ortalamasından yüksek, Ders Çalışma Ortamı faktörünün ortalamasından daha düşük bir ortalamaya sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Faktör analizi sonucu iki tane boyut ortaya çıkmıştır. Bunlar konfor, temizlik faktörü ve ders çalışma ortamı faktörleridir. Likert ölçekli soruların dört tanesi konfor ve temizlik faktörüne aitken diğer dört tanesi ise ders çalışma ortamı faktörüne aittir. Faktörlere ilişkin ortalamalara baktığımızda ve genel memnuniyet ortalaması ile kıyasladığımızda konfor ve temizlik faktörünün ortalaması genel memnuniyet ortalamasından daha azdır. Ders çalışma ortamı faktörünün ortalaması ise genel memnuniyet ortalamasından daha fazladır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği bölümünde öğrenim gören öğrencilerin kullanmış oldukları çalışma salonu ergonomik faktörler dikkate alınarak, memnuniyetleri analiz edilmeye çalışılmıştır. Uygulamada kullanılan anket çalışmasının güvenilirlik testi için Cronbach Alpha testi ve elde edilen verilerin analiz edilmesi aşamasında ise çeşitli istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Güvenirlik testi sonucu  $\alpha$  değeri 0,849 olarak bulunup iyi düzeyde bir güvenilirliğe sahip olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan korelasyon analizlerine göre Havalandırma ve Işıklandırma değişkenleri arasında en fazla ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir. Anket ifadelerinin her biri için yapılan memnuniyet ortalaması değerlendirmesinde ise diğer ele alınan koşullara kıyasla öğrencilerin ortamının sıcaklık koşullarından daha memnun oldukları gözlemlenmiştir. İstatistiksel analizler sonucu genel olarak öğrencilerin çalışma salonundan aldıkları hizmetlerin; Temizlik, Işıklandırma, Gürültü, Güvenlik ve Sıcaklık ortam koşullarından orta düzeyde bir memnuniyete sahip olduğu söylenebilir. Teknoloji olanakları, Konfor ve Havalandırma şartlarından ise genel bir memnuniyetsizlik durumunun olduğu dolayısıyla motivasyonlarının düşmesine neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak çalışmamız kapsamında elde ettiğimiz bulgulara göre ders çalışma ortamı açısından öğrenci memnuniyetinin daha yüksek düzeylerde olmasını sağlamak için özellikle çalışma salonunun mevcut fiziki koşullarının iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda ankete katılım sağlayan kişi sayısının artırılarak çalışma salonuna ait farklı değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi ve farklı istatistiksel analiz yöntemlerin kullanılmasıyla birlikte daha anlamlı ve fayda sağlayacak sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

Adın, M. S. & Yağmur, Ş. (2021), Yükseköğretim kurumları dersliklerinde fiziksel konfor koşullarının değerlendirilmesi ve öğrenci memnuniyeti açısından sorgulanması, ABMYO Dergisi, 16(62), 157- 187.

Akdağ, M. (2011). SPSS'de İstatistiksel Analizler, Malatya.

Altaş, D. (2006). Üniversite öğrencileri memnuniyet araştırması, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 11(1), 439-458.

Aydar, S. (2020). İstanbul bölgesinde vakıf üniversite öğrencilerinin hizmet kalitesinden memnuniyet ölçümü üzerinde bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi.

Çavdar, E. (2009), Yüksek öğretimde hizmet kalitesi unsurları ve bir uygulama Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 2(2), 100-115.

Demir, E. (2019). Örneklem kuramı, Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ölçme ve değerlendirme anabilim dalı, Ankara Şubat.

Erdoğan, H.T. (2009). Bireysel kariyer planlama ile kişisel başarı arasındaki ilişkiye yönelik dumlupınar üniversitesinde bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, S.B.E., Kütahya.

Gültekin, S. Doğan, O. Yağmur, Y. & Dinçel, A. (2015). Lisans düzeyinde turizm eğitimi alan öğrencilerin yabancı dil eğitimine yönelik memnuniyet düzeylerinin incelenmesi: Akdeniz Üniversitesi Turizm Fakültesi Örneği. 16. Ulusal Turizm Kongresi Bildirileri Kitabı, 126-144.

Gürbüz, S. & Şahin, F. (2016). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. (3.Baskı), Ankara: Seçkin Yayıncılık.

- İmamoğlu, Y. (2016), Üniversitelerde öğrencilerin aldıkları hizmetlerle ilgili memnuniyet düzeyleri: Niğde üniversitesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi.
- Jafarova, M. & Demirtaş, Z. (2020). Eğitim fakültelerinde öğrenci memnuniyeti (Sakarya Üniversitesi Örneği), Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20(2), 175-193.
- Kandemir H. (2015). Investigation of factors which affecting student satisfaction by structural equation model, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(13), 447-461.
- Kılıç, S. (2013). Doğrusal regresyon analizi, Journal of Mood Disorders, 3(2), 90-92.
- Sezer, F. Ş. & Vural Arslan, T. (2016), The evaluation of physical space quality in education buildings in regard to user satisfaction, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 21(2), 25-42.
- Şenkal Sezer, F. (2015). Kullanıcı memnuniyetinin konfor koşulları açısından değerlendirilmesi: bir eğitim binası örneği, Trakya University Journal of Engineering Sciences, 16(1), 11-19.
- Turan, A.H. & Ünsel A. (2014). Üniversite öğrencilerinin yurt memnuniyetleri anketi, Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 2(4), 91-100.
- Yangın, H. & Kırca N. (2013), Antalya sağlık yüksekokulu hemşirelik öğrencilerinin memnuniyet düzeyleri ve etkileyen faktörler, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(1), 78-94.
- Yazıcıoğlu, Y. & Erdoğan, S. (2014). SPSS uygulamalı bilimsel araştırma yöntemleri, 4. Baskı Ankara: Detay Yayıncılık.



## Hava Trafik Kontrolörü Adaylarının Gerçek Zamanlı Simülasyon Senaryolarındaki Hata Sayıları ve Performans Skorlarının İncelenmesi

### Investigation of Error Numbers and Performance Scores of Air Traffic Controller Candidates in Real-time Simulation Scenarios

Ebru Yazgan<sup>1</sup> , Fulya Aybek Çetek<sup>2</sup> , Deniz Şimşek<sup>3</sup> , Nazım Ata<sup>4</sup> , Nihal Erginel<sup>5</sup> , Seçkin Tuncer<sup>6</sup> ,  
Barış Karabayrak<sup>1\*</sup> , Ahmet Aydın<sup>7</sup> , Kadir Dönmez<sup>8</sup> , Çağla Yıldızlar<sup>2</sup> , Tuğçe Toktay<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Hava Trafik Kontrol Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>4</sup>Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi Başkanlığı, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>5</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>6</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>7</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>8</sup>Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Bakım ve Onarım Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 16/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Bu çalışmada, hava trafik kontrol simülasyon eğitimini almış ve almamış (deneyimli/deneyimsiz) iki farklı grubun zihinsel iş yükleri, farklı zorluk seviyesindeki egzersizler boyunca incelenmiştir. Simülasyon öncesi katılımcıların reaksiyon süreleri değerlendirilmiş ve iki grup arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. İkinci aşamada, reaksiyon süreleri homojen olan bu grupların simülasyon senaryolarında yaptıkları hata sayıları ve performans skorları kıyaslanmıştır. %90 güven seviyesinde deneyimli grup daha az hata yapmıştır. Ayrıca senaryoların farklı zorluk derecesinde olması hata sayılarında istatistiksel olarak farklılık yaratmıştır. Kolay-orta senaryolarda, zor-çok zor senaryolara göre anlamlı derecede daha az hata yapılmıştır. Bununla birlikte performans skorlarının senaryo zorluk derecelerine göre değişimleri incelenmiş ve performans skorları arasında anlamlı farklılık olduğu ortaya çıkmıştır (p-değeri=0,00 < 0,05). Kolay-orta senaryolarda zor-çok zor senaryolara göre performans skorları anlamlı derecede yüksek çıkmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

*“İnsan faktörleri, Hava trafik kontrolörü, Bilişsel iş yükü, Reaksiyon süresi”*

#### Abstract

In this study, the mental workloads of two different groups, who received air traffic control simulation training and those who did not (experienced/inexperienced), were examined during exercises at different difficulty levels. Before the simulation, the reaction times of the participants were evaluated and no significant difference was observed between the two groups. In the second stage, the error numbers and performance scores of these groups, whose reaction times were homogeneous, were compared in the simulation scenarios. At the 90% confidence level, the experienced group made fewer mistakes. In addition, the different difficulty levels of the scenarios created a statistical difference in the error numbers. Significantly fewer errors were made in easy-medium scenarios than in difficult-very difficult scenarios. Also, the changes of performance scores according to scenario difficulty levels were examined and it was revealed that there was a significant difference between performance scores (p-value=0,00 < 0,05). Performance scores were significantly higher in easy-medium scenarios compared to difficult-very difficult scenarios.

#### Key Words

*“Human factors, Air traffic controller, Cognitive workload, Reaction time”*

## 1. Giriş

Emniyetli uçuş koşullarının sağlanması, günümüz modern havacılık endüstrisinde oldukça büyük öneme sahiptir. Bu noktada, hava trafiğinin emniyetli bir şekilde yönetilmesinde hava trafik kontrolörü kritik öneme sahiptir. Hava trafik kontrolörünün görevi manevra sahasında, apronda veya uçuşun herhangi bir safhasında olası çarpışmaları önlemek, hava trafiğinin akışını düzenlemek ve hızlandırmak, pilotlara gerekli bilgi ve desteği sağlamaktır (Federal Aviation Administration, 2021a). Hava trafik kontrolörünün yapacağı bir hata uçuş emniyetini doğrudan etkileyebilir, hatta iki uçağın çarpışması gibi ciddi bir kazaya sebep olabilir. FAA tarafından sunulan raporda (Federal Aviation Administration, 2021b), Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan yirmi dört merkezdeki hava trafiği verilerinden hareketle 2020 yılında 31,9 milyon uçuş olarak kaydedilen hava trafiğindeki artışın 2021-2040 yılları arasında devam edeceği ve 2040 yılında yaklaşık 59 milyon uçuşa ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Hava trafiğindeki artışla birlikte, alanında yetkin, tecrübeli ve nitelikli hava trafik kontrolörlerine olan ihtiyaç da hiç şüphesiz artacaktır.

Hava trafik kontrolü olarak görev yapan bir kişinin algılama, reaksiyon, üç boyutlu düşünme, hızlı ve doğru karar verebilme gibi özelliklere sahip olabilmesi gereklidir. Söz konusu bu özellikler arasında, karar verme sürecinde saniyelerin hayati önem taşıdığı durumlarda, reaksiyon kavramı ön plana çıkmaktadır. Reaksiyon süresinin, kişinin bir uyarana maruz kalmasıyla başlayan ve bir tepki ile biten belirli bir sabit zaman aralığı olduğu bilinmektedir. Çalışma koşullarında oldukça sık uyarılara maruz kalan hava trafik kontrolörlerinin reaksiyon sürelerinin hızlı olması beklenmektedir. Duyuların uyarılması, merkezi ve periferik sinir sistemlerine gönderilen bir sinyalle sonuçlanır. Bu sinyaller esasen elektriksel uyarılardır ve vücudun geri kalanına bilgi ileten habercilerdir. Hızlı reaksiyon süresine sahip olmak; beyne ve omuriliğe vücudun uygun hamleyi yapması için iletilen mesajların hızlıca gönderildiği anlamına gelmektedir. Tehlikeli bir durumda hızlı ve doğru reaksiyon gösterilmesi, yaşanabilecek kaza, kırım ve kayıpların azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Eiðfeldt vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada hava trafik kontrolörleri için belirlenen bilgi, beceri ve bireysel özellikler kapsamında; reaksiyon süresi psikomotor boyutuyla ele alınmıştır. Kişinin motor yanıt hızındaki ve doğruluğundaki bireysel farklılıkları temsil eden psikomotor yeteneğinin ölçülmesini yapmak reaksiyon süresi ile mümkündür (Ackerman & Cianciolo, 1999). Psikomotor becerileri ile uyarıcılara karşı gösterilen reaksiyon ve bu süreçte geçen süre birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Psikomotor gelişim sürecinde duyu organları, zihin ve kaslar birlikte çalışır ve davranışların kontrol altında gerçekleşmesini sağlar. Bir bireyin performansı (Das vd., 1997) ve duyuusal motor bağlantısı (Shenvi & Balasubramanian, 1994) reaksiyon süresi ile ölçülebilir.

Hava trafik kontrolörlerinin hem görsel hem işitsel reaksiyon sürelerinin iş performansına etkisi yüksektir. Abbass vd. (2014) tarafından yapılan kantitatif elektroensefalograf (QEEG) verilerini kullanarak hava trafik kontrolörleri için görsel ve işitsel reaksiyon süresinin ölçüldüğü çalışmada görsel hedeflere karşı olan reaksiyon süresinin sesli olanlara karşı daha düşük olduğu ölçülmüştür. Ayrıca hava trafik kontrolörlerinin daha fazla görsel işarete maruz kalmasıyla iş yüklerinde bir artış yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Hedefi, dikkat dağıtıcı unsurlardan ayırmanın nispeten zor olduğu durumlarda ekran boyutu görsel arama ve reaksiyon süresine etki edebilmektedir (Reynolds & Miller, 2009). Li vd. (2022) tarafından yürütülen çalışmada ekran boyutu ile hava trafik kontrolörlerinin hedef tanımlamadaki görsel davranışları ve yanıt süreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. 43 inç ve 55 inç büyüklüğünde Out-the-Window (OTW) panorama ekran ile çalışmalar yürütülmüştür. Daha büyük ekranın, hava trafik kontrolörleri için daha kolay fark edilen daha büyük uyarılar sunduğu, ancak daha geniş baş ve göz hareketleri genliğine yol açtığı ve hedef tanımlamada daha uzun yanıt süresine neden olduğu ortaya konmuştur.

Antoško vd. (2014) ve Antoško vd. (2017) hava trafik kontrolörünün görevini yapması konusunda psikolojik hazırlığın test edilmesi üzerinde çalışmışlardır. Rastgele oluşturulmuş bir görevdeki yanıt süresini ölçebilmek amacıyla tasarlanan, el ve ayak butonlarıyla komut verilen, kontrolörün reaksiyon hızını, işitsel ve sesli uyarılara tepkisini izleyen bir cihaz aracılığı ile ölçümler yapılmış olup farklı görevlerdeki hata yüzdeleri sunulmuştur.

Yorgunluk ve stres de hava trafik kontrolörünün performansına ve reaksiyon süresine etki etmektedir. Zhang vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada reaksiyon süresi, pilotun çağrısından kontrolörün yanıt vermesine kadar geçen zaman aralığı olarak tanımlanmıştır. Yorgunluk ve stres faktörleriyle beraber hava trafik kontrolörü için reaksiyon süresinde, hareket kabiliyetinde, iletişim performansında ve durumsal farkındalığında azalma; karar verme, pilota yanıt verme süresinde artış görülmüştür. Hem yorgunluk hem de stresin reaksiyon kabiliyetini, dolayısı ile uçuş güvenliğini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Yapılan literatür taramasında hava trafik kontrolörleri için reaksiyon süresinin çeşitli boyutlarda ele alındığı ve emniyetli uçuş koşullarının sağlanması için üzerinde durulması gereken bir konu olduğu görülmüştür. Kaliteli bir eğitim hava trafik kontrolörünün reaksiyon süresi ve psikomotor yeteneklerini artırabilmektedir (Némethová vd., 2019).

Günümüzde artan hava trafiği talebinin kontrolörlerin iş yeri stresine etki ettiği bilinmektedir (Finkelman, 1994; Lesiuk, 2008). Artan trafik talebi hava trafik kontrolörlerinin zihinsel iş yüklerini artırdığından (Vogt vd., 2006; Ahlstrom & Friedman-Berg, 2006) özellikle dikkat, muhakeme ve iletişim problemlerinin artması sonucunda insan hatası riski de giderek artmaktadır (Stager vd., 1989; Nocera vd., 2006). Hava trafik yönetiminde emniyeti riske atacak büyük hatalarla veya daha telafi edilebilir hatalarla karşılaşılabilir. Hava trafik kontrolörlerinin iyi bir performans sergilemesi emniyetli ve verimli bir hava trafik yönetimini anlamına gelmektedir.

Hava trafik eğitiminde ise gerçek zamanlı simülasyonlar boyunca yapılan hataların belirli kriterlere göre değerlendirilip puana dönüştürülmesi ile kontrolör adaylarının performansları ölçülmektedir.

## 2. Yöntem

Çalışma simülasyon öncesi, simülasyon aşaması ve simülasyon sonrası olarak üç farklı kısımda gerçekleştirilmiştir. İlk kısımda katılımcıların reaksiyon süreleri simülasyon öncesi ölçülürken ikinci kısımda katılımcıların egzersizler (her bir simülasyon deneyi egzersiz olarak adlandırılmıştır) boyunca yaptıkları hatalar simülatör eğitmeni (STDI) yetkisine sahip eğitmenler tarafından not edilmiştir. Simülasyon sonrası aşamasında ise her bir deneyin 4 farklı egzersiz zorluk derecesindeki performansları yine eğitmenler tarafından değerlendirilerek 100'lük sistemdeki karşılığı not edilmiştir.

Simülasyon öncesi aşamada hava trafik kontrolörü olmak üzere eğitim alan Hava Trafik Kontrol bölümü öğrencilerinin reaksiyon süreleri ölçümü, antrenman sistemi FitLight Trainer™ (Fitlight Sports Corp., Canada) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma grubunu oluşturan katılımcılar Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Hava Trafik Kontrol Bölümü öğrencileri arasından seçilmiştir. Katılımcılar 20-24 yaş aralığında olup gönüllülük esasına göre çalışmaya katılmışlardır ve tüm katılımcılar yazılı bir onam vererek Gönüllü Katılım Formu belgesini doldurmuşlardır. Her birinde 15'er öğrenci bulunan deneyimli ve deneyimsiz iki grup oluşturularak toplamda 30 öğrenci deneysel çalışmalara katkı sunmuştur. Deney öncesinde, gerçekleştirilecek ölçümler ve deneysel süreç hakkında katılımcılara bilgi verilmiş olup, gerekli teknik notlar açıklanmıştır. Deneyimli ve deneyimsiz gruplar için, oluşturulan farklı görev senaryoları ile reaksiyon süresi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Reaksiyon süresi ölçümü için FitLight Trainer sistemi kullanılmıştır. FitLight, kullanıcıların zihin ve beden arasındaki bağı güçlendirmesine, reaksiyon ve tepki sürelerini iyileştirmelerine yardımcı olan, hız ve bilişsel antrenman sistemidir. Bu teknoloji genellikle sporcuların antrenmanlarında fiziksel ve bilişsel becerileri geliştirmek için kullanılmaktadır (Katanić vd., 2020). FitLight Trainer (Şekil 1), sekiz adet LED ışıktan oluşan ve katılımcıların reaksiyon zamanlarını belirlemek için kullanılan bir sistemdir (Örs vd., 2019).



Şekil 1. FitLight Trainer Reaksiyon Ölçüm Cihazı

Işıklar farklı renklere göre ayarlanmakta ve bir tablet içerisine yüklenen programla kontrol edilmektedir. Ayrıca sistem birçok farklı protokolü istenildiği şekilde düzenlemeye imkân vermektedir. Sistem içerisinde farklı renk seçenekleri de bulunmakta ve hangi ışığın hangi renkte ne zaman ve ne kadar süreyle yanabileceği ayarlanmaktadır. Araştırma kapsamında, katılımcılardan olabildiğince hızlı şekilde ışıkları söndürmeleri istenmiştir. Katılımcıların, ışıkları söndürmesi için elleriyle dokunmaları ya da ellerini üzerine getirmeleri yeterli olmaktadır.

Simülasyonlar 5, 8, 12 ve 15 uçaktan oluşan 4 farklı zorluk derecesinden oluşmaktadır. Her bir egzersiz 20 dakika sürmektedir. Dolayısıyla her bir zorluk seviyesinde birim zamanda hizmet verilmesi gereken uçak sayısı artmaktadır. Uçak sayısı literatürde hava sahasının karmaşıklığını etkileyen en önemli unsur olarak vurgulanmaktadır (Djokic vd., 2010). Uçak sayısının artması ile muhtemel çakışan rota sayıları, talimat sayıları, frekans meşgulliyet süreleri gibi birçok parametrenin değeri de artmaktadır.

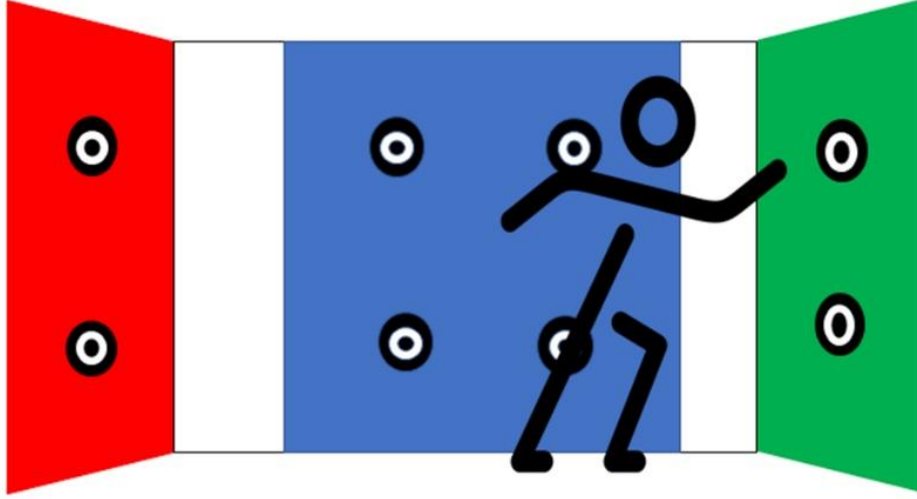
Simülasyonlar boyunca tüm zorluk seviyelerindeki her bir egzersiz simülatör eğitmenleri tarafından gerçek zamanlı olarak farklı bir ekrandan takip edilmiş ve yapılan hatalar not edilmiştir. Bu hatalar talimat hataları, uçağın son yaklaşma hattına doğru bir şekilde oturtulamaması, kontrolsüz bir şekilde alçaltılması gibi telafi edilebilir hataların yanı sıra uçakların yasaklı sahaya girmeleri, birbirine emniyetli mesafelerden daha fazla yaklaşması (conflict) gibi ciddi hataları da içermektedir. Simülasyonlar boyunca takip edilen

katılımcı performansları ise her bir egzersiz sonunda kaydedilen hataların Rogošic vd. (2021) tarafından verilen kriterlere göre eğitmenler tarafından değerlendirilmesi sonucunda belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ışığında hata sayılarının deneyimli deneyimsiz gruplar arasında ve farklı egzersiz zorluk seviyeleri için anlamlı bir şekilde farklılaşp farklılaşmadığı incelenmiştir. Benzer şekilde katılımcıların performansları deneyimlerine ve egzersiz zorluk seviyelerine göre değerlendirilmiştir.

### 3. Deneysel Çalışmalar

FitLight ölçümleri için katılımcıların üç tarafına, üç farklı renk ve birbirleri arasında 1,5 m mesafe olacak şekilde, 8 ışık sensörü yerleştirilmiştir. Dört ışık katılımcının önündeki duvar üzerinde mavi ile belirlenen bölgeye, iki ışık katılımcının solundaki kırmızı bölgeye ve diğer iki ışık da katılımcının sağında yer alan yeşil bölgeye Şekil 2’de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir (Simsek vd., 2021). Işık çiftleri, her bir katılımcı için sırasıyla omuz ve kalça hizasında olacak şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 2. FitLight Trainer Sistemi

Katılımcılar düzeneğin ortasında dururken yanlardaki ışıkları etkilememeleri adına kırmızı ve yeşil alandaki ışıklar duvardan 0,5 m uzağa ve üçer metre ara ile yerleştirilmiştir. Katılımcıların ışıklara ulaşabilmesi için oluşturulan ölçüm dizaynının tam ortasında beklemeleri istenmiştir. Işıklara ulaşabilmek için, katılımcıların stabilite sınırlarını değiştirmeleri; ya da tüm vücudunu ışığa yaklaştırmak için adım alma stratejisini yaparak destek alanını (ayağın yerle olan temas alanı) değiştirmeleri gerekmektedir. Deneysel çalışmalar esnasında alınan bir görüntü Şekil 3’te sunulmuştur.



Şekil 3. FitLight Trainer Sistemi ile Ölçümlerin Gerçekleştirilmesi

İkili görev testleri tüm denemelerin aynı olduğu 3 denemeden oluşan motor görevden oluşmaktadır. Ayrıca, bilişsel (zihinsel) görev, denemeler arasında bilişsel talebin farklılık gösterdiği bir görevdir. Motor görevin her bir denemesi, katılımcıların ışığı kapatmak için sekiz sensörden birinin önüne elini tutmalarını içeren toplam 25 tekrarlayan ulaşma görevinden oluşmaktadır. Işıklar bir kez yanacak ve bir sensörün ışığı söndüğünde, sonraki sensör 0,5 saniyelik bir gecikmeden sonra tekrar yanacak şekilde ayarlanmıştır. Farklı bölgelerdeki aktive edilmiş ışıkların sayısı, katılımcıya stabilite sınırları içinde ve ötesinde eşit bir şekilde mücadele etmesini sağlamak için tüm denemelerde eşit olarak bölünmüştür. Testlerdeki 3 deneme bilişsel içerikleri bakımından farklıdır. Görevlerde kullanmaları için, katılımcılara aşağıda belirtildiği gibi farklı ipuçları verilerek, katılımcıların bilişsel stratejileri farklı olasılıklarla kullanmaları sağlanmıştır:

1. Işıklar rastgele sıra ile üç renkten birinde yanmıştır (kırmızı, yeşil ve mavi). Diğer ışığın nerede yanacağı konusunda hiçbir ipucu verilmemiştir. Bilişsel içerik bakımından bu testin katılımcıların reaksiyon zamanını ölçmesi beklenmemiştir.
2. Işığın rengi bir sonraki ışığın pozisyonunu belirlemektedir. Bu da kişinin ikili görevlerin farkında olup olmadığını ölçmeyi amaçlamaktadır. Eğer ışık kırmızı yandıysa bir sonraki ışık kırmızı bölgede olacaktır. Işık yeşil yandıysa takip eden diğer ışık yeşil bölgede yanacaktır. Eğer ışık mavi ise, bir sonraki ışık mavi bölgede yanacaktır.
3. Işığın rengi bir sonraki ışığın pozisyonunu belirlemektedir, ancak kırmızı ve yeşil ipuçları ters olacak şekilde ayarlanmıştır. Diğer bir ifadeyle, eğer ışık kırmızı ise bir sonraki ışık yeşil bölgede, ışık yeşil ise diğer ışık kırmızı bölgede yanacaktır. Eğer ışık mavi yandıysa diğer ışık mavi bölgede olacaktır.

Her bir katılımcının üç farklı senaryo üzerinden reaksiyon süresi ölçümü yapılmış ve toplamda 30 katılımcıdan 90 adet veri seti alınarak aktivite kayıtları oluşturulmuştur. Simülasyon öncesi ölçümlerin yapılmasından sonra 4 farklı zorluk derecesinden oluşan simülasyon aşaması çalışmalarına geçilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Sonuçlar reaksiyon süreleri, katılımcıların protokolleri uygularken yaptıkları hata sayıları ve performans değerleri açısından üç grupta analiz edilmiştir. Analizlerde MINITAB 17 paket programı kullanılmıştır.

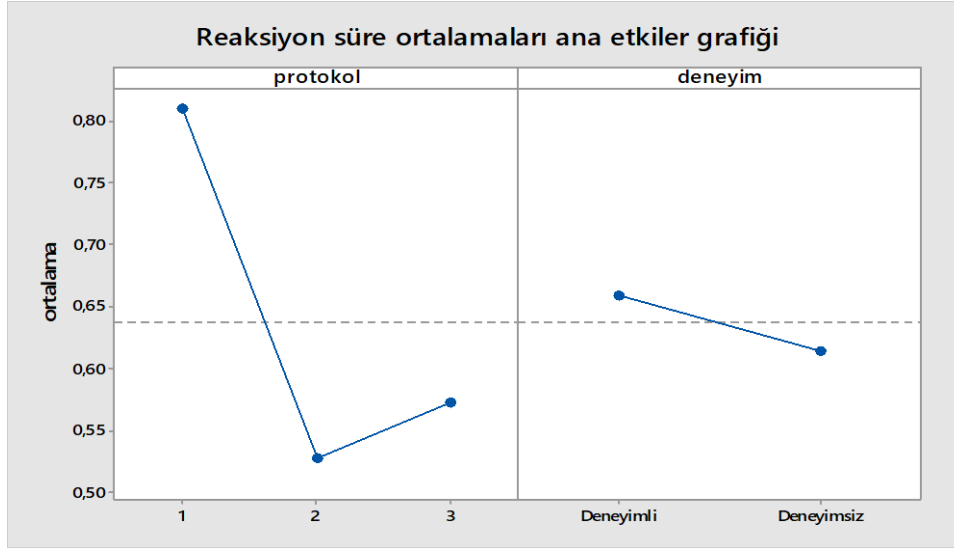
##### 4.1. Reaksiyon sürelerinin analizi

Katılımcıların reaksiyon süreleri FitLight Trainer sistemi kullanılarak üç farklı protokol üzerinden değerlendirilmiştir. Protokol ve katılımcıların deneyim durumları faktör olarak ele alınmış, reaksiyon süresine etkisi ANOVA tablosu ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

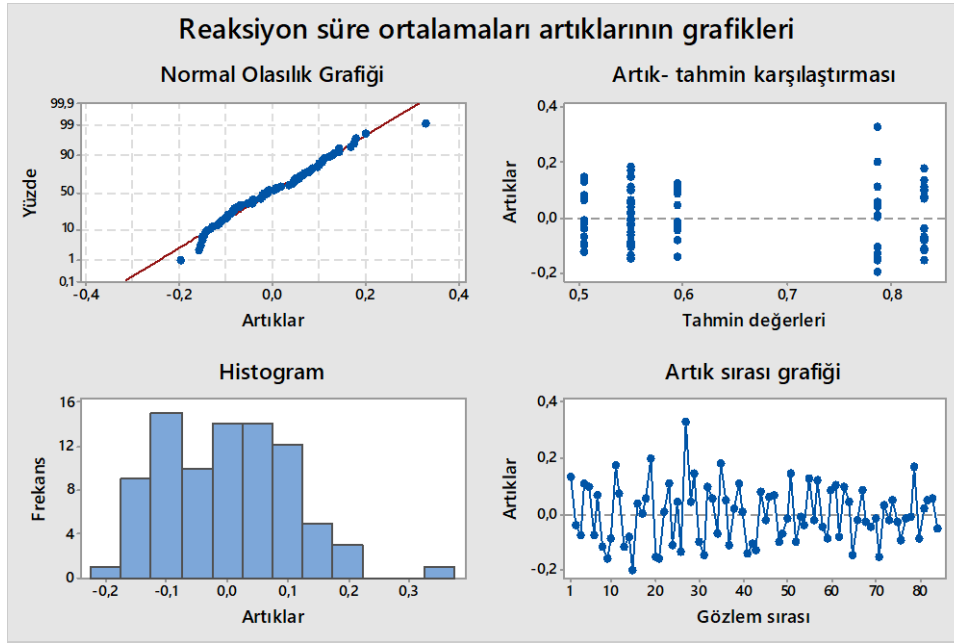
**Tablo 1.** Reaksiyon Süresi İçin ANOVA Tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Hata kareler toplamı	Hata kareler ortalaması	F	P-değeri
<b>Protokol</b>	2	862,43	431,21	56,60	0,000
<b>Deneyim</b>	1	18,56	18,56	2,44	0,123
<b>Hata</b>	80	609,48	7,62		
<b>Toplam</b>	83	1490,46			
S = 2,76016		R-Sq = %59,11		R-Sq(adj) = %57,57	

Sonuç olarak, protokollerin reaksiyon süresine etkileri %95 güven seviyesinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir (p-değeri=0,000 < 0,05). Ancak deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında reaksiyon süreleri bakımından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (p-değeri=0,123 > 0,05). Öğrenciler özel yetenek sınavlarından geçerek ilgili bölüme kabul edilmektedir, bu sebeple grubun homojen beceri düzeyinde olduğu kabul edilebilir. Bu durumda iki grup arasında reaksiyon süreleri bakımından farklılık görülmemesi beklenen bir durumdur. Reaksiyon sürelerinin protokol ve deneyim ortalamaları ana etkiler grafiği Şekil 4’te verilmiştir. Modelin R<sup>2</sup> değeri %57,57 ile kabul edilebilir durumdadır. Modelin hataları/artıkları incelendiğinde ise (Şekil 5), hataların Normal dağıldığı, sabit varyansa sahip olduğu ve birbirinden bağımsız oldukları söylenebilir. Bu açılardan model uygundur ve kabul edilebilir.



Şekil 4. Reaksiyon Sürelerine Protokol ve Deneyim Faktörlerinin Ana Etkiler Grafiği



Şekil 5. Reaksiyon Süreleri Modelinin Hata Grafikleri

Reaksiyon süresinin belirlenmesinde kullanılan FitLight Trainer sistemi; Hava Trafik Kontrol bölümünde öğrenci seçim ve/veya değerlendirme süreçlerinde reaksiyon süresi ölçümüne yer verilmesi gerektiğinde kullanılabilir, aynı şekilde stajyer kabul eden paydaşlar tarafından öğrenci seçim ölçütü olarak değerlendirilebilir.

#### 4.2. Hata sayılarının analizi

Katılımcıların senaryoların zorluk dereceleri (kolay-orta-zor-çok zor) ve deneyim durumlarına (deneyimli-deneyimsiz) göre yaptıkları hata sayıları belirlenmiş ve ANOVA tablosu ile analiz edilmiştir (Tablo 2).

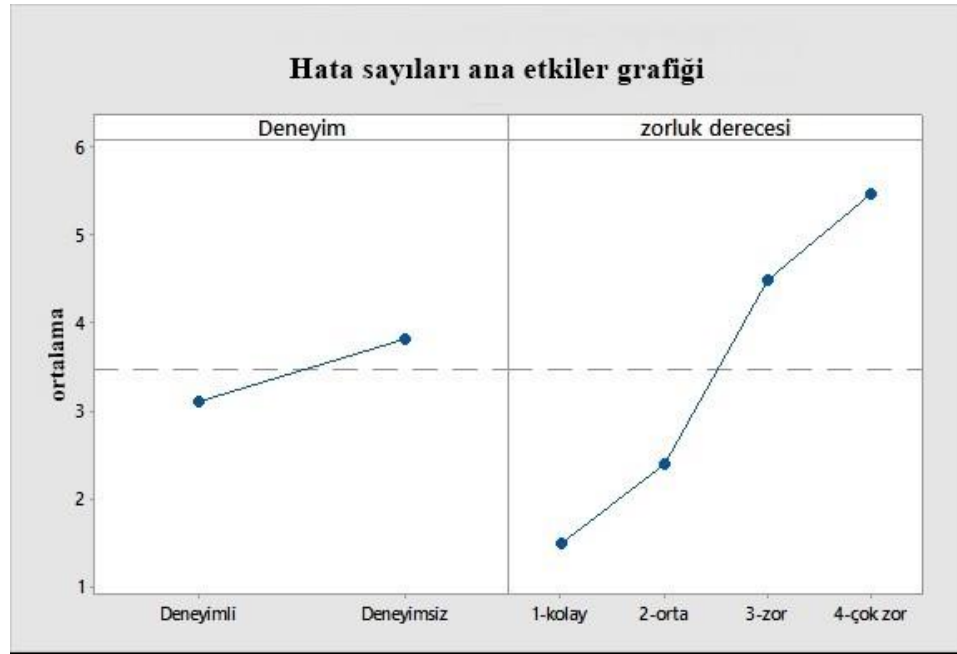


**Tablo 2.** Hata Sayıları İçin ANOVA Tablosu

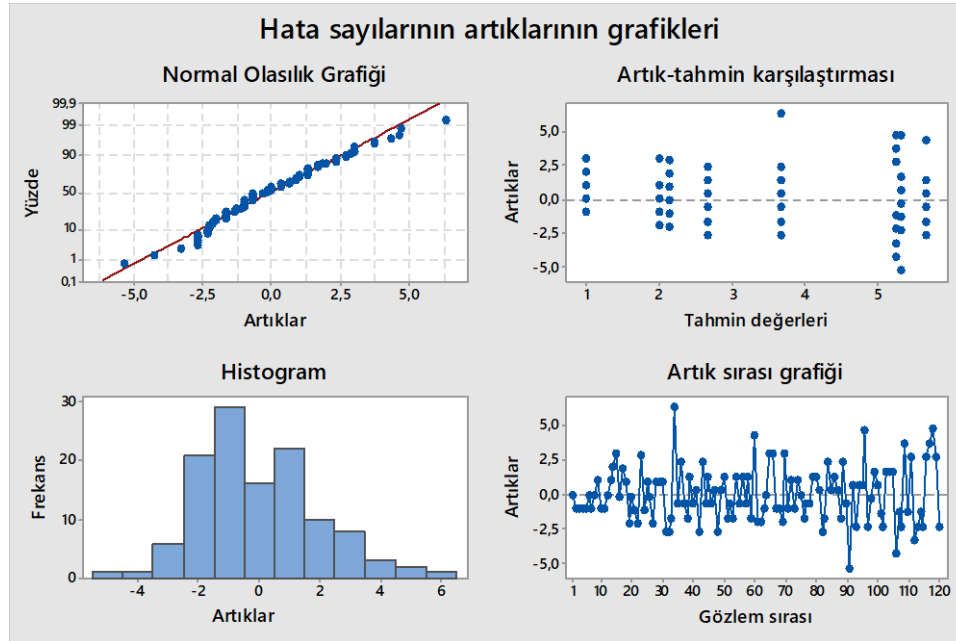
Kaynak	Serbestlik derecesi	Hata kareler toplamı	Hata kareler ortalaması	F	P-değeri
Zorluk	3	302,200	100,733	24,11	0,000
Deneyim	1	14,700	14,700	3,52	0,063
Zorluk* Deney	3	16,967	5,656	1,35	0,261
Hata	112	468,000	4,179		
<b>Toplam</b>	<b>119</b>	<b>801,867</b>			

S = 2,04416    R-Sq = %41,64    R-Sq(adj) = %37,99

Yapılan varyans analizleri sonucunda %90 güven seviyesinde deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında (p-değeri=0,000 < 0,10) ve %99 güven seviyesinde zorluk dereceleri arasında (p-değeri=0,063 < 0,10) hata sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Deneyim ve zorluk derecesinin etkileşiminin ise hata sayısına etki etmediği tespit edilmiştir (p-değeri=0,261 < 0,10). Deneyimsiz grubun deneyimli gruba göre daha fazla hata yaptığı tespit edilmiştir. Tüm senaryolarda deneyimli grup ortalama olarak 3,117 adet hata yapmışken, deneyimsiz grup ortalama 3,817 adet hata yapmıştır. Şekil 6'dan görüleceği gibi, katılımcılar "zor" ve "çok zor" senaryolarda daha fazla hata yapmışken "kolay" ve "orta" senaryolarda daha az hata yapmışlardır. Deneyimli grubun hata sayısının deneyimsiz gruptan daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Reaksiyon süreleri açısından fark bulunmayan iki grubun beceri bakımından homojen olduğu söylenebilir. Beceri bakımından homojen olan iki grup arasında hata sayıları bakımından fark görülmesi eğitimin etkisinin başarılı bir sonuç ortaya koyduğunu göstermektedir. Katılımcılara uygulanan senaryoların zorluk derecesinin hata sayısını etkilemesi, eğitilmiş veya eğitimsiz grubun verilen görevlerde hata yapma olasılığının görevin zorluğu ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Hava trafik kontrolörlerinin ve adaylarının görevleri zorlaştıkça daha fazla hata yapmaları doğrudan uçuş emniyetini etkileyen bir durum olduğundan bu hataları azaltacak önlemler alınmalıdır. Bu çalışmada deneyimin hata sayısını azalttığı görülmüştür. Hava trafik kontrolörlerinin hata sayısını azaltmak için ilk başvurulması gereken önlem deneyimdir.

**Şekil 6.** Hata Sayılarına Deneyim ve Senaryoların Zorluk Derecelerinin Ana Etkiler Grafiği

Modelin  $R^2$  değeri %38 gibi düşük bir değer çıkmıştır. Bu da ele alınan faktörlerin hata sayılarındaki değişkenliği %38 oranında açıkladığını göstermektedir. Modelin hataları/artık değerleri incelendiğinde ise artıkların normal dağıldığı, sabit varyansa sahip olduğu ve birbirinden bağımsız oldukları söylenebilir (Şekil 7).



Şekil 7. Hata Sayıları Modelinin Artıklarının Grafikleri

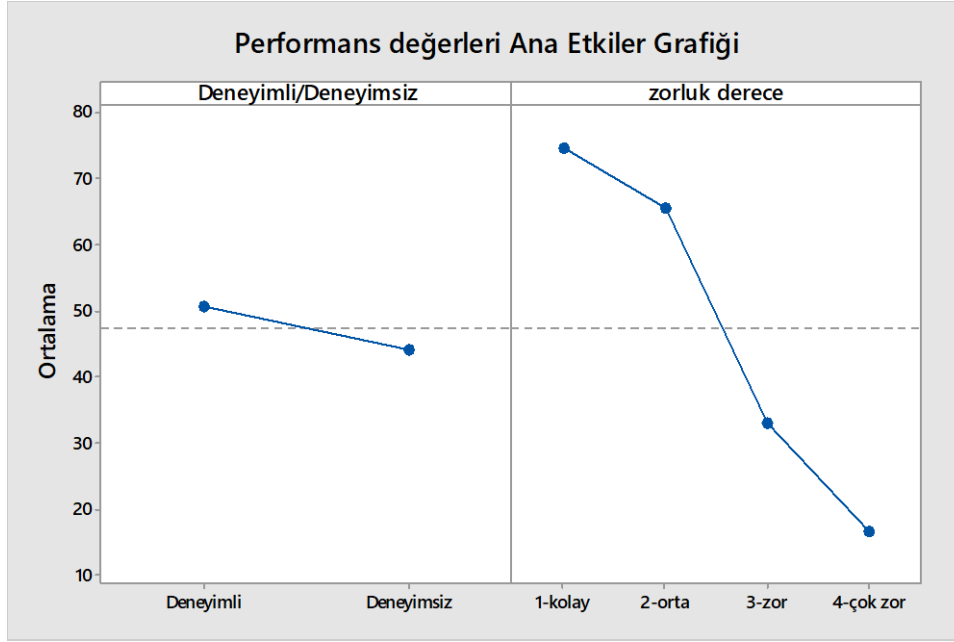
#### 4.3. Performans değerlerinin analizi

Katılımcıların performansları, eğitim ve değerlendirme yetkisine sahip iki uzman tarafından 100 üzerinden yapılan puanlama ile değerlendirilmiştir. Bu puanlama standart bir değerlendirme formu kullanılarak yapılmıştır. Bu değerlendirmede adayların hataları basit, orta ve yüksek düzey olarak sınıflandırılmış ve puanlamaları bu düzeylere göre farklılık göstermektedir. Katılımcıların 4 farklı senaryoda gösterdikleri performans, simülatör eğitmeni tarafından değerlendirilmiştir. Deneyimin ve senaryo zorluk derecelerinin performans değerlerine etkisi ANOVA tablosu ile araştırılmış ve Tablo 3'te verilmiştir.

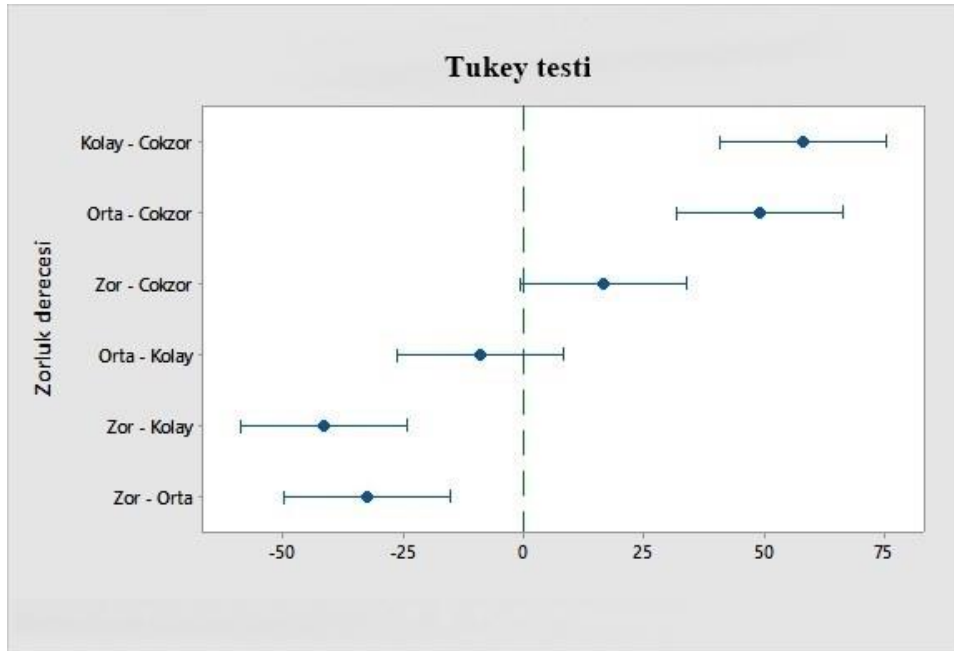
**Tablo 3.** Performans Değerleri İçin ANOVA Tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Hata kareler toplamı	Hata kareler ortalaması	F	P-değeri
Protokol	1	1300	1300	2,00	0,160
Deneyim	3	66824	22275	34,23	0,000
Hata	115	74824	651		
<b>Toplam</b>	<b>119</b>	<b>142948</b>			
S = 25,5077    R-Sq = %47,66    R-Sq(adj) = %45,84					

Yapılan varyans analizi sonucunda %95 güven seviyesinde deneyimli ve deneyimsiz gruplar arasında performans değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ( $p$ -değeri=0,16 > 0,05). Buna göre hata sayıları bakımından anlamlı farklılık bulunan iki grubun değerlendirmesinde anlamlı fark bulunmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonucun sebebi puanlandırmanın basit ve yüksek düzey hataların sayılarına bağlı olarak değerlendirme puanını aynı düzeye getirebilmesidir. Bir diğer değişle yüksek düzey bir hata ile düşük düzey çok sayıda hata aynı değerlendirme sonucunu doğurabilmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda hava trafik kontrol eğitimi alan kişilerin performans değerlendirmesi üzerine ayrıca çalışma yapılması önerilmektedir. Diğer yandan senaryoların zorluk derecelerinin performans etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p$ -değeri=0,00 < 0,05). Şekil 8'de deneyimin ve senaryo zorluk derecelerinin ortalamaları ana etkiler grafiği verilmiştir. Buna göre, "kolay" ve "orta" görevlerde daha yüksek performans göstermelerine rağmen, "zor" ve "çok zor" görevlerde performans değerleri düşmektedir. Zorluk dereceleri ortalamaları arasında fark olup olmadığını belirlemek için yapılan Tukey testi sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda orta-kolay, zor-çok zor egzersiz zorluk dereceleri arasında katılımcıların performans değeri arasında fark tespit edilemezken orta-zor, orta-çok zor ve kolay-zor, kolay-çok zor egzersiz zorluk dereceleri arasında katılımcıların performans değerleri açısından anlamlı bir fark gözlenmiştir. Bu sonuçlar, hata sayılarının sonuçları ile de uyum göstermektedir.

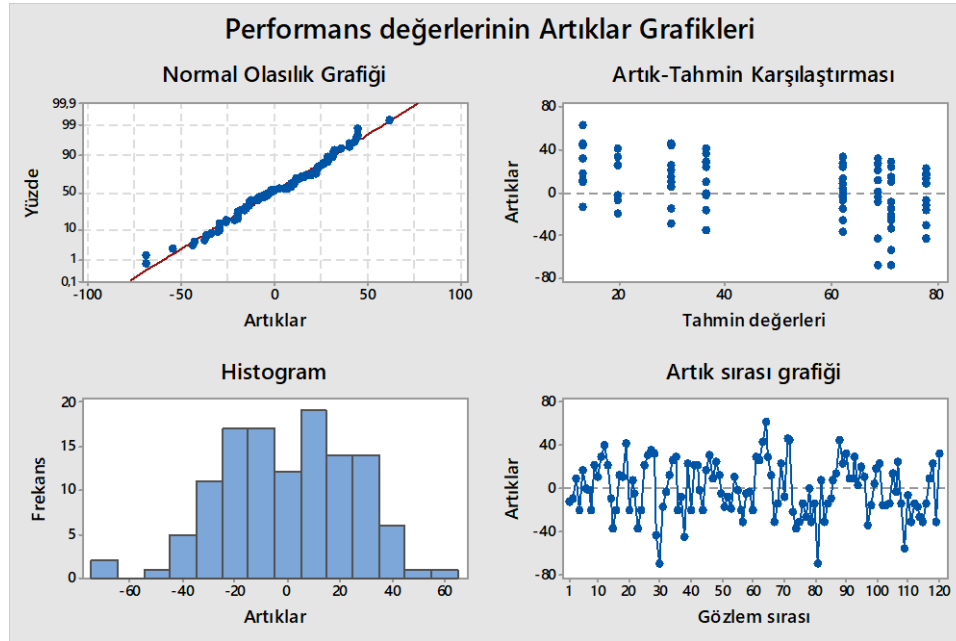


Şekil 8. Performans Değerlerine Deneyim ve Senaryoların Zorluk Derecelerinin Ana Etkiler Grafiği



Şekil 9. Zorluk Derecelerinin Tukey Testi

Performans değerleri için kurulan modelin hataları/artıkları incelendiğinde ise (Şekil 10), hataların/artıkların Normal dağıldığı, sabit varyansa sahip olduğu ve birbirinden bağımsız oldukları gözlemlenmiştir.



Şekil 10. Performans Değerleri Modelinin Artıklarının Analizi

Sonuç olarak, senaryoların zorluk derecelerinin farklı olması hata sayılarını ve performans değerlerini istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde etkilemiştir. Katılımcıların deneyimli/ deneyimsiz olmalarının reaksiyon sürelerini ve performans değerleri üzerinde etkisi olmamasına rağmen, %90 güven seviyesinde hata sayılarına etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Deneyimli grup gönüllülerinin deneyimsiz gruba göre daha az hata yaptıkları belirlenmiştir. Bu durum belirli bir eğitimden geçmiş adayların eğitiminin sonucunda başarılarının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Bu durum reaksiyon süreleri bakımından denk iki grup arasında eğitim ile elde edilen bir başarı farklılığı olduğunu göstermektedir. Eğitim ATCo'ların hatalarını azaltmak amaçlı başvurulması gereken bir çözüm iken senaryo zorluğunun düşük tutulması hatayı azaltacağından, hava trafik kontrolörlerinin çalışmaları sırasında zorluğu azaltacak önlemlerin alınması gerektiği ortadadır.

### Bilgilendirme

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 221M224 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

### Referanslar

- Abbass, H. A., Tang, J., Ellejmi, M., & Kirby, S. (2014). Visual and auditory reaction time for air traffic controllers using quantitative electroencephalograph (QEEG) data. *Brain Inform*, 1(1-4):39-45. doi: 10.1007/s40708-014-0005-8
- Ackerman, P. L., & Cianciolo, A. T. (1999). Psychomotor abilities via touch-panel testing: Measurement innovations, construct, and criterion validity. *Human Performance*, 12:3-4, 231-273. doi: 10.1080/08959289909539871
- Ahlstrom, U., & Friedman-Berg, F. J. (2006). Using eye movement activity as a correlate of cognitive workload. *International journal of industrial ergonomics*, 36(7), 623-636.
- Antoško, M., Piľa, J., Korba, P., & Lipovský, P. (2014). Psychological readiness of air traffic controllers for their job. In: *Our Sea* 61(1-2): 5-8. - ISSN 0469-6255
- Antoško, M., Sabo, J., Hovanec, M., Korba, P., & Sekelová, M. (2017). How to Evaluate the Actual Psychological Readiness of Atco. *Proceedings of 20th International Scientific Conference, Transport Means 2017*.
- Das, S., Gandhi, A., & Mondal, S. (1997). Effect of premenstrual stress on audiovisual reaction time and audiogram. *Indian J Physiol Pharmacol*, 41(1):67-70.

- Djokic, J., Lorenz, B., & Fricke, H. (2010). Air traffic control complexity as workload driver. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 18, no. 6, pp. 930-936. doi: 10.1016/j.trc.2010.03.005
- Eißfeldt, H., Heil, M. C., & Broach, D. (2002). *Staffing the ATM System: The Selection of Air Traffic Controllers* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315242538>
- Federal Aviation Administration. (2021a). Air traffic organization policy. ORDER JO 7110.65Z.
- Federal Aviation Administration. (2021b). Forecasts of IFR aircraft handled by FAA air route traffic control centers. FY 2021–2040.
- Finkelman, J. M. (1994). A large database study of the factors associated with work-induced fatigue. *Human Factors*, 36(2), 232-243.
- Katanić, B., Ilić, P., Stojmenović, A., & Vitasović, M. (2020). The application of Fitflight trainer system in sports. *Fizička kultura*, 74(2), 115-126. <https://doi.org/10.5937/fizkul74-27189>
- Lesiuk, T. (2008). The effect of preferred music listening on stress levels of air traffic controllers. *The Arts in Psychotherapy*, 35(1), 1-10.
- Li, W. C., Moore, P., Zhang, J., Lin, J., & Kearney, P. (2022). The impact of out-the-window size on air traffic controllers' visual behaviours and response time on digital tower operations. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 166, 102880, ISSN 1071-5819. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102880>
- Némethová, H., Balint, J., & Vagner, J. (2019). The Education and Training Methodology of the Air Traffic Controllers in Training, 556-563. 10.1109/ICETA48886.2019.9040125
- Nocera, F. D., Fabrizi, R., Terenzi, M., & Ferlazzo, F. (2006). Procedural errors in air traffic control: effects of traffic density, expertise, and automation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 77(6), 639-643.
- Örs, B. S., Cantas, F., Onarıcı Gungor, E., & Simsek, D. (2019). ASSESSMENT AND COMPARISON OF VISUAL SKILLS AMONG ATHLETES. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 10 (3), 231-241. doi: 10.17155/omuspd.522342
- Reynolds, A., & Miller, J. (2009). Display Size Effects in Visual Search: Analyses of Reaction Time Distributions as Mixtures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(5):988-1009. doi:10.1080/17470210802373027
- Rogošić, T., Juričić, B., Aybek Çetek, F., & Kaplan, Z. (2021). ATCO radar training assessment and flight efficiency: The correlation between trainees' scores and fuel consumption in real-time simulations. *The Aeronautical Journal*, 125(1287), 949-965. doi:10.1017/aer.2020.142
- Shenvi, D., & Balasubramanian, P. A. (1994). Comparative study of visual and auditory reaction times in males and females. *Indian J Physiol Pharmacol*, 38:229–229.
- Simsek, D., Ozboke, C., & Gultekin, E. A. (2021). Evaluation of the Use of Postural Control Strategies during Dual-Tasks of Hearing-Impaired Athletes. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 11-17. doi: 10.26773/mjssm.210302
- Stager, P., Hameluck, D., & Jubis, R. (1989). Underlying factors in air traffic control incidents. In *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 33, No. 2, pp. 43-46. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Vogt, J., Hagemann, T., & Kastner, M. (2006). The impact of workload on heart rate and blood pressure in en-route and tower air traffic control. *Journal of Psychophysiology*, 20(4), 297-314. <https://doi.org/10.1027/0269-8803.20.4.297>
- Zhang, X., Yuan, L., Zhao, M., & Bai, P. (2019). Effect of Fatigue and Stress on Air Traffic Control Performance. *5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, pp. 977-983. doi: 10.1109/ICTIS.2019.8883823



## Bir Sorumluluk Alma Aracı Olarak Mobilya: 3-6 Yaş Grubu Çocuklarla Alan Çalışması

### Furniture As a Means of Taking Responsibility: Field Work with Children Aged 3-6 Years

Emel Aydın<sup>1</sup> , Füsun Curaoğlu<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, 26555 Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 04/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Koronavirüs pandemi döneminde normalden fazla teknolojik uyarana maruz kalan çocuklarda dikkat dağınıklığı artmıştır. Ayrıca uzun zamanlı evde kalan çocuklar için dikkat dağınıklığının oyuncak, oda toplamak gibi ev içi sorumluluklarını yerine getirmede yaşattığı zorluklar ve ebeveyn-çocuk ilişkisinde yaşanan çatışmalar da bu dönemin önemli problemlerindendir. Özellikle okul öncesi dönemde dikkat artırma hedefiyle yürütülen son çalışmalarda müzikle terapi, ritim eğitimi, beyin egzersizleri gibi yöntemler öne çıkmaktadır. Ayrıca bu dönemde çocukların evde çok hareketsiz kalmış olmaları da sürecin dezavantajlarından biridir. Çocuğu öncelemeden ergonomik veriler kapsamında tasarlanmayan mobilyalar, çocuk odalarında farklı sorunlara neden olabilmektedir. Bu çalışmada, Üniversite-Sanayi iş birliği kapsamında bir mobilya firması ile yürütülen tasarım odaklı bir mezuniyet projesinin ergonomi temelli araştırma süreç ve sonuçları paylaşılmıştır. Çalışma nitel araştırma paradigması kapsamında durum çalışması olarak yapılandırılmıştır. Araştırmada uzun zaman evde kalan çocuklar için oyuncak toplamanın sıkıcı bir eylem olduğu, genellikle ebeveynlerinin yönlendirmesi, takibi ve ısrarıyla oyuncaklarını topladıkları veya oyuncakları toplamayı çoğunlukla ebeveynlerine bıraktıkları tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde, çocukların odalarında oyuncaklarını depolamak amacıyla kullanılan ürünlerin çocuklara yeni davranış biçimleri kazandırılmasına yönelik tasarlanmadığı, fizyolojik ve psikolojik yapılarına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda projede oyuncakların depolanacağı eğitici ve öğretici yardımcı bir mobilya tasarlanması ve ürünün müzik ile çocuğun dikkatinin artmasına katkı sağlayabilmesi hedeflenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*"Ergonomi, Koronavirüs ve çocuk, Çocuk mobilya tasarımı, Dikkat dağınıklığı, Ritim eğitimi, Üniversite-sanayi iş birliği"*

#### Abstract

Distraction has increased in children exposed to more technological stimuli than usual during the coronavirus pandemic period. In addition, for children who stay at home for a long time, fulfilling their domestic responsibilities and difficulties caused by distraction are important problems of this period. A recent study focused on improving preschool attention has highlighted methods such as music therapy, rhythm training, and brain exercises. Furthermore, one disadvantage of the process is that youngsters are generally passive at home during this period. Children's rooms may have a range of concerns if the furniture was not designed using ergonomic data and with the child's requirements in mind. This study discussed the outcomes of ergonomics-based research procedures and a design-focused graduation project that was undertaken with a furniture firm as part of university-industry cooperation. The study was designed as a case study. Toy collecting has been discovered to be a tedious hobby for kids; they typically do this under the supervision of their parents. The purpose of this study is to be able to do activities that can contribute to increasing the attention of the child with the product in which the toys are stored.

#### Key Words

*"Ergonomics, Coronavirus and children, Kids furniture design, Distraction, Rhythm training, University-industry cooperation"*

## 1. Giriş

Günümüzde dijitalleşmenin artmasıyla birlikte çocukların yeni bakıcıları, teknoloji odaklı ürünler olmaya başlamıştır. Özellikle Z kuşağı ile başlayan ve Alfa kuşağı ile devam eden, teknolojinin içerisine doğan çocuklar, doğdukları andan itibaren dijital dünya ile tanışmakta ve bu nedenle çok fazla uyarana maruz kalmaktadırlar. Ayrıca ebeveynler ve çocuğun çevresindeki yetişkinlerin kontrolsüz teknolojik alet kullanımının da çocukların dikkatinin dağılmasına neden olan etkenler arasında olduğu düşünülmektedir.

2020 yılında ortaya çıkan koronavirüs pandemisi sürecinde uzaktan eğitime geçilmesiyle birlikte, üç-altı yaş grubu okul öncesi dönem çocukları, evde yapabildiği etkinliklerle sınırlanmış ve tümüyle konut içerisinde yaşamak zorunda kalmışlardır (Abukan vd., 2020). Özellikle temel alışkanlıkların ve davranış biçimlerinin yapılandığı bir dönem olan üç-altı yaş grubu çocuklar, akran etkileşiminden mahrum kalarak, birlikte oyun oynayamamış ve açık alanlara çıkamamıştır. Üstelik birçoğu çevrimiçi eğitime de ulaşmakta zorluk yaşamıştır. Oyun çağı çocuğu olan üç-altı yaş grubu çocuklar hem arkadaşlarından hem oyun ortamlarından uzak kalmıştır.

Oyun, çocuğun yaparak, deneyleyerek ve yanılarak öğrenmesi için en önemli temel öğrenme aracı olurken, aynı zamanda sosyalleşmesi ve bilişsel, bedensel, ruhsal gelişimi için büyük önem taşımaktadır.

Birleşmiş Milletler Çocuk Hakları Sözleşmesi 29. Maddesi; çocuğun gelişme hakları, çocuğun yetenek ve becerilerinin en iyi şekilde ortaya koyabilmesi için eğitim, oyun ve dinlenme, bilgiye ulaşma, düşüncelerini özgürce ifade edebilme haklarının korunmasını kapsamaktadır (UNICEF, 2017).

Bu çalışmada oyun bir temel hak olarak ele alınmış ve koronavirüs döneminde çocukların dikkat düzeyleri artırılarak, öğrenme süreçlerine katkı sağlanması hedeflenmiştir. Bu projenin amacı, koronavirüs pandemi döneminde normalden daha fazla teknolojik uyarana maruz kalan erken dönem çocuklarının dikkatlerini artırma niteliği taşıyacak, etkinlik temelli yenilikçi bir ürün ve sistem tasarlamaktır. Bu kapsamda proje, ara kesit olarak müzik ve ritim duygusunun geliştirilmesi üzerine temellendirilmiştir. Literatür taraması sürecinde, aşağıda daha detaylı ele alındığı üzere, müzik ile düzenli gerçekleştirilen ritim eğitimi çalışmalarının, çocukların dikkatini ve odaklanma becerilerini geliştirdiği verilerine ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- 3-6 yaş grubu çocuklarda dikkat dağınıklığının giderilmesi için müzik ve ritim duygusu nasıl katkı sağlar?
- 3-6 yaş grubu çocuklarda müzik ve ritim duygusu bir mobilya tasarımına nasıl katkı sağlar?

## 2. Literatür

### *Koronavirüs sonrası dönem üç-altı yaş arası çocukluk*

Koronavirüs salgınıyla mücadele kapsamında birçok ülkede uygulanan sosyal mesafe önlemleri kapsamında, bireylerin kamusal alanda gerçekleştirdikleri tüm günlük rutinleri uzun bir süre durduruldu. UNESCO verilerine göre 8 Nisan 2020 tarihinde 188 ülkede okullarda eğitim askıya alındı. Türkiye’de 16 Mart 2020 tarihinde okullarda eğitim askıya alınarak uzaktan eğitim sistemine geçildi (Çalışkan, 2020). Okulların kapanması haricinde ülkelerin tümünde, gerçekleştirilen sosyal faaliyetlerin çoğu iptal edildi.

Çocuklar ve aileleri evlerde, sınırlı kaynaklar ile sınırlı bir alanı paylaşarak günlük yaşamlarını sürdürmek zorunda kaldılar. Günlük yaşam ile iş yaşamını bir arada yürütmek durumunda kalan ebeveynlerin yaşadığı zorluklar arttı. Ebeveynlerin ve çocukların stres, kaygı durumlarıyla baş etme becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği ön plana çıktı. NASP (National Association of School Psychologists, 2020) de çocukların ruh sağlığının bu süreçte takip edilmesi, yaş dönemlerine bağlı olarak gelişen belirtilerin fark edilmesinin önemine vurgu yapmaktadır (Aktaran: Çalışkan, 2020).

Üstelik üç-altı yaş aralığındaki çocukların sosyal çevrelerine karşı artan ilgilerine bağlı olarak yeni girişimlerde bulunma çabaları, diğer yaş gruplarına göre daha fazladır. Bu konuda engellenen çocukların suçluluk hissettikleri birçok araştırmanın başlıca bulguları içerisinde yer almaktadır.

Koronavirüs salgını ile sosyal çevrenin sınırlandırılması ve bu dönemin çocukların gelişimi üzerine etkileri, bu son dönemlerde yapılan araştırmalarda ağırlıklı olarak ele alınmaktadır. Çocuklar koronavirüs salgını ile ortaya çıkan yeni durumları ve sebeplerini, mantıksal olarak olmasa da sezgilerine dayalı akıl yürütme becerisi ile anlayabilirler (Senemoğlu, 2013; Akt. Abukan vd., 2020). Süreci anlamlandırmaya çalışan çocuklar sürekli soru sorma eğilimi gösterirler. Sorulan sorulara sabırla cevap verilmesi, öyküler, resimler aracılığıyla somutlaştırılmış bir anlatım tercih edilmesi, doğru bilgilerin aktarımı ve birlikte zaman geçirilmesi önem arz eder. Ek olarak, hastalıkla ilgili haber içeriklerine maruz kalmamaları da önerilmektedir (Dalton vd., 2020; Hacettepe Üniversitesi, 2020; Akt. Abukan vd., 2020).

Çin’in Shaanxi Eyaletinde 320 çocuk ve ergenin katıldığı bir ön çalışmada en sık gözlenen psikolojik ve davranışsal sorunların; ayrılmakta zorlanma, dikkat dağınıklığı, alınganlık ve pandemi hakkında soru sormaktan korkma olduğu saptanmıştır. Üç-altı yaş arası çocukların ayrılmakta zorlanma ve onlara bakım verenlerin hasta olacağına duyulan kaygı gibi semptomların daha büyük yaştaki çocuklara oranla daha fazla gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır (Çalışkan, 2020).

Bu projede de çocukların korkularının azalması, güven duygularının zedelenmemesi için mobilya tasarım sürecinde müzik bir ara kesit girdi olarak ele alınmıştır.

#### *Üç-altı yaş dönemi çocuklarda dikkat dağınıklığı*

Düşüncenin belli sürelerde seçili uyarıcı ve noktalara yönlendirilip diğer uyarıların önemsenmemesi dikkat kavramıyla açıklanmaktadır (Cammann ve Spiel, 1991, s.11; Akt. Solso vd., 2011, s.95). Öğrenme süreci için dikkat, öncelikli koşul olarak kabul edilir (Demir, 2009, s.139). Klasik öğrenme teorilerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, öğrenme sürecinin başarısında bir değişken olan öğrencinin dikkati, önemli bir faktör olarak değerlendirilir (Helmke ve Renkl, 1993, s.186).

Şili Pontifical Katolik Üniversitesi'nde kemanist ve nörobilimci Dr. Leonie Kausel ve Universidad del Desarrollo Şili'nin ekip lideri olduğu ve 11-13 yaş arası 40 tane çocuğun dikkat düzeyi ve çalışma hafızaları üzerine yaptıkları araştırma da müzik eğitimi alan ve almayan iki grubu karşılaştırmışlardır. 20 çocuğa ortalama iki yıl, haftada iki saat bir orkestra topluluğunda düzenli olarak enstrüman eğitiminin verildiği çalışmada; kontrol grubunda yer alan Santiago'daki devlet okullarından alınan yirmi çocuğun okul müfredatından başka bir müzik eğitimi almamaları sağlanmıştır. Çalışmanın sonunda müzik ve müzisyenlik eğitimi almış çocukların dikkat ve hatırlama konusunda yüksek performans gösterdikleri, dikkat kontrolü, işitsel kodlama, okuma, yaratıcılık ve yaşam kalitesini iyileştirme ile ilişkili olduğu bilinen beyin bölgelerinin yönetici işlevlerinin oldukça etkinleştiği tespit edilmiştir (Kausel vd., 2020).

#### *Üç-altı yaş dönemi çocuk ve müzik*

Doğduğundan itibaren her çocuğun müzik eğitimi işitsel algıları ile başlar. Erken çocukluk döneminde müzik, tekerlemeler ve şarkılar aracılığıyla çocuk gelişimine katkı sağlar (Soysal, 2012; Akt. Deleş ve Kaytez, 2020). Müzik eğitimi alan çocukların problem çözme ve okuma beceri gelişimleri, müzik eğitimi almayan çocuklara göre daha hızlı gerçekleşmektedir. Notaları doğru seslendirebilen çocuklar harfleri seslendirmeyi daha kolay başarabilmektedirler. Okul öncesi çocukluk döneminde müzik temelli etkinlikler, onların keşif ve yaratıcı becerilerini de ayrıca güçlendirmektedir (Gün Duru ve Köse, 2012; Akt. Deleş ve Kaytez, 2020).

Ritim ise müziğin yapı taşıdır. Montessori, öğrenmenin ritimle başladığını ifade ederken, Hannaford (1995) ise, işitsel ve görsel duyularla fark edilen enerji kalıplarının ritimle başladığını vurgular. Carl Orff'e göre, çocuklardaki el çırpma, zıplama, parmak şıklatma gibi doğal davranışlar, ritim etkisi ile ortaya çıkarak onların müzikle ilişki kurmasını sağlar (Orff, 1977; Akt. Deleş ve Kaytez, 2020). Müzik aktivitelerinde yer alan ritim çalışmalarıyla, çocuğun ince ve kaba motor becerileri güçlenmekte, davranışlarındaki hız ve pratiklik artar (Franklin, 2008, Akt. Deleş ve Kaytez, 2020).

Ritim eğitiminde, çocuğa belirli ritim kalıplarını öğretmenin yanı sıra ritmin duygusunu, bedensel yeteneklerini geliştirme, mutlu olmasını sağlama ve olumlu bir kişilik geliştirerek kendi kendisini kontrol etmesine yardımcı olunması da amaçlanır. Böylece gelişen ritim duygusu, güven duygusunun gelişimine katkıda bulunacağı gibi çocukta denge, dikkat, tepki, büyük ve küçük kasların gelişimine de katkıda bulunur (Sun ve Seyrek 1998; Akt. Sığırtmaç, 2002).

#### *Projenin içerdiği yenilik (özgünlük) unsuru*

Dikkat arttırmaya yönelik sunulan çözümün aracı olan müziği çocuklara keşfettirmeyi amaçlayan uluslararası çalışmalarda farklı örneklerle ulaşılmıştır.

2018 yılı Eylül ayında Clement Park, beş-on iki yaş aralığında çocukların kullanımına açılan Littleton CO, USA konumunda, Kammerer Park ise Elk Grove CA, USA konumunda yer almaktadır. İki parkta da çocukların perküsyon aletleri ile çalışma olanağı bulunmaktadır. Literatürde çocukların dikkat dağınıklığı probleminde çözüm niteliğinde ritmik sesleri keşfettirme amacı taşıyan farklı oyun, tekerleme, müzik enstrümanlarına ulaşılrken, gündelik yaşamında bu amaçla kullanabileceği bir mobilya tasarımı verisine ulaşılamamıştır. Bu projede literatürdeki bu boşluğu doldurma gerekliliği görülmüştür.

Bu doğrultuda kullanıcı odaklı tasarım metodolojisi kapsamında gönüllü katılımcılarla görüşmeler yapılmış, çocuğun ihtiyaç ve kısıtlamaları belirlenmiştir. Bunun sonucunda çocukların fizyolojik ve psikolojik yapısına uygun bir mobilya tasarımı yapılması hedeflenmiştir. Ürün, tasarım tescili almaya uygun bir tasarım önerisi sunmaktadır. Tasarlanan ürünün tasarım tescili 13.10.2022 tarihinde alınmıştır.

#### *Üç-altı yaş arası çocuk mobilyaları*

Fiziksel çevrede yaşayan bireyler bu çevre içerisinde yer alan mobilya ve donatılar ile doğrudan/dolaylı bir ilişki içerisinde. Gereksinimleri doğrultusunda çevresini ve bu çevrede yer alacak nesnelere biçimlendirip organize etmektedir. İçerisinde yaşadığımız yüzyılda teknoloji merkezli gelişmeler geleneksel davranış biçimlerini yıkarak bireyleri, nesnelere kurdukları ilişkileri yeniden tanımlamak zorunda bırakmaktadır (Curaoğlu, 2017). Mobilya iç mekân tasarımında yalnızca işlevsel ve dekoratif özellikleriyle var olan herhangi bir üründen ziyade iç mekân tasarım paydaşı olarak değerlendirilmektedir (Curaoğlu, 2008).

Mobilya tasarımlarında ergonomik ve antropometrik değerler çok önemlidir. İnsan vücut ölçüleri yaşa, kiloya, boyaya, cinsiyete ve beslenmeye göre değişiklik gösterir. Bu ölçülere uygun olarak tasarlanan mobilyalar, kişilerin mobilyayı rahat ve tam verimli kullanmasını sağlar. Antropometrik kriterlere uygun olmayan mobilyalar kullanıcıların yapısal gelişimini ve fiziksel sağlığını olumsuz etkiler. Mobilyalar, kullanıcılar için kendilerini bir ürüne adapte etmek zorunda kalmayacak şekilde tasarlanmalıdır (Kurban vd., 2016).



Çeşitli mekanlarda yaşayan bireylerin kültürel sosyolojik ekonomik demografik farklılıkları sebebiyle mobilyalardan bekledikleri ve ihtiyaçları farklılık göstermektedir. Çağdaş pazarlama bakış açısı bu beklentileri karşılayacak mobilya üretiminde kullanılmaktadır ve mobilya pazarında da bu tarz farklı kriterlere dönük hedef pazarlar ortaya çıkarılmaktadır. Bu kriterlerden birisi demografik unsur olan “yaş” olarak belirtilebilir. Yaş kriterine bağlı mobilya hedef pazarları üç temel başlıkta belirtilmektedir. Bunlar, okul öncesi çocuk (bebe) mobilyası (sıfır-altı yaş), genç odası mobilyası (yedi ve üzeri yaş) ve ebeveyn mobilyası olarak gruplanmaktadır. Ayrıca bu ürünler “konut mobilyaları” üst başlığı altında da yer alabilmektedir. Üç-altı yaş erken çocukluk veya bebeklikten çocukluğa geçiş olarak tanımlanan okul öncesi döneminde çocuk “oyun çocuğu” dur. Bedensel ve zihinsel gelişimi kapsamında faydalanabildiği fırsat ve yönlendirmelerden çok fazla etkilenmektedir. Çocuğun odasında mobilya ve benzeri donatı elemanlarının etkisi, özgür hareket etme, benlik gelişimi ve mekân-eşya ilişkisinin anlaşılmasında önemli görülmektedir (Burdurlu vd., 2004). Ancak çalışmanın ön araştırma sürecinde, çocuğun odasında oyuncakları ile oynadıktan sonra oyuncaklarını toplaması ve odasını düzenlemesi konusunda ebeveynleri ile uzun süreli sorun yaşadığı tespit edilmiştir. Çocuk odalarında oyuncak depolama elemanları incelendiğinde, temizlik ve bakım ürünleri, aksesuar, kitap ve dergi depolama ihtiyacının ön planda olduğu görülmektedir. Çalışmada çocuk odalarında ağırlıklı olarak giysi ve kitap depolama elemanlarının yoğun olarak tasarlandığı ve işlevsel ve estetik olarak yoğun emek harcandığı gözlenmiştir. Oyuncak depolama elemanlarının ise bu süreçte göz ardı edildiği ve sadece birer kutu olarak tanımlandıkları tespit edilmiştir. En fazla yüklenen işlevin çocuk tarafından taşınabilir olma özelliği olduğu, incelenen mobilya elemanlarında tespit edilmiştir.

### Üniversite-sanayi iş birliği

Bu proje, Üniversite Sanayi iş birliğinde geliştirilmiştir. Üniversite sanayi iş birliği; üniversitelerin bilgi ekipman ve eleman gibi mevcut kaynakları ile sanayinin deneyim, finansal güç ve eleman gibi mevcut kaynaklarının iki tarafa da verim sağlayacağı bir sistem çerçevesinde toplanarak yapılan eğitim öğretim, araştırma geliştirme ve başka hizmet faaliyetlerinin tümünü oluşturur. Karşılıklı fayda prensibi ile çalışır (Dura, 1994, s.101).

Toshiba'nın Teknolojiden Sorumlu Başkanı Dr. Katsuhiko'ya göre, bir şirket üniversiteler ile iş birliği sağlamak mecburiyetindedir. Bunun dört temel nedeni vardır. Öncelikle “teknolojinin geçmişte olduğundan daha hızlı gelişmekte olması” ve “rekabetin artması” gelmektedir. Aynı disiplinlerde çalışmalar yapan rakiplerden hızlı davranılmazsa patentleşecek birçok teknoloji onlara kapıtılacaktır. Bu da rekabetçiliği sonunun yakın olduğunu gösterir. Bu sonla yüzleşmemek için şirketlerin üniversitelerin teknoloji üretme potansiyelinden yararlanması gerekmektedir. Diğer bir sebep ise “sermaye” olmaktır. Şirketlerin artık temel bilimlerde araştırma yapmamaları ve hızla gelişen bilim dünyasında yenilikleri takip etmek için araştırma yapacak insana ve laboratuvarlara ihtiyaç duymaktadırlar. Son sebep ise artık “öğrencilerin üniversitelerden sadece teorik bilgilerle mezun olmak istememeleridir”. İş dünyasıyla yakınlaşmak, araştırma çıktılarını hızlı ulaşılabilmek ve toplumda yarattıkları etkileri gözlemleyebilmek istemektedirler (Cengiz, 2014).

Teknopark ve bilim parkları bu iş birliklerini kurmada, girişimciliği desteklemede, yenilikleri ödüllendirerek yenilikçi ürün ve sistemlere dönüştürülmesine katkı sağlamaktadır. Geçmişe kıyasla üniversiteler fikir, süreç, yeni ürün ve hizmetlere ev sahipliği yaparak kazanç kaygısı olmadan araştırma ortamı yaratabilmektedir (Cengiz, 2014).

### 3. Materyal ve Metot

Çalışmanın yürütülmesi sürecinde kuram oluşturmayı temel alan bir anlayışla sosyal olguları bağlı buldukları çevre içerisinde araştırmayı ve anlamayı ön plana alan bir yaklaşım olan nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Nitel Araştırma Döngüsü Modeli (Kaynak: Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Nitel araştırma yönteminde, araştırmanın gerçekleştirildiği sosyal, psikolojik, kültürel, demografik ve fiziksel özellikleri barındıran çevreyle ilgili veriler, araştırma boyunca olan bitenin araştırma grubunu nasıl etkilediğini aktaran süreçle ilgili veriler ve katılımcıların

süreç hakkında düşündüklerine yer veren algılara ilişkin veriler toplanır. Bu verileri toplamak için görüşme, gözlem ve yazılı dokümanları inceleme yöntemleri kullanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Bu çalışmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır. En temel özelliği bir ya da birkaç durumun derinine inerek araştırılması olan durum çalışmasında, duruma ilişkin etkenler (olaylar, ortam, bireyler vb.) bütüncül bir yaklaşımla araştırılır ve söz konusu durumu nasıl etkilediği üzerinde durulur (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

### 3.1. Araştırma Süreci

#### Çalışma grubu

Araştırmanın çalışma grubunu üç-dokuz yaş arası çocuklar ve ebeveynleri oluşturmaktadır (Tablo 1). Araştırma problemine önerilecek tasarım kararlarının, esas olarak belirlenen yaş grubuna ait (üç-altı yaş) çocuğu olan çeşitli illerden 47 ebeveyn, çocuklarının dikkat dağınıklığı sebepleri ve öğrenmekte zorlandıkları becerileri hakkındaki görüşlerini öğrenmeye yönelik anket uygulanmıştır. Yapılandırılmış alan çalışması gerçekleştirilen ana okulundan, koronavirus koşullarında beş yaşında bir erkek ve altı yaşında bir kız ile ürün geliştirme sürecinde görüşmeler yapılmıştır. Araştırma çıktıları gelecekte ve yenilikçi bir ürün tasarımı gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Tasarımın kullanıcı kitlesini oluşturan üç-altı yaş grubu çocuklar haricinde yedi-dokuz yaşlarında çocuklarla da çevrimiçi ortamlarda görüşmeler yapılarak hedef kitlenin gelecekteki yaklaşımlarının ve beklentilerinin neler olabileceğine dair analizler yapılmıştır.

**Tablo 1.** Katılımcı Çocukların Demografik Özellikleri ve Yüzdesi

Yaş	N=57	Yüzde %
3	4	7,01
4	4	7,01
5	14	24,58
6	31	54,40
7	2	3,50
8	1	1,75
9	1	1,75

#### Veri toplama aracı

Nitel araştırma yöntemi olan durum çalışmasından çok boyutlu veri toplama (belge analizleri, anket çalışması, yapılandırılmış alan çalışması, görüşme) yöntemleri kullanılmıştır. Anket çalışması, Eskişehir, İstanbul ve Mersin illerinden katılan toplam 47 ebeveyn uygulanmıştır. Eskişehir’de bir ilkökulda yaşları beş-dokuz arasında değişen yedi çocuk ve üç ana sınıfı öğretmeni ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

#### Verilerin analizi

Elde edilen verilerin daha önceden belirlenen temalara göre özetlenip yorumlanması yaklaşımı olan betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır.

## 4. Bulgular

#### Mevcut çocuk odalarındaki depolama birimlerinin analizleri

Araştırma kapsamında, Antalya, Denizli, Eskişehir, Mersin, İstanbul, Kırklareli ve Kocaeli illerinden yaşları iki ila dokuz arasında değişen 20 tane çocuğun odasında yer alan mevcut depolama birimlerinin görselleri toplanmıştır. Çocuk odalarında başlıca depolanan ürünlerin kıyafetler, kitaplar, kırtasiye malzemeleri, çeşitli oyun ve oyuncaklar olduğu belirlenmiştir. Oyuncaklar için kullanılan depolama birimlerinin çocukların fizyolojik ve psikolojik yapısına uygun tasarlanmadığı, çocuktan daha fazla annenin tasarım sürecinde öncelendiği tespit edilmiştir. Şekil 2.’de çocuk odalarında yaygın olarak kullanılan bir depolama birimine yer verilmiştir.



**Şekil 2.** Mevcut Bir Çocuk Odasının Depolama Birimi (Kaynak: Kişisel Çekim).

*Anket çalışmasına ilişkin bulgular*

Bu bölümde okul öncesi dönem üç-altı yaş arası çocukları olan ebeveynlere, çocuklarının dikkat dağınıklığı ve sabırsızlığını nasıl tanımladığı ve bunları kontrol altına almak için hangi çözümleri geliştirdiklerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Tablo 2’de ebeveynlerin çocuklarının kazanmasına önem verdikleri beceriler ve çocukların öğrenmekte zorlandığı becerilerin yüzde değişimi incelenmiştir.

**Tablo 2.** Çocukların Kazanması Beklenen ve Öğrenmekte Zorlandıkları Becerilerin İncelenmesi

Ana Konu	No	Alt Başlıklar
Çocukların Kazanması Beklenen ve Zorlandıkları Becerilerin İncelenmesi	3.	Ebeveynlerin Çocuklarına Öğretmeye Önem Verdikleri Beceriler
	4.	Çocukların Öğrenmekte Zorlandığı Beceriler

*Ebeveynlerin çocuklarına öğretmeye önem verdiği beceriler*

Ebeveynlerin çocuklarına öğretmeye önem verdiği beceriler arasında sabırlı olma, kıyafetlerini toplama ve öz bakım becerileri öne çıkmaktadır (Tablo 3). Çocuklarda günden güne artan dikkat dağınıklığı onların daha sabırsız olmalarına sebep olmaktadır. Tasarlanan ürünün, çocukların sabırlı olma becerilerine katkı yapması hedeflenmektedir.

**Tablo 3.** Ebeveynlerin Çocuklarına Öğretmeye Önem Verdikleri Becerilerin Kişi Sayısına Göre % Değişimi

Beceri Tanımı	Kişi Sayısı	Yüzde
Öz Bakım Becerileri	35	%74,5
Çamaşırları Toplama ve Katlama Becerisi	33	%70,2
Sabırlı Olma Becerisi	37	%78,7
Zaman Yönetimi Becerisi	18	%38,3
Kendini Koruma Becerisi	30	%63,8
İlk Yardım Becerileri	9	%19,1
Ev ve Bahçe İşleri	20	%42,6
Plan Yapma ve Sorun Çözme Becerileri	20	%42,6
Yemek Pişirme	9	%19,1
Para Yönetimi Becerisi	11	%23,4

*Çocukların öğrenmekte zorlandığı beceriler*

Ebeveynlerine göre çocuklar en çok sabırlı olmakta zorlanmaktadır. Duruma ilişkin bulgular yer almaktadır (Tablo 4). Üç-altı yaş aralığındaki çocukların sabırlı olma becerilerini güçlendirmek, proje kapsamında önemli bir parametredir.

**Tablo 4.** Çocukların Öğrenmekte Zorlandığı Becerilerin Kişi Sayısına Göre % Değişimi

Beceri Tanımı	Kişi Sayısı	Yüzde
Öz Bakım Becerileri	4	%8,5
Çamaşırlarını Toplama ve Katlama Becerisi	9	%19,1
Sabırlı Olma Becerisi	29	%61,7
Zaman Yönetimi Becerisi	12	%25,5
Kendini Koruma Becerisi	7	%14,9
İlk Yardım Becerileri	2	%4,3
Ev ve Bahçe İşleri	1	%2,1
Plan Yapma ve Sorun Çözme Becerileri	7	%14,9
Yemek Pişirme	7	%14,9
Para Yönetimi Becerisi	5	%10,6

*Üç altı yaş dönemindeki çocukların dikkatini dağıtan sebeplere ve dikkatini toplama yönelik geliştirilen çözüm önerilerine ilişkin bulgular*

Bu çalışmada üç-altı yaş arası çocuğu olan ebeveynlere, çocuklarının dikkatini dağıtan sebepler sorulmuştur (Tablo 5).

**Tablo 5.** Çocukların Dikkatini Dağıtan Sebepler ve Çözüm Önerilerinin İncelenmesi

Ana Konu	No	Alt Başlıklar
Çocukların Dikkatini Dağıtan Sebepler ve Çözüm Önerilerinin İncelenmesi	6.	Çocukların Dikkatini Dağıtan Sebepler
	7.	Çocukların Dikkatini Toplamaya Yönelik Uygulanan Çözümler

*Çocukların dikkatini dağıtan sebeplere ilişkin bulgular*

Tablo 6’da ebeveynlere göre çocukların dikkatini dağıtan sebeplere ilişkin bulgular yer almaktadır. %85 oranla teknolojik aletlerin uyarıları, %13 oranla gürültü ve %2 oranla ilgisizlik kaynaklı dikkat dağınıklığı gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Projede teknolojik uyarıların çocuklarda yarattığı dikkat dağınıklığını kontrol altına almayı hedefleyen bir ürün tasarımı amaçlanmıştır.

**Tablo 6.** Ebeveynlere Göre, Çocukların Dikkatini Dağıtan Sebeplerin % Değişimi

Dikkat Dağıtıcılar	Yüzde
Teknolojik Aletlerin Uyarıları	85%
Gürültü	13%
İlgisizlik	2%

*Çocukların dikkatini toplamaya yönelik uygulanan çözümlere ilişkin bulgular*

Ebeveynlere, çocuklarının dikkatini toplamaya yardımcı olmak için neler yapıldığı sorulmuştur. Konuyla ilgili çocuğun dikkatini çekebilecek bilgiler verilmesi, etkinliğin yapılması koşulunda ödüllendirme, egzersiz yaptırma ve mola verme gibi yöntemler kullanıldığı görülmüştür. Tablo 7’de bu duruma ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Tasarlanacak ürünün, çocuğa zorlandığı bir beceriyi öğretirken onun dikkatini çekecek, eğlenceli bir yol sunması gereklidir.

**Tablo 7.** Ebeveynlerin, Çocukların Dikkatini Toplama Yönelik Yaptıklarının % Değişimi

Dikkat Toplamaya Yönelik Yapılanlar	Yüzde
Dikkat Çekici Bilgiler Verilir	37%
Etkinliğin Yapılması Koşuluyla Ödül Verilir	31%
Etkinlik Yapmaya Ara Verilir	29%
Egzersiz Yaptırılır	3%

*Yapılandırılmış alan çalışmasına ilişkin bulgular*

Tarih: 10 Haziran 2021

Saat: 09:25-10:25

Öğretmen: B. Aras

Sınıf: 5-6 Yaş Ana Sınıfı

Okul: Eskişehir Ahmet Hamdi Bayraktar İlkokulu

Sınıfta altı kız bir erkek olmak üzere toplam yedi çocuk bulunmaktadır. Dört öğrencinin çevresine oturabileceği altı adet masa iki sıra halinde arka arkaya düzenlenmiştir. Zeminde altısı kırmızı altısı mavi 12 parçalı mat yer almaktadır. Beş adet raflı dolap bulunmaktadır. Çocuklar on litre olan plastik oyuncak kutularını bu raflara yerleştirmektedirler. Askılıkta, masalarda, sandalyelerde ve oyuncak kutularında her çocuğun ismi ve fotoğrafı yer almaktadır. Duvarda duvarın neredeyse tamamını kaplayan bir ağaç görseli, mevsimleri anlatan resimler ve toplam üç adet öğrenci panosu vardır. Sınıf duvarının yarısı açık sarı yarısı pembe renge boyanmış. Altı adet pencere vardır ve ortamın ışığı iyi durumdadır (Şekil 3.).

**Şekil 3.** Sınıftaki Bazı Eşyaların Görünümü.

09:25

Sınıf öğretmeni çocuklara, bugün yapacakları etkinliği anlattı. Müzik açtığında çocukların dans edeceğini, müziği durdurup bir renk söylediğinde ise ortamda hızlıca o rengi bulmaları gerektiğini söyledi. Altı yaşındaki bir kız “dönmek çok eğlenceli oluyor” dedi. Bir kız başka arkadaşının oyuncaklarına bakarak, “aynısı bende de var” dedi.

09:28

Sınıf öğretmenine, öğrencilerine nasıl oyuncak toplattırdıklarını soruldu. Okula yeni başladıklarında müzik eşliğinde toplattırdığını sonraki zamanlarda, bu durum rutin bir davranış haline gelince başka ödüller verdiğini söyledi.

09:33

Okulun Psikolojik Danışmanı çocuklara ukuleleyi gösterdi ve adını bilip bilmediklerini sordu. Çocuklar bildiklerini, onun bir gitar olduğunu söylediler. Daha sonra öğretmen ukulelesini çalıp şarkı söyledi (Şekil 4.). Çocuklar da elleriyle ritim tuttu. Çocuklardan biri alkış tutmaya başlayınca diğerleri de ona katıldı. Sınıf öğretmeni, pandemic döneminde evde uygulanması en zor olan ve bu nedenle ihmal edilen etkinliklerin başında müzikli etkinliklerin geldiğini ilettiler.



Şekil 4. Ukulele Çalan Öğretmen ve Onu Dinleyen Öğrenciler.

09:36

Öğretmen çocuklara yapacakları yeni etkinliği anlattı. Yine bir müzik açacağını ve bu sefer müzik durduğunda masalarında yer alan boyamayı yapacaklarını söyledi. Boyama kağıdında parçalara bölünmüş bir köpek resmi vardı. Öğretmen ‘müziğe rağmen boyamayı kim bitirecek bakalım, köpeğin tamamını boyayan kazanır’ dedi. Müziği yaklaşık dört saniye açık tuttu. Çocuklar zamanla hızlı hareket etmekten keyif aldılar. Alıştıktan sonra dans etmekteyse boyama yapmaya daha çok zaman ayırmak istediler.

09:52

Erkek çocuğu ukulele çalan öğretmenin karşısına geçerek yerdeki matın üzerine oturdu. Dizlerine vurarak şarkının ritmine eşlik etti. O esnada diğer çocuklar masada boyama yapmaya devam etti. Müzik bittikten sonra da çocuk ayaklarını yere vurarak ritim tutmaya, sağa sola sallanmaya devam etti. Ayaklarını sallamaya devam ederken öğretmene “Öğretmenim, yeni ayakkabım güzel mi?” dedi. Öğretmeni ayaklarının çok güzel olduğunu belirtti. Ardından diğer çocuklar da sırayla yere oturdu.

#### Saha çalışmasına ilişkin bulguların yorumu

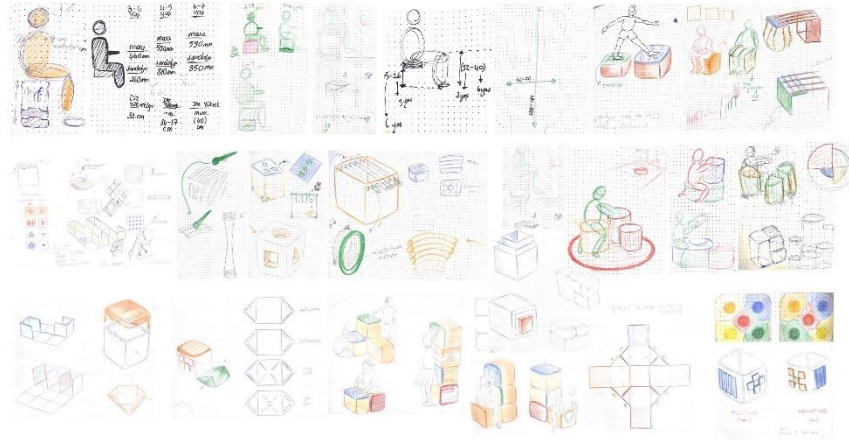
Gerçekleştirilen saha çalışması sonucunda çocukların ritim etkinliklerini keyifle yaptıkları, yönlendirmeye açık oldukları ve kuralları önemsedikleri gözlenmiştir. Bunun yanı sıra ana sınıfı öğretmeni (Kişisel iletişim, 10 Haziran 2021) ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmede çocukların müzik aletlerini çok tanımadıkları, uzaktan eğitim sürecinde müzik temalı etkinlikleri yapmayı ihmal ettiği bilgisine ulaşılmıştır. Tasarlanan ürünün, çocukların ritim oluşturmaya özgürlük tanınması, tiz ve tok sesleri keşfettirmesi birincil amaçtır.

#### 4.1. Ürün geliştirme süreci

Ürün geliştirme sürecinde Orff Yaklaşımı ve Montessori Eğitimi kapsamında kullanılan müzik aletleri ve eğitim araçları incelenmiştir. Ardından, ebeveynlerin yazılı izinleri alınarak görüşme yapılan çocuklarla birlikte farklı müzik aletleri ile çalışmalar yapılmıştır (Şekil 5.). Ürünlerin kullanım biçimi, tasarlanma amacı ve çocuğun fizyolojik ve psikolojik yapısı üzerinde bıraktığı etki doğrultusunda yenilikçi bir ürün tasarımı geliştirebilmek için eskizler (Şekil 6.) yapılmıştır.



Şekil 5. (a) Oyuncak Davul Çalan Çocuk; (b) Ukulele Çalan Çocuk.



**Şekil 6.** Ürün Geliştirme Sürecinde Yapılan Eskiz Çalışmaları.

Oyuncakların depolandığı ürün, çocuğun dikkatinin artmasına katkı sağlayabilecek etkinlikleri yapabileceği bir alan tasarımı şeklinde tasarlanıp, sıkıcı olan bu eylemin çocuk için verimli ve eğlenceli bir hale gelmesi hedeflenmiştir. Çocukların oyuncaklarını depoladığı modülden ses çıkarabiliyor olması, dikkat becerilerinin artmasına katkı yaparken, ince motor becerilerinin de güçlenmesine de katkı sağlayacaktır. Çocuk, oyuncaklarını toplayıp modülün kapağını kapattıktan sonra, sesleri keşfetmesine yönelik tasarlanmış kapaklar ile tiz ve tok sesler oluşturabilmektedir. Oyuncakların depolanabileceği farklı boyutlarda ve iç içe geçen dört adet depolama modülü ve ses yalıtımlı oyun halısı tasarlanmıştır. Depolama birimlerinin ikisinin yüzeyinde oturma minderi yer alırken diğer iki modülün kapaklarında ses çıkarmak için sistemler geliştirilmiştir. Bunlardan birinde çocukların temel notaları öğrenmesi için sekiz farklı notaya akort edilmiş teller bulunurken, diğer modül kapağında içinde farklı sayıda tef zili bulunduran yumuşak malzemeden üretilmiş beş adet eliptik çıkıntı bulunmaktadır. Modüllerin kapak tasarımında, Orff yaklaşımı ve Montessori eğitimi doğrultusunda tasarlanan ev yapımı müzik aletlerinden ilham alınmıştır.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Okul öncesi dönem, öncelikle oyun aracılığıyla öğrenmenin gerçekleştirildiği bir çocukluk dönemidir. Bu dönemde dikkat dağınıklığı başlıca öğrenme ve sorumluluk aksatma nedeni olarak görülür. Özellikle teknoloji odaklı cihazların yaşamımıza girmesi ve ev içi kullanımının artması nedeniyle dikkat dağınıklığı sorunu ebeveynlerin ve eğitimcilerin öncelikli çalışma alanı olmuştur. Çalışma kapsamında yürütülen araştırmada elde edilen bulgularda da çocukların dikkatini dağıtan sebeplerin başında teknoloji odaklı uyarıcıların geldiğini görüyoruz.

Bu kapsamda ebeveynlerin, çocuklarının dağılan dikkatini toplamak için öncelikli olarak eğlenceli çözüm yollarını tercih ettikleri gözlemlenmiştir. Araştırmada ayrıca, çocukların dikkat dağınıklıklarına karşı zorlanmaları nedeniyle, ebeveynlerin onlara en çok sabırlı olmayı öğretmeye önem vermeleri de elde edilen sonuçların içerisinde yer almaktadır. Bu kapsamda çocuklara dikkat çekici bilgiler vermeye çalıştıkları, ödüllendirdikleri ya da egzersiz yaptırdıkları sonuçlarına ulaşılmıştır. Ebeveynlerin çocuklarla müzik ve müzik aletleri aracılığıyla dikkat eksikliği sorununa çözüm bulmaya yönelmedikleri de çalışmanın bir diğer dikkat çekici sonucudur. Ayrıca pandemi süreci ve uzaktan eğitim gibi nedenlerle, özellikle Eskişehir’de gerçekleştirilen saha çalışmasında çocukların müzik aletlerine ve onların kullanımlarına hakim olmadıkları gözlenmiştir. Sınıf öğretmeni ile yapılan görüşmede, çocukların ve ebeveynlerin uzaktan eğitim sürecinde çevresel koşullar sebebiyle yapmakta zorlanarak ihmal ettikleri etkinliklerin başında, müzik ile yapılan etkinlikler geldiği öğrenilmiştir.

Bu kapsamda çalışmada özellikle üç-altı yaş dönemindeki çocukların, dikkat eksikliği sorununa, müziği keşfetmelerine destek olabilecek ürün tasarımı ve sistem çözümleri ile katkı sağlanabilmesi konusu araştırmanın odak noktasını oluşturmuştur. Bu alanda çözüm önerilerinin ağırlıklı olarak oyun içerikleri ve oyuncak içeriklerinin geliştirilmesinde yoğunlaştığını görüyoruz. Bir üniversite-sanayi işbirliği olarak yürütülen bu çalışmada, çözüm önerisi olarak bir tasarım elemanı olarak mobilya üzerinden çözüm getirilme yaklaşımı da, alana yenilikçi bir katkı olarak değerlendirilebilir. Çalışma ayrıca, sadece gündelik yaşamın eşyaları olarak değerlendirilen mobilyaların, çocuklar için kişisel gelişimlerine destek verecek yeni bir tasarım ürünü olarak ele alınabileceğine dikkat çekmesi konusunda önemlidir.

İşbirliği temelli yürütülen projede tasarlanan ürünler, çocuğun psikolojik ve fizyolojik yapısına uygun olması öncelenirken, eğlenceli bir deneyim sunması da bir diğer tasarım yaklaşımı olarak benimsenmiştir. Nihai ürünle her gün etkileşime geçen çocuk düzenli olarak ritim denemeleri yaparak müziği keşfedecektir. Zaman içerisinde farklı ürünlerden keşfettikleri seslerle özgün melodiler oluşturmaya, kendilerine özel, yaratıcı enstrümanlar tasarlamaya teşvik edilmeleri de tasarımın katkısı olacaktır. Ayrıca çocuğa istediği mekanda kendi alanını oluşturma özgürlüğü vermek için modüllerin ev ortamında rahat taşınabilir olması da hareket özgürlüğü alanı açmaktadır (Şekil 7.).



Şekil 7. Tasarlanan Ürünün Kullanımı.

## 6. Değerlendirme ve Öneriler

Ulaşılan sonuç ürün araştırma sorularına yanıt vermektedir. Bu bulgular farklı tasarım yaklaşımlarına da destek olacaktır. Bu çalışmanın araştırma sürecinde görüşülen kişi sayısı artırılabilir. Odak grup görüşmeleri yapılarak alınacak tasarım kararlarında kullanıcıdan daha verimli çıktılar elde edilebilir. Hedef kitle için sürdürülebilir malzemeler ile yaratıcı enstrümanlar tasarlama hedefi olan bir atölye çalışması gerçekleştirilebilir.

Çocuk odalarında kullanılan mobilya tasarımlarında, çocukların bilişsel ve fiziksel gelişimine katkı sağlayacak veriler tasarımcıların öncelikle değerlendirmesi gereken kriterlerdir. Özellikle yardımcı mobilya tasarımları çocukların odalarında gereksinim duydukları fiziksel, bilişsel, duygusal gereksinimlere farklı açılardan destek verebilirken, mobilya tasarımcıları için de yeni bir çalışma alanı açacaktır.

## Teşekkür / Bilgilendirme

Bu çalışma, Eskişehir Teknik Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü mezuniyet projesi kapsamında Çilek Mobilya A.Ş. ile yürütülmüştür. Süreçteki katkılarından dolayı firma danışmanı Merve PEKER'e teşekkür ederiz.

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Abukan, B., Yıldırım, F. & Öztürk, H. (2020). Covid-19 Salgınında Çocuk Olmak: Gelişim Dönemlerine Göre Sosyal Hizmet Gereksinimleri ve Öneriler. *Turkish Studies*, 15(6), 1-14. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.44416>
- Burdurlu, E., Kılıç, Y., İlçe, A.C., Elibol, G. C., & Yener, G. (2004). Okul Öncesi Çocuk Mobilyaları ile İlgili Ebeveyn Görüşleri ve Öngörülen Mobilya Tasarım Ölçütleri. (Turkish). *Teknoloji*, 7(1), 139-149.
- Cammann, R., & Spiel, G. (1991). *Neurophysiologische Grundlagen von Aufmerksamkeit und Konzentration*. Barchmann et al.(Hg.): *Aufmerksamkeit und Konzentration im Kindesalter*. Berlin: Verlag Gesundheit, 11-26.
- Cengiz, E. (2014). Üniversite-Sanayi İş Birliği Üzerine Değerlendirmeler. *Yükseköğretim Dergisi*, 4(1), 1-8. Curaoğlu, F. (2008). İç Mimarlık Eğitiminde Mobilya Tasarımı Dersi. *Sanat Yazıları*, 19, 75-85.
- Curaoğlu, F. (2017). Oturma Eylemi-Günlük Yaşam Teknolojileri-Tasarım İlişkileri Üzerine Bir Analiz-Ofis Oturma Elemanları-. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1161-1173.
- Çalışkan, Y. (2020). Covid-19 Pandemisi ve Karantina Sürecinde Çocuk Ruh Sağlığı. *Medical Research Reports*, 3(Özel Sayı), 149-154.
- Deleş, B., Kaytez, N. (2020). Çocuk Gelişiminde Müziğin Yeri ve Önemi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 10(7), 133-142. Erişim Adresi: [www.asead.com](http://www.asead.com)
- Demir, Y. M. (2009). Bilişsel Bilgi İşlem Teorisi. *Öğrenme Teorileri*, 130-182.
- Doğan, K., Baksi, S. (2019). Çocuk Mekânlarında Güncel Tasarım Yaklaşımları. *Yakın Mimarlık Dergisi*, 2(2), 1-13.

- Dura, C. (1994), Üniversite-Sanayi İş Birliği Üzerine Bir Deneme, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 49 (3-4), Ankara, 101-117.
- Kausel, L., Zamorano, F., Billeke, P., Sutherland, M. E., Larrain-Valenzuela, J., Stecher, X., ... & Aboitiz, F. (2020). Neural dynamics of improved bimodal attention and working memory in musically trained children. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 554731. doi: 10.3389/fnins.2020.554731
- Kurban, H., Kaygın, B. & Tankut, A. N. (2016). Mobilya Tasarımında Antropometrik Ölçü ve Ergonomik Analizlerin Kullanımı. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 6 (13), 313-320.
- Özmen, Y., Demir, Y. (2012). İlköğretim Öğrencilerinin Dikkat Toplama Sürecine İlişkin Görüşlerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21 (1), 135-153.
- Sığırtmaç, Y. (2002). Okul Öncesi Dönemde Müzik Eğitimi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(9), 30-39.
- Solso, R. L., Maclin, M. K., & Maclin, O. H. (2011). Bilişsel psikoloji (çeviren: Ayçiçeği Dinn A). İstanbul, Bilişsel Psikoloji Kitapevi, 30-67.
- UNICEF. (2017). Birleşmiş Milletler Çocuk Haklarına Dair Sözleşme ve İhtiyari Protokoller, Usûl Kuralları ile Çocuk Hakları Komitesi Genel Yorumları, 117-120.
- Yıldırım, A., Şimşek, H. (2018). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri (11), Ankara: Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar.





## Kent Mobilyalarında Ergonomik ve Antropometrik Ölçütlere Dayalı Parametrik Tasarım

### Parametric Design in Urban Furniture Based on Ergonomic and Anthropometric Criteria

Seval Özgel Felek<sup>1</sup> , Simge Kutsal Göllü<sup>2</sup> , Buket Giresun Erdoğan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ünye Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 52300, Ordu, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, İstanbul, TÜRKİYE

Başyuru/Received: 01/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Kentsel açık alanlar kentlinin dinlenme ve sosyalleşme mekânı olarak kamusal alan niteliği taşımaktadır. Ekonomik, sosyal ve fiziksel engel olmadan bir araya gelmesine olanak sağlayan kamusal alanların herkes için erişilebilir ve aynı ölçüde konforlu olması gerekmektedir. Bu çalışma tasarımcılara kamusal alanlarda yer alan oturma, dinlenme ve bekleme gibi kentsel donatıların antropometrik ve ergonomik ölçütlere uygun olarak tasarımlarının yapılmasına olanak sağlayan sistematik bir tasarım süreci geliştirmeyi hedeflemektedir. Kentsel donatılarda oturarak dinlenme veya yeme-içme eylemi gereksinimi için belirlenen parametreler; kişi sayısı, sırtlıklı / sırtlıksız, kolçaklı / kolçaksız ve masalı / masasız olmasına göre değişmektedir. Kullanacak kişi sayısına bağlı olarak donatı elemanının genişliği değişmektedir. Diğer değişkenler için ortak belirlenen parametreler; oturma yüksekliği, oturma genişliği, oturma derinliği; sırtlıklı ise arkalık eğimi, kolçaklı ise kolçak yüksekliği; masalı ise masanın yerden yüksekliği ve masanın genişliği olarak belirlenmiştir. Ayakta durarak dinlenme veya bekleme “yaslanma” eylemiyle gerçekleştirileceğinden belirlenen parametreler donatıyı kullanacak kişi sayısı ve donatının yerden yükseklik değişkenlerine bağlıdır. Çalışma kapsamında parametreler ve değişkenler arasındaki ilişkiyi kurmak amacıyla Rhinoceros programında yer alan ve parametrik tasarım yapmaya olanak sağlayan Grasshopper eklentisi kullanılmıştır. Veri girişinde Microsoft Excel programında hazırlanan tablolardan yararlanılmıştır. Tasarım sürecinde yapılan seçimler ve veri girişleriyle elde edilen üç boyutlu model son tasarım ürünü olarak değil; ileri tasarım aşamasında altlık hazırlama amacını taşımaktadır.

#### Anahtar Kelimeler

“Kamusal Alan, Kentsel Açık Alan, Parametrik Tasarım, Oturma Elemanları”

#### Abstract

Urban open spaces provide the citizens to rest and socialize as a public space. The public space, which allows people to come together without economic, social and physical barriers, should be accessible and equally comfortable for everyone. This study aims to develop a systematic design process that allows designers to design urban furnishings such as sitting, resting and waiting in public spaces in accordance with anthropometric and ergonomic criteria. The parameters determined for sitting, resting or eating-drinking vary according to the number of people, whether they are with or without a backrest, with or without armrests, with or without a table. Depending on the number of people to use, the width of the urban furniture will change. Other variables are seat height, seat width, seat depth; backrest angle, armrest height, the height and the width of the table. The parameter for standing or resting depends on the height and the number of people who will use it.

Grasshopper plugin, which allows parametric design in Rhinoceros program, was used to establish the relationship between parameters and variables. Tables prepared in Microsoft Excel were used for data entry. The three-dimensional model is not the final design product, but aims to prepare a base at the advanced design stage.

#### Key Words

“Public Space, Urban Area, Street Furniture, Parametric Design, Public Seating”

## 1. Giriş

Endüstriyel ürünlerin tasarlanması ve modellenmesi sürecinde her sektörde olduğu gibi mobilya sektöründe de bilgisayar teknolojileri yoğun olarak kullanılmaktadır. Geçmişte geleneksel olarak üretilen mobilyalar günümüzde bilgisayar destekli tasarımın sağladığı değişken parametrelerin hesaplanmasıyla birçok farklı aşamanın aynı anda ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede tasarımcılar ürünlerinde her türlü değişikliği kısa sürede yapabilmektedir. Farklı alternatiflerin kısa sürelerde denenebilmesi tasarım ve üretim aşamalarını daha verimli kılmaktadır. Geleneksel yöntemlerde ilk model oluşturulduktan sonra tasarımcının ürün üzerinde minör bir parametrede dahi değişiklik yapmak istemesi tüm sürecin yeniden tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. Parametrik tasarım sürecinde tasarımcı, ilk modeli oluşturduktan sonra parametreler ve değişkenler arasındaki ilişkiyi kurarak projenin varyasyonlarını ve nihai ürünü devamlı olarak başa dönmeden ortaya çıkarabilir.

Bu çalışma tasarımcılara kamusal alanlarda yer alan oturma, dinlenme ve bekleme gibi kentsel donatıların antropometrik ve ergonomik ölçütlere uygun olarak tasarımlarının yapılmasına olanak sağlayan sistematik bir tasarım süreci geliştirmeyi hedeflemektedir. Kentlerin ortak mekânı olan açık alanlar toplumu oluşturan farklı bireylerin karşılaştığı, dinlenme ve sosyalleşme ihtiyaçlarını karşıladıkları alanlardır. Rapoport (1977)'a göre kamusal alanlar, insanların özgürce günlük aktivitelerini gerçekleştirdiği, insanlarla iletişim kurabildikleri mekanlar olarak tanımlanmaktadır. Habermas (1995)'a göre, kamusal alanın en önemli özelliği bu alanların tüm kentlinin kullanımına açık olmasıdır. Kentsel açık alanlar herkes tarafından kullanılır ve insanlar bu alanlarda yeni sosyal ilişkiler kurarlar (Kutsal Göllü ve Canbay Türkyılmaz, 2019). Tan ve Giresun (2016) bu alanları; kent dokusu içerisinde halkın ortak paylaşımlarda bulunduğu yapılaşmamış alanların tamamı olarak nitelendirmektedir. İnsanın fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını giderebilmesi için bu alanlardan maksimum seviyede faydalanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu alanlarda zaman geçiren bireyler kısa ya da uzun süreli oturma, dinlenme veya bekleme amaçlarıyla konumlandırılmış özel dış mekân mobilyalarından faydalanmaktadır. Kentliye hizmet etmek amacıyla tasarlanan ve kamusal alanlara yerleştirilen kentsel donatıların çevre ile olduğu kadar insan bedeniyle de uyumlu olması gerekmektedir. Ekonomik, sosyal ve fiziksel engel olmadan herkesin bir araya gelmesine olanak sağlayan kamusal alanların farklı kullanıcı grupları için erişilebilir ve konforlu olabilmesi için tasarım aşamasında ergonomik ve antropometrik verilerin kullanılması gerekmektedir.

Ergonomi, insanlarla ilgili bilimsel bilgilerin insan kullanımı için nesnelere, sistemlerin ve çevrenin tasarımına uygulanmasıdır. Genellikle şirketlerin, çalışanlarının verimliliğini ve kalitesini en üst düzeye çıkarmak için görevleri ve çalışma alanlarını nasıl tasarladığı olarak düşünülmektedir. Bununla birlikte, ergonomi; insanları, çalışma sistemlerini, spor ve boş zamanlarını, sağlık ve güvenliğini içeren her şeyle ilgilidir ve iyi tasarlanmış bir ürün muhakkak ergonomi ilkelerini içermelidir. Antropometri insanın vücut ölçülerini baz alıp bu ölçülerin ergonomi alanında göz önünde bulundurularak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Antropometrinin ergonominin iş birliği yaptığı bilim dalları arasında en önemlilerinden biri olduğu söylenebilir (Doğan ve Altan, 2007). Fiziksel çevrenin ergonomik olarak düzenlenebilmesi için vücut ölçülerini baz alan antropometrinin kullanılması gerekmektedir (Ertaş, 2012). Antropometri, ortak bir fonksiyon için insanı, mekânı ve mekândaki her türlü elemana ait ölçüleri birlikte değerlendirir. Bu alanları kullanan kişilerin her türlü etkinliği kolaylıkla yapabilmeleri için beden mekan arasındaki iletişimin doğru kurgulanması ve tasarımda antropometrik ölçülerin kullanılması gerekmektedir (Gülgün ve Türkyılmaz, 2001).

Ergonomik ve antropometrik veriler kullanılarak yapılacak tasarımlar öncelikle her ülkenin kendi vatandaşına uygun olmalıdır. Ancak ülkemizde antropometrik verilere dair çalışmalar oldukça eskidir. Bu çalışmada kullanılan veriler dünya standartlarına göre belirlenmiş yerel sonuçlar kullanılmamıştır. Ülkemizde bu alanda en geniş kapsama sahip ölçümler 1981 ve 2005 yıllarında yapılmıştır. 1981'de Ahmet Fahri Özak ve arkadaşları tarafından yapılan "Türk Sanayi İşçileri Üzerine Antropometrik Bir Araştırma" çalışmadaki ölçümler Türkiye'deki sanayi çalışanları ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında 1000 erkek çalışandan 50 ölçü alınmıştır. Alınan ölçümlerin en büyük, en küçük, ortalama, standart sapma ile değişim katsayısı ve dağılım frekansları bulunmuştur (Kaya ve Özak, 2017). 2005 yılında, Erksin Güleç vd. tarafından yapılan ikinci çalışma ise "Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları" dır. Bu çalışmada 14 ilden 1050 kadın 1050 erkek olmak üzere 2100 kişiden 37 ölçü alınmış ve bu kişilere anket uygulanmıştır. Çalış vd.'nin (2021) çalışması olan "18-65 Yaş Arası Kişilerin Antropometrik Verilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Alan Araştırması: Yükseköğretim Kurumu Uygulaması" ise bu alandaki öncü çalışmalardan biridir (Çalış vd., 2021). Türkiye çapında böyle araştırmaların yaygınlaştırılması ve büyük kitlelere uygulanarak yıllar arasındaki değişimin incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca ürünlerin tasarımında işletmelerin bu verileri göz önünde bulundurması gerekmektedir.

## 2. Bir Kent Mobilyası Olarak Oturma Elemanları

Halka çeşitli hizmet ve işlevler sağlayan, kentsel kamusal alanlarda yer alan nesne ve tesisleri ifade eden kent mobilyaları insan faaliyetlerine katkı sağlayan kentsel peyzajın önemli unsurlarından biridir. Tasarım ölçeğinin küçük olmasına rağmen kent mobilyaları, mimari, kentsel mekan ve diğer peyzaj unsurları ile birlikte kentsel çevre, kentsel imaj, kentsel yaşam ve yaşam kalitesinin belirlenmesinde önemli bir unsurdur (Prvanov, 2019). Kent mobilyaları, kentsel ve kırsal mekânlarda, işlevine uygun, güvenilir ve sağlıklı ortamların oluşmasını sağlayan, toplum yaşamını kolaylaştıran, özgün olarak nitelendirilen tasarım ürünleridir (Aksu, 2012). Kent mobilyaları kamusal alanın önemli bir parçası olarak ele alınmalı, kentin işlevsel ve estetik değerlerinden biri olarak kabul edilmelidir. Kamusal alanı kullanan farklı özelliklere sahip tüm kullanıcıları kapsayıcı özellikte olmalı ve etkin bir kentsel kimlik oluşturmalıdır. Kentlerin kurulmasıyla insan yaşamına giren kent mobilyaları, Sanayi Devrimi ile giderek yaygınlaşmış ve yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Açıkel ve Bakır, 2022).

Kentinin kullandığı kente özgü her türlü eleman kent mobilyası olarak nitelendirilir. İşlevine göre bu elemanlar oturma, bekleme, dinlenme elemanları, aydınlatma elemanları, çocuk parkları, spor alanları, satış birimleri olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca zemin kaplamaları, işaret ve bilgi levhaları, sınırlandırıcılar, su öğeleri, üst örtü öğeleri, sanatsal öğeler de bu kapsamda değerlendirilmektedir (Yaylalı, 1998; Yıldızcı, 2001). Kent mobilyaları tasarlanırken tasarım ölçütlerinin toplumun antropometrik normlarına uygun olarak oluşturulması kentsel açık alanlarda mekânsal organizasyonu, kentsel konforu ve kamusal estetiği arttıracaktır.

Kentsel açık mekanlar işlevlerini başarılı bir şekilde sürdüremedikleri takdirde sağladıkları fayda ve değerlerini yitirmektedir. Bu mekanların mekânsal özelliklerinin ne olması gerektiğine dair tasarım kriterleri oluşturmanın önemine ilişkin çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Mumcu vd. (2017) yapılan bu çalışmaların özellikle üzerinde durduğu konulardan birinin kentsel açık mekanlardaki durağan ya da pasif etkinliklerin sosyalleşme ile olan ilişkisi olduğunu belirtmektedir. Kentsel açık mekânların aktif kullanımı için aktif ve pasif etkinliklerin oluşumunu destekleyen mekânsal özelliklerin varlığı oldukça önemlidir. Bu mekanlar oturma, ayakta bekleme, yaslanma, sohbet etme, gözlemlene gibi etkinlikler için zemin hazırlamaktadır (Gehl, 2010).

Kamusal alan ekipmanlarının en önemli sosyal unsurlardan biri olan oturma elemanları Mehta'ya (2014) göre insanların dinlenme, toplantı, görsel zevk ve diğer amaçlarına cevap vermektedir. Mehta (2007) kamusal alanları insanların çeşitli pozisyonlarda çeşitli etkinliklere katılım olarak tanımlamaktadır. Bunlar; ayakta durma, oturma, uzanma, dinlenme, sohbet etme, yemek yeme-içme, okuma, bilgisayar/tablet/telefon kullanma, müzik aleti çalma, satış yapma ya da oyun oynama gibi etkinliklerdir. Kamusal alanda çok sayıda oturma seçeneği bulunmaktadır. En yaygın olanları sabit oturma birimleri, banklar, sandalyeler, tabureler, oturma duvarları ve açık amfi tiyatro koltuklarıdır. Bunların dışında, oturma birimi olarak tasarlanmasa da insanlar, kayaların, kütüklerin, parmaklıkların, duvarların, saksıların, yangın musluklarının ve üzerine oturulabilecek herhangi bir yararlı yüzeyin üzerinde otururken de görülebilmektedir (Main ve Hannah, 2009). Gehl'e (2010) göre, insanların oturacak bir yeri olmadıkça bir yerde kalmaları için hiçbir sebep yoktur. Bu durumda kamusal yaşam; insanların rahatlayabileceği, sosyalleşebileceği, oturabileceği ve başkalarını gözlemleyebileceği rahat, erişilebilir ve aktif bir kamusal ortam yaratmaktadır.

Bu çalışma kapsamında aktif ve pasif sosyalleşme olanağı sağlayan oturma, dinlenme, piknik yapma, yaslanma, bekleme fonksiyonlarına sahip genel olarak oturma elemanları olarak nitelendirilen kentsel donatı elemanları incelenmektedir.

### **2.1. Oturma / Dinlenme üniteleri**

Oturmak, ayakta durmak, yürümek, koşmak ve uyumak gibi insan vücudunun temel hareketlerinden bir tanesidir. Oturmak kişinin yalnızca rahatlaması amacıyla yaptığı bir eylem değildir; aynı zamanda psikolojik ve sosyo-kültürel de bir aktivitedir. Kentsel açık alanlarda sosyal etkinlikler oturmak, ayakta durmak, yaslanmak, beklemek ve gözlem yapmak gibi (Simões Aelbrecht, 2016) genellikle pasif hareketleri içerir. Bu nedenle iyi planlanmış ve tasarlanmış kentsel donatılar sosyal hayatın sürdürülmesine ve geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Siu ve Wong, 2015).

Kentsel açık alanlarda insanlar dinlenmek, rahatlamak ve yorulduğunda enerjisini yenilemek için birçok alternatif arasından en iyisini seçer ve onu kullanırlar. Oturma eyleminin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için mobilya tasarımında kullanıcı konforu yani iskelet, kas ve kan dolaşımı konforu sağlanmalıdır. Oturma elemanının boyutu ile kullanıcı arasındaki uyumu sağlamak için fizyolojik anatomik ve antropometrik boyutların tanıdığı insan anatomisine uygun tasarımlar yapılmalıdır. Oturma elemanları boyutları, malzemesi ve tasarımıyla kısa ya da uzun süreli aktif oturmayı desteklemelidir.

Kamusal alan içerisine konumlandırılmış masalı veya masasız, kolçaklı veya kolçaksız, sırtlıklı veya sırtlıksız alternatifler farklı ihtiyaçların giderilmesinde önem taşır. Masalı olan oturma donatıları özellikle mesire alanlarında, sahil kenarlarında, parklar ve bahçeler içerisinde konumlandırılmaktadır. Bu mobilyalar yeme-içme eyleminin yanı sıra çalışma alanı olarak da kullanılmaktadır.

### **2.2. Yaslanma / Bekleme üniteleri**

Bu donatıları pasif oturma elemanları olarak adlandırmak mümkündür. Bekleme ünitelerinin dikey koltuk (vertical seat) veya ayakta oturma (stand up seat) şeklinde isimlendirildiği de görülmektedir (Prvanov, 2019). Genellikle otobüs, tren, metro ve tramvay istasyonları gibi transfer alanlarına veya kamusal alan içerisine yerleştirilen bu donatılarda kısa süreli dinlenme ve bekleme eylemi ayakta durarak ve yaslanarak gerçekleştirilmektedir.

Kavisli / eğimli yüzeylerinden dolayı üzerinde eşya bırakma, uzanma ya da üzerinde yatma imkânı bulunmamaktadır. Kavisli veya eğimli olmayan alternatiflerinde ise aynı sebeplerden donatının derinliğinin azaltıldığı görülmektedir. Evsizlerin geceyi geçirme, uyuma, dinlenme gibi ihtiyaçlarını karşılamak üzere oturma elemanlarının kullanımı oldukça yaygındır. Bu tarz kullanımlara olanak sağlamamak adına da derinliği az ve eğimli yüzeylere sahip, daha az malzemeyle tasarlanmış ünitelerdir.

### **2.3. Geometri / Yerleşim düzeni**

Kamusal alan için mobilya tasarımı, temel geometrik şekillerle ve aynı zamanda simetri, orantı, tekrar, birim gibi temel tasarım ilkeleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir. Daha çok ergonomi, üretim ve üretim teknikleri ile ilgili olan üç boyutlu geometride, kent mobilyası tasarımında:

- Dikdörtgen Formlar
- Açılı Formlar

- Dairesel Formlar
- Düzensiz ve Organik Formlar
- Parametrik Formlar kullanılmaktadır (Prvanov, 2019).

Açıklı ve Bakır (2022) kentsel oturma elemanı tasarım biçimlerini incelediklerinde:

- Doğrusal
- Karşılıklı
- O, L, S veya C biçimli geometrik formların tercih edildiğini belirtmektedir.

Cooper Marcus ve Francis (1998) üç ya da daha fazla sayıdan oluşan gruplar için geniş ve arkalıksız oturma elamanlarını, birbirlerine dik açılar yapan oturma donatılarını veya içe dönük yerleştirilmiş oturma elamanlarını önermektedir. Kamusal alana tek başına gelen, diğer kişilere fiziksel olarak yakın olsa da göz teması kurmadan kendi sınırlarını korumak isteyen kullanıcılar için iki tür oturma tanımlamıştır; basamaklar, pervazlar, ya da düz oturma sıraları. Bu tür oturmalar insanlar arasında doğal boşluklara izin verirken insanları göz teması kurmaya zorlamazlar. Diğer bir seçenek de (ağaç-çiçek) saksılar etrafındaki dairesele oturmalarıdır. Bu oturma şekliyle birbirleriyle bağlantısı olmayan çok sayıda kişi farklı yönlere bakarken, birbirlerine çok yakın otursalar da mahremiyetlerini korumaktadır. Huang (2006) kentsel açık alan içerisinde yer alan içe dönük oturmalarla sosyal etkileşimin, dışadönük olanlara göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir. İçbükey oturmalar görsel teması ve etkileşimi teşvik ederler. Dışbükey oturmalar ise görsel teması zorlaştırır, sosyalleşmeyi teşvik etmezler.

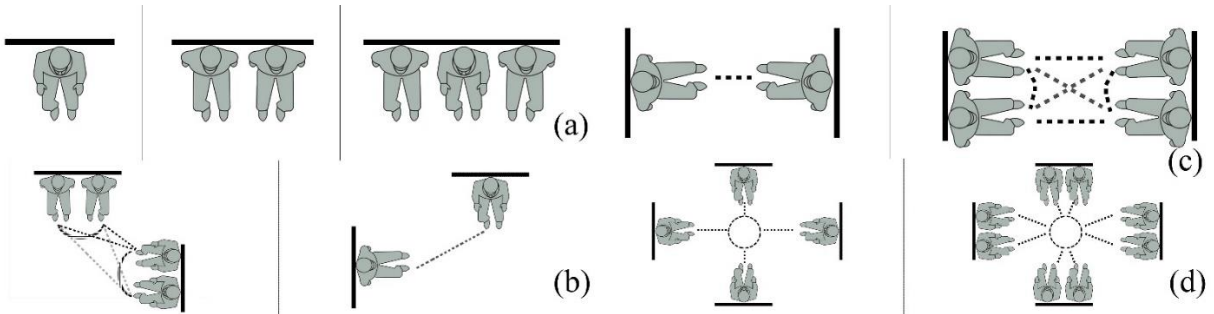
Mumcu ve diğerleri (2017) oturma donatısının biçimi ve oturma davranışındaki çeşitlenmeleri ise şu şekilde sınıflandırmıştır:

- Düz-linear, dairesele oturma elemanları (Cooper Marcus ve Francis, 1998),
- Dik açılı, geniş ve arkalıksız oturmalar-hareketli oturma elemanları ve masalar (Cooper Marcus ve Francis, 1998)
- Oturma elemanlarının kümelenmesi (Crankshaw, 2009)
- Oturma elemanlarının gruplandırılması, açılı yerleştirilmesi (Gehl, 2010),
- İç bükey dış bükey oturmalar (Huang, 2006)
- Yalnız kalma-grup içerisinde yer alma (Gehl, 2010).

Bu çalışma kapsamında lineer, dairesele ile açılı formlar ve yerleşim düzenleri ele alınarak parametrik hale getirilmeye çalışılmıştır. Organik, düzensiz ve özel formlar serbest çalışmayı gerektirmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

#### Lineer oturma düzeni

Gehl (2010) oturma donatılarının tasarımında değişen sosyalleşme düzeylerini destekleyen bir düzenin olması gerektiğini belirtmektedir. Yalnız kalma ve sosyal grup içerisinde olma hali olarak tanımlanabilecek iki uç arasında değişen sosyalleşme düzeylerini destekleyen farklı oturma donatıları insanları davet etmektedir. Uzun düz oturma sıraları yani lineer bir oturma düzeninin diğerleri ile arasına mesafe koymak isteyen insanlar için uygun olduğunu belirtmiştir. Lineer oturma düzeni bu çalışmada dikdörtgen formda ve yerleşim düzeninde oturmayı ifade etmektedir. Bireyler yan yana (a) oturabildikleri gibi, 90° açılı bir yerleşim (b), karşılıklı yerleşim (c) veya bir merkeze toplanacak şekilde (d) yerleşebilmektedir. Oturma içe dönük olabileceği gibi dışa dönük de gerçekleşebilir.



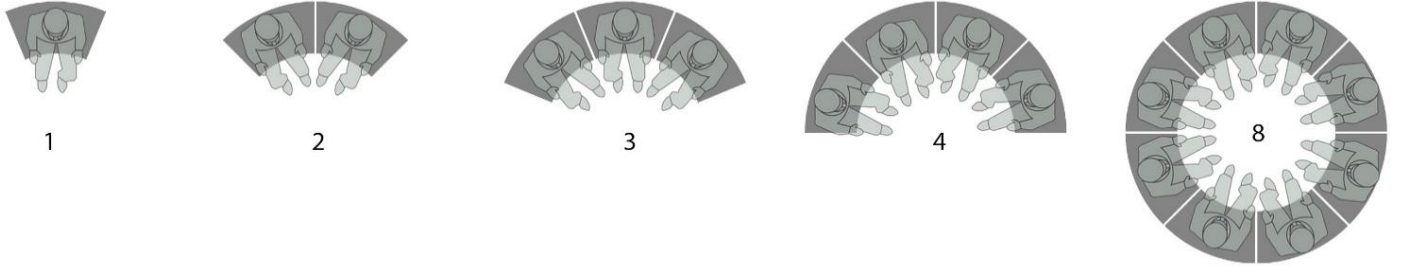
Şekil 1. Lineer Oturma Düzeni

Oturma sıraları kişilere özel bir mekân oluşturup insanlar arasında mesafeyi korumak açısından iyi ancak iletişimi desteklemek açısından bakıldığında iyi olmadığı ifade edilmektedir. İki kişi için başlarını çevirip mevcut sohbeti sürdürmek kolaydır ancak grup halinde oturanlar için lineer oturma düzeni çok davetkâr olmayacaktır (Gehl, 2010). Bu sebeple yerleşim konusunda alternatifler yaratılmalıdır.

#### Dairesel oturma düzeni

Dairesel forma sahip oturma elemanları yan yana gelerek bütün bir daireyi tamamlayacak şekilde yerleşebilmektedir. Bu formu oluşturabilmek amacıyla kullanıcıların diz mesafesi de göz önünde bulundurularak ayarlanmıştır. En fazla 8 oturma elemanının bu

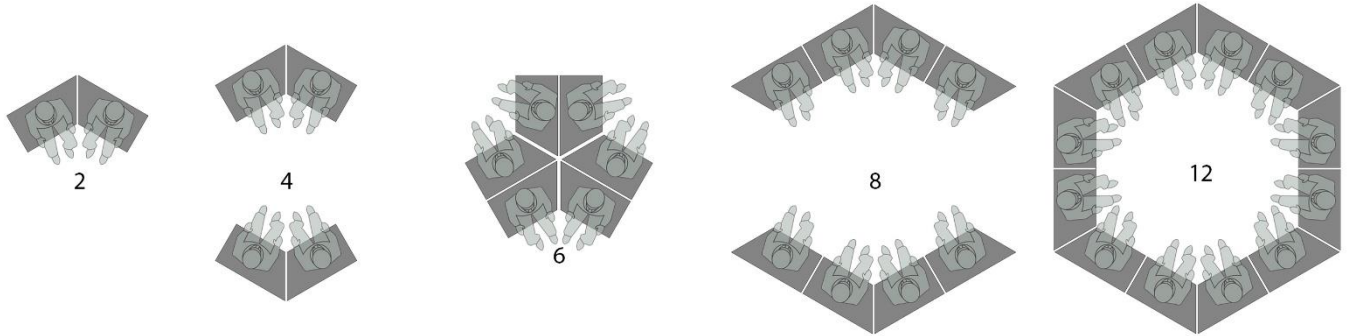
düzen içerisinde yer almasına olanak sağlanmıştır. 8 birim için yapılan kaynak taramasına göre dış dairenin çapı 300 cm olarak belirlenmiştir (Prvanov, 2019).



Şekil 2. Dairesel Oturma Düzeni

#### Açılı oturma düzeni

Açılı forma sahip oturma elemanları yan yana gelerek bir altıgeni tamamlayacak şekilde yerleşebilmektedir. Bu formu oluşturabilmek amacıyla kullanıcıların diz mesafesi de göz önünde bulundurularak ayarlanmıştır. En fazla 12 oturma elemanının bu düzen içerisinde yer almasına olanak sağlanmıştır. Yapılan kaynak taramasına göre altıgeni içine alan dairenin yarıçapı 150 cm olarak belirlenmiştir (Prvanov, 2019).



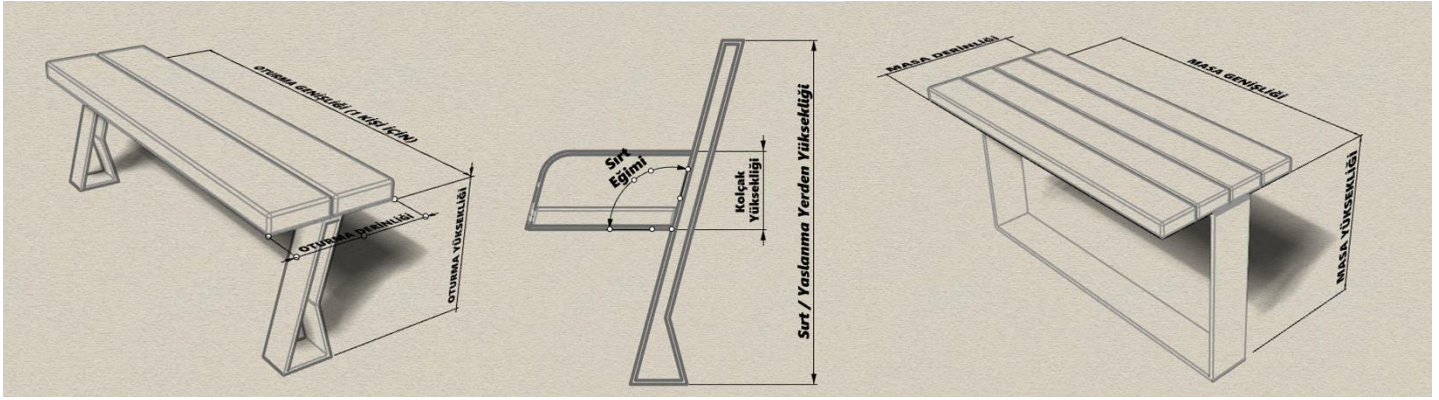
Şekil 3. Açılı Oturma Düzeni

#### 2.4. Değişken ölçü aralıklarının belirlenmesi

Oturarak dinlenme veya yeme- içme eylemi gereksinimi için belirlenen parametreler bu donatı elemanını kullanacak kişi sayısı, sırtlıklı /sırtlıksız, kolçaklı/kolçaksız, masalı /masasız olmasına göre değişmektedir. Kullanacak kişi sayısına bağlı olarak donatı elemanının genişliği değişecektir. Diğer değişkenler için ortak belirlenen parametreler; oturma yüksekliği, oturma eğimi, oturma derinliği; sırtlıklı ise sırtlık eğimi, kolçaklı ise kolçak yüksekliği; masalı ise masanın yerden yüksekliği ve masanın genişliği olarak belirlenmiştir. Ayakta durarak dinlenme veya bekleme eylemi gereksinimi için belirlenen parametre ise yaslanarak bu eylemi gerçekleştireceği için yaslanma eğimi, bu donatı elemanını kullanacak kişi sayısı ve donatı elemanının yerden yüksekliği değişkenlerine bağlıdır. Oturma dinlenme şekli oturma kolçaksız sırtlıksız, kolçaksız sırtlıklı, kolçaklı sırtlıklı, masalı sırtlıksız, masalı sırtlıklı alternatifleri, yaslanma ise yaslanma sırtlıksız, yaslanma sırtlıklı olarak üretilebilmektedir. Geometrik yerleşim olarak lineer, dairesel ya da açılı seçilebilmektedir.

Kullanıcı ihtiyaçlarına cevap vermesi gereken oturma elemanları, uygun ölçülerde ve özelliklerde olmalıdır. Fizyolojik rahatsızlıklara sebebiyet vermemesi için oturma birimlerinin antropometrik ölçütlere uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Ergonomik olarak tasarlanmış kent mobilyaları, kullanıcıyı en doğal ve nötr pozisyonlarda tutarak vücut pozisyonlarını korumaktadır. Bunun sağlanabilmesi için eklemler en güçlü, en stabil ve en az stresli konumlarında tutulmalıdır (Prvanov, 2019).

Parametrelerin ölçümleri Şekil 4'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4. Parametrelerin Ölçümleri

#### *Oturma yüksekliği*

Oturma elemanları tasarlanırken oturma yüzeyine temas edecek kemiklerin aynı noktalara ağırlık yapması engellenerek ağırlığın tüm yüzeye eşit bir şekilde yayılması sağlanmalıdır. Oturma yüksekliği ayakların yere temas etmesine olanak sağlamalıdır. Aksi takdirde damarlarda kan akışı zorlaşır, sinirler üzerinde fazla baskı sonucunda bacaklarda uyuşmalara neden olabilmektedir. Oturma yüksekliğinin 40-48,5 cm (Tablo 1) arasında olması uygun olacaktır (Panero ve Zelnik, 2014; Prvanov, 2019).

#### *Oturma derinliği*

Oturma yüzeyinin ön kenarından arka kenarına kadar olan mesafeyi ifade etmektedir. Oturma derinliği, insan vücudunun oturma pozisyonunun rahatlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Eğer derinlik fazla ise, bel kas gücü yoğunlaşır; çünkü destek noktalarının olmaması yorgunlukla sonuçlanacak şekilde ortaya çıkar. Dizlerden gelen aşırı basınç nedeniyle diz uyuşmasına yol açacaktır. (Panero ve Zelnik, 2014). Oturma derinliğinin ise 40-45cm (Tablo 1) arasında olması gerekmektedir (Prvanov, 2019)

#### *Oturma genişliği*

Kalçaların ve alt gövde bölümlerinin uygun biçimde desteklenmesinin sağlanabilmesi için oturma genişliğinin 40-45 cm (Tablo 1) arasında olması gerekmektedir (Panero ve Zelnik, 2014; Prvanov, 2019).

#### *Arkalık eğimi*

Bulut vd. (2008) arkalıklı oturma elemanlarının oturması rahat ve kullanıcının mekanı uzun süre işgal etmesine olanak sağladığını belirtmektedir. Arkalıksız oturma elemanları ise insanları belirli bir süre oturduktan sonra kalkmaya teşvik etmektedir. Eğer uzun süreli oturma kullanılacak ise sırt bölgesinde yer alacak arkalık, kürek kemiklerinin altında bitmiş olmalıdır. Oturma elemanının arkalığı omuz ve kürek kemiklerinin hareketini engellememelidir. Oturma yüzeyi ile arkalık, arkaya doğru beş ila on beş derece (Tablo 2) arasında bir eğim yapmalıdır (Bulut vd., 2008; Prvanov, 2019).

#### *Kolçak yüksekliği*

Arkalıklı ve kolçalı oturma donatıları hem bir süre alanda durmak isteyenlere konfor sağlamaktadır hem de oturup kalkarken destek almak isteyen yaşlılara yardımcı olmaktadır (Gehl, 2010). Kolların dayandığı desteklerin bulunması dinlenme amacıyla kullanılacak oturma birimlerinde uygundur. Kolçakların oturma yüzeyinden 26-30 cm (Tablo 2) yüksekliğinde yer alması gerekmektedir (Panero ve Zelnik, 2014; Prvanov, 2019).

#### *Masa derinliği*

En az 2 kişinin karşılıklı oturup masa yüzeyini kullanabilmesi için masa derinliği 60 cm'den az 75 cm'den fazla olmamak üzere belirlenmiştir (Karakuş, 2016; Panero ve Zelnik, 2014; Perçin, 2012). Masa derinliği ölçüleri baz alınırken normal bir yemek masası ölçülerini baz almak doğru olmayacaktır.

#### *Masa yüksekliği*

Dinlenme alanlarındaki masaların yüksekliği yeme-içe hatta çalışma eylemine uygun olması açısından 75-85 cm arasında olmalıdır. Masanın alt yüzeyi her yönden tekerlekli sandalyenin masaya yaklaşabilmesi için en az 60 cm yükseklikte olmalıdır (Karakuş, 2016; Panero ve Zelnik, 2014; Perçin, 2012).

#### *Sırt / Yaslanma yerden yüksekliği*

Sırt desteğinin oturma düzeyinden yeterli yükseklikte olabilmesi için sırt/yaslanmanın yerden yüksekliğinin 70- 79 cm arasında olması sağlanmalıdır (Çalış vd., 2021; Prvanov, 2019).

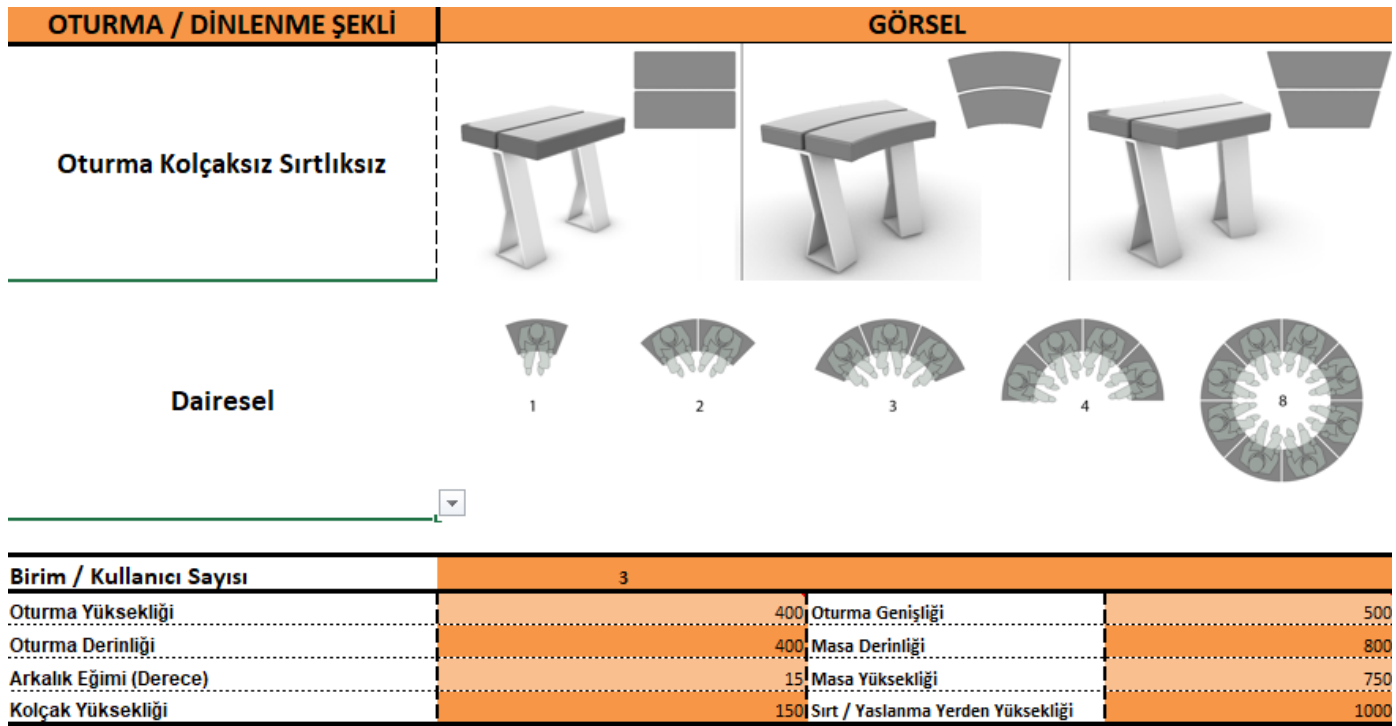
Yapılan literatür araştırması ve standartlara göre her bir değişkenin alabileceği en az ve en fazla değerler Tablo 2'de verilmiştir (Panero ve Zelnik, 2014; Prvanov, 2019; Çalış vd., 2021; Perçin, 2012; Karakuş, 2016)

**Tablo 1.** Parametrelerin Alabileceği En Az ve En Fazla Değer Tablosu

Parametre	En az değer	En fazla değer
Oturma yüksekliği	400 mm	485 mm
Oturma genişliği	400 mm	450 mm
Oturma derinliği	400 mm	450 mm
Arkalık eğimi	5°	15°
Sırt / yaslanma yerden yüksekliği	700 mm	790 mm
Kolçak yüksekliği	260 mm	300 mm
Masa derinliği	600 mm	750 mm
Masa yüksekliği	750 mm	850 mm

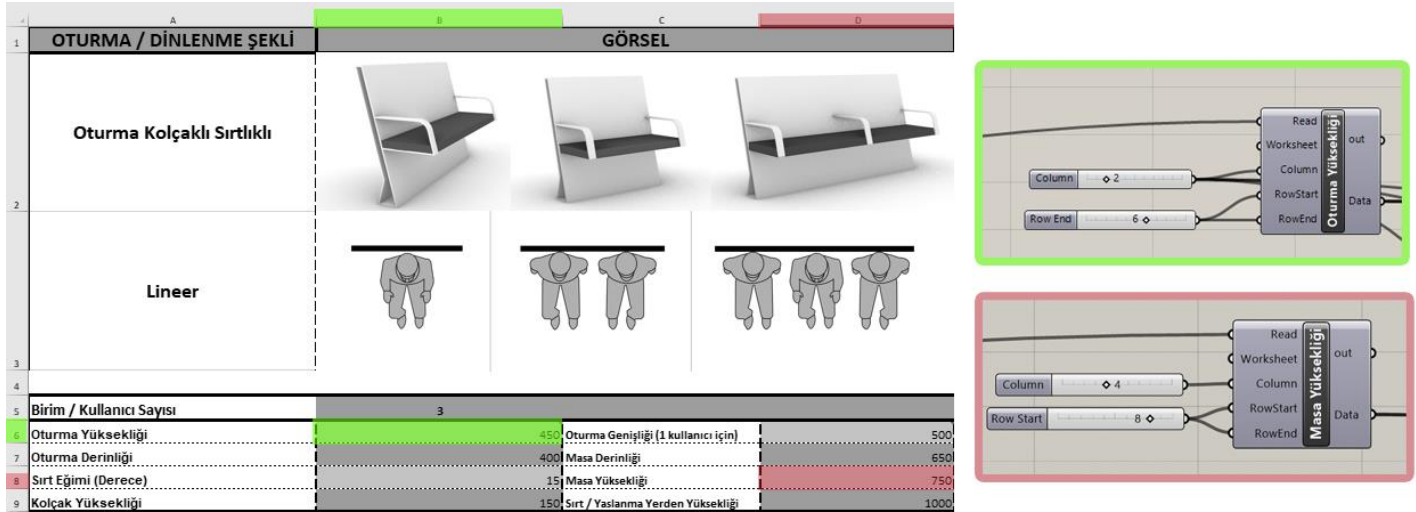
### 3. Yöntem

Bu makale, mobilya sektöründe ürün geliştirme sürecini kısaltmak için parametrik tasarım yaklaşımına bir örnek oluşturarak gelişimi desteklemeyi amaçlamaktadır. Parametrik tasarım, çağdaş mimari tasarım pratiği ve eğitiminde güçlü bir trend haline geldi. Bir veya birkaç matematiksel ilişki (parametreler) daha sonra düzinelerce veya binlerce ilişkili ancak farklı formları içerebilen bir parametrik uzay oluşturmaktadır. Bu çalışmada farklı parametrelerle dış mekân oturma elemanı modelleri oluşturmak için Rhinoceros ve Grasshopper yazılımı kullanılmıştır. Rhinoceros, kullanım kolaylığı ve işleme hızı nedeniyle birçok tasarım endüstrisinde kullanılmaktadır. Rhinoceros için Grasshopper eklentisi, kod yazma deneyimi olmayan tasarımcıların hızlı bir şekilde parametrik formlar oluşturmaya olanak tanıyan bir grafik algoritma düzenleyicisidir.

**Şekil 4.** Excel Çalışma Sayfası

Rhinoceros ekranında kullanıcı ön izlenen geometriyi ve modeldeki herhangi bir değişikliği görebilir ve sonuç anında güncellenmektedir. Grasshopper içerisinde sayısal değişkenler için "slider" kullanılmaktadır. Kullanıcı, bir dizi sayısal değer boyunca "kaydırmak" için bir fare kullanılabilir ve değişen bir parametrenin geometrik etkisi hakkında hızlı görsel geri bildirim alabilmektedir. Ancak veri girişi için "kaydırıcı" kullanmak yerine, Excel kullanabilen orta seviyede bir bilgisayar kullanıcısının da hızlıca ve pratik bir şekilde tasarımı ortaya çıkarabilmesi için Buna'nın (2015) makalesinden yola çıkarak Microsoft Excel programında hazırlanmış tasarım tabloları kullanılmıştır. Tasarım tabloları bileşenlerin içeriğini değiştirdiğinden, 3b model tablolarına bağlı otomatik olarak değişir, bu sayede hızlıca yeni alternatifler üretilebilir. Excel dosyasındaki değişkenler için "Lunch Box" eklentisi kullanılmıştır. Eklenti sayesinde Excel çalışma sayfalarındaki veriler Grasshopper içerisine çekilmiştir. Excel'de oluşturulan değişkenler Şekil 5'de gösterilmiştir.

Literatür incelemesi sonucunda parametrelerin minimum ve maksimum alabileceği değerler tablolaştırılmıştır. Excel’de veri doğrulama ve hata uyarısı bölümleri bu değerlere göre hazırlanmıştır. Belirlenen aralıklar dışında seçim yapılması engellenmiştir. Bu sayede kullanıcının ergonomik ve antropometrik verilere bağlı kalarak tasarım gerçekleştirmesi sağlanmıştır. Grasshopper programının Excel listesindeki verileri tespit etmesi için şekilde gösterilen Lunch Box eklentisi modüllerinden “Excel Reader Legacy” kullanılmaktadır. Grasshopper’ın değişkenleri algılaması için bilgisayarda Excel sayfasının açık olması yeterlidir. 2. sütun, 6. satır oturma yüksekliği, 4. sütun 8. satır masa yüksekliği gibi donatıya ait değişkenlerin Excel’den satır ve sütun bilgisini çekmesi bu modül aracılığıyla sağlanmıştır.



Şekil 5. Excel Reader Legacy Komutu

Tasarım altlığı olarak kullanılabilir, konstrüksiyonu sabit olmak üzere çalışma sonucunda ulaşılabilecek 3b modellere Şekil 6’da yer verilmiştir. Oturma kolçaksız sırtlıksız ve sırtlıklı, oturma kolçaklı sırtlıklı modellerde lineer, dairesel ve açılı yerleşim yapılabilmektedir. Oturma masalı sırtlıksız ve sırtlıklı olarak oluşturulabilmektedir. Yaslanma modülü sırtlıklı ve sırtlıksız olarak oluşturulabilmektedir.



Şekil 6. Örnek Sonuç 3b Modeller

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Rhinoceros programı ve Grasshopper eklentisi kullanıldığında, algoritma değişikliklerinin detaylarını doğrudan 3b Rhino arayüzünde görmek mümkündür. Bu nedenle Rhinoceros ve Grasshopper günümüzde mimari tasarım, iç tasarım ve mobilya endüstrisi gibi çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bileşenlerin parametreleştirme işlemi için Rhinoceros yazılımı ve Grasshopper eklentisi, tasarımın değişkenleri için Microsoft Excel, Excel ile Grasshopper arasındaki veri geçişini sağlamak için ise Grasshopper içerisinde Lunch Box eklentisi kullanılmıştır.

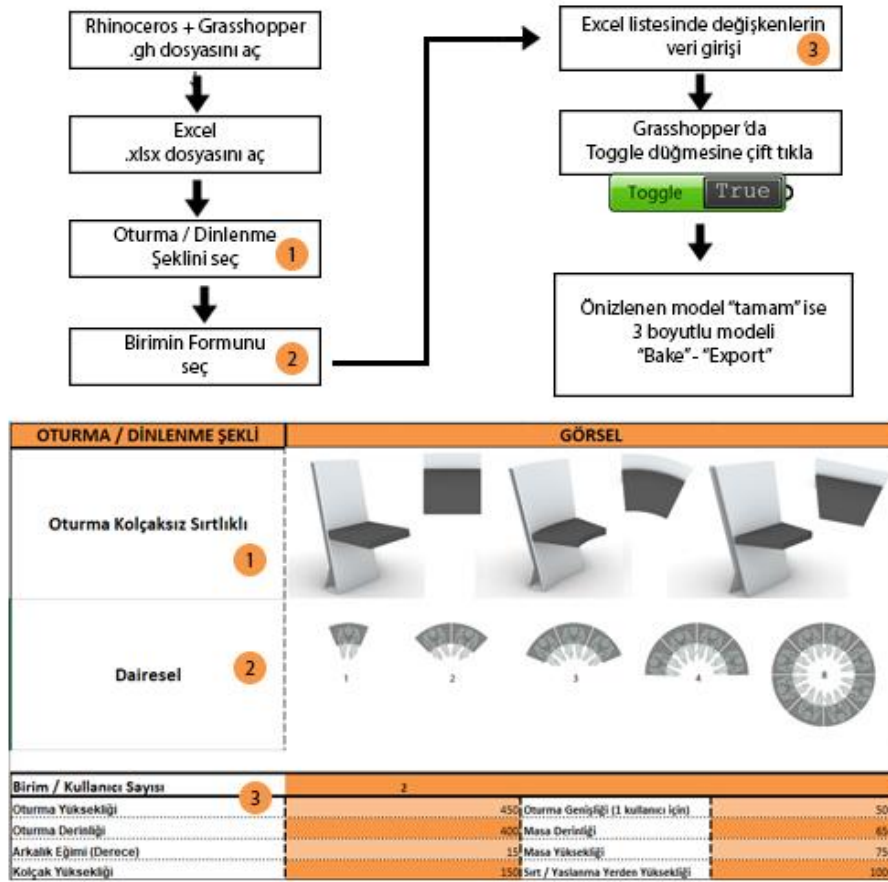
Grasshopper bileşenleri ve Excel dosyası aşağıdaki bağlantıdan indirilebilir:

[https://drive.google.com/drive/folders/1gXkkoYFzDsA\\_8N7pbqVT9yYD7Az83pd1?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1gXkkoYFzDsA_8N7pbqVT9yYD7Az83pd1?usp=sharing)

Dosyaları indirdikten sonra yapılması gerekenleri anlatan akış şeması Şekil 7’de verilmiştir. Paylaşılan .gh uzantılı dosya Grasshopper programıyla birlikte açılmalıdır. Eş zamanlı olarak çalışma sırasında Excel dosyası veri bilgisinin çekilebilmesi için açık tutulmalıdır. Excel dosyasında öncelikle oturma / dinlenme şekli daha sonra geometrik biçimi seçilmelidir. Yapılacak her seçimin sonuç hali yandaki kolonda değişen resimlerle ön izlenebilmektedir. Seçimler tamamlandıktan sonra değişkenlerin veri girişi tamamlanmalıdır. Ortaya



çıkacak modeli görebilmek için Grasshopper'a dönülerek "toggle" a çift tıklanmalı ve "true" olarak modelin değişmesi sağlanmalıdır. Rhinoceros ekranında sonuç model ön izlenecektir.



Şekil 7. Akış Şeması

Yapılacak seçimler ve veri girişleri sonucunda elde edilecek üç boyutlu model son tasarım ürünü değildir; ileri tasarım aşamasına altlık hazırlamak amacını taşımaktadır. Bu aşamada süreçleri takip eden tasarımcının son ürünü antropometrik ve ergonomik ölçütlere ve tercih edilen fonksiyona uygun tasarım taslağıdır. Şekil 8'de gösterildiği üzere önerilen tasarım altlığı kullanılarak ileri tasarım alternatiflerini oluşturmak mümkündür. Şekil 7'deki Akış şemasında anlatıldığı üzere "bake" komutu aracılığıyla elde edilen 3b model "export" edilerek alternatif 3b modelleme programlarında çalışılmaya devam edilebilir.



Şekil 8. Yeni Tasarım Alternatifleri Oluşturmak

İnsanlar hayatlarının her alanında konfora ihtiyaç duymaktadır. Gereken konfor alanının yaratılmasıyla birlikte bireysel verimlilik de artış gösterecektir. Kamusal alanlarda bulundan dinlenme amaçlı oturma elemanında eğer kişi gerektiği gibi dinlenemiyor ise donatılar amacına hizmet etmemektedir. Ergonomik ve antropometrik veriler kullanılarak yapılacak tasarımlar öncelikle her ülkenin kendi vatandaşına uygun olmalıdır. Yapılacak geniş kapsamlı antropometrik ölçümler neticesinde çalışma, yerel ölçümlere bağlı olan sonuçlar göz önünde bulundurularak tekrar değerlendirilmeye açılmalıdır.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

Açıkel, M., ve Bakır, İ. (2022). Kentsel oturma elemanı tasarımlarının pandemi koşulları bağlamında değerlendirilmesi: Kent mobilyaları tasarım yarışmaları örneği. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(3), 0–3. <https://doi.org/10.35674/kent.1104345>

Aksu, Ö. V. (2012). Kent mobilyaları tasarımında özgün yaklaşımlar. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 2(6), 373–386.

Bulut, Y., Atabeyoğlu, Ö., ve Yeşil, P. (2008). Erzurum kent merkezi donatı elemanlarının ergonomik özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(2), 1. [https://doi.org/10.1501/tarimbil\\_0000000508](https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000000508)

Buna, Z., Badiu, I., ve ÉLES, A. (2015). On using parametric modeling in furniture design. *Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering*, 58(2), 239–244.

Çalış, S., Çalış, Ç., Koçali, K., ve Büyükancı, B. Y. (2021). 18-65 yaş arası kişilerin antropometrik verilerinin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması: Yükseköğretim kurumu uygulaması. *Ergonomi Dergisi* 4(3), 147–161. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.962614>

Doğan, C., ve Altan, O. (2007). Kamusal alanda oturma eylemi ve ergonomik ilkeler. *Megaron YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi*, 2(3), 159–166.

Ertaş, Ş. (2012). Çocuk ve spor ilişkisi üzerine fiziksel biçimlenmeyi etkileyen ergonomik faktörlere dayalı bir model. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press, Washington D.C., US.

Gülgün, B., ve Türkyılmaz, B. (2001). Peyzaj mimarlığında ve insan yaşamında ergonominin yeri-önemi ve Bornova örneğinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2-3), 127–134.

Habermas, J. (1995). Kamusal alan: Ansiklopedik bir makale. *Birikim Dergisi*, 70, 62–66.

Karakuş, M. K. (2016). Engellilere yönelik kent mobilyaları üzerine inceleme. Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, Türkiye.

Kaya, Ö., ve Özok, A. F. (2017). Tasarımda antropometrinin önemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(0), 309. <https://doi.org/10.21923/jesd.45182>

Kutsal Göllü, S., ve Canbay Türkyılmaz, Ç. (2019). Kent meydanlarının ergonomik ölçütler açısından değerlendirilmesi: Kadıköy rıhtım meydanı örneği. *Ergonomi Dergisi*, 2(1), 32–48. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.479502>

Main, B., ve Hannah, G. G. (2009). *Site furnishings: A complete guide to the planning, selection and use of landscape furniture and amenities*. John Wiley ve Sons.

Mehta, V. (2007). Lively streets: Determining environmental characteristics to support social behavior. *Journal of Planning Education and Research*, 27(2), 165–187. <https://doi.org/10.1177/0739456X07307947>

Mehta, V. (2014). *The street a quintessential social public space*. Routledge.

Mumcu, S., Yılmaz, S., ve Düzenli, T. (2017). The factors related to the design of open space seating furniture and locations. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 7(15), 1–16.

Panero, J., ve Zelnik, M. (2014). *Human dimension ve interior space*. Whitney Library of Design

Perçin, H. (2012). Oturma elemanları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Ders Notları, 1–9.

- Prvanov, S. (2019). Geometry, ergonomic, digital design and production of furniture for public spaces. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20396.26242/1>
- Rapoport, A. (1977). Human aspects of urban form: towards a man-environment approach to urban form and design. Pergamon Press.
- Simões Aelbrecht, P. (2016). ‘Fourth places’: the contemporary public settings for informal social interaction among strangers. *Journal of Urban Design*, 21(1), 124–152. <https://doi.org/10.1080/13574809.2015.1106920>
- Siu, K. W. M., ve Wong, K. S. L. (2015). Flexible design principles. *Facilities*, 33(9/10), 588–621. <https://doi.org/10.1108/F-02-2014-0021>
- Tan, B. ve Giresun, B. (2016). Kış kentlerinde açık ortak kullanım alanlarının tasarımını yönlendirmek. *International Winter Cities Symposium*. Erzurum.
- Yaylalı, S. (1998). Kent mobilyaları tasarımında kullanılabilir kavrmsal bir model. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Yıldızcı, A. (2001). Kent mobilyaları kavramı ve İstanbul’daki kent mobilyalarının irdelenmesi. I. Uluslararası Kent Mobilyaları Sempozyumu, *Bildiriler Kitabı*, 29–34.



## Havaalanı Personeli Sertifika Eğitimlerinin Önemi: SHT/HAD Kapsamında Eğitim Yetkilendirme ve Planlama Akış Şeması

### Importance of Airport Personnel Certification Training: Training Authorization and Planning Flow Chart within the Scope of SHT/HAD

Sedef Yarıcı<sup>1</sup>, Vildan Durmaz<sup>2</sup>, Ebru Yazgan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivil Havacılık Yönetimi Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Gövde ve Motor Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 21/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Havaalanı faaliyetleri teknik donanımlı, sertifikalı personelin ön planda olduğu havayolu taşımacılığı sektörünün önemli alt sistemlerinden birini oluşturmaktadır. İnsan kaynağının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesinde hizmet içi personel eğitimi kritik bir öneme sahip olup işletme faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. Bu eğitimlerin gerçekleştirilmesi havaalanı faaliyetleri için hem yasal hem operasyonel açıdan gerekli bir durumu ortaya koymaktadır. Havaalanları gelişen teknoloji ile birlikte, değişen iç ve dış çevre koşullarına uyum göstermek zorundadır. Bu sebeple, güncel bilgilerle desteklenerek kurum içerisinde faaliyet gösteren personelin gerekli eğitimleri alması zorludur. Bu çalışmada, havaalanı operasyonlarının her aşamasında farklı statülerde bulunan personele alanlarına ilişkin eğitim vermek için yetki alınması ve eğitim sürecinin işleyişini adım adım açıklayan akış şeması, mevcut mevzuat ve bu alanda çalışan uzman kişilerin görüşleri alınarak geliştirilmiştir. Geliştirilen akış şeması ile sertifikalı eğitimlerin verilmesine ilişkin yetkilendirilme sürecini ele alan ilgili ulusal düzenlemeleri anlama kolaylığı amaçlanmıştır ve bu eğitim yetkisini almak isteyen diğer örgütler için farkındalık oluşturulmuştur.

#### Anahtar Kelimeler

“İnsan Kaynakları, Havaalanı Personeli, Sertifika Eğitimleri, Akış Şeması”

#### Abstract

Airport activities constitute one of the important sub-systems of the air transport sector, where technically equipped and certified personnel training has a critical importance in the effective and efficient management of human resources and positively affects the sustainability of business activities. The realization of these trainings reveals a necessary situation for airport activities, both legally and operationally. Airports have to adapt to changing internal and external environmental conditions with the developing technology for the personnel operating in the institution to receive the necessary training, supported by up-to-date information. In this study, the flow chart, which explains step by step the operation of the training process and obtaining authorization to provide training to the personnel in different statuses at every stage of airport operations, was developed by taking the opinions of the current legislation and experts working in this field. With the developed flow chart, it was aimed to facilitate understanding of the relevant national regulations that deal with the authorization process for the delivery of certified training and awareness was created for other organizations that want to obtain this training authorization.

#### Key Words

“Human Resources, Air Staff, Certificate Training, Flow Chart”

## 1. Giriş

Eğitim, işletmeler için insan kaynakları uygulamalarının en başında yer alan önemli faktörlerden birisidir. Küreselleşme ile birlikte artan rekabet koşullarında işletmeler, başarılı olmak için, bilgi ve becerileri ile donatılmış, kendi amaçlarını eğitim örgütünün amaçları ile birleştirerek yeni bir iş gücüne sahip olmayı gerektirmekle birlikte bireylerin işe girdikten sonra kendilerini geliştirebilecekleri örgütsel ortamı tercih etmektedir (Tabancalı & Korumaz, 2014). İnsan kaynakları, kritik görevlerde bulunan çalışanları özenle seçmesi, işe yerleştirilmesi, geliştirmesi ve takip etmesi gerekmektedir (Benligiray & Kurt, 2016).

Havacılık sektörünün değişen teknoloji ile birlikte hızla yansımaları, ekonomik koşullar, yeni bilgilerin çoğalması sonucunda bazı ihtiyaçları ortaya çıkarmıştır. Uluslararası kurallar ve bu kurallara bağlılık, üretimin çeşitliliği, hızlı teknolojik gelişmeler ve bu yaygın konuların başka eğitim kurumlarında yeterince yer almaması “havacılıkta hizmet içi eğitim” kavramını belirli bir sistem çerçevesinde yer almayı zorunlu kılmıştır (Küçükönel & Korul, 2002). Havacılık alanında gerçekleşen yenilikler ve dinamizm bu sektörde eğitim ihtiyacını sürekli arttırmaktadır. Şirketler artan personel, prosedür ve teknoloji karşısında çalışanlarına verdikleri eğitimleri de arttırmaktadır (Acarbay, 2016). Bilim ve teknolojinin artan hızlı gelişiminin sonucu, eğitime katılanların sayılarının artması ve en önemlisi eğitimin yaşam boyu sürdürülmesinin zorunlu bir hale getirmektedir (Erkeskin, 2001).

Havacılık sektörü için insan kaynağı önemli bir yere sahiptir. Uçak kazaları havacılık güvenliğini tehdit eden terör olayları insan hataları ve ihlallerinden kaynaklanabildiği gibi, yetenekli ve dikkatli personel tarafından fark edilip önlenebilmektedir. Pilot, kontrolör, uçak teknisyeni, dispeçer gibi çalışanlar hava taşımacılığını doğrudan etkileyen kritik rol oynayan lisanslı çalışanlardır. Bunun yanı sıra havacılık sektöründe yolcu taşımacılığı yapan havayollarının yer hizmeti, ikram, bakım, kargo, yakıt gibi örgütleri bulunurken, uçuş operasyonu sırasında uçağın kapısının açılması, yakıt ve bagajın uçağa yüklenmesi, uçağın emniyetli bir şekilde uçurulması, temizlik hizmetleri gibi bütün süreçlerde insan kaynağı önemli bir rol oynamaktadır (Benligiray & Kurt, 2016).

Havacılıkta insan hatası ölümcül sonuçlara yol açabilmektedir. İnsan performansı, bilgi işleme, davranışsal ve kişilik özellikleri ile ilişkilendirilerek bireysel faktörlerin yanı sıra organizasyonel ve küçük grup faktörleri de önemlidir (Küçük Yılmaz & Yazgan, 2018). Bundan sonraki bölümlerde havacılık eğitimleri ve önemi, havacılık eğitim kuruluşları, akış şemaları, akış şemalarıyla ilgili literatür çalışmaları ve havaalanı personeline eğitim verebilme yetkisinin nasıl alınıp personele eğitim verme akış şeması ile ilgili bilgiler verilecektir.

### 1.1.Havacılık eğitimleri ve önemi

Dünyada, havacılıkta söz sahibi olan başlıca otoriteler; Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (International Civil Aviation Organization, ICAO), Federal Havacılık Kurumu (Federal Aviation Administration, FAA) ve Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı'dır. (European Aviation Safety Agency, EASA). ICAO, dünyada uluslararası sivil havacılığın düzenlenmesi, geliştirilmesi ve güvenlik kalitesinin standartlaştırılması amacıyla 1944 yılında Birleşmiş Milletlerin bir temsilcisi olarak kurulmuştur. Buna ilaveten FAA, dünyada güvenli ve en verimli hava aracı sistemlerini oluşturmayı görev haline getirmiştir. EASA ise; günümüzde çok hassas bir konu olan çevrenin korunmasının ve güvenliğinin yüksek yaygın standartlar haline gelmesinde, başlıca Avrupa da olmak üzere tüm dünyada katkıda bulunan bir kurumdur. 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan “Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı”, Türkiye'nin sivil havacılık otoritesi olarak 1987 yılında “Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü” olarak günün koşullarına göre yeniden teşkilatlandırılmıştır. Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü; Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO), Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC), Avrupa Havacılık Seyrüsefer Emniyet Teşkilatı (EUROCONTROL) ve Avrupa Havacılık Otoriteleri Birliği (JAA) Joint Aviation Authorities üyesidir. Fakat JAA' in işlevi sona erip yerini EASA' ya bırakmıştır. Türkiye, Avrupa Birliği'ne üye olmadığı için SHGM' de EASA' ya üye olamamaktadır. Buna karşın JAA/EASA gereklilik ve kuralları SHGM tarafından uygulanarak ulusal yönetmeliklere dönüştürülmektedir. Bu çerçevede havacılık faaliyetleri ulusal ve uluslararası mevzuata uygun olarak sürdürülmektedir (Atasoy, 2016). Eğitimde kullanılması gereken uçakların özellikleri, ulusal ve uluslararası otoriteler tarafından belirlenmektedir.

Bir ülkede sosyal ve ekonomik olarak gelişmişlik düzeyi eğitim kurumları ile ilişkilidir. İş hayatında teknolojik gelişmelerle birlikte insana yapılan yatırımlar stratejik olarak insan kaynağının önemini git gide arttırmaktadır. Havacılık sektörü, ülkemizde hızlı bir gelişim gösteren sektör olmasına rağmen, yapısal değişikliğin öne planda tutularak rekabet koşullarının yüksek nitelik taşıdığı göstermektedir. Bu nedenle, havacılık sektöründe yer alan personelin belirlenen faaliyetleri yürütmesi açısından ulusal ve uluslararası mevzuatlara göre çok iyi eğitilmiş personelden oluşması gerekmektedir.

Havacılık eğitimlerinin önemi, teknolojinin gelişmesiyle birlikte ilgili mevzuatlar ve uygulanacak prosedürlerin departmanlarda kullanılacak nesnelere tanınmasına ve işleyişine yönelik eğitimler alması gerekmektedir. Bunun için kullandıkları nesnelere tanınması bir süreçtir ve bunun en önemli hususu insanların yalnızca gördükleri ve öğrendikleri cisimleri tanıyabilmesidir. Bu yetenek eğitimlerle geliştirilebilmekle birlikte personelin eğitilmesine ilişkin eğitim programları oluşturulabilmektedir (Kaya & Kartal, 2021).

İnsan kaynağı ihtiyacının giderilmesi konusunda en önemli yeri şüphesiz eğitim almakta ve bu eğitim kurumları ile sektör arasında sıkı bir iş birliği sağlanması, ortaya çıkabilecek sorunların en az indirgenmesine önemli bir yer tutmaktadır (Korul & Küçükönel, 2003). Türkiye'de havacılık sektörünün gelişimine göre istihdam edilecek personelin nitelik ve nicelik açısından yetersiz kalmaması, personelin niteliklerinin uluslararası standartlara yeterince kavuşturulmak istenmesi eleman yetiştirme görevini üstlenmiş eğitim

kurumlarının sorumluluğu ve önemini büyük ölçüde arttırmıştır. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütünün (ICAO) Personel Lisanslama (Annex 1) ekine göre, yalnızca uçuş mürettebatı (pilotlar, seyrüseferciler, uçuş mühendisleri ve radyo operatörleri), uçak bakım personeli, dispeçerler, hava trafik kontrolörleri, istasyon operatörleri ve meteoroloji personeli için lisans alma zorunluluğu bulunmaktadır. Eurocontrol'un ESARR5 uygulamasıyla, hava trafik yönetimi hizmetlerinde emniyeti gerektiren noktalarda görev yapan mühendis ve teknik personel için lisans olmasa da lisansa yakın nitelikte eğitim ve bilgi şartları getirilmiştir. ICAO Annex 1, havacılık personelinin en az bilgi gereklerini ve diğer asgari koşullarını ortaya koyan üst düzey kurallar bütünüdür (İşler, Demir, & Üstün).

Çalışanlara verilmesi gereken eğitimler, ulusal ve uluslararası sivil havacılık otoritelerince belirlenmiş lisans, yetkilendirme ve sertifikasyon süreçleri içerisinde içerik, süre, denetleme ve yenileme prosedürleri olarak netleştirilmiştir (Can, 2008). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayınlamış olduğu "Havaalanları Dairesi Eğitim Talimatı"nın amacı, havaalanı standartları ve emniyeti, heliportlar, yer hizmetleri, terminal işletmeciliği, havaalanında havaaracına tesis ve/veya tankerle akaryakıt ikmal hizmeti ve ikram üretim hizmeti konularında eğitim veren kuruluşların eğitim faaliyetlerine ilişkin usul ve esasları düzenlemek ve bu alanlarda çalışan sivil havacılık işletmesi personelinin alması gereken eğitimleri belirlemektir (SHGM, 2018). *Havaalanları Dairesi Eğitim Talimatı (SHT-EĞİTİM/HAD)*'na havaalanı standartları ve emniyeti eğitimi için bilgiler verilmekte ve eğitim tablosu aşağıda gösterilmektedir. "+" ile gösterilen sembol "alınması zorunlu eğitim", "(+)" ile gösterilen sembol ise "kişinin görev alanına girmesinden dolayı çalıştığı alan bu eğitimi almayı gerektiriyorsa, alınması zorunlu eğitim" olarak ifade edilmektedir.

**Tablo 1.** Havaalanı Standartları ve Emniyeti İçin Eğitim Tablosu

Eğitim Adı	Sınav Gerekliliği	Temel Eğitim Süresi (Saat)	Tazeleme Eğitim Süresi (Saat)	Yenileme Periyodu (Yıl)	Sorumlu Müdür	Havaalanı Yöneticisi	Emniyet Yöneticisi	SMS Koordinatörü	İlgili Personel
Havaalanı İşletmecileri için Emniyet Yönetim Sistemi	Yok	16	4	5	+	+	+	-	-
Havaalanı İşletmecileri için Emniyet Yönetim Sistemi	Var	30	12	5	-	-	-	+	+
Havaalanı Emniyeti ve İşlemi Temel Eğitimi	Var	30	8	5	-	+	+	-	-
Acil Durum Planlaması Eğitimi	Var	8	4	5	-	-	-	-	(+)
Havacılık Bilgi Yayınlarında Yayımlanması Gereken Havaalanı Bilgileri Eğitimi	Var	8	4	5	-	-	-	-	(+)
Pist Emniyeti ve Pist İhlallerini Önleme Eğitimi	Var	4	2	5	-	+	+	-	(+)
PAT Sahası Kontrolleri	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)
Mâniaların Kontrolü	Var	30	8	5	-	-	-	-	(+)
Görsel Yardımcılar	Var	30	8	5	-	-	-	-	(+)
Yabani Hayvanlarla ve Kuşla Mücadele	Var	8	4	5	-	-	-	-	(+)
Kurtarma ve Yangınla Mücadele	Var	120	60	1	-	-	-	-	(+)

**Tablo 1 (devam).** Havaalanı Standartları ve Emniyeti İçin Eğitim Tablosu

Eğitim Adı	Sınav Gerekliliği	Temel Eğitim Süresi (Saat)	Tazeleme Eğitim Süresi (Saat)	Yenileme Periyodu (Yıl)	Sorumlu Müdür	Havaalanı Yöneticisi	Emniyet Yöneticisi	SMS Koordinatörü	İlgili Personel
Pist Yüzey Şartları	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)
Kötü Hava Şartlarındaki Operasyonlar	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)
PAT Sahalarının Fiziki Özellikleri	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)
Hareket Kabiliyetini Kaybetmiş Uçağın Kaldırılması	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)
PAT Sahalarında Araç Kullanma	Var	6	3	5	-	-	-	-	(+)
PAT Sahalarındaki İnşaat Çalışmaları ve Almacak Önlemler	Var	4	2	5	-	-	+	-	(+)
Apron Yönetimi ve Apron Emniyeti	Var	4	2	5	-	-	-	-	(+)

\*Havaalanı İşletmecileri İçin Emniyet Yönetim Sistemi Eğitimini alacak personel, temel ve tazeleme eğitimleri alır. 5 yılda bir eğitim almaları gerekmektedir. Eğitim sonunda sınav gerekliği olmayan personel sorumlu müdür, havaalanı yöneticisi ve emniyet yöneticisidir. SMS koordinatörü ve ilgili personel eğitim sonu değerlendirmesinde sınav gereklidir.

\*Havaalanı Emniyeti ve İşletimi Temel Eğitimi alacak personel, temel ve tazeleme eğitimleri alır. 5 yılda bir eğitim almaları gerekmektedir. Eğitim alması gereken personel, havaalanı yöneticisi ve emniyet yöneticisidir. Eğitim sonunda sınava girmeleri gerekmektedir.

\*Acil Durum Planlaması Eğitimi alacak personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Havacılık Bilgi Yayınlarında Yayımlanması Gereken Havaalanı Bilgileri Eğitimi personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Pist Emniyeti ve Pist İhlallerini Önleme Eğitimi alacak personel havaalanı yöneticisi, emniyet yöneticisi ve ilgili personelin görev alanına girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*PAT Sahası Kontrolleri eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Mâniyaların Kontrolü eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Görsel Yardımcılar eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Yabani Hayvanlarla ve Kuşla Mücadele eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı alması gereken zorunlu eğitimdir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Kurtarma ve Yangınla Mücadele eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini her yıl eğitim alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Pist Yüzey Şartları eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Kötü Hava Şartlarındaki Operasyonlar eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*PAT Sahalarının Fiziki Özellikleri eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Hareket Kabiliyetini Kaybetmiş Uçağın Kaldırılması eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*PAT Sahalarında Araç Kullanma eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*PAT Sahalarındaki İnşaat Çalışmaları ve Alınacak Önlemler eğitimini alacak olan personel emniyet yöneticisi ve ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

\*Apron Yönetimi ve Apron Emniyeti eğitimini alacak olan personel sadece ilgili personelin görev alanını girmesinden dolayı olması gereken zorunlu eğitimidir. Temel ve tazeleme eğitimlerini 5 yılda bir alır ve eğitim sonunda sınava girmesi gerekmektedir.

## 1.2.Havacılık eğitim kuruluşları

Türkiye’ sivil havacılık alanında pilot, uçak mühendisi, uçak teknisyeni, hava trafik kontrolörü, dispeçer, yer hizmetleri personeli, havaalanı işletmeciliği personeli ve kabin hizmetleri görevlisi gibi yetişmiş insan kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır (Odabaşoğlu & Eryılmaz, 2019). Havacılık sektörünün tasarımcı, eğitmeni, kullanıcı, bakım ve hizmet personeli gibi sektörde yer alacak kişilerin çok iyi eğitilmiş insanların yetiştirilmesi için havacılık eğitimi yapan kurumların Dünya standartlarında eğitim yapan kurumlar olması gerekmektedir (İşler, Demir, & Üstün). Sivil havacılık sektöründe yeterlik belgesi gerektiren personelin ihtiyaç duyduğu eğitimlere ait standartlar belirlenerek, bu personeli yetiştiren eğitim kuruluşları SHGM tarafından yetkilendirilmektedir. Yetkili Havacılık Eğitim Kuruluşları: Pilotların, Bakım Teknisyenlerin, Uçuş Harekât Uzmanların, Kabin Memurların, Havacılık Güvenliği Personellerin eğitim için yetkilendirilmiş kuruluşlardır.

Bir havaalanının eğitim vermeye yetkili olması için gerekli adımları atmış bir kuruluş olarak, hem literatüre hem de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’ne katkı sağlaması için uzman görüşlerin yardımıyla akış şeması ile diğer kuruluşlara rehberlik etmesi beklenebilir. Türkiye’de havaalanları eğitimlerinin gereksinimi için ana referans Havaalanları Dairesi Eğitim Talimatı’dır (SHT-EGİTİM/HAD). Bunun yanında birçok talimata uyulması gerekmektedir (SHGM). Bu çalışmanın amacı havacılık işletmesi içerisinde personele eğitim vermek için yetki alınmasını ve eğitim süreci akış şeması ile geliştirilmiş, uzman kişilerin görüşleri alınarak düzenlenmiştir.

## 2. Akış Şemaları

Akış şemaları, bir iş ya da üretim sürecinin, organizasyon şemasının veya resmi bir yapının grafik olarak temsildir. Problem çözme teknikleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bir sürecin tüm adımlarını görsel olarak ifade edilmesini sağlamasından dolayı kolay anlaşılabilir. Seri eylemlerden oluşan süreçlerin, en iyi gösterimi yalnızca görevleri akış şemaları aracılığıyla olabilmektedir. Özellikle planlama aşamasında, zorlukların tespit edilmesine ve gerekli önemlerin alınmasına yardımcı olmaktadır. Akış şemalarının amacı, ilgili herkesin kolay bir şekilde anlayabileceği ve kullanabileceği bir resim çizerek süreçlerin grafiksel olarak gösterimini sağlamaktadır. Bu özellikler, akış şemalarının anlaşılması, analizi ve optimizasyonu için iyi bir temel oluşturmasını sağlamaktadır (Küçük Yılmaz & Yazgan, 2018).Bu çalışmada havaalanına eğitim yetkisi alma ve havaalanı personelinin eğitim sürecini kapsayan kuruluşun onay için havacılık yönetmeliği için geliştirilmiş akış şeması ele alınmıştır. Eğitim yetkilendirme sürecinden elde edilen bilgilerden yola çıkılarak eğitim verme yetkisinin onaylanması için havacılık talimatı gereği izlenmesi gereken yol gösterilmiştir. Uzmanların görüşleri alınarak nihai hale getirilmiş, akış şeması oluşturulurken onay süreci ile ilgili yapılması gereken bütün faaliyetler incelenmiştir.

### 2.1.Akış şemaları ile ilgili literatür çalışmaları

Akış şeması ile ilgili literatür çalışmalarında Yazgan ve Küçük Yılmaz (2018), literatürde çeşitli alanlarda akış şemalarının geliştirildiğini öne sürerek, jinekolojik onkoloji, perinatal dönem sorunları genital enfeksiyonlar, aile planlaması ve menopoz dönemi sorunlarına yönelik hemşirelik uygulamalarına ilişkin akış şemaları geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda akış şemaları ile ilgili katılımcıların



görüşleri alınarak revizyon yapılmış, uygulama öncesi ve sonrasında akış şeması sürecine ilişkin katılımların görüşleri alınarak her iki ölçüm arasındaki farkın etkili bir şekilde değerlendirildiği ve akış şemaları lehine inançlarının arttığı istatistiksel olarak görülmüştür.

Usta, Gençoğlan ve Gençoğlan(2019), Sulama otomasyonu sistemlerinin tasarımında kullanılabilir iş akış şemalarının oluşturulması ile sulama programını hazırlayarak sistem bileşenleriyle sulama suyunun etkin kullanımını sağlamak, işçiliği ve üretim maliyetlerini azaltmayı amaçlayarak iş akış şemalarını oluşturmuştur.

Karaer (2020), Nicel analiz problemlerinin öğretiminde akış şemalarının kullanılmasında yönelik öğretmen adaylarının görüşleri ile analitik kimya II dersindeki nicel analize problemlerinin öğretiminde akış şemalarını kullanabilir olduğunu göstermek ve kullanılmasına yönelik öğretmen adaylarının görüşlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Doğan Merih ve Kömürcü (2015), Perinatal hemşirelik uygulamalarına ilişkin akış şemalarının geliştirilmesi ve kliniğe uyarlanması ile tek gruplu yarı deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Koç, Koç ve Kokangül (2015), Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi organizasyon şeması-optimizasyonu ve simülasyonu: hazırlık aşamasında Türkiye’de birçok fakültenin iş akış şemalarının olduğu fakat iş akış örgütlenme şeması organizasyonuna ait optimizasyon çalışması bulunmadığı için elde edilen veriler doğrultusunda iş akış şeması geliştirmiştir.

Yalçın (2017), Havalimanı yolcu terminallerinde mekânsal deneyim haritaları: bir yolculuk, iki havalimanı çalışmasında öznel bir mekânsal deneyim haritası çıkartılarak yolculuk gereği iki havalimanını içeren deneyimlerinin ardışık olarak yaşandığı süreçte gerçekleşerek her iki havalimanı da yolculuğa odaklanarak geliş ve gidiş akışlarını deneyimlemiştir.

Gürğün, Koç ve Atabay (2022), Yapı bilgi modellemesi kullanımının sürdürülebilirlik yeşil bina projeleri üzerine etkilerinde yapı bilgi modellemesi kullanımının avantajları etkili oldukları proje aşamalarına göre değerlendirip bu aşamalarda yapı bilgi modellemesinin inşaat projelerinin maliyet, süre, kapsam ve kalite kısıtlarına sağladığı katkılarını irdelemiştir.

Küçük Yılmaz ve Yazgan (2018), Kurumsal performans yönetim: organizasyona özel akış şeması sürecinde yöneticilerin performanslarını iyileştirmek için etkili ve strateji yol aradıklarını itibar ve stratejik göstergeleri içeren bir yetkilendirme ve bu yetkinin uygulanması ve kullanılmasında yöneticilerin karar verme sürecine yardımcı olmaktadır.

Yazgan ve Küçük Yılmaz (2018), Havacılık eğitimi süreç yönetiminde uçak tipi eğitim için akış şeması tasarlamada sivil havacılık sektörünün gelişmesinde eğitim yönetiminin kritik bir öneme sahip olduğunu, kurumsal kaynakların kullanılmasında yönetim ve stratejinin konusu, bununla birlikte süreç yönetiminin tip derecelendirme eğitimlerine eğitim yetkisi almak isteyenlere akış şemaları ile yol göstermektedir.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’nün akış şemaları incelendiğinde Kabin Ekibi El Kitabı (CCM) Onay Akış Diyagramı, Kargo Operasyon El Kitabı (COM) Onay Akış Diyagramı, Kontrol Pilotu (Examiner) Yetki Belgesi Verilme İş Akış Şeması, Pilot Lisanları yetki temdit (Uzatma) İşlemi İş Akış Şeması, Pilot Lisanları Tip, Kategori işlenmesi İşlemi İş Akış Şeması, Tip İtibak Eğitim Organizasyonu (TRTO) Kuruluş İş Akış Şeması, Uçuş Eğitim Organizasyonu (FTO) Kuruluş İş Akış Şeması, Uçuş Simülatörü Kullanıcı Onay Verilmesine İlişkin Esas ve Usuller Talimatı (SHT-STD) Akış Diyagramı, Validasyon Belgesi Tazimi İş Akış Şeması, Yönetici Personel Onay (Form-4) İş Akış Şemaları bulunmaktadır (web.shgm.gov.tr). Havaalanı Standartları ve Emniyeti İçin Eğitim için yetkilendirme ve eğitim verme süreci ile ilgili bir akış şeması mevcut değildir. Bu sebeple Havaalanları Dairesi Eğitim Talimatı kapsamında belirtilen eğitim ile ilgili yetkilendirme ve eğitim verme akış şeması geliştirilmiştir.

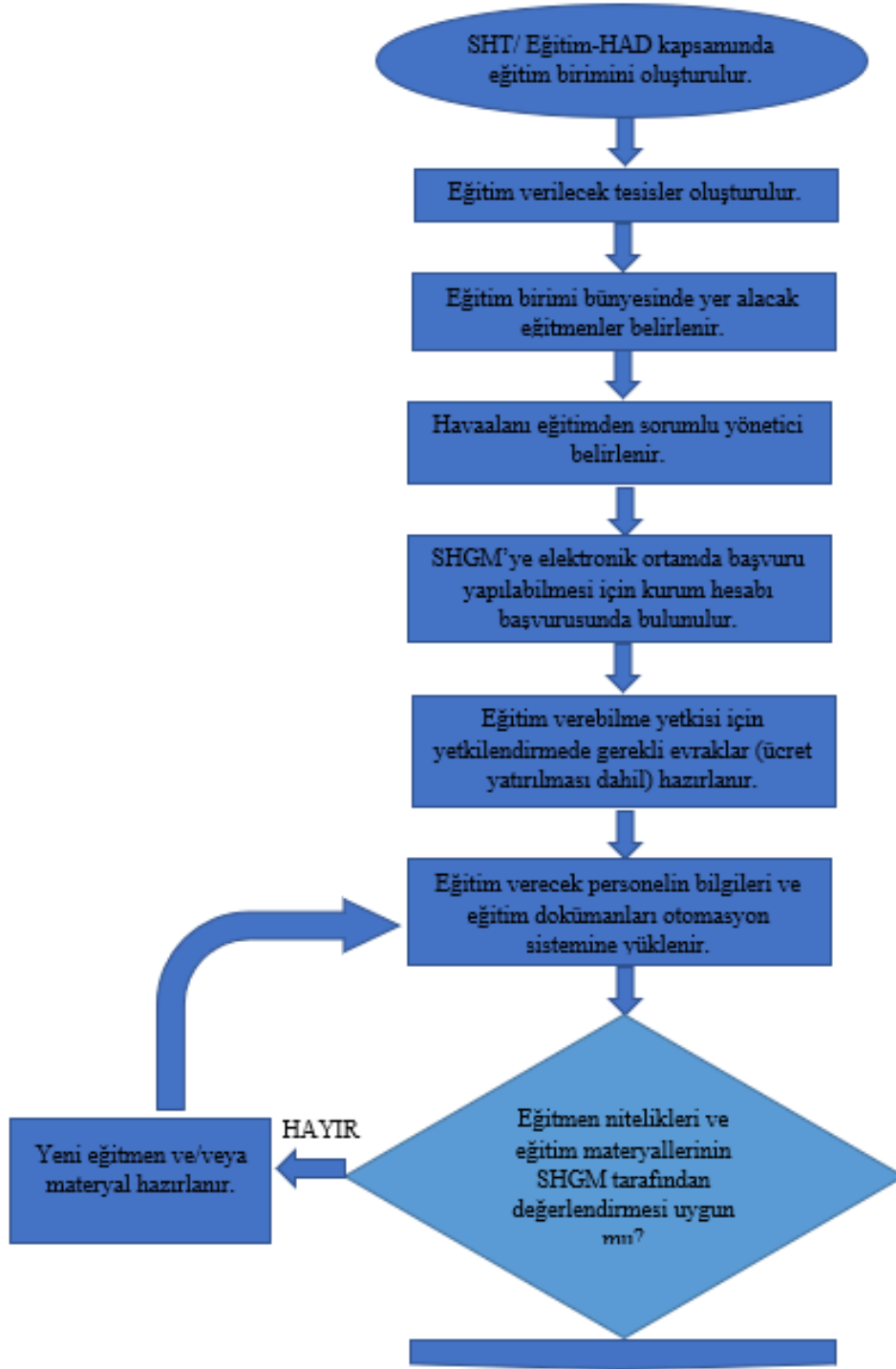
Literatür incelendiğinde Türkiye’de havaalanı personeline eğitim verebilme yetkisini alma ve eğitim verme süreci için ayrıntılı bir izlenecek yol (akış şeması) henüz geliştirilmediği görülmüştür. Bu çalışmada araştırma yöntemi olarak nitel çalışmaya başvurulmuş yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Elde edilen görüşme sonuçlarının (yüz yüze, zoom) revize edilerek bir akış şeması oluşturulmuştur. İstanbul Havaalanı, Hasan Polatkan Havaalanı, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve ilgili akademisyenlerden alınan bilgiler uzmanların görüşleri alınarak nihai hale getirilmiş, akış şeması oluşturulurken onay süreci ile ilgili yapılması gereken bütün faaliyetler incelenmiştir.

Bu çalışmada eğitimin yetkilendirmesini etkin bir şekilde kullanarak eğitimin uygulanması için organizasyonda yapılacak olan adımları akış şeması ile geliştirerek uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda gerekli revizyonlar yapılarak hazırlanmıştır. Bu akış şeması sertifikalı eğitim verme şeklini ve yetkilendirme sürecinde yol göstermektedir.

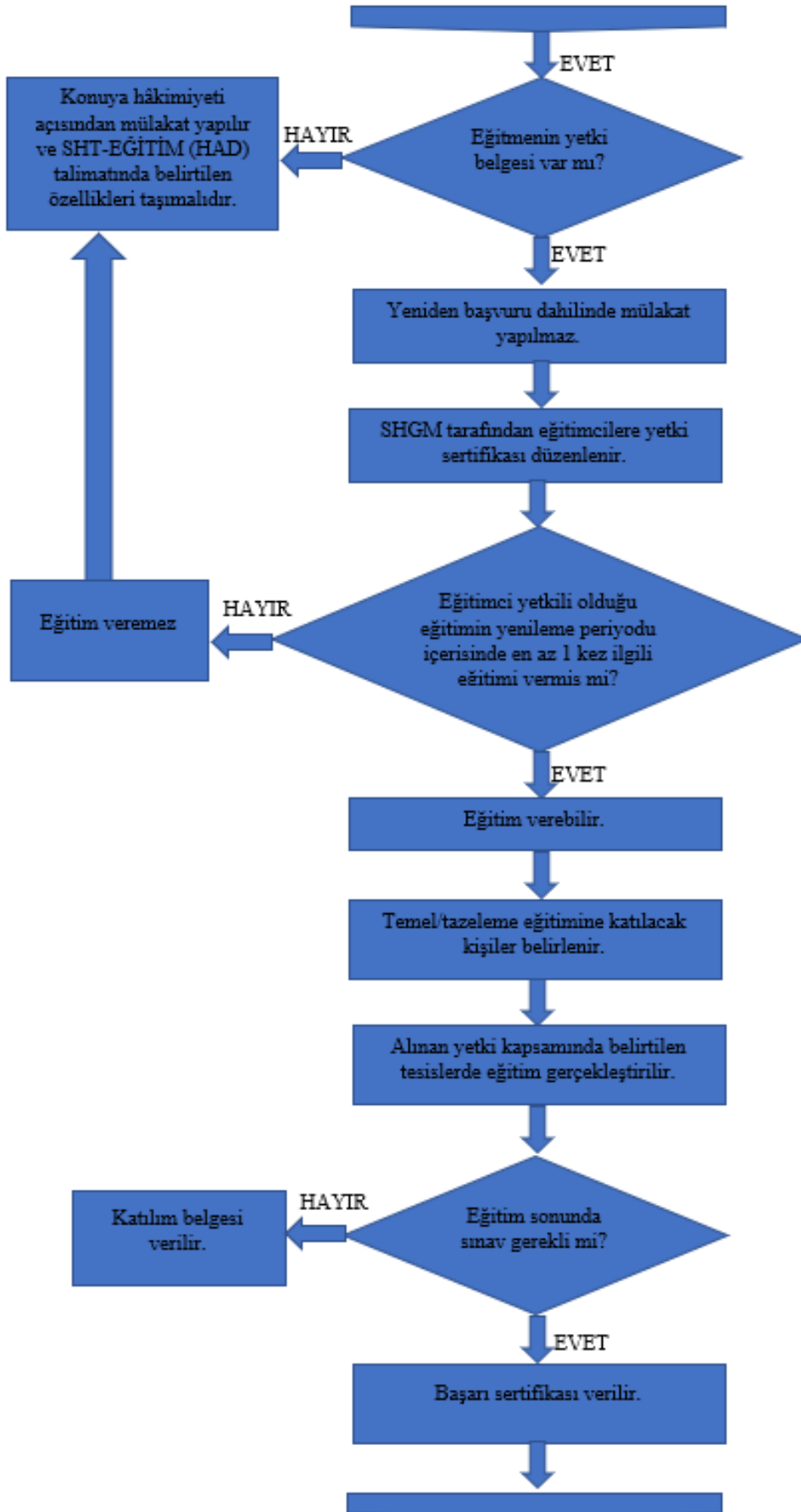
Çalışmanın başarıyla tamamlanmasının ardından araştırma sonuçlarının havacılık sektöründeki eğitim kuruluşlarına ve SHGM’ye sunulması planlanmaktadır. Bu çalışmadan beklenen diğer bir fayda eğitim yetkisi alacak kuruluşlar için sürecin nasıl işlendiğini analiz edilerek, ortaya çıkabilecek risklerin proaktif bir yaklaşımla belirlenmesi ve kurum içerisinde eğitim yetkisinin alınması ile sonrasında ve eğitim verme sürecini kısa sürede tamamlanacaktır.

## 2.2.Havaalanı personeline eğitim verebilme yetkisini alma ve eğitim verme akış şeması

İlk olarak Havaalanları Daire Eğitim Talimatı (SHT-EĞİTİM/HAD) talimatına göre eğitim vermesi incelenmiş ve sürecin adımları akış şeması üzerinden gösterim, Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Havaalanı Personeline Eğitim Verebilme Yetkisini Alma ve Eğitim Verme Akış Şeması



Şekil 1 (devam). Havaalanı Personeline Eğitim Verebilme Yetkisini Alma ve Eğitim Verme Akış Şeması



Şekil 1 (devam) Havaalanı Personeline Eğitim Verebilme Yetkisini Alma ve Eğitim Verme Akış Şeması

**Adım 1: SHT/ Eğitim-HAD kapsamında eğitim birimini oluşturulur:** Havaalanı personeline eğitim vermek için ilk adım eğitim birimini oluşturmaktır.

**Adım 2: Eğitim verilecek tesisler oluşturulur:** Eğitim alacak personel için gerekli eğitim tesisi oluşturulur. Sınıf ortamı, eğitim materyalleri gibi. Derse katılım günlük olarak belgelendirilmelidir.

**Adım 3: Eğitim birimi bünyesinde yer alacak eğitmenler belirlenir:** Eğitim kuruluşu içinde istersek SHGM ayrıca değerlendirir, bazı yeterlilikleri yerine getirmemiş olsa bile SHGM bu yetkiyi vermek isterse verebilir.

**Adım 4: Havaalanı eğitmenin sorumlu yönetici belirlenir:** Hizmet içi eğitim verecek sivil havacılık işletmesi ile eğitim kuruluşunun, eğitmenin sorumlu bir yönetici görevlendirmesi gerekmektedir. Havaalanında personelin eğitim ihtiyacından sorumludur. Havaalanı eğitim ihtiyacının karar verilmesinden sorumlu değildir. Eğitimlerin ilgili mevzuata uygun verilip verilmediğini denetlemek ve onaylamaktır.

**Adım 5: Sivil Havacılık Bilgi Yönetim Sistemi (SHBYS) üzerinden elektronik ortamda başvuruda bulunulur:** SHGM sitesinden "SOR" diye bir bölüm bulunmaktadır. İlgili daireye başvuruda bulunulur. Eğitim kuruluşu olmak isteyen kurum ve kuruluşlar eğitimcinin niteliklerini, eğitim belgesini, vereceği eğitimle ilgili konuyu bildirmelidir.

**Adım 6: Eğitim verebilme yetkisi için yetkilendirmede gerekli evraklar hazırlanır:** Eğitim sunumlar ve eğitmen sertifikaları otomasyon sistemine yüklenir.

**Adım 7: Eğitmen, eğitim dokümanları için Genel Müdürlükten uygunluk yazısı alır:** SHGM sisteme yüklenen dokümanları uygun görürse hem kurum adına yaptığımız yetki başvurusunu hem de eğitmen adına yaptığımız yetki başvurusunu, eğitmen adına yaptığımız yetki başvurusunu uygun gördüğünde mülakata çağırır.

**Adım 8: Eğitmen daha önce eğitim verdi mi?:** Eğer daha önceden eğitim vermemişse Konuya hâkimiyeti açısından mülakat yapılır ve SHT-EGİTİM (HAD) talimatında belirtilen özellikleri taşımalıdır. Bu özellikler;

\*Eğitimin vereceği konuda eğitim belgesine sahip olmalı,

\*Eğitim vereceği konuyla ilgili olarak en az üç yıl fiilen çalışmış olmak ve bunu belgelemek,

\*Üniversitelerin eğitim fakültelerinden mezun olmak, formasyon eğitimi almış olmak, eğitimcinin eğitimi sertifikasına sahip olmak şartlarından en az birini sağlamak,

\*Ramp hizmetindeki eğitmen, akaryakıt hizmetindeki eğitmen ile Kurtarma ve Yangınla Mücadele, PAT sahalarında araç kullanma, PAT saha kontrolleri, pist yüzey şartları, apron yönetimi ve apron emniyeti eğitmeni için en az lise ve dengi olmak üzere, diğer alanlar için en az ön lisans veya veya dengi okul mezunu olmak,

\*Sivil havacılık işletmesinin ve/veya eğitim kuruluşunun ilk defa vereceği eğitim konusu, eğitimci yeterlilikleri ve eğitimcinin konuyla ilgili tecrübesi doğrultusunda Genel Müdürlükçe ayrıca değerlendirilir.

**Adım 9: SHGM tarafından eğitimcilere sertifika düzenlenir:** Eğitimciler için düzenlenecek sertifika üzerinde eğitim kuruluşunun adı, eğitimcinin adı, yetki verilen eğitimlerin adı ve yetkilendirme tarihi de dâhil Genel Müdürlükçe belirlenecek formattaki bilgiler yer alır.

**Adım 10: Eğitmen son 3 yılda eğitim düzenlemiş mi?** Eğer son üç yılda eğitim vermemişse eğitmenin yetkisi düşer ve yetkilendirme aşamasına geri döner.

**Adım 10: Eğitim verebilir:** Bu özellikler Eğitmen daha öncesinde farklı bir kuruluştaki yetkilendirildiği bir konuda eğitim başvurusu yapmışsa tekrar mülakata alınmaz. Eğitmen yetki başvurusunda bu eğitmen yüksek öğrenim kurumlarında konusuna dair eğitim vermiş biri ise bu kişilerden bazı nitelikler düşer, eğitim almış olduğuna dair sertifikalar, konuyla ilgili ve tecrübesine dair tecrübe yazısı gibi nitelikler istemez. Eğitmen olması için bunlardan istisna tutulabilir.

**Adım 11: Temel/tazeleme eğitimine katılacak kişiler belirlenir:** Bir havaalanı işleticisi olarak eğitime katılacak kişiler belirlenmelidir.

**Adım 12: Eğitim sonunda sınav gerekli mi?** Her eğitim için sınav gerekli değildir. Yöneticilerin eğitimlerinin sonunda sınav olmamaktadır. Eğitim sonu değerlendirme zorunlu ise sınav yapılır ve başarı belgesi düzenlenir. Eğitim sonunda sınav yapılmaz ise katılım belgesi düzenlenir.

**Adım 13: Eğitim kuruluşu, eğitmenin ayrıldığına ilişkin bilgi verir:** Eğitimcinin, eğitim kuruluşundan ayrılması durumunda, ayrıldığı eğitim kuruluşu, ayrılış tarihinden itibaren en geç 30 gün içerisinde Genel Müdürlüğü bilgilendirir.

**Adım 14: Yetki alınan eğitmenin havaalanı personeline eğitim verilebilme yetkisi sona erer.**

### 3. Sonuç

Küreselleşme ve yoğun yaşanan teknoloji ile birlikte bilgilerin işletmeler açısından uygulanmasında değişiklikler yaşanabilmektedir. Bu değişim insan kaynakları yönetiminde olmakta ve tüm çalışanların sürekli olarak bilgilendirilmesi, hizmet içi eğitimlerinin önemini arttırmakta ve riski azalmaktadır.

Havacılık sektörü, insan kaynakları açısından önemlidir. Havaalanı personelinin niteliksiz olarak hizmet sektöründe çalışması risk yaratabilmekte, zorluk yaşamaması açısından insan kaynağı gerekmektedir. Bu nedenle hizmet içi eğitimle doğrudan bir etkiye sahiptir. Eğitim her işletme için olması gereken bir unsurdur. Türkiye’de hizmet içi eğitimlerin sağlanmasında zorlukla karşılaşılabilen ve personelin eğitim almasında gecikmeler yaşanabilmektedir. Bu karmaşıklığın çözülmesi için kurum içerisinde eğitim yetkisi alınıp kendi personeline eğitim verilmesinde hızlandırılmasına öncelik verilmiştir.

Bir eğitim kuruluşunun yapması gereken işlemler, bir havaalanının yapması gerektiği işlemlerin tümünü kapsamaktadır. Eğitim kuruluşu daha fazla gereklilikleri yerine getirmektedir.

Bu çalışma, bir havaalanı personelinin eğitim ihtiyacının nasıl karşılanması gerektiğini göstermektedir. Bunu bir eğitim bünyesinde eğitim kuruluşu oluşturarak hem kurum içi eğitim verebilir hem kurum dışından eğitim almak isteyen insanlara da yön göstermektedir. Eğitim yetkisi alma ve eğitim vermeye ilişkin akış şeması uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda geliştirilmiş ve eğitim vermesi için yetkilendirilmiştir. Havacılık dairesi talimatında ilgili adımların haritası çıkarılmış ve diğer kuruluşlara model olabilecek bir akış şeması haline gelmiştir.

Akış şemalarının geliştirilmesi, havacılık sektörüne öncülük etmesi sağlanarak kurumsal kaynakların doğru kullanılması ve bu sayede insan kaynaklarının etkinliği ve verimliliğini en üst düzeyde tutulması amaçlanmaktadır. Eğitimlerin kuruma özel akış şemasının geliştirilmesi benzer uygulamalar açısından farkındalık yaratması son derece önemlidir. Sistem içerisindeki karmaşıklığı azaltarak eğitim verilmesi gereken personelin bilgilerinin güncellenmesi için zaman kaybetmemesini engelleyecektir.

### Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi’nde sunulmuştur.

### Referanslar

Acarbay, C. (2016). Havacılık Hizmetiçi Eğitiminde Uzaktan Eğitim. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 148-161.

- Atasoy, V. E. (2016, Ağustos). Bir Uçuş Eğitimi Organizasyonunun Üretkenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Pilotaj Anabilim Dalı.
- Benligiray, S., & Kurt, Y. (2016, Mayıs 23-25). Havacılık Sektöründe Stratejik İnsan Kaynakları Yönetiminin Rolü: Sürdürülebilir Rekabet Avantajı Elde Etme. Proceedings of SOCIOINT 2016 3rd International Conference on Education, Social Sciences and Humanities. İstanbul, Turkey.
- Can, İ. (2008). Havacılık Güvenliği Açısından İnsan Kaynakları Yönetimi ve THY Teknik A.Ş.'nde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı İnsan Kaynakları Yönetimi Bilim Dalı.
- Doğan Merih, Y., & Kömürcü , N. (2015). Perinatal Hemşirelik Uygulamalarına İlişkin Akış Şemalarının Geliştirilmesi ve Kliniğe Uyarlanması. Zeynep Kamil Tıp Bülteni, 46(2), 51-58.
- Erkeskin, M. (2001). Türk Hava Yolları Eğitim Merkezinde Eğitim Teknolojisi. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi(3).
- Gürgün, A. P., Koç, K., & Atabay, Ş. (2022). Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımının Sürdürülebilir Yeşil Bina Projeleri Üzerine Etkileri. Teknik Dergi, 33(3), 11857-11886.
- İşler, H., Demir, B., & Üstün, S. Türkiye'de Havacılık Sektöründe İstihdam ve Mesleki-Teknik Eğitim Sorunları.
- Karaer, H. (2020). Nicel Analiz Problemlerinin Öğretiminde Akış Şemalarının Kullanılmasına Yönelik Öğretmen Adaylarının Görüşleri. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 201-225.
- Kaya, A., & Kartal, M. (2021). Havalimanı Güvenlik Yönetiminde Teknoloji ve İnsan. Journal of Aviation, 5(2), 298-309.
- Koç, F., Koç, G. G., & Kokangül, A. (2015). Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Organizasyon ŞemasıOptimizasyonu ve Simülasyonu: Hazırlık Aşaması. Cukurova Medical Journal, 40(3), 547-554.
- Korul, V., & Küçükönel, H. (2003). Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi. Ege Academic Review, 3(1), 24-38.
- Küçük Yılmaz, A., & Yazgan, E. (2018). Corporate performance management: process of organizational-tailored flow chart. Uçak Mühendisliği ve Havacılık Teknolojisi, 90(9), 1346-1354.
- Küçük Yılmaz, A., & Yazgan, E. (2018). Corporate performance management: process of organizational-tailored flow chart. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 1394-1402.
- Küçükönel , H., & Korul, V. (2002). Havayolu İşletmelerinde İnsan Kaynakları Yönetimi.
- Odabaşoğlu, Ş., & Eryılmaz, İ. (2019). Sivil Havacılık Alanında Yapılacak Eğitim Yatırımlarının Uzun Dönemde Fayda/Maliyet Projeksiyonu. 4. Uluslararası Havacılık İşletmeciliği Konferansı. Ankara.
- SHGM. (2018, Haziran 27). HAVAALANLARI DAİRESİ EĞİTİM TALİMATI (SHT-EĞİTİM/HAD). Madde 1. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.
- SHGM. (2022). Eğitim Kuruluşları. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü: <https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-isletmeleri/2067-yetkili-havacilik-egitim-kuruluslari>
- Tabancalı, E., & Korumaz, M. (2014). Eğitim Örgütlerinde Yetenek Yönetimi. International Journal of Academic Social Science Studies, 139-156.
- Usta , S., Gençoğlan, S., & Gençoğlan, C. (2019). Sulama Otomasyonu Sistemlerinin Tasarımında Kullanılabilecek İş Akış Şemalarının Oluşturulması. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1014-1020.
- web.shgm.gov.tr. (2022).
- Yalçın, T. (2017, Eylül). Havalimanı Yolcu Terminallerinde Mekansal Deneyim Haritalaması: Bir Yolculuk, İki Havalimanı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Yazgan, E., & Küçük Yılmaz, A. (2018). Designing flow chart for aircraft type training in aviation training process management. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 1346-1354.



## Türkiye’de Sektörlerin İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Risk Seviyelerinin TOPSIS Yöntemi ile Karşılaştırılması

### Comparison of the Risk Levels of Sectors for Occupational Health and Safety in Türkiye using the TOPSIS method

Şura Toptancı<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26555, Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 02/11/2022

Kabul / Accepted: 27/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ile ilgili mevcut mevzuatımıza ve alınan tedbirlere rağmen iş kazaları ve meslek hastalıkları hâlâ istenen düzeyde önlenememiştir. Bu durum, çalışma alanlarının sağlık ve güvenlik açısından risk seviyesinin bir göstergesi olma niteliğindedir. Her sektör için risk seviyesi farklılık gösterdiğinden sektör bazında iş kazaları ve meslek hastalıklarının yıllık seyri belirlenmek ve İSG uygulamalarına yönelik risk seviyelerini ortaya çıkarmak, İSG’ye dair hedeflerin ve bu hedeflerle ilişkili stratejilerin doğru tanımlanmasına yardım olacaktır. Bu çalışmada, Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması’na göre ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörlerin İSG yönünden risk seviyelerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Çalışmada, Sosyal Güvenlik Kurumu’nun 2013-2020 yıllarında iş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili yayımladığı istatistikler baz alınmıştır. Sektörlerin risk seviyelerinin belirlenmesinde iş kazası sayısı, ölümlü iş kazası sayısı, meslek hastalığı vaka sayısı, toplam geçici iş göremezlik süresi ve toplam sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayısı olmak üzere beş adet kriter dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bina inşaatının en riskli sektör, hanehalkları tarafından kendi kullanımına yönelik olarak üretilen ayırım yapılmamış mal ve hizmetlerin ise en düşük riskli sektör olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma İSG yönünden daha etkin stratejik planların oluşturulmasına ve uygulanmasına gereksinim duyulan sektörleri ortaya çıkarmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“İş güvenliği, İş kazası, İş sağlığı, Meslek hastalığı, ÇKKV, TOPSIS”

#### Abstract

Current legislation on occupational health and safety (OHS) and the measures that have been taken in Türkiye have not been able to prevent occupational accidents and diseases to the desired level. This is an indicator of the level of risk with respect to health and safety in the workplaces. The level of risk differs from sector to sector, hence a sector-based determination of the yearly movement of occupational accidents and diseases, and the establishment of the risk levels of the OHS will be helpful to correctly define the OHS objectives and the relevant strategies. The aim of this study is to compare the OHS risk levels of all the sectors in Türkiye in line with the Statistical Classification of Economic Activities in the European Community. The study is based on the statistics published by the Social Security Institution on occupational accidents and occupational diseases in 2013-2020. To determine the risk levels of the sectors, the study considered five criteria: the number of occupational accidents, the number of fatal occupational accidents, the number of incidences of occupational disease, the total temporary incapacity days, and the total number of insured receiving permanent incapacity income. In this study, the TOPSIS method was used. According to the results obtained, it has been determined that building construction is the riskiest sector, and the undifferentiated goods and services producing activities of private households for their own use is the least risky sector. This study shone a spotlight on the sectors that require the formulation and implementation of more effective OHS strategies.

#### Key Words

“Occupational safety, Occupational accident, Occupational health, Occupational disease, MCDM, TOPSIS”

## 1. Giriş

İş kazaları ve meslek hastalıkları çalışma yaşamının en ciddi sağlık ve güvenlik problemini teşkil etmektedir. Her yıl dünyada milyonlarca insan iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle yaralanmakta, geçici ya da sürekli iş göremezlik durumu ile karşılaşmakta ya da yaşamını yitirmektedir. Bu safhada geçici ve sürekli iş göremezlik durumları arasındaki farkı açıklamakta fayda vardır. İş kazası veya meslek hastalığı sonucunda sigortalı çalışanın ayakta ya da hastanede yatarak tedavi görmesi durumunda “geçici iş göremezlik”, sigortalı çalışan malul hale gelmişse “sürekli iş göremezlik” durumu ortaya çıkmaktadır. İş kazaları ve meslek hastalıkları çalışanların sağlığını olumsuz etkilemenin yanında çalışanların aileleri, işveren, toplum ve ülke için birçok maddi ve manevi kayıplara sebep olmaktadır (Boden, vd., 2001). İş kazaları ve meslek hastalıkları ayrıca yüksek maliyet tutarlarına, işte devamsızlığa, gelir, üretim ve zaman kayıplarına neden olmaktadır (Boden, vd., 2001; Linacre, 2007; Goetsch, 2008). Yaşanan kazaların sonucu, hastalık türü, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının gerçekleştiği oran ve yaşandığı sektör maddi kayıpların boyutunu değiştirebilmektedir (Toptancı, 2021).

İş kazaları, meslek hastalıkları ve bu durumlardan kaynaklı olumsuz sonuçların engellenmesi ya da azaltılması için iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) çalışmaları planlanmakta ve uygulanmaktadır (Bakır, 2012). İSG çalışmalarının iş sağlığı kısmı çalışanların sağlığını korumaya, iş güvenliği kısmı da tehlike ve risklerin belirlenmesi ve bunların önlenmesine yönelik faaliyetlere odaklanmaktadır (Bakır, 2012). Ülkemizde İSG konusu proaktif ve sürekli iyileştirmeyi sağlayan bir yaklaşımla 6331 sayılı İSG Kanunu kapsamında ele alınmıştır ve bu kanunla iş yerlerinde risk yönetimi çalışması yapılması zorunlu hale getirilmiştir.

Risk yönetimi iş yerlerinde İSG kapsamında yürütülecek faaliyetlerin temelini oluşturmaktadır (ÇSGB, 2015). Risk yönetiminin esas amacı iş yerlerinde iş kazaları ve meslek hastalıkları meydana gelmeden önlemler almaktır. İSG çalışmalarından başarılı ve sağlıklı sonuçlar alınması iş yerlerinde risk yönetiminin etkin şekilde yürütülmesine ve devamlılığına bağlıdır (Jensen, 2012).

Ülkemizde oluşan iş kazaları ve meslek hastalıkları, İSG ile ilgili mevcut mevzuatımıza, yürütülen çalışmalara, uygulanan cezalara ve alınan önlemlere rağmen hâlâ istenen düzeyde önlenememiştir (Toptancı, 2021). Bununla beraber, ülkemizde iş kazaları ve meslek hastalıkları vaka sayıları genel olarak artan bir seyir göstermektedir. Bu sonuç, iş yerlerinin İSG çalışmalarını uygulama ve aldıkları tedbirlerin yeterlilik ve zamanında alma düzeylerinin, çalışma alanlarının sağlıklı ve güvenlik açısından risk seviyesinin, diğer bir ifadeyle İSG performanslarının göstergesi olma niteliğindedir (Toptancı, 2021). Buna bağlı olarak artan iş kazası ve meslek hastalığı vaka sayıları, ilgili göstergelerde iş yerlerinin yeterli olmadığı anlamına da gelmektedir.

İş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi ya da azaltılması için mevcut sınırlı kaynaklarla İSG çalışmalarının sistematik ve etkin bir şekilde yürütülmesi önemlidir. Söz konusu gereksinim için öncelikle iş kazaları ve meslek hastalıklarının araştırılması, İSG performansının değerlendirilmesi, risk seviyesi en yüksek olan sektörlerin ve iş yerlerinin tespit edilmesi ve daha plânlı ve öncelikli olarak yüksek riskli sektör ve iş yerlerine yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir. Her sektörde ve çalışma alanında risk seviyesi farklılık gösterdiğinden, iş kazaları ve meslek hastalıklarının yıllık seyrini belirlemek ve İSG uygulamalarına yönelik risk seviyelerini ortaya çıkarmak, İSG’ye dair hedeflerin ve bu hedeflerle ilişkili stratejilerin de doğru tanımlanmasına yardım olacaktır.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde yaşanan iş kazası ve meslek hastalıkları problemini çalışılan sektör bazında irdelemektir. Bu doğrultuda, bu çalışmada Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması (Nomenclature statistique des Activites economiques dans la Communauté-NACE Rev.2)’ye göre ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörlerin İSG açısından mevcut risk seviyesi durumu ortaya çıkarılmıştır. Bu aşamada, sektörler İSG’ye dair artçı risk göstergeleri (lagging risk indicators) üzerinden değerlendirilmiş ve sektör bazında İSG’ye dair risk seviyeleri sıralanmıştır. Yapılan çalışma karar verme problemi yapısında olduğundan ve birçok değerlendirme kriteri dikkate alındığından bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Literatürde sektör bazında risk düzeyini belirleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrım ve Can (2017) tarafından yapılan çalışmada bir ÇKKV yaklaşımı olan CRITIC yöntemi ile 14 farklı sektör 2016 yılında gerçekleşen kaza sayısı, kaza hızı, ölümlü kaza sayısı, ölümlü kaza hızı ve hastalık sayısı kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada hastalık sayısının en önemli gösterge olduğuna karar verilerek, en yüksek riskli sektörün tekstil ürünleri imalat faaliyetleri olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada da Can ve Kargı (2019) 2016 yılına ait verilerle 17 sektör için çeşitli kriterler üzerinden bütünlük bir ÇKKV modeli uygulayarak en önemli kriterin hastalık sayısı ve en riskli sektörün ise kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalat faaliyetleri olduğunu belirlemişlerdir. Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım (2022) ise yaptıkları çalışmada 2020 yılında gerçekleşen iş kazası ve meslek hastalığı verileri için CRITIC tabanlı Gri İlişkisel Analiz yöntemini uygulayarak en riskli ve en düşük riskli sektörleri tanımlamıştır.

Bu çalışma dört araştırma boşluğunu doldurmaya çalışmaktadır. İlk olarak ÇKKV yaklaşımları ile Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması’na göre faaliyet gösteren sektörlerin İSG risk seviyelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışma literatürde çok az sayıdadır. İkinci olarak daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda yıllar bazında bir değerlendirme yapılmamış ve sadece tek bir yıla ait iş kazası ve meslek hastalıkları kayıtları sektörlerin riskini belirlemek için değerlendirmeye alınmıştır. Bununla beraber, sadece bir çalışmada tüm sektörler çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Üçüncü olarak ÇKKV yöntemlerinden biri olarak literatürde farklı karar verme problemleri için geniş bir kullanım alanına sahip TOPSIS yöntemi daha önce bu konu üzerinde uygulanmamıştır. Dördüncü olarak literatürde sektörlerin dâhil olduğu ana iş kolu gruplarının da İSG risk düzeylerinin irdelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.



Bu çalışma yukarıda belirtilen dört araştırma boşluğunu doldurmak için bir çözüm yaklaşımı önermiştir. Mevcut literatür boşluğuna dayanarak, bu çalışma aşağıdaki araştırma sorularını ele almayı çalışacaktır:

- (1) Yıl bazında ve genel bir değerlendirme dikkate alındığında iş kazası ve meslek hastalıkları verileri üzerinden ülkemizde faaliyette bulunan tüm sektörlerin İSG risk seviyeleri nasıl belirlenebilir?
- (2) Sektörlerin İSG risk seviyeleri hangi göstergeler altında değerlendirilebilir?
- (3) Birden fazla risk göstergesi altında sektörlerin risk seviyeleri nasıl değerlendirilebilir?
- (4) Sektörlerin dâhil olduğu ana iş kolu gruplarının İSG açısından risk düzeyleri nasıl belirlenebilir?
- (5) En düşük ve en yüksek riskli sektörler ve ana iş kolu grupları hangileridir?

Araştırma soruları aracılığıyla bu çalışma sektörlerin ve bağlı buldukları ana iş kolu gruplarının İSG performanslarını ortaya çıkarmaktadır. Böylece, bu çalışmanın İSG performansı düşük olanlara yönelik daha kapsamlı çalışmaların ele alınması için uzmanlara bir ön bilgi sunacağı düşünülmektedir. Araştırma soruları Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK)'nın iş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili yıllık yayımladığı istatistik veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın izleyen bölümünde kullanılan ÇKKV yöntemine ve amaçlanan yaklaşıma yer verilmiştir. Ardından, amaçlanan yaklaşım sonucunda belirlenen bulgulara değinilmiştir. Sonuç ve öneriler ise son bölümde sunulmuştur.

## 2. Metot

Karar verme problemlerinde yararlanılan ÇKKV yaklaşımları, önceden tanımlanan kriterlere göre en iyi çözümün belirlenmesi ve birçok alternatifin tanımlanan kriterlere göre değerlendirilmesi, sıralanması ve tercih edilmesi süreçlerini içermektedir (Ecer, 2020). Bu bölümde ÇKKV problemlerinde alternatiflerin sıralanmasında kullanılan TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Tercihi Tekniği)'nin ve gerçekleştirilen çalışma kapsamında önerilen yaklaşımın hesaplama adımlarına yer verilmiştir.

### 2.1. TOPSIS yöntemi

Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen TOPSIS yönteminde en uygun alternatif için çözüm pozitif ideal karar noktasına en yakın ve negatif ideal karar noktasına en uzak olan değere göre belirlenmektedir (Özdemir ve Seçme, 2009). TOPSIS yöntemi kullanım kolaylığı sağlaması, hesaplama süreçlerinin kolay anlaşılır olması, alternatifleri kısa sürede sıralama yeteneğine sahip olması ve elde edilen sonuçların kolay yorumlanması gibi birçok avantaja sahiptir. Bu yöntem alternatiflerin sıralanması için literatürde birçok farklı alanda yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu nedenle, çalışmada literatürdeki uygulamalarında başarılı sonuçlar alınan TOPSIS yönteminin kullanılması amaçlanmıştır.

TOPSIS yönteminin işlem adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Hwang ve Yoon, 1981):

**Adım 1:** İlk olarak başlangıç karar matrisi oluşturulur:

$$X_{KM} = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} K_1 & \dots & K_n \\ x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de  $m$  alternatif sayısını,  $n$  kriter sayısını ve  $x_{ij}$  ise  $i$ -inci satırda bulunan alternatifin  $j$ -inci sütunda yer alan kriter göre aldığı sayı değerini ifade etmektedir ( $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ ).

**Adım 2:** Farklı kriterler kullanılarak oluşturulan başlangıç karar matrisi ( $X_{KM}$ ) normalize edilerek normalize edilmiş karar matrisi ( $N_{KM}$ ) elde edilir. TOPSIS yönteminde vektör normalizasyonu yaklaşımı ile veriler normalize edilir. Bu hesaplama Eşitlik (2) ile gösterilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

$$N_{KM} = [r_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} K_1 & \dots & K_n \\ r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

**Adım 3:** Kriterlerin önem ağırlıkları ( $w_j$ ) kullanılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ( $V_{KM}$ ) oluşturulur. Bu aşamada,  $N_{KM}$ 'nin sütunları, değerlendirme kriterlerine verilen ağırlıklar ile çarpılmaktadır. Literatürde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde birçok yaklaşımdan yararlanılabilmektedir ya da kriterlerin önem ağırlığı eşit kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, kriterlerin önem ağırlıklarının toplamı 1 olmalıdır.

$$V_{KM} = w_j \times N_{KM} \quad (4)$$

$$V_{KM} = [v_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} K_1 & \dots & K_n \\ w_1 r_{11} & \dots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} K_1 & \dots & K_n \\ v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

**Adım 4:** Alternatifler için pozitif ideal ( $A^+$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm değerleri belirlenir. İlgili çözüm değerleri Eşitlikler (6) ve (7) ile hesaplanır.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = ((\max v_{ij}, j \in J_1), (\min v_{ij}, j \in J_2)) \quad (6)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = ((\min v_{ij}, j \in J_1), (\max v_{ij}, j \in J_2)) \quad (7)$$

Burada,  $J_1$  fayda tipi ve  $J_2$  maliyet tipi kriterleri ifade etmektedir. Faydalı kriterler enbüyüklenirken maliyet kriterleri enküçüklenmektedir.

**Adım 5:** Her bir alternatif için sırasıyla pozitif ideal ( $A^+$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözümlerden uzaklıklar olarak tanımlanan pozitif ve negatif ayırım ölçüleri ( $S_i^+, S_i^-$ ) Eşitlik (8) ve (9)'daki öklid mesafesi yaklaşımıyla hesaplanır.

$$S_i^+ = \left( \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$S_i^- = \left( \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right)^{1/2} \quad (9)$$

**Adım 6:** Her bir alternatif için Eşitlik (10) ile yakınlık katsayısı (closeness coefficient) ( $CC_i$ ) hesaplanır.

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} ; 0 \leq C_i \leq 1 \quad (10)$$

**Adım 7:** Elde edilen yakınlık katsayısı ( $CC_i$ ) değerlerine göre alternatiflerin öncelik sıralaması yapılır. En büyük  $CC_i$  skoruna sahip alternatif ilk sıradadır.

## 2.2. Amaçlanan yaklaşım

Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren sektörlerin İSG'ye yönelik risk seviyelerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması için amaçlanan hesaplama yaklaşımının adımları aşağıda sunulmuştur:

**Adım 1:** İSG risk göstergeleri (kriterler) ve Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması'na göre ülkemizde faaliyet gösteren sektörler (alternatifler) belirlenir.

**Adım 2:** SGK'nın yayınladığı 2013-2020 yılları iş kazası ve meslek hastalıklarına ait veriler değerlendirmeye alınır.

**Adım 3:** Bölüm 2.1'de hesaplama adımları detaylı anlatılan TOPSIS yöntemi kullanılarak her yıl için sektörlere ait risk skorları ve sıralamaları elde edilir.

**Adım 4:** Sektörler için her yıla ait risk skorlarının Eşitlik (11) ile geometrik ortalaması alınıp normalize edilerek genel risk skorları ve sıralamaları elde edilir.

$$RS_i = \frac{(RS_i^{2013} \times RS_i^{2014} \times RS_i^{2015} \times RS_i^{2016} \times RS_i^{2017} \times RS_i^{2018} \times RS_i^{2019} \times RS_i^{2020})^{1/8}}{\sum_{i=1}^m (RS_i^{2013} \times RS_i^{2014} \times RS_i^{2015} \times RS_i^{2016} \times RS_i^{2017} \times RS_i^{2018} \times RS_i^{2019} \times RS_i^{2020})^{1/8}} \quad (11)$$

Burada,  $RS_i^{2013}, RS_i^{2014}, RS_i^{2015}, RS_i^{2016}, RS_i^{2017}, RS_i^{2018}, RS_i^{2019}$  ve  $RS_i^{2020}$  sırasıyla 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 ve 2020 yılı için  $i$ . alternatifin TOPSIS yöntemiyle hesaplanan risk skoru değerleridir.

**Adım 5:** Sektörlerin genel risk skorları ve sıralamaları elde edildikten sonra, bu sektörlerin dâhil olduğu ana iş kolu grupları için risk skorlarının yüzdelik dağılımları elde edilir. Bu aşamada, iş kolu ana grupları altında yer alan her bir sektörün risk skorları toplanır. Hesaplanan bu toplam değer ana iş kollarına ait grup risk skorunu verir. Ardından, bu grup risk skoru değerlerinin toplam grup risk skorları içerisindeki yüzdelik değerleri hesaplanır.

### 3. Uygulama

Bu çalışmada, SGK'nın 2013-2020 yıllarında yayınladığı 5510 sayılı Kanununun 4-1/a maddesi kapsamında gerçekleşen iş kazası ve meslek hastalıklarına ait istatistikler kullanılarak sektörlerin risk seviyelerinin sıralaması yapılmıştır. İş kazası ve meslek hastalıkları bildirimleri 2013 yılından itibaren ESAW standartlarına göre ve elektronik ortamda tüm kazaların esas alındığı dinamik bir ortamda alınmaya başlandığından ve SGK'nın bu konuda yayınladığı son istatistik veriler 2020 yılına ait olduğundan çalışmada 8 yıllık iş kazası ve meslek hastalıkları verisi değerlendirmeye alınmıştır.

Türkiye'de Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması'na göre faaliyette bulunan 88 adet sektör 5 İSG artçı risk göstergesi altında TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Literatür taraması sonucu belirlenen İSG artçı risk göstergeleri değerlendirme kriterleri olarak Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** İSG Artçı Risk Göstergeleri

Kod	Göstergeler	Açıklama	Referans
$K_1$	İş kazası vaka sayısı	İş kazasına maruz kalan sigortalı sayısı	(Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım, 2022; SGK, 2020; Ayrım ve Can, 2017)
$K_2$	Ölümlü kaza sayısı	İş kazası kaynaklı ölen sigortalı sayısı	(Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım, 2022; SGK, 2020; Ayrım ve Can, 2017)
$K_3$	Meslek hastalığı vaka sayısı	Meslek hastalığına yakalanan sigortalı sayısı	(Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım, 2022; SGK, 2020; Ayrım ve Can, 2017)
$K_4$	Toplam geçici iş göremezlik süresi	İş kazası geçiren sigortalıların ayakta ve hastanede yatarak geçirdikleri gün sayısı	(SGK, 2020)
$K_5$	Toplam sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayısı	Hem iş kazası hem de meslek hastalığı sonucunda sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayısı	(SGK, 2020)

Kriter olarak belirlenen İSG göstergelerinin değeri arttıkça riskin değeri de artmaktadır. Çalışmada riskin sıralanması amaçlandığından, İSG göstergeleri fayda kriteri olarak ele alınmıştır. Bununla beraber, bu çalışmada tanımlanan İSG göstergelerine eşit önem verilerek her bir göstergenin önem değeri 0.20 (1/5) olarak belirlenmiştir.

Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistik Sınıflaması'nda tanımlanan ve SGK veri tabanında yer alan 88 adet sektör kodları ve ana iş kolu grupları ile Ekler bölümünde sunulmuştur.

İncelenen 5 İSG artçı risk göstergesi ve 88 adet sektöre ait her yıl için oluşturulan başlangıç karar matrisleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Başlangıç Karar Matrisleri

2013					2014					2015					2016									
Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	
S01	1362	13	0	15564	15	S01	1678	15	0	17017	14	S01	1719	13	0	23696	34	S01	1863	19	1	27291	42	
S02	192	7	0	4226	2	S02	202	5	0	2699	1	S02	434	7	0	8413	4	S02	345	7	0	6343	14	
S03	118	3	0	1215	2	S03	196	0	0	1758	0	S03	300	1	0	2307	2	S03	582	0	0	3109	2	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	16	1	0	501	0	S86	12	0	0	530	0	S86	18	1	0	454	2	S86	14	0	0	501	5	
S87	13	0	0	194	0	S87	34	0	1	709	0	S87	46	0	0	352	1	S87	75	0	0	528	0	
S88	10	1	0	156	8	S88	10	2	0	112	15	S88	7	1	0	97	52	S88	8	0	0	20	45	

**Tablo 2 (devam).** Başlangıç Karar Matrisleri

2017					2018					2019					2020									
Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	
S01	2041	21	1	27727	47	S01	2609	25	5	20536	31	S01	2758	18	4	26387	48	S01	2452	15	1	23501	29	
S02	447	8	0	6804	13	S02	486	9	0	4905	10	S02	508	9	0	5256	18	S02	507	13	1	5993	5	
S03	273	2	0	3444	1	S03	344	1	0	1240	5	S03	375	4	0	5681	3	S03	372	6	0	3252	2	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	19	1	0	417	0	S86	21	0	0	3	1	S86	17	0	0	178	0	S86	15	0	0	37	1	
S87	44	1	0	324	0	S87	56	0	1	63	2	S87	48	0	0	120	2	S87	3	0	0	35	0	
S88	14	0	0	170	3	S88	20	0	0	217	0	S88	20	0	0	137	0	S88	14	0	0	98	0	

Her yıl için başlangıç karar matrislerinin oluşturulmasının ardından vektör normalizasyonu işlemi yapılarak normalize edilmiş karar matrisleri elde edilir.

**Tablo 3.** Normalize Edilmiş Karar Matrisleri

2013						2014						2015						2016						
w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	
S01	0.0359	0.0323	0.0000	0.0306	0.0381	S01	0.0391	0.0298	0.0000	0.0395	0.0389	S01	0.0374	0.0368	0.0000	0.0387	0.0410	S01	0.0344	0.0504	0.0078	0.0384	0.0358	
S02	0.0051	0.0174	0.0000	0.0083	0.0051	S02	0.0047	0.0099	0.0000	0.0063	0.0028	S02	0.0094	0.0198	0.0000	0.0137	0.0048	S02	0.0064	0.0186	0.0000	0.0089	0.0119	
S03	0.0031	0.0075	0.0000	0.0024	0.0051	S03	0.0046	0.0000	0.0000	0.0041	0.0000	S03	0.0065	0.0028	0.0000	0.0038	0.0024	S03	0.0107	0.0000	0.0000	0.0044	0.0017	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.0004	0.0025	0.0000	0.0010	0.0000	S86	0.0003	0.0000	0.0000	0.0012	0.0000	S86	0.0004	0.0028	0.0000	0.0007	0.0024	S86	0.0003	0.0000	0.0000	0.0007	0.0043	
S87	0.0003	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	S87	0.0008	0.0000	0.0128	0.0016	0.0000	S87	0.0010	0.0000	0.0000	0.0006	0.0012	S87	0.0014	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	
S88	0.0003	0.0025	0.0000	0.0003	0.0203	S88	0.0002	0.0040	0.0000	0.0003	0.0417	S88	0.0002	0.0028	0.0000	0.0002	0.0628	S88	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0383	
2017						2018						2019						2020						
w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	w	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	
S01	0.0286	0.0452	0.0068	0.0325	0.0395	S01	0.0307	0.0543	0.0217	0.0386	0.0288	S01	0.0354	0.0564	0.0160	0.0378	0.0376	S01	0.0347	0.0455	0.0055	0.0347	0.0337	
S02	0.0063	0.0172	0.0000	0.0080	0.0109	S02	0.0057	0.0195	0.0000	0.0092	0.0093	S02	0.0065	0.0282	0.0000	0.0075	0.0141	S02	0.0072	0.0394	0.0055	0.0089	0.0058	
S03	0.0038	0.0043	0.0000	0.0040	0.0008	S03	0.0040	0.0022	0.0000	0.0023	0.0046	S03	0.0048	0.0125	0.0000	0.0081	0.0023	S03	0.0053	0.0182	0.0000	0.0048	0.0023	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.0003	0.0022	0.0000	0.0005	0.0000	S86	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	S86	0.0002	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	S86	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0012	
S87	0.0006	0.0022	0.0000	0.0004	0.0000	S87	0.0007	0.0000	0.0043	0.0001	0.0019	S87	0.0006	0.0000	0.0000	0.0002	0.0016	S87	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	
S88	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0025	S88	0.0002	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	S88	0.0003	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	S88	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	

Tablo 3'te belirtilen normalize karar matrisleri ile İSG göstergelerinin önem ağırlıklarının çarpımından oluşan ağırlıklı normalize karar matrisleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisleri

2013						2014						2015						2016						
Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Kod	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	
S01	0.0072	0.0065	0.0000	0.0061	0.0076	S01	0.0078	0.0060	0.0000	0.0079	0.0078	S01	0.0075	0.0074	0.0000	0.0077	0.0082	S01	0.0069	0.0101	0.0016	0.0077	0.0072	
S02	0.0010	0.0035	0.0000	0.0017	0.0010	S02	0.0009	0.0020	0.0000	0.0013	0.0006	S02	0.0019	0.0040	0.0000	0.0027	0.0010	S02	0.0013	0.0037	0.0000	0.0018	0.0024	
S03	0.0006	0.0015	0.0000	0.0005	0.0010	S03	0.0009	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	S03	0.0013	0.0006	0.0000	0.0008	0.0005	S03	0.0021	0.0000	0.0000	0.0009	0.0003	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.0001	0.0005	0.0000	0.0002	0.0000	S86	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	S86	0.0001	0.0006	0.0000	0.0001	0.0005	S86	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0009	
S87	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	S87	0.0002	0.0000	0.0026	0.0003	0.0000	S87	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	S87	0.0003	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	
S88	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0041	S88	0.0000	0.0008	0.0000	0.0001	0.0083	S88	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0126	S88	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0077	

**Tablo 4 (devam).** Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisleri

2017					2018					2019					2020									
Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Kod	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	
S01	0.0057	0.0090	0.0014	0.0065	0.0079	S01	0.0061	0.0109	0.0043	0.0077	0.0058	S01	0.0071	0.0113	0.0032	0.0076	0.0075	S01	0.0069	0.0091	0.0011	0.0069	0.0067	
S02	0.0013	0.0034	0.0000	0.0016	0.0022	S02	0.0011	0.0039	0.0000	0.0018	0.0019	S02	0.0013	0.0056	0.0000	0.0015	0.0028	S02	0.0014	0.0079	0.0011	0.0018	0.0012	
S03	0.0008	0.0009	0.0000	0.0008	0.0002	S03	0.0008	0.0004	0.0000	0.0005	0.0009	S03	0.0010	0.0025	0.0000	0.0016	0.0005	S03	0.0011	0.0036	0.0000	0.0010	0.0005	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.0001	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	S86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	S86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	S86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	
S87	0.0001	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	S87	0.0001	0.0000	0.0009	0.0000	0.0004	S87	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	S87	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
S88	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	S88	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	S88	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	S88	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrislerinin elde edilmesinden sonra pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanmaktadır. Çalışmada tanımlanan İSG göstergeleri fayda tipi kriterler olduğundan pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri için sırasıyla her sütuna ait maksimum ve minimum değerler dikkate alınmaktadır. Eşitlikler (6) ve (7) kullanılarak yapılan işlemler sonucunda Tablo 5'teki pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri elde edilmiştir. Her bir sektörün pozitif ve negatif ideal çözümlerden olan uzaklıkları (ayrım ölçüleri) ve yakınlık katsayısı ise Tablo 6'da yer almaktadır.

**Tablo 5.** Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

	2013					2014					2015					2016				
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A^+$	0.0827	0.1473	0.1760	0.1003	0.1322	0.0863	0.1332	0.1586	0.0878	0.1290	0.0836	0.1352	0.1475	0.0929	0.1376	0.0761	0.1267	0.1315	0.1017	0.1556
$A^-$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2017					2018					2019					2020				
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A^+$	0.0980	0.1463	0.1566	0.1193	0.1632	0.0982	0.1563	0.1548	0.1191	0.1608	0.0667	0.1297	0.1504	0.0846	0.1628	0.0677	0.1268	0.1298	0.0868	0.1570
$A^-$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tablo 6.** Ayrım Ölçüleri ( $S_i^+$ ,  $S_i^-$ ) ve Yakınlık Katsayıları ( $CC_i$ )

2013				2014				2015				2016			
Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$
S01	0.28442	0.01373	0.04604	S01	0.26187	0.01479	0.05346	S01	0.26059	0.01538	0.05573	S01	0.25722	0.01615	0.05909
S02	0.29200	0.00411	0.01387	S02	0.27136	0.00257	0.00939	S02	0.26920	0.00525	0.01912	S02	0.26737	0.00492	0.01806
S03	0.29349	0.00196	0.00663	S03	0.27274	0.00119	0.00434	S03	0.27196	0.00165	0.00603	S03	0.27036	0.00232	0.00849
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.29469	0.00053	0.00181	S86	0.27319	0.00024	0.00087	S86	0.27254	0.00076	0.00277	S86	0.27093	0.00086	0.00317
S87	0.29498	0.00008	0.00027	S87	0.27165	0.00258	0.00941	S87	0.27292	0.00031	0.00114	S87	0.27135	0.00029	0.00105
S88	0.29294	0.00410	0.01380	S88	0.26903	0.00838	0.03019	S88	0.26673	0.01257	0.04500	S88	0.26715	0.00766	0.02788
2017				2018				2019				2020			
Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$	Kod	$S_i^+$	$S_i^-$	$CC_i$
S01	0.29716	0.01484	0.04756	S01	0.29780	0.01633	0.05198	S01	0.26325	0.01734	0.06179	S01	0.25110	0.01502	0.05643
S02	0.30671	0.00454	0.01458	S02	0.30917	0.00483	0.01539	S02	0.27348	0.00660	0.02357	S02	0.25807	0.00836	0.03137
S03	0.30944	0.00139	0.00447	S03	0.31200	0.00137	0.00438	S03	0.27633	0.00316	0.01130	S03	0.26138	0.00393	0.01482
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S86	0.31023	0.00044	0.00141	S86	0.31301	0.00019	0.00060	S86	0.27846	0.00004	0.00015	S86	0.26382	0.00024	0.00089
S87	0.31021	0.00044	0.00143	S87	0.31245	0.00095	0.00304	S87	0.27827	0.00033	0.00117	S87	0.26396	0.00000	0.00000
S88	0.31019	0.00050	0.00162	S88	0.31308	0.00008	0.00027	S88	0.27846	0.00003	0.00012	S88	0.26395	0.00004	0.00014

TOPSIS yöntemi ile yıl bazında belirlenen en riskli ve en düşük riskli ilk 3 sektöre ait bilgiler Tablo 7'de sunulmuştur.

**Tablo 7.** 2013-2020 Yılları En Riskli ve En Düşük Riskli İlk 3 Sektör

Yıllar	En riskli ilk 3 sektör kodu	En düşük riskli ilk 3 sektör kodu
2013	1. S38	1. S67
	2. S04	2. S87
	3. S24	3. S58
2014	1. S38	1. S78
	2. S22	2. S52
	3. S04	3. S86
2015	1. S38	1. S80
	2. S24	2. S58
	3. S04	3. S59
2016	1. S38	1. S80
	2. S22	2. S51
	4. S24	3. S81
2017	1. S38	1. S80
	2. S22	2. S53
	3. S24	3. S59
2018	1. S38	1. S88
	2. S22	2. S58
	3. S39	3. S81
2019	1. S38	1. S88
	2. S22	2. S86
	3. S44	3. S80
2020	1. S38	1. S87
	2. S44	2. S88
	3. S76	3. S58

Sektörlerin her yıl için hesaplanan yakınlık katsayıları Eşitlik (11) yardımıyla birleştirilmiş ve sektörlere ait genel İSG risk skorları ve sıralamaları elde edilmiştir.

**Tablo 8.** Sektörlere Ait Genel Risk Skorları ve Sıralamaları

Sektör Kodu	Risk Skoru	Sıra
S01	0.00800	32
S02	0.00255	46
S03	0.00102	62
.	.	.
.	.	.
.	.	.
S86	0.00016	83
S87	0.00000	88
S88	0.00042	72

TOPSIS yöntemi sonucunda en riskli ve en düşük riskli olduğu tespit edilen ilk 10 sektöre ait sıralamalar Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Analizler doğrultusunda 2013-2020 yılları dikkate alındığında S38-bina inşaatının en riskli sektör ve S87-hanehalkları tarafından kendi kullanımlarına yönelik olarak üretilen ayırım yapılmamış mal ve hizmetlerin en düşük riskli sektör olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 9.** En Riskli İlk 10 Sektör

Sektör Kodu	Risk Skoru	Sıra
S38	0.09435	1
S22	0.06279	2
S24	0.05891	3
S44	0.05160	4
S39	0.04911	5
S04	0.04907	6
S23	0.04736	7
S40	0.03903	8
S09	0.03644	9
S12	0.03595	10

**Tablo 10.** En Düşük Riskli İlk 10 Sektör

Sektör Kodu	Risk Skoru	Sıra
S87	0.00000	88
S53	0.00010	87
S80	0.00013	86
S58	0.00014	85
S51	0.00015	84
S86	0.00016	83
S52	0.00018	82
S59	0.00027	81
S67	0.00029	80
S81	0.00033	79

Ana iş kolu gruplarına göre hesaplanan grup risk skorlarının yüzdelik dağılımı ve sıralaması Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo 11.** Ana İş Kolu Gruplarının Risk Yüzdelik Dağılımı ve Sıralaması

Kod	İş Kolu Ana Grubu	Grup Risk Skoru (%)	Sıra
G01	Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık	1.15632	9
G02	Madencilik ve Taş Ocakçılığı	7.13820	4
G03	İmalat	45.12164	1
G04	Elektrik, Gaz, Buhar ve İklimlendirme Üretimi ve Dağıtım	0.84202	12
G05	Su temini, Kanalizasyon, Atık Yön. ve İyileş. Faal.	1.37249	8
G06	İnşaat	18.24836	2
G07	Toptan ve Perakende Tic., Motorlu Kara Taşıt. ve Motosikletlerin Onarımı	5.46465	5
G08	Ulaştırma ve Depolama	8.30127	3
G09	Konaklama ve Yiyecek Hizmeti Faal.	4.16018	7
G10	Bilgi ve İletişim	0.20983	16
G11	Finans ve Sigorta Faal.	0.11317	19
G12	Gayrimenkul Faal.	0.17146	18
G13	Mesleki, Bilimsel ve Teknik Faal.	0.91118	10
G14	İdari ve Destek Hizmet Faal.	4.21186	6
G15	Kamu Yön. ve Savunma; Zorunlu Sosyal Güvenlik	0.20923	17
G16	Eğitim	0.70952	13
G17	İnsan Sağlığı ve Sosyal Hizmet Faal.	0.86680	11
G18	Kültür, Sanat, Eğlence, Dinlence ve Spor	0.25911	15
G19	Diğer Hizmet Faal.	0.47519	14
G20	Hanehalklarının İşverenler Olarak Faal.	0.01573	21
G21	Uluslararası Örgütler ve Temsilcilik. Faal.	0.04179	20
	Toplam	100	

Ana iş kolu grupları içinde grup risk skorlarının yüzdelik dağılımları incelenmiştir. İlk üç sırada yer alan %45,12 ile “imalat” işleri, %18,24 ile “inşaat” faaliyetleri ve %8,30 ile “ulaştırma ve depolama” işlerinin diğer ana iş kolu gruplarına göre İSG açısından risk düzeylerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. En düşük risk düzeyine sahip ana iş kolu grubunun ise hanehalklarının işverenler olarak faaliyetleri olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlar ana iş kolu grubunun her biri altında tanımlanan sektör sayısı ile de doğrudan ilişkilidir.

Sektörlerin risk seviyelerinin sıralama sonuçlarının İSG artçı risk göstergelerinde oluşabilecek değişikliklere ne düzeyde duyarlı olduğunu ortaya çıkarmak amacıyla çalışma kapsamında ayrıca bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım (2022)’nin çalışmalarında CRITIC yöntemi ile hesaplanan iş kazası ve meslek hastalığı kriterlerinin ağırlıkları üzerinden duyarlılık analizi yapılmış ve sektörlerin aldığı risk skoru değerleri hesaplanmıştır. Buna göre İSG artçı risk göstergelerinin önem ağırlıkları Tablo 12’deki gibi ele alınmıştır.

**Tablo 12.** Duyarlılık Analizi İçin Tanımlanan Önem Ağırlıkları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
Ağırlık	0.180	0.150	0.181	0.216 (0.129+0.087)	0.274 (0.095+0.179)

Duyarlılık analizi yapıldıktan sonra en riskli ve en düşük riskli ilk 10 sektöre ait sonuçlar Tablo 13’te gösterilmiştir.

**Tablo 13.** En Riskli (Solda) ve En Düşük Riskli (Sağda) İlk 10 Sektör

En riskli			En düşük riskli		
Sektör Kodu	Risk Skoru	Sıra	Sektör Kodu	Risk Skoru	Sıra
S38	0.10278	1	S58	0.00009	88
S24	0.06254	2	S80	0.00010	87
S22	0.06041	3	S53	0.00011	86
S39	0.04899	4	S87	0.00012	85
S23	0.04727	5	S51	0.00014	84
S04	0.04629	6	S86	0.00017	83
S44	0.04622	7	S52	0.00018	82
S40	0.04128	8	S59	0.00021	81
S09	0.03664	9	S67	0.00025	80
S12	0.03649	10	S64	0.00027	79

Analiz sonucuna göre en riskli sektör S38-bina inşaatı ve en düşük riskli sektör ise S58-Sigorta, reasürans ve emeklilik fonları faaliyetleridir. Bununla beraber, İSG artçı risk göstergelerine eşit ağırlık verildiğinde elde edilen sıralama sonuçları ile duyarlılık analizi için tanımlanan kriter ağırlıkları kullanılarak elde edilen sıralama sonuçları arasındaki ilişki Spearman’ın sıra korelasyon katsayı değeri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu analize göre, söz konusu iki sıralama arasındaki sıra korelasyon katsayısının 0.961 olarak hesaplandığı ve bu sıralamalar arasında pozitif yönde yüksek derecede bir ilişki olduğu anlaşılmıştır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada ülkemizde ekonomik faaliyet sınıflamasına göre sektörlere ait İSG performansına ilişkin iş kazası ve meslek hastalıkları risk seviyesi ölçülmüştür. Bu kapsamda, en riskli ve en düşük riskli sektörler ve ana iş kolu grupları ortaya çıkarılmıştır. Literatürden farklı olarak bu çalışmada ülkemizde faaliyet gösteren tüm sektörler 2013-2020 yıllarında yaşanan iş kazası ve meslek hastalıkları verileri üzerinden ve farklı bir yaklaşımla değerlendirilerek sektörlerin ve bunların bağlı olduğu ana iş kolu gruplarının İSG açısından risk seviyelerinin karşılaştırılması sağlanmıştır. Meslek hastalıklarından kaynaklanan ölümlü vaka sayıları SGK veri tabanında değer belirtilmemesi nedeniyle İSG risk değerlendirme kriteri olarak bu çalışmada ele alınmamıştır.

Analiz sonuçlarına göre en riskli sektörün bina inşaatı olduğu tespit edilmiştir. İlgili alanda İSG risk seviyesinin yüksek olmasının ülkemizde yeni bina inşaatı projelerinin daha fazla olması ve bu alanda çalışan sayısının çok olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir (Toptancı, 2021; Akgül ve Doğan, 2020). Mineral kaynaklı tek bir madde ile ilgili olan imalat faaliyetlerini kapsayan diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı ve metallerin işlenmesi, cephane imalatı, metal yapı malzemeleri imalatı gibi farklı alt sınıflardan oluşan fabrikasyon metal ürünleri imalatının (makine ve teçhizat hariç) ise sırasıyla diğer en yüksek risk içeren sektörler olduğu anlaşılmıştır. Bu sektörler yoğun ve geniş çalışma alanlarına sahip olup iş kazalarının ve meslek hastalıklarının son yıllarda en çok yaşandığı iş kollarındandır (Akman Duran, 2019; Songur ve Songur, 2018; Yağimli ve İzci, 2017). Yıllar bazında en düşük riskli sektör ise değişkenlik göstermektedir. Bununla beraber, pandeminin olduğu dönemi içeren 2020 yılında yaşanan iş kazalarında bir azalış olmasına rağmen, insan sağlık hizmetlerinde iş kazaları çok fazla artmış ve belirtilen yıl insan sağlığı hizmetleri en riskli ilk 3 sektör arasında yer almıştır. Ele alınan 8 yıllık süreç birlikte değerlendirildiğinde, hanehalkları tarafından kendi kullanımlarına yönelik olarak üretilen ayırım yapılmamış mal ve hizmetlerin, programcılık ve yayıncılık faaliyetlerinin ve kütüphaneler, arşivler, müzeler ve diğer



kültürel faaliyetlerin sırasıyla en düşük riskli sektörler olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürde bu konuda yapılan çalışmaların sonuçlarından farklılık göstermektedir. Ayrıca, literatürde en düşük riskli sektörlerin belirlenmesine yönelik tek bir yıla ait iş kazası verileri kullanılarak gerçekleştirilen sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Ayrım ve Can (2017) tarafından yapılan çalışmada tekstil ürünlerinin imalatının en yüksek riskli sektör olduğu belirtilmiştir. Can ve Kargı (2019) ise kok kömürü ve petrol ürünleri imalatının en yüksek riskli sektör olduğunu belirlemiştir. Diğer yapılan bir çalışmada ise en yüksek riskli sektörlerin bina inşaatı, fabrikasyon metal ürünleri imalatı ve insan sağlığı hizmetleri; en düşük riskli sektörlerin ise sırasıyla programcılık ve yayın faaliyetleri, uluslararası örgütler ve temsilciliklerinin faaliyetleri ve hane halkları tarafından kendi kullarımlarına yönelik olarak üretilen ayırım yapılmamış mal ve hizmetler olduğu belirlenmiştir (Elmas Atay ve Kuzu Yıldırım, 2022). Yüksek riskli sektörler için ilgili alanda yapılan çalışmaların, yatırımların ve yaptırımların artması ve çalışanların İSG kurallarına uymalarının sağlanması amacıyla daha etkin tedbirlerin planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu çalışma İSG açısından daha etkin planların oluşturulması ve uygulanmasına gereksinim duyulan sektörleri ortaya çıkararak sektör bazında mevcut kıt kaynaklarla gerçekleştirilen İSG çalışmalarına ve denetimlere doğru yön verilmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma belirli sınırlılıklara sahiptir. Çalışmanın en önemli sınırlılığı, sadece İSG artçı risk göstergeleri üzerinden sektörlerin risk düzeylerinin değerlendirilmesidir. Halbuki, iş kazası ve meslek hastalığı yaşanmadan sektörlerin ve iş yerlerinin İSG performansını temsil edebilecek İSG öncü risk göstergelerinin de kayıt altına alınması daha sağlıklı değerlendirmelerin yapılmasını sağlayacaktır. Bununla beraber, SGK, 4a hizmet kaydına sahip çalışanlardan iş kazasına veya meslek hastalığına maruz kalanlara ait istatistiki bilgileri yayınlamaktadır ve bu yayınlanan veriler sadece kayıtlı istihdama aittir. Ancak, ülkemizde kayıtdışı istihdamın varlığı da söz konusudur. Bu durum hem çalışmanın diğer bir sınırlılığını hem de yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları probleminin boyutunun görülenden daha büyük olduğunu ifade edebilir. Benzer şekilde, yayımlanan iş kazası ve hastalık istatistiklerinde iş yerlerine özgü detaylı bir analiz imkanı sunulmadığından, yüksek riskli sektörlerde faaliyet gösteren iş yerlerinde bu duruma etken risk faktörleri irdelenememiştir. Bu konuda yapılacak gelecek çalışmalar için yüksek risk içeren sektörlerde faaliyet gösteren iş yerlerinde ayrıca iş kazası ve meslek hastalıkları verilerinin incelenmesi ve bunların oluşmasına neden olan risk faktörlerinin belirlenmesi ve önlenmesine yönelik aksiyonların alınması önerilmektedir. Bu iş yerlerinde güvenlik denetimi sayısı, çalışanlara verilen İSG eğitimi süresi, ramak kala olay kaydı vb. İSG öncü risk göstergeleri de gerçekleştirilen risk değerlendirmede ele alınmalıdır. Bir diğer araştırılabilecek konu ise ele alınan İSG artçı risk göstergelerinin farklı yaklaşımlarla önem ağırlıklarının belirlenmesi ve sektörlerin farklı ÇKKV yöntemleri ile sıralanarak elde edilen sonuçların kıyaslanmasıdır.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Akgül, M., & Doğan, Y. (2020). İnşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği farkındalık analizi: İç Anadolu ve Marmara bölgesi örnekleme. *Engineering Sciences*, 15(4), 159-173.
- Akman Duran, P. (2019), Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatında İş Kazalarının Projeksiyonu ve Risklere İlişkin Alınacak Önlemler, Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ayrım, Y., & Can, G. (2017). Risk değerlendirmesinde critic metodu ile sektörlerin karşılaştırması. *Journal of Turkish Operations Management*, 1(1), 67-78.
- Bakır, G. Z. (2012). İş sağlığı ve güvenliği hakkının korunması: İşverenin iş sağlığı ve güvenliği organizasyonu. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 1, 58-59.
- Boden, L.I., Biddle, E.A., & Spieler, E.A. (2001). Social and economic impacts of workplace illness and injury: current and future directions for research. *American Journal of Industrial Medicine*, 40, 398-402.
- Can, G., & Kargı, Ş. (2019). Sektörlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden risk seviyelerinin critic-edas entegrasyonu ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 30(1), 15-31.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2015). Avrupa Birliği'nin iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri iyi uygulamaları. Retrieved from [http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/isgip/isgip\\_ iyi\\_uygulamalar.pdf](http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/isgip/isgip_ iyi_uygulamalar.pdf)
- Ecer, F. (2020). Çok kriterli karar verme: Geçmişten günümüze kapsamlı bir yaklaşım.(1.baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Elmas Atay, S., & Kuzu Yıldırım, S. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Sektörlerin Risk Düzeylerinin CRITIC Tabanlı Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 47,181-193.
- Goetsch, D.L. (2008). *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers*. (6th ed.). Pearson Prentice Hall.

- Hwang C.L. & Yoon K., Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, USA, 1981.
- International Labour Organization (ILO). Encyclopaedia of occupational health and safety. (4th ed.). Retrieved from [http://www.ilocis.org/documents/chpt56e.htm#JD\\_Ch56\\_3](http://www.ilocis.org/documents/chpt56e.htm#JD_Ch56_3)
- Jensen, R.G. (2012). Risk Reduction Methods for Occupational Safety and Health, John Wiley & Sons.
- Linacre, S. (2007). Australian social trends 2007. Australian Bureau of Statistics. ABS catalogue no. 4102.
- Özdemir, A. İ., & Seçme, N. Y. (2009). İki aşamalı stratejik tedarikçi seçiminin bulanık topsis yöntemi ile analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(2), 79-112.
- SGK. (2013). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2014). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2015). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2016). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2017). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2018). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2019). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGK. (2020). SGK İstatistik Yıllıkları. Retrieved from <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- Songur, L., & Songur, G. (2018). Ekonomik Büyümede İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önemi ve Sosyal Tarafların Sorumlulukları. Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi, (68), 43-55.
- Toptancı, Ş. (2021), İnşaat Sektöründe İş Kazalarının Tahminlemesi, Risk Analizi ve Kalite Evi ile Alınacak Tedbirlerin Önceliklendirilmesi, Doktora Tezi. Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Yağımlı, M., & İzci, F. (2017). Türkiye’de makine ve teçhizatı hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektöründe yaşanan iş kazaları ve ölümlü iş kazası sayılarının tahmini. Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 1(1), 9-15.

## Ek- Sektörler ve ana iş kolu grupları

Grup Kodu	Sektör Kodu	Sektörler	Grup Kodu	Sektör Kodu	Sektörler
G01	S01	Bitkisel ve hayvansal üretim ile avcılık ve ilgili hizmet faaliyetleri	G03	S24	Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)
	S02	Ormancılık ile endüstriyel ve yakacak odun üretimi		S25	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
	S03	Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği		S26	Elektrikli teçhizat imalatı
G02	S04	Kömür ve linyit çıkartılması		S27	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı
	S05	Ham petrol ve doğal gaz çıkarımı		S28	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı
	S06	Metal cevherleri madenciliği		S29	Diğer ulaşım araçlarının imalatı
	S07	Diğer madencilik ve taş ocakçılığı		S30	Mobilya imalatı
	S08	Madenciliği destekleyici hizmet faaliyetleri		S31	Diğer imalatlar
G03	S09	Gıda ürünlerinin imalatı		S32	Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı
	S10	İçeceklerin imalatı	G04	S33	Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı
	S11	Tütün ürünleri imalatı	G05	S34	Suyun toplanması, arıtılması ve dağıtılması
	S12	Tekstil ürünlerinin imalatı		S35	Kanalizasyon
	S13	Giyim eşyalarının imalatı		S36	Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı
	S14	Deri ve ilgili ürünlerin imalatı		S37	İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri
	S15	Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı	G06	S38	Bina inşaatı
	S16	Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı		S39	Bina dışı yapıların inşaatı
	S17	Kayıtlı medyanın basılması ve çoğaltılması		S40	Özel inşaat faaliyetleri
	S18	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	G07	S41	Motorlu kara taşıtlarının ve motosikletlerin toptan ve perakende ticareti ile onarımı
	S19	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı		S42	Toptan ticaret (Motorlu kara taşıtları ve motosikletler hariç)
	S20	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı		S43	Perakende ticaret (Motorlu kara taşıtları ve motosikletler hariç)
	S21	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	G08	S44	Kara taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığı
	S22	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı		S45	Su yolu taşımacılığı
	S23	Ana metal sanayii		S46	Hava yolu taşımacılığı

## Ek- Sektörler ve ana iş kolu grupları (devam)

Grup Kodu	Sektör Kodu	Sektörler	Grup Kodu	Sektör Kodu	Sektörler
G08	S47	Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler	G14	S70	Seyahat acentesi, tur operatörü ve diğer rezervasyon hizmetleri ve ilgili faaliyetler
	S48	Posta ve kurye faaliyetleri		S71	Güvenlik ve soruşturma faaliyetleri
G09	S49	Konaklama		S72	Binalar ile ilgili hizmetler ve çevre düzenlemesi faaliyetleri
	S50	Yiyecek ve içecek hizmeti faaliyetleri		S73	Büro yönetimi, büro destek ve iş destek faaliyetleri
G10	S51	Yayıncılık faaliyetleri	G15	S74	Kamu yönetimi ve savunma; zorunlu sosyal güvenlik
	S52	Sinema filmi, video ve televizyon programları yapıcılığı, ses kaydı ve müzik yayımlama faaliyetleri	G16	S75	Eğitim
	S53	Programcılık ve yayıncılık faaliyetleri	G17	S76	İnsan sağlığı hizmetleri
	S54	Telekomünikasyon		S77	Yatılı bakım faaliyetleri
	S55	Bilgisayar programlama, danışmanlık ve ilgili faaliyetler		S78	Barınacak yer sağlanmaksızın verilen sosyal hizmetler
	S56	Bilgi hizmet faaliyetleri	G18	S79	Yaratıcı sanatlar, gösteri sanatları ve eğlence faaliyetleri
G11	S57	Finansal hizmet faaliyetleri (Sigorta ve emeklilik fonları hariç)		S80	Kütüphaneler, arşivler, müzeler ve diğer kültürel faaliyetler
	S58	Sigorta, reasürans ve emeklilik fonları (Zorunlu sosyal güvenlik hariç)		S81	Kumar ve müşterek bahis faaliyetleri
	S59	Finansal hizmetler ile sigorta faaliyetleri için yardımcı faaliyetler		S82	Spor faaliyetleri, eğlence ve dinlenme faaliyetleri
G12	S60	Gayrimenkul faaliyetleri	G19	S83	Üye olunan kuruluşların faaliyetleri
G13	S61	Hukuk ve muhasebe faaliyetleri		S84	Bilgisayarların, kişisel eşyaların ve ev eşyalarının onarımı
	S62	İdare merkezi faaliyetleri; idari danışmanlık faaliyetleri		S85	Diğer hizmet faaliyetleri
	S63	Mimarlık ve mühendislik faaliyetleri; teknik test ve analiz faaliyetleri	G20	S86	Ev içi çalışan personelin işverenleri olarak hanehalklarının faaliyetleri
	S64	Bilimsel araştırma ve geliştirme faaliyetleri		S87	Hanehalkları tarafından kendi kullanımına yönelik olarak üretilen ayırım yapılmamış mal ve
	S65	Reklamcılık ve piyasa araştırması	G21	S88	Uluslararası örgütler ve temsilciliklerinin faaliyetleri
	S66	Diğer mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetler			
	S67	Veterinerlik hizmetleri			
G14	S68	Kiralama ve leasing faaliyetleri			
	S69	İstihdam faaliyetleri			



## Eskişehir Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesinin Erişilebilirlik Üzerinden Okunması

### Legibility of Hamamyolu Urban Deck Through the Accessibility

Kübra Kasapoğlu<sup>1\*</sup> , Mehmet İnceoğlu<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 26555 Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 02/11/2022

Kabul / Accepted: 27/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Kentsel açık mekânlar toplumu oluşturan bütün yaş gruplarının ve farklı fiziksel yeteneklere sahip bireylerin bağımsız ve güvenli bir şekilde erişimine açık olması gereken alanlardır. Her kullanıcının kentsel açık mekâna katılım sağlayabilmesi ve kent mobilyalarını aktif olarak kullanabilmesi kent ergonomisinin referans alınma düzeyiyle ilişkilidir. Kentte yaşayan her bireyin istediği her yere ve her hizmete kolay bir şekilde ulaşabilmesi olarak tanımlanan erişilebilirlik, kentsel mekânın ve donatıların düzenlenmesinde tasarımcılar tarafından benimsenmesi gereken bir kavramdır. Engelsiz yapılı çevrenin düzenlenmesi ve tüm bireylerin ihtiyaçları düşünülerek herkesin toplumsal hayata katıldığı kapsayıcı mekanların tasarlanması için erişilebilirlikle ilgili standartlar tasarım sürecine dahil edilmelidir. Erişilebilir olmayan mekanlar engelliler, yaşlılar, çocuklar gibi bedensel farklılıkları olan çok sayıda kullanıcıyı dezavantajlı hale getirmektedir. Bu çalışmada Eskişehir Hamamyolu'nun 2018 yılında yeniden düzenlenmesi için uygulanan Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi projesinin erişilebilirlik kavramı üzerinden incelenmesi amaçlanmıştır. Değerlendirme kriterleri için TS 9111 Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklere standardından faydalanılmıştır. Yerinde gözlem, saptama ve fotoğraf ile belgeleme yapılmıştır. Çalışma alanında yapılan gözlemler sonucunda erişilebilirlik standartlarının tam olarak sağlanamadığı ve bunun etkisiyle Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi projesinin erişilebilirlik değerinin düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

*“Erişilebilirlik, Yürünebilirlik, Kentsel Açık Mekân, Kent Ergonomisi, Kent Mobilyası, Mekân kalitesi”*

#### Abstract

Urban open spaces are areas that should be open to the independent and safe access of all age groups and individuals with different physical abilities. Each user's ability to participate in the urban open space and actively use urban furniture is related to the reference level of urban ergonomics. Accessibility, which is defined as the easily access of every individual living in the city to any place and any service they want, is a concept that should be adopted by designers in the arrangement of urban space and its equipment. Accessibility-related standards should be included to design process to organize the barrier-free built environment and to design inclusive spaces where everyone participates in social life, considering the needs of all individuals. Inaccessible spaces put many users with physical differences such as people with disability, elders, children, at a disadvantage. In this study, it is aimed to examine the Hamamyolu Urban Deck project, which was implemented for the reorganization of Eskişehir Hamamyolu in 2018, through the concept of accessibility. The TS 9111 "Accessibility Requirements in Buildings for the Handicapped and Persons with Reduced Mobility" was used for the evaluation criteria. Observation, detection, and documentation with photographs were made. As a result of the observations made in the study area, the accessibility standards could not be fully achieved.

#### Key Words

*“Accessibility, Walkability, Urban Open Space, Urban Ergonomics, Urban Furniture, Spatial Quality”*

## 1. Giriş

Mimari mekân; kullanıcılarının toplumsal, fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayan uzay parçası, boşluk olarak açıklanmaktadır (Norberg-Schulz, 1971). Kuban (1992), mimari mekânın biçimsel olduğu kadar insan yaşamına ait özellikleri de içermesinin gerekli olduğunu ve mekânın hareket, ışık gibi çeşitli bileşenlerle var olabileceğini vurgulamaktadır. İnsanların yapı içerisinde veya dışında birbirleriyle ve mekanla karşılıklı olarak kurdukları etkileşim mimari mekânı meydana getirmektedir. Kentsel mekân ise İnceoğlu ve Aytuğ'un (2009) tanımına göre dış mekânda binaların birbirleriyle ve diğer unsurlarla kurdukları yakınlıkların meydana getirdiği mekanlardır. Mekanların sınırlarını tanımlayan duvar, döşeme, kolon, giriş, gökyüzü, ağaçlar, bulutlar gibi öğelerin farklılığına göre mimari mekân ve doğal mekân ayrımı yapılmaktadır. Mimari mekân ile doğal mekânın birlikteliğinde ise kentsel mekanlardan bahsedilmektedir (Joedicke, 1985). Kentsel mekanlar halkın kolay bir şekilde ulaşabildiği doğal ve yapılaşmış çevreden oluşan bir mimarlık ürünü olarak tanımlanabilir (Hasol, 2008). Kentsel mekanlar; meydanlar, pazarlar, caddeler, sokaklar, açık alanlar ve parklar gibi yaşayan organizmalardır. Kentsel mekânda insanların buluşma, toplanma, karşılaşma ve sosyalleşme alanları olan açık mekanlar ise kentin yaşam alanlarıdır. Gehl (1987), açık alanların farklı türden aktivitelere izin verebilen ve insanları sosyal açıdan destekleyen alanlar olduğunu belirtmiştir. Kentsel açık mekanlarda insan odaklı tasarım yaklaşımıyla tüm bireylerin kullanımına imkân veren kapsayıcı alanlar düzenlenmesi önemlidir (Şahin Körmeçli & Uslu, 2021). Her kullanıcının kentsel açık mekâna katılım sağlayabilmesi ve kent mobilyalarını aktif olarak kullanabilmesi kent ergonomisinin referans alınma düzeyiyle ilişkilidir. Kent ergonomisi; insanların kaliteli vakit geçirmelerini, konfor ve güvenliğinin sağlanmasını, bireylerin kullanım gereksinimlerine eşit ve adil olarak cevap veren fiziksel çevrelerin tasarlanmasını amaçlar. Bu bağlamda insanların sosyal yaşam alanı olan kentsel açık mekanların mekân kalitesinin irdelenmesi gerekir. Kısak (2021), kentsel mekanların niteliğinin güçlü olmasının o kentin yaşanabilirlik düzeyini ve yaşam kalitesini yükselttiğini ifade etmiştir.

Mimarlıkta kalite kavramı, kullanıcıların ihtiyaçlarının karşılanması sonucunda tatmin olmasıyla ilgilidir. Bir binanın istenen aktivitelere ne kadar uygun olduğu, kültürel anlamı, fiyat- performans oranı o binanın kalite tanımıdır, denebilir (İnceoğlu & Aytuğ, 2009). Van der Voordt ve Van Wegen (2005), mimarlıkta kaliteyi işlevsel, ekonomik, teknik ve estetik kalite olarak dört kategoride açıklamıştır. Bu başlıklar da kendi içlerinde alt başlıklara ayrılmaktadır. Araştırma kapsamında işlevsel kalite parametresinin göstergelerinden biri olan erişilebilirlik kavramı incelenecektir.

Kentlerde farklı yaş ve fiziksel yeteneklere sahip bireyler bir arada yaşamaktadır. Tüm bireylerin ihtiyaçları düşünülerek herkesin toplumsal hayata katıldığı kapsayıcı çevreler tasarlanmalıdır. Kentlerde herkes için erişilebilirliğin sağlanması amacıyla kentsel mekanların tasarımı bireylere engel oluşturmayacak biçimde ve belirtilen teknik standartları referans alarak yapılmalıdır. Bunun için de erişilebilirlikle ilgili standartların tasarım aşamasında düşünülüp, sonradan özel düzenlemeler yapmak yerine tüm kullanıcılar için eşit kullanımı öngören bir tasarım anlayışı benimsenmelidir (Kaymaz, 2015). Erişilebilir olmayan mekanlar farklı özellikleri nedeniyle engelliler, yaşlılar, hamileler, çocuklar, bebek arabalı ebeveynler, farklı kilo ve boydaki kişiler gibi pek çok sayıda kullanıcıyı dezavantajlı konuma sokmaktadır (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2020). Yapılı çevrenin kullanıcılarını engellemesi bireysel konforu azaltmakta ve kentsel mekânın kalitesini düşürmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Eskişehir Hamamyolu'nun 2018 yılında yeniden düzenlenmesi için uygulanan proje ele alınmış olup erişilebilirlik çerçevesinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme kriterleri için 'TS 9111 Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklileri' standardından faydalanılmıştır (TS 9111, 2011). Araştırma alanında rampalar, merdivenler, yaya yürüme yüzeyleri, zemin kaplaması, halka açık tuvaletler, su öğeleri, oturma birimleri, oyun alanı elemanları, yönlendirici ve bilgilendirici işaretlemeler detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Çalışmada ilk olarak yerli ve yabancı literatür araştırılmıştır. Daha sonrasında çalışma alanı ziyaret edilerek saha araştırması yapılmıştır. Yerinde tespitler ve gözlemlerden yararlanılmıştır.

## 2. Açık Mekanlarda Yürünebilirlik ve Erişilebilirlik

Sürdürülebilir ve yaşanabilir kentlerin ön koşullarından biri yürünebilir kentlerdir. Yürünebilirlik kavramı kentsel tasarımcılar ve mekânsal planlamacılar tarafından (Southworth, 1997; Southworth ve Ben-Joseph, 1995; Southworth ve Owens, 1993) ilk kez 1990'lı yılların başında tanımlanmıştır (Rafiemanzelat vd., 2017). Yapılı çevrenin yürünebilirliğinin uygunluğu ve çekiciliği açısından incelenmesi kentsel planlama, psikoloji, coğrafya ve toplum sağlığı gibi çeşitli alanlarda uzun yıllardır önemli bir konu olmuştur (Brownson, vd., 2009; Rafiemanzelat vd., 2017). Bu alanlardaki her bir çalışma yürünebilirliği farklı değişkenler ve ölçümlerle tanımlamıştır.

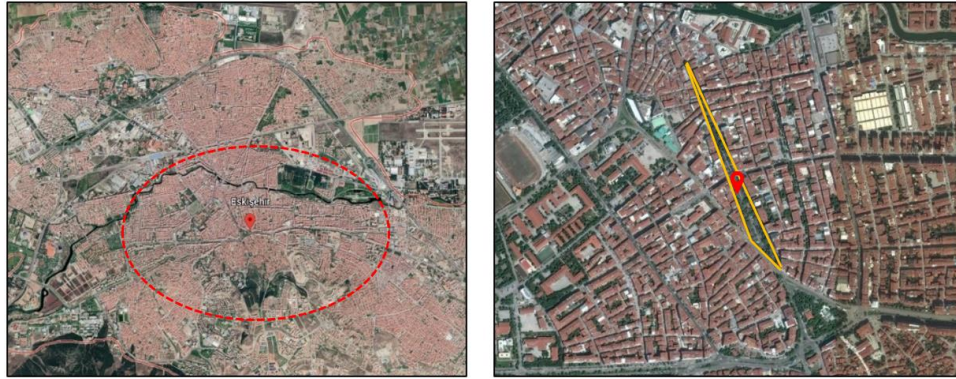
Yürüme insanların kentsel mekandaki temel etkinliklerinden biridir (Moura vd., 2017). Günümüzde yürünebilirlik kavramı üzerine pek çok tanım bulunmaktadır. Southworth (2005), yürünebilirliği yapılı çevrenin yayaların rahatlığını ve güvenliğini sağlayarak makul bir zaman ve eforla yürümeyi destekleme ve teşvik etmesi olarak açıklamıştır. Kentte yaşayan insanların yapılı çevrede ne derece rahatlıkla yürüdüğü, yürünebilirlik için önemlidir. Yürünebilir mekanlar herkesin kullanımına imkân verecek biçimde tasarlanmalı ve tüm kullanıcılarının ihtiyaçlarını göz önünde bulundurulmalıdır. İyi tasarlanmış kentsel açık mekanlar daha fazla oranda yürüme seviyelerini teşvik etmektedir (Giles-Corti vd., 2005).

Kentsel açık mekanlar; herkesin kullanımına açık, insanların farklı aktiviteler yapmasına olanak sağlayan sert ve yumuşak zeminli alanlardan oluşan, insanların dinlenip sosyalleşebildikleri yeşil ve açık alanların bütünü olarak ifade edilebilir (Akpınar, 2013). Kentsel

açık mekanların kullanımı kullanıcıların ulaşım kolaylığı ile yakından ilişkilidir (Cüce ve Ortaçşme, 2020). Tüm kullanıcıların istediği her yere ve her hizmete yardım almadan ve güvenli bir şekilde ulaşabilmesi şeklinde açıklanan erişilebilirlik, kentsel açık mekanların planlamasını her açıdan etkileyen bir faktördür. Kentlerde erişilebilirliğin sağlanmasındaki en önemli kriterlerden biri ise yürünebilirliktir. Erişilebilirlik fiziksel, sosyal, psikolojik, kültürel ve ekonomik boyutları olan bir kavram olarak değerlendirilmektedir (Şahin Körmeçli, 2019). Kentin sunduğu hizmetlere katılım sağlamak tüm bireylerin en doğal hakkı olmasına rağmen günümüzde kentlerin fiziksel koşulları ve yetersizlikleri nedeniyle bazı dezavantajlı bireylerin toplumsal yaşama katılımı engellenmektedir. Açık mekanlar gerek mekânsal ve gerekse psikolojik açıdan dezavantajlı bireylerin topluma katılmasını kolaylaştıracak şekilde tasarlanıp engelsiz mekanlar haline dönüştürülebilir. Engelsiz açık mekanlar; toplumu oluşturan herkes için erişilebilir, konforlu, güvenli ve dolaşılabilir mekanlar olmaktadır (Çelikyay ve Karayılmazlar, 2016). Açık mekanlarda yapısal duruma ilişkin özellikler (yaya yolları, rampalar gibi), kentsel donatılar bireylere engel oluşturmayacak şekilde ve erişilebilirlikle ilgili teknik standartları referans alarak düzenlenmelidir. Kentsel açık mekanların sürdürülebilirliği ve yaşanabilirliği için kapsayıcı tasarım anlayışının temel alınması oldukça önemlidir. Kentlerde yaşayan farklı özellik ve yetiye sahip bireylerin ihtiyaçları düşünülerek herkese eşit, erişilebilir ve kullanılabilir alanlar yaratarak toplumun bütünleşmesi desteklenmelidir. Engelsiz mekanların üretilmesi için gereken erişilebilirlik standartları tasarım sürecine dahil edilmelidir. Bu sayede tasarıma sonradan müdahale edilmesine gerek kalmayacaktır.

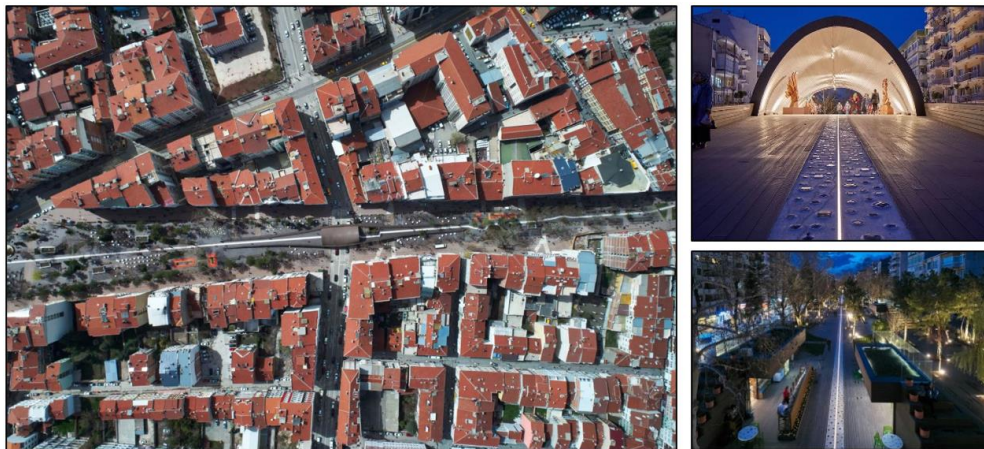
### 3. Eskişehir ‘Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi’ Projesini Erişilebilirlik Kriterlerine Göre Değerlendirme

Çalışma alanı, Eskişehir Hamamyolu Caddesi’nde yer alan ve Yazgan Tasarım Mimarlık tarafından tasarlanan ‘Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi’ projesi olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı konumu (Google, n.d.) (Yandex, n.d.)

Eskişehir’in merkezinde, Odunpazarı bölgesi ile Cumhuriyet Dönemi yapılarının yer aldığı Taşbaşı bölgesi ve kentin günümüzdeki merkezi Köprübaşı arasında bağlantı kuran Hamamyolu Caddesi 1,2 km uzunluğundadır (Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi, 2018). Tarihsel süreç içerisinde ticaret, konut ve sosyal bir merkez görevi üstlenen Hamamyolu Caddesi son zamanlarda canlılığını yitirmiştir. Hamamyolu’nun kente yeniden kazandırılması amacıyla 2018 yılında ‘Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi’ projesi hayata geçirilmiştir (Şekil 2).

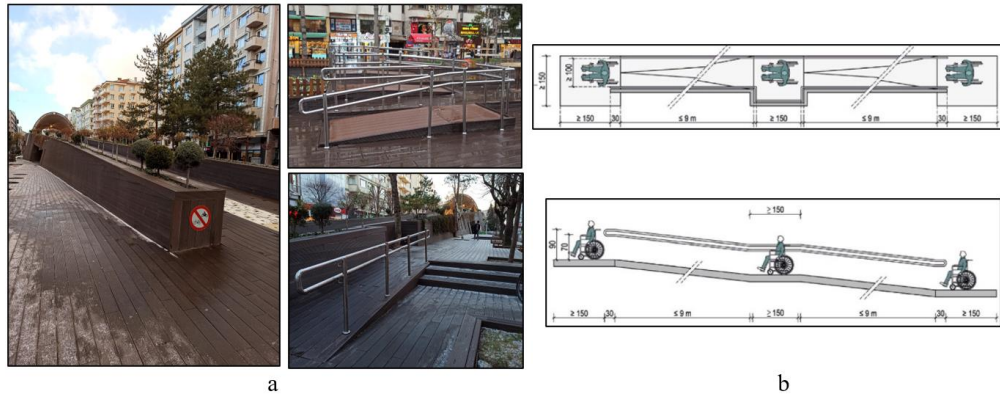


Şekil 2. Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi (Hamamyolu Urban Deck, n.d.)

Bu çalışma kapsamında yapılan taramalarda Hamamyolu’nun 2018 yılında yeniden düzenlenmesi için uygulanan projenin kullanım sonrası erişilebilirlik bağlamında değerlendirilmesine yönelik bir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmada literatürdeki bu

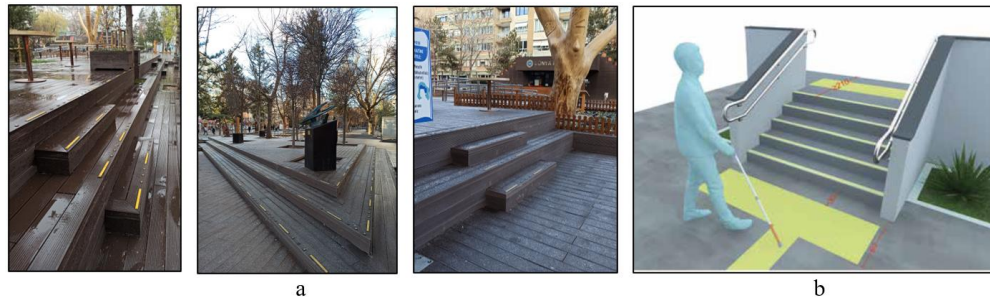
eksikliğin giderilmesi hedeflenerek ‘Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi’ projesinin erişilebilirlik değeri ortaya konulmuştur. Yapılan tasarımda kesintisiz bir yaya aksı oluşturulduğu, farklı yaş gruplarının bir arada bulunmasına olanak sağladığı ve çeşitli profildeki ziyaretçilere hitap edebilecek aktiviteler barındırdığı ifade edilmiştir. Bu bağlamda araştırmada ‘TS 9111 Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklere’ standardından faydalanılarak rampalar, merdivenler, yaya yürüme yüzeyleri, zemin kaplaması, halka açık tuvaletler, su öğeleri, oturma birimleri, oyun alanı elemanları, yönlendirici ve bilgilendirici işaretlemeler incelenmiştir. Bu doğrultuda Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesinde ilk olarak merdiven ve rampalar ele alınmıştır.

Proje kapsamında tasarlanan kentsel platformda yer yer zemin seviyesinden kot farkları oluşmaktadır. Bu kot farkları merdiven veya rampa yardımıyla aşılmaktadır. Hareket kısıtlılığı olan bireyler için ayağın takılmaması, tekerlekli sandalye, bebek arabası gibi tekerleği olan araçların tekerleğinin ilerletilebilmesi için kotlar arası geçişi sağlayan rampaların tasarlanması uygun olması önemlidir. Buradan hareketle kentsel platformda yer alan rampaların tasarımı genel olarak standartlara uygunluk kriterlerini (16 cm- 50 cm arasındaki kot farkında en fazla %7 eğim uygulanması, rampanın her iki tarafında tirabzan (korkuluk) olması; 90 cm ve 70 cm yüksekliğinde iki düzey küpeşte bulunması) sağlamaktadır (TS 9111, 2011). Fakat bazı alanlarda platforma çıkış için rampa mevcutken devamında iniş için rampanın olmayışı başlangıç noktasına geri dönülmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Bu da yatayda hareketliliğin kesintisiz ve güvenli sağlanmasını kesintiye uğratmaktadır. Ayrıca rampalarda uygulanan tirabzan ve küpeşelerde eğilmeler gözlemlenmiştir. Bu nedenle dayanıklılık açısından yetersiz bulunmuştur. Yaya hareketini kesintiye uğratmamak için tasarlanan İbrahim Karaoğlanoğlu Caddesi üst geçidi amacının aksine farklı fiziksel yeteneklere sahip bireylerin alanda bağımsız bir şekilde dolaşımına imkân vermemektedir. Standartlara göre 101 cm üzerindeki kot farklarında rampa eğimi en fazla %5 olması gerekirken bu üst geçitte rampa eğimi %7,2’dir (Şekil 3a). Buna göre rampa eğimi standartların üzerindedir. Buna ek olarak, 9m’den uzun olan rampalarda 9 m’de bir en az 150 cm×150 cm ölçülerinde sahanlıklar yapılmalıdır (Şekil 3b) (TS 9111, 2011). Fakat İbrahim Karaoğlanoğlu Caddesi üst geçidi 9 m’den uzun rampaya sahip olmasına rağmen kılavuzda belirtilen sahanlıklar mevcut değildir. Genel olarak bakıldığında erişilebilirlik açısından yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.** (a) Rampalar; (b\*) Standartlara uygun rampa tasarımı plan ve kesit (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2020)\*

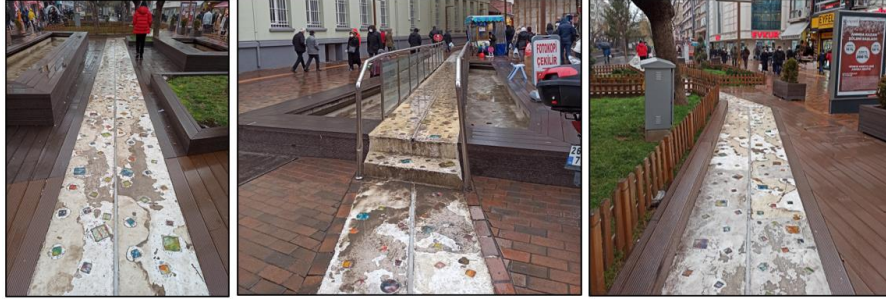
Çalışma alanındaki merdivenlerin her iki tarafı boşluk olup merdivenin yanında tirabzan ve küpeşte yoktur (Şekil 4a). Bütün merdivenlerde merdiven başlangıç ve bitiminde hissedilebilir uyarıcı yüzey yer alması gerekirken (Şekil 4b) alandaki merdivenin başlangıcının 30 cm gerisinde ve bitiminden 30 cm ileride 60 cm genişliğinde hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır (TS 9111, 2011). Ayrıca dış mekanlarda riht yüksekliği en fazla 15 cm olması gerekirken alandaki merdivenlerin riht yüksekliklerinin 17 cm, 18 cm ve 20 cm gibi değişen ölçülerde olduğu gözlemlenmiştir. Ölçü farklılıklarının olması erişilebilirlik açısından olumsuz bir durumdur.



**Şekil 4.** (a) Merdivenler; (b\*) Standartlara uygun merdiven tasarımı (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2020)\*

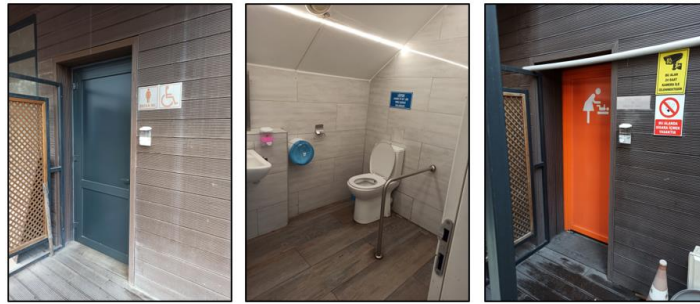


Erişilebilirlikle ilgili mevzuat ve standartlara göre yürümekte veya hareket etmekte güçlük yaşayan insanların günlük hayatında emniyetli bir şekilde dolaşımının sağlanması için; açık ve kapalı mekanlarda, binalarda ve çoğunlukla yapı çevredeki tüm alanlarda zemin kaplama malzemesi olarak düz, hareketsiz, dış etmenlere ve ıslak-kuru durumda kaymaya karşı dayanıklı özelliklerde malzeme tercih edilmesi önemli bir kriterdir (TS 9111, 2011). Proje 2018 yılında hayata geçirilmiş olup aradan sadece 4 yıl geçmesine rağmen tasarımda kullanılan malzemelerde deformasyonların olduğu gözlemlenmiştir. Bu da kullanılan malzeme kalitesinin zayıf olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Zemin kaplaması

Alanda hareket kısıtlılığı olanların güvenli ve rahat bir şekilde kullanması için birer kadın ve erkek olmak üzere en az iki tane genel erişilebilirlik özelliklerini sağlayan erişilebilir tuvaletler bulunmaktadır. Buna ek olarak farklı kullanıcı ihtiyaçları düşünülerek bebek bakım ve emzirme odasına da yer verilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Halka açık tuvaletler

Kentsel platform üzerinde çocuklar için çeşitli aktivite alanları yer almaktadır. Tasarlanan havuzların içinde oluşturulan yuvarlak, kare, beşgen gibi farklı formlardaki taşlar, havuzların tüm yaş grupları tarafından oyun alanı olarak kullanımına olanak sağlamıştır (Şekil 7). Ancak bu oyun mekanları hareket kısıtlılığı bulunan bireyler için yeterli erişilebilirlik düzeyine sahip değildir.



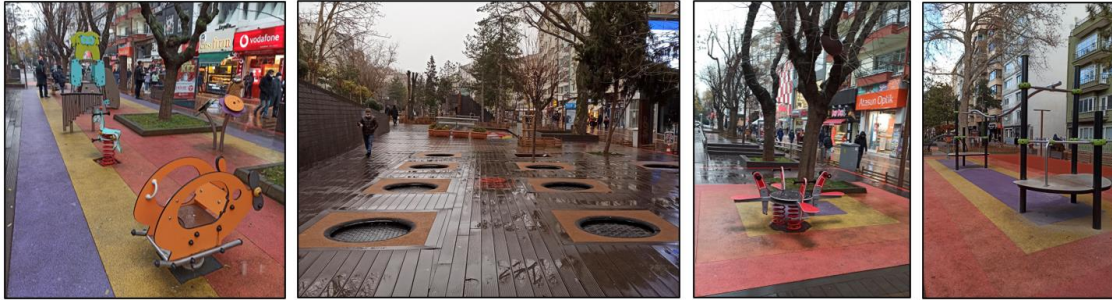
Şekil 7. Su öğeleri

İnsanlar farklı fiziksel özelliklere ve vücut ölçülerine sahiptir. Tasarımın kapsayıcı olması için sadece ortalama kullanıcı baz alınmamalıdır. Tasarımda kullanıcı çeşitliliğini dikkate alan, farklı yaş gruplarına ve çeşitli boy ölçülerine göre değişen oturma elemanı yüksekliği erişilebilirlik açısından önemlidir. Kentsel platform üzerinde çeşitli oturma elemanları tasarlanmıştır. Ancak ortalama kullanıcı dışındakilere yönelik herhangi bir uyarılma tespit edilmemiştir. Tüm oturma elemanları aynı ölçülerdedir (Şekil 8).



Şekil 8. Oturma birimleri

Engelli ya da herhangi bir engeli bulunmayan tüm çocuklar için oyun bir hak olmakla birlikte tüm çocukların bir arada oynamasına imkân veren oyun alanları ve elemanları tasarlanmalıdır. Kentsel platform üzerinde tasarlanan oyun alanları çocuklara farklı aktivite alanları sunmaktadır (Şekil 9). Ancak bu oyun alanları zihinsel, ortopedi, görme gibi farklı engeli bulunan çocukların kullanımına uygun değildir.



Şekil 9. Oyun alanları

Yapılı çevrenin herkes için erişilebilir olması amacıyla işitsel, görsel; yönlendirici ve bilgilendirici işaretlemeler; zıt renkli, hissedilebilir, kabartmalı tabelalar; yeterli aydınlatma ve malzeme çeşitliliği temin edilmelidir. İncelenen kentsel platformda hiçbir yönlendirici ve bilgilendirici işaretlemeye rastlanmamıştır. Görme engelli bireylerin tehlikeleri fark etmeleri, emniyetli ve yardım almadan gitmek istedikleri yerlere ulaşmalarını sağlamak için hissedilebilir yürüme yüzeyi işareti uygulamaları yapılmalıdır. Ancak alanda hissedilebilir yürüme yüzeyi işaretleri mevcut değildir (Şekil 10). Tüm bunlar yürüyüş güzergahının erişilebilirliğini olumsuz etkilemektedir.



Şekil 10. Yürüyüş güzergahı

Hamamyolu'ndaki iş yeri sahiplerinin dükkanlarını erken sayılabilecek saatlerde kapatması ve sokaklardaki aydınlatmaların yetersiz oluşu alanda gece yürüyüşünü olumsuz etkilemekte ve akşam saatlerinde orada bulunan bireyler için tedirginlik hissine neden olmaktadır. Bireylerin yapılı çevreyi kullanması ve içerisinde yer alan faaliyetlere katılmaya teşvik edilmesi psikolojik erişilebilirliğin sağlanmasıyla ilişkilendirilmektedir. Tasarlanan alandaki aydınlatmalar yeterli düzeydedir (Şekil 11a). Fakat bu alana ulaşabilmek için kullanılan sokaklardaki aydınlatmaların eksikliği ve sokakların ıssız oluşu kullanıcıların kendilerini konforlu ve rahat hissedememesine sebep olmakta ve alanın geç saatlerde kullanımını etkilemektedir (Şekil 11b).



Şekil 11. (a) Aydınlatma elemanları; (b) Çevredeki sokakların aydınlatması

#### 4. Değerlendirme ve Sonuç

Kentsel açık mekanlar tüm bireylerin özgür bir şekilde sosyal hayata eksiksiz katılımı noktasında büyük bir öneme sahip olduğu için herkesin kullanımına olanak sağlayacak kapsayıcı çevrelerin oluşturulması üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu bağlamda kentsel mekânda erişilebilirlik kavramının irdelenmesi kentlerin geleceği açısından önemlidir.

Bu çalışmada örneklem alanı olarak seçilen Eskişehir Hamamyolu'nun 2018 yılında yeniden düzenlenmesi için uygulanan Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi projesi Van der Voort, Van Wegen'in (2005) sınıflandırdığı işlevsel kalite parametresinin göstergelerinden biri olan erişilebilirlik kavramı üzerinden incelenmiştir. Alanda bulunan rampaların, merdivenlerin, yaya yürüme yüzeylerinin, zemin kaplamasının, halka açık tuvaletlerin, su öğelerinin, oturma birimlerinin, oyun alanı elemanlarının, yönlendirici ve bilgilendirici işaretlemelerin 'TS 9111 Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklileri' standardı doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan gözlem, saptama ve fotoğraf ile belgeleme sonucu mevcut duruma ortaya konulmuştur.

Çalışma alanında tasarlanan kentsel platformdaki kot farkları rampa ve merdiven yardımıyla aşılmaktadır. Rampaların genel olarak erişilebilirlik standartlarını sağladığı tespit edilmiştir. Ancak rampaların bazı bölgelerde yatay dolaşımda sürekliliği sağlamada yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca İbrahim Karaoğlanoğlu Caddesi üst geçidinin eğiminin standartlara uymadığı bu yüzden hareket kısıtlılığı olan bireylerin bağımsız bir şekilde varmak istedikleri noktaya ulaşabilmesine fırsat vermediği tespit edilmiştir. Alanda bulunan merdivenlerin her iki tarafında da korkuluk ve küpeşte olmaması, değişen ölçülerde riht yükseklikleri erişilebilirlik açısından yetersiz kaldığını göstermektedir.

Yaya yürüme yüzeylerinde kullanılan zemin kaplama malzemesi dış etmenlere karşı dayanıklı değildir. Projenin uygulanmasının üzerinden uzun bir zaman geçmemesine rağmen malzemede deformasyonlar olması yapı kalitesinin zayıf olduğunu ortaya koymaktadır.

Alan içinde farklı noktalarda kadın, erkek ve engelli tuvaletleri bulunmaktadır. Bunlar dışında bebek bakım ve emzirme odasına da yer verilmiştir.

Alanda çeşitli aktivitelere imkân veren çocuk oyun elemanları bulunmasına rağmen farklı türde engeli olan çocukların kullanımına elverişli değildir. Çocukların zihinsel, sosyal, fiziksel ve duygusal kısaca her açıdan gelişimlerini destekleyen oyun alanlarının ve elemanlarının bütün kullanıcılarına hitap edecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Kentsel platform üzerindeki oturma elemanlarında ortalama kullanıcı dışındakilere yönelik bir düzenleme yapılmamıştır. Tekerlekli sandalye kullanıcılarının araçlarını yanaştırabilecekleri boş alanlar bırakılmamıştır. Engelli kullanıcıların kullanımı için uygun değildir.

Yürüyüş güzergahında yönlendirme tabela, levha ve işaretlemeleri, sesli yönlendirme tabelaları, kabartmalı engelli bilgilendirme haritası ve hissedilebilir yürüme yüzeyi işareti uygulamaları mevcut değildir. Tüm bunlar engelli bireylerin bağımsız dolaşımını kesintiye uğratmaktadır.

Tasarlanan alan içerisinde yeterli sayıda aydınlatma elemanı bulunmaktadır. Fakat bu alana ulaşabilmek için kullanılan sokaklardaki aydınlatmaların yetersiz oluşu kullanıcıların kendilerini konforlu ve rahat hissetmelerini engellemektedir.

Çalışma alanında yapılan gözlemler sonucunda erişilebilirlik standartlarının tam olarak sağlanmadığı ve bunun etkisiyle Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi projesinin erişilebilirlik değerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Açık mekanların yalnızca bir bölümünün erişilebilir olması yetersizdir. Yapılan tüm düzenlemeler bir zincirin halkaları gibi düşünüldüğünde bu halkalardan biri veya birkaçının kopması bütün zincirin bozulmasına yol açacaktır. Bu da erişilebilirliğin sağlanamamasına anlamına gelmektedir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Google. (n.d.). Google Earth. Retrieved October 16, 2022, from <https://earth.google.com/web/search/Eski%C5%9Fehir/@39.765343,30.5448145,802.63149083a,28590.87226638d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCWYQyZNB40NAEUb5M8164kNAGa7fSFNshz5AISPWxnsggz5A>
- Yandex. (n.d.). Yandex Maps. Retrieved October 16, 2022, from <https://yandex.com.tr/harita/103835/eskisehir/search/hamamyolu/?l=sat&ll=30.523765%2C39.769953&sl=30.523765%2C39.769953&ssp=0.022573%2C0.009968&z=16>
- Akpınar, A. (2013). Kentsel Açık Alanlar: Başarılı Bir Kentsel Açık Alan İçin Gerekli Olan Kriterler Nelerdir? Peyzaj Mimarlığı 5. Kongresi . Adana.
- Brownson, R. C., Hoehner, C. M., Day, K., Forsyth, A., & Sallis, J. F. (2009). Measuring the Built Environment for Physical Activity: State of the Science. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4), 99-123.
- Cüce, B., & Ortaçesme, V. (2020). Kentsel Yeşil Alanlara Erişilebilirlik. *PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 2(2), 65-77.
- Çelikyay, S., & Karayılmazlar, A. S. (2016). BARTIN KENT MERKEZİNDEKİ KAMUSAL ALANLARIN KENTSEL ERGONOMİ VE KENT KİMLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 224-238.
- Gehl, J. (1987). *Life Between Buildings: Using Public Space*. Van NostrandReinhold, New York.
- Giles-Corti, B., Broomhall, M. H., Knuiaman, M., Collins, C., Douglas, K., Ng, K., . . . Donovan, R. J. (2005). Increasing walking: How important is distance to, attractiveness, and size of public open space? *American Journal of Preventive Medicine*, 28(2), 169-176.
- Hamamyolu Park ve Meydan Düzenlemesi. (2018, May 8). Arkitera. Retrieved October 16, 2022, from <https://www.arkitera.com/proje/hamamyolu-park-ve-meydan-duzenlemesi-hamamyolu-urban-deck/>
- Hamamyolu Urban Deck. (n.d.). Yazgan Design. Retrieved October 16, 2022, from <https://www.yazgandesign.com/hamamyolu-urban-deck>
- Hasol, D. (2008). Kentsel Mekân ve Kentlilik Bilinci. Retrieved October 16, 2022, from <http://www.doganhasol.net/kentsel-mekan-ve-kentlilik-bilinci-2.html>
- İnceoğlu, M., & Aytuğ, A. (2009). Kentsel Mekânda Kalite Kavramı. *Megaron*, 4(3), 131-146.
- Joedicke, J. (1985). *Raum und Form in der Architektur = Space and Form in Architecture*. Stuttgart.
- Kaymaz, M. K. (2015). Eğitim Yapılarında Bedensel Engellilere Yönelik Engelsiz Tasarım. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 238-250.
- Kısak, E. (2021). Kentsel mekanda açık-yeşil alanların çevre kalitesi açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuban, D. (1992). *Mimarlık Kavramları: Tarihsel Perspektif İçinde Mimarlığın Kurumsal Sözlüğüne Giriş*. Yem Yayınları.
- Moura, F., Cambra, P., & Gonçalves, A. B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning*, 157, 282-296.
- Norberg-Schulz, C. (1971). *Existence, Space & Architecture*. London.
- Rafiemanzelat, R., Emadi, M. I., & Kamali, A. J. (2017). City sustainability: the influence of walkability on built environments. *Transportation Research Procedia*, 24, 97-104.
- Southworth, M. (1997). Walkable Suburbs?: An Evaluation of Neotraditional Communities at the Urban Edge. *Journal of the American Planning Association*, 63(1), 28-44.

Southworth, M. (2005). Designing the Walkable City. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4), 246-257.

Southworth, M., & Ben-Joseph, E. (1995). Street Standards and the Shaping of Suburbia. *Journal of the American Planning Association*, 61(1), 65-81.

Southworth, M., & Owens, P. M. (1993). The Evolving Metropolis: Studies of Community, Neighborhood, and Street Form at the Urban Edge. *Journal of the American Planning Association*, 59(3), 271-287.

Şahin Kırmeçli, P. (2019). Kentsel alanlarda erişilebilirlik ve sosyal etkileşim İlişkisinin irdelenmesi : Ankara Çukurambar Mahallesi örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şahin Kırmeçli, P., & Uslu , A. (2021). Erişilebilirlik ve Sosyal Etkileşim İlişkisinin Kamusal Alanlarda Değerlendirilmesi: Çukurambar Mahallesi Örneği. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 414-427.

T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2020). Erişilebilirlik Kılavuzu. Retrieved October 16, 2022, from [https://www.aile.gov.tr/media/65613/erisilebilirlik\\_kilavuzu\\_2021.pdf](https://www.aile.gov.tr/media/65613/erisilebilirlik_kilavuzu_2021.pdf)

TS 9111. (2011). Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklere. TSE, Ankara.

Van der Voordt, , D., & Van Wegen, H. (2005). *Architecture in use : an introduction to the programming, design and evaluation of buildings*. Amsterdam: Architectural Press.



## Ortak Kullanım Alanı Olarak Fakülte Yeme İçme Mekanları Tasarımında Ergonomi: Eskişehir Teknik Üniversitesi Örneği

### Ergonomics In The Design Of Faculty Food and Beverage Areas as a Common Area: The Case Of Eskisehir Technical University

Gül Ağaoğlu Çobanlar<sup>1</sup> , Şeyma Koyuncu \*,<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 26555, Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 42080, Konya, TÜRKİYE

Başyuru/Received: 04/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Kullanıcı ve kullanıcının tasarlanan mekan ile olan ilişkisine dair verilere sahip olarak tasarım sürecinin yürütülmesi önemlidir. Bu süreçte, ergonomiye ilişkin kararlar tasarım sürecinde ön plana çıkmaktadır. Antropometrik verilerin yanında, mekan kullanım amaçları gibi etkenler de mekan kullanımını psikolojik ve fizyolojik olarak kolaylaştırmak adına ele alınmalıdır. Araştırmada, Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan fakültelerin ortak kullanım alanlarından kantinlerinin tasarımında ergonomi faktörünün incelenmesidir. Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması olarak desenlenmiş olup, bütüncül tek durum deseni ile çalışma kapsamında toplanan veriler analiz edilmiştir. Kampüs içerisinde yer alan fakülte kantin alanlarının kullanım amaçları ile aydınlatma, iklimlendirme ve çevresel faktörler ilişkili olarak analiz edilmiştir. Bu mekanların yeme içme eylemlerinin yanında dinlenme, çalışma, sosyalleşme ve dolaşım dahil olmak üzere farklı amaçlarla kullanıldığı tespit edilmiştir. Kantin alanlarının tasarım sürecinde ergonomik ve işlevsel mekanlar kurgulamak adına alınan kararların gözden geçilmesinin gerekliliği ön plana çıkmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“Ergonomi, Fiziksel Çevre, Yeme İçme Mekanları, İçmimarlık, Antropometri”

#### Abstract

It is important to carry out the design process by having data on the relationship between the user and the designed space. In this process, decisions regarding ergonomics come to the fore in the design process. In addition to anthropometric data, factors such as the purpose of using the space should also be considered in order to facilitate the use of space psychologically and physiologically. The aim of the research is to examine the ergonomics factor in the design of canteens, which are among the common areas of faculties located on the campus of Eskişehir Technical University. The research was designed as a case study, one of the qualitative research methods, and the data collected within the scope of the study were analyzed with a holistic single case study. The purpose of use of the faculty canteen areas in the campus and the lighting, air conditioning and environmental factors were analyzed in relation to them. It has been determined that these places are used for different purposes, including eating and drinking activities, as well as resting, working, socializing and circulation. In the design process of canteen areas, the necessity of reviewing the decisions taken in order to construct ergonomic and functional spaces has come to the fore.

#### Key Words

“Ergonomics, Physical Environment, Food and Beverage Areas, Interior Architecture, Anthropometry”

## 1. Giriş

Üniversite kampüsleri içerisinde yer alan mekanlar, öğrencilerin ve personelin fiziksel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda kampüs içerisinde fakülteler, yemek yeme alanları, spor alanları, dinlenme alanları ve açık alanlar oluşturulmaktadır. Kullanım olarak ön plana çıkan alanlardan biri de fakülteler içerisinde yer alan yeme içme mekanı olarak kantinlerdir. Ancak, kantinler yeme ve içme amacının dışında dinlenme, sosyalleşme, çalışma, eğlenme gibi farklı amaçlarla da kullanılmaktadır. Öğrencilerin ve personelin yeme, içme, dinlenme, sosyalleşme, çalışma ve eğlenme gibi farklı amaçlarla kullanılan kantin alanlarının ergonomi faktörüyle birlikte ele alınması gerekmektedir. Çünkü bu alanların kullanıcılar ve kullanım amaçları öncelenecek tasarlanan mekanlar olması eğitim kurumu olarak üniversitelerin verimliliğinin artırılmasına yardımcı olabilir.

Ergonomide olduğu gibi insanı odak noktası olarak ele alan tasarımlar ortaya koyabilmek önemlidir. Bu kapsamda yapılan tasarımların kullanıcı, mekan ve kullanım işlevleri doğrultusunda kapsamlı bir biçimde ele alınması gerekmektedir.

Bu doğrultuda araştırmanın amacı, Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan fakültelerin ortak kullanım alanlarından kantinlerinin tasarımında ergonomi faktörünün incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevaplar aranacaktır.

- Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan fakültelerin kantin alanlarının kullanım amaçları nelerdir?
- Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan fakültelerinin iç mekan tasarımları ve kullanılan mobilyalar ile kullanıcı ilişkisi nasıldır?

## 2. Yeme İçme Mekanı Olarak Kantin Alanları

Üniversite kampüsleri, farklı kullanıcı gruplarının farklı amaçlarla kullandıkları alanlar olarak ön plana çıkmaktadır. Akademik amaçların yanında dinlenme, sosyalleşme, yemek yeme gibi farklı amaçlarla da üniversite kampüsleri kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, üniversite kampüsleri içerisinde farklı kullanım amaçlarına yönelik mekanlar tasarlanmaktadır. Örnek olarak; derslikler, laboratuvarlar, stüdyolar, atölyeler, kütüphane, spor alanları ve kantinler olarak sıralanabilir. Örneklerde belirtildiği gibi farklı kullanım amacına sahip alanlara ev sahipliği yapan üniversite kampüsleri aynı zamanda üniversite bünyesinde çalışan akademik ve idari personel ile öğrenciler gibi farklı kullanıcı gruplarını da bünyesinde barındırmaktadır. Bu kapsamda; fakültelerin içerisinde yer alan yeme içme alanları olarak kantinler, günlük kullanım açısından farklı kullanıcı gruplarının farklı amaçlarla kullanılan mekanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

İnsanlık var olduğu andan itibaren yemek yeme gereksinimi karşılamak için yeme mekanlarına ihtiyaç duymuştur. Bu süreçte yeme mekanları yaşanan değişimlere paralel olarak biçimlenmiştir (Curaoğlu, 2000). Yeme içme mekanı olarak kantinler, yaşanan değişimlerle ve kullanıcı gruplarının beklentileri doğrultusunda değişime uğramaktadır. Kullanıcı grubu olarak öğrencilerin kantinleri aktif kullanım süreçlerinde kantin içerisinde yer alan mobilyaların çalışma, dinlenme amacıyla yapılan rekreasyon etkinlikleri, sosyalleşme ve eğlenme gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Krause (1985)'a göre rekreasyon, zorunlu iş ve faaliyetler dışında; kişiyi dinlendiren ve gönüllü olarak yapılan etkinliklerdir. Kantin alanları da bu kapsamda değerlendirildiğinde kampüs içerisinde yer alan yeme içme ve rekreasyon aktivitelerinin de yapıldığı alanlar olarak değerlendirilebilir. 2547 Sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 47. maddesine göre, Yükseköğretim Kurulunun yapacağı plan ve programlar uyarınca, öğrencilerin beden ve ruh sağlığının korunması, barınma, beslenme, çalışma, dinlenme ve boş zamanlarını değerlendirme gibi sosyal ihtiyaçlarını karşılamak ve bu amaçla bütçe imkanları nispetinde okuma salonları, yataklı sağlık merkezleri, mediko - sosyal merkezleri, öğrenci kantin ve lokantaları açmak, toplantı, sinema ve tiyatro salonları, spor salon ve sahaları, kamp yerleri sağlamak ve bunlardan öğrencilerin en iyi şekilde yararlanmaları için gerekli önlemleri almakla görevlidirler. Bu kapsamda, Hipp ve arkadaşlarına göre (2015) üniversitelerin sunduğu olanaklar öğrencilerin refahı için önemlidir.

## 3. Ergonomi

Yunanca iş anlamına gelen “ergon” ve hukuk anlamına gelen “nomos” kelimelerinden türetilmiş olan ergonomi; insanlar ve bir sistemin diğer unsurlarının arasındaki etkileşimin anlaşılmasıyla ilgilenen bir disiplindir. İnsan refahını ve genel sistem performansını optimize etmek için teorileri, ilkeleri, verileri ve yöntemleri tasarıma uygular. İş ve günlük yaşamdaki durumların tasarımında ergonominin odak noktasında insan bulunur (Dul&Weerdmeester, 2001). Çünkü ergonomi, insanların önemli bir rol oynadığı sistemlerin geliştirilmesi için çeşitli disiplinlerden alınan bilimsel ilkelerin, yöntemlerin ve verilerin kullanılmasıdır. Uygulama alanı, basit bir araç kullanan tek bir kişiden karmaşık, çok kişilik sosyo-teknik bir organizasyona kadar uzanır (Elbert vd., 2018). “Ergonomi, insanoğlunun yaşambilimsel yapısı üzerine kurulmuştur. Başlıcaları anatomi, fizyoloji ve psikoloji olmak üzere antropoloji, nöroloji ve davranış bilimleri gibi çeşitli bilim dallarından yararlanır (Doğan&Altan, 2007)”.

Ergonomi kavramını Grandjean (1980), insanın işiyle ilgili davranışlarını inceleyen bir çalışma olarak tanımlarken Meister (1989) ise, insan-makine sisteminin işleyişi bağlamında insanların işle ilgili görevleri nasıl başardığının ve davranışsal ya da davranışsal olmayan

değişkenlerin bu başarıyı nasıl etkilediğinin incelenmesi olarak tanımlar. Ancak ergonominin çalışma ve araştırma alanı ile ilgili bu tanımlar yetersizdir. Çünkü ergonomi aşağıdaki alanları da kapsamaktadır:

- İnsan yetenekleri ve sınırlamaları
- İnsan-makine etkileşimi
- Takım çalışması
- Araç, makine ve malzeme tasarımı
- Çevresel faktörler
- İş ve organizasyon tasarımı (Stanton, 2005).

Tasarım disiplini içerisinde ise ergonomi, insan ile ürün ya da tasarımın uyumunun incelenmesi ve tasarım aracılığıyla yorgunluk ve rahatsızlığın en aza indirilmesine odaklanan bir bilimdir. Örneğin, ofis mobilyası tasarımında ergonomi, tasarlanan ürünlerin onları kullanan insanlara nasıl uyum sağladığını dikkate almayı gerektirir. İş yerinde, okulda veya evde ürünler kullanıcıya uygun olduğunda sonuç daha fazla konfor, daha yüksek üretkenlik ve daha az stres olur. Bir anlamda ergonomi; tasarım, üretim ve kullanımın ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Antropometri, duruş, tekrarlanan hareket ve çalışma alanı tasarımı çalışmalarının kullanıcıyı nasıl etkilediğini bilmek, ergonominin kullanıcı ihtiyaçlarıyla ilgili olarak daha iyi anlaşılması için kritik öneme sahiptir (Openshaw&Taylor, 2006).

Kullanıcıların fiziki yapısı ve kullanım amaçları doğrultusunda vücut ölçüleriyle ilgili veriler tasarım süreci için önemli bir basamaktır. Bunun için antropometrik verilere hakim olarak kullanıcı gruplarını gözlemlemek gerekmektedir. Antropometri, insan vücudunun biçim, boyut, fiziki yapıya bağlı hareketleri ve bunların limitleriyle, ölçülebilir kavramlara ulaşan bir bilim dalıdır (Doğan&Altan, 2007). Bu kapsamda, antropometrik verilerle birlikte kullanıcı gruplarının kullanım amaçları, beklentileri gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır. Bu verilerin tasarım sürecine dahil edilerek tasarlanan mekanların kullanıcının mekan kullanımı sürecindeki verimliliğini arttıracakları düşünülmektedir.

#### 4. Ergonomi ve Kullanıcı

Ergonomi, insanlar ve onların temas ettikleri sistemler arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi ve tasarımına yönelik karmaşık bir yaklaşıma dayanır. Bu yaklaşım sistemin kendisinin kalitesine değil; gerçekte belirli bir insan grubunun özelliklerine, yeteneklerine, ihtiyaçlarına ve beklentilerine, gerçekleştirdikleri faaliyetlere ve bir durum üzerinde bu etkileşimi etkileyebilecek değişkenlerin toplamına bağlı olarak onunla teması olan belirli bir insan grubu tarafından deneyimlenen kaliteye odaklanır (Tosi, 2021). Bu açıdan ergonomi sıklıkla “insan faktörleri” terimi ile aynı anlamda kullanılır. Ergonomi ve insan faktörleri; insan özellikleri ve yeteneklerini inceleme teorisi ve pratiğini tanımlayarak elde edilen bilgileri insanların kullandıkları ürünlerle ve çevreleriyle etkileşimlerini geliştirmek için kullanır (Wilson&Sharples, 2015).

Ergonomi kullanıcı odaklı bir tasarım felsefesi benimser ve bu felsefe doğrultusunda insan değişkenliğini bir tasarım parametresi olarak kabul eder. Ortaya çıkan tasarım özellikleri; insan yeteneklerini kullanır, insanın sınırlılıklarını dikkate alır ve insan hatasının veya sistem arızasının etkilerini önlemek veya azaltmak için yerleşik güvenlik önlemlerine sahiptir. Ergonomi, teknolojik sistemlerin en önemli bileşeni olarak insana odaklanır. Amacı ise tüm insan yapımı aletlerin, cihazların, ekipmanların, makinelerin, ortamların ve kuruluşların doğrudan veya dolaylı olarak da insanların refahının ve performanslarının geliştirilmesini sağlamaktır (Elbert vd., 2018). Bir anlamda ergonominin temel amacının, insanlar ve insanların iş ve günlük yaşam aktiviteleri sırasında etkileşimde buldukları sistemler arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi ve tasarımı olduğu söylenebilir. Ergonomi araştırmaları tarafından sağlanan metodolojik ve operasyonel araçlar ve onun insanın ihtiyaç ve beklentilerine odaklanan felsefesi, araştırma ve tasarım uygulamasına önemli bir katkı sunar (Tosi, 2021). Bu amaçlar doğrultusunda ergonominin üç görevinden söz edilebilir:

- Mühendislik tasarımı için bilinmesi gereken insan özelliklerini ve karakteristiğini belirlemek için çalışma, araştırma ve deneyler yapmak,
- Elde edilen bu bilgileri; insana uygun olması ve uyum sağlaması için aletlerin, makinelerin, barınakların, ortamların, çalışma görevlerinin ve prosedürlerinin tasarımında uygulamak,
- Gerçek veya simüle edilmiş bir ortamda insanların ve onların ekipmanlarının asıl performansını gözlemlemek, tasarlanan insan-makine sisteminin uygunluğunu değerlendirmek ve iyileştirmelerin mümkün olup olmadığını belirlemek (Elbert, vd., 2018).

Kullanıcı ile ilgili veriler tasarımda ergonomik bir yaklaşım için önem taşır. Çünkü ergonominin insanın verimli, güvenli, rahat ve etkili kullanımı için gereklilikleri keşfettiği ve uyguladığı (Sanders&McCormick, 1993) düşünüldüğünde tasarım için temel referans insanın ve özellikle kullanıcının ihtiyaçlarının analizi olmalıdır.

Gündelik yaşam ortamlarının tasarımında ergonominin odak noktası insandır. İnsanların fiziksel ve psikolojik yetenekleri ve sınırlılıkları göz önünde bulundurularak, işyerinde veya günlük yaşamda güvensiz, sağlıksız, rahatsız edici veya verimsiz durumlardan kaçınılır. Ergonomide çok sayıda faktör rol oynar; bunlar arasında vücut duruşu ve hareketi (oturma, ayakta durma, kaldırma, çekme ve itme), çevresel faktörler (gürültü, titreşim, aydınlatma, iklim, kimyasal maddeler), bilgi ve işlem (görsel olarak veya diğer duyu yoluyla elde edilen bilgiler, kontroller, ekranlar arasındaki ilişki) ile iş organizasyonu (uygun görevler) yer alır. Bu faktörler büyük





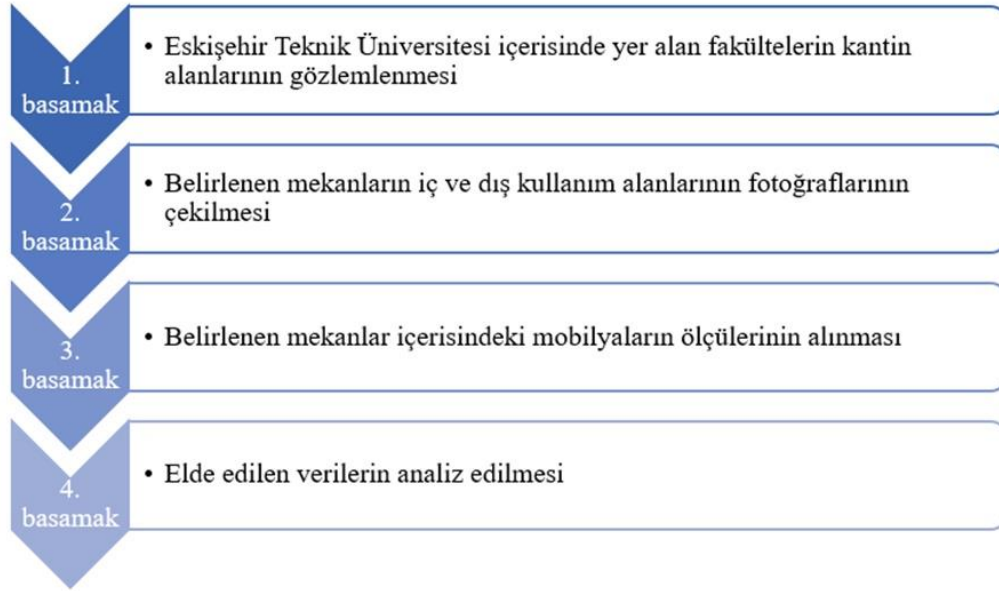
## 5. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında belirlenen amaç doğrultusunda çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden biri olan durum çalışması olarak desenlenmiştir. Durum çalışmasında “bir duruma ilişkin etkenler (ortam, bireyler, olaylar, süreçler vb.) bütüncül bir yaklaşımla araştırılır ve ilgili durumu nasıl etkiledikleri ve ilgili durumdan nasıl etkilendikleri üzerine odaklanılır” (Yıldırım&Şimşek, 2016). Çalışmanın desenini oluşturan bütüncül tek durum deseni ile çalışma kapsamında toplanan veriler incelenmiştir. Tek durum desenlerinde, isminden de anlaşılabilirliği gibi, tek bir analiz birimi (bir birey, bir kurum, bir program, bir okul, vb.) vardır (Yıldırım&Şimşek, 2016).

Araştırma kapsamında, Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan fakültelerin içerisinde bulunan yeme içme mekanlarından kantinlerin iç ve dış kullanım alanları fotoğraflanarak analiz edilmiştir. Fotoğraflar fakülteler içerisinde bulunan kantinlerin iç ve dış kullanım alanlarının kullanıcılarla ilişkisi, kullanım amaçları, kullanılan donatı elemanları, iklimlendirme, aydınlatma ve çevresel faktörlerin analiz edilmesi amacıyla araştırmacılar tarafından çekilmiştir. Veri çeşitlemesi sağlanması için mekanlar içerisinde kullanılan mobilyaların ölçüleri alınarak antropometrik veriler doğrultusunda analizler yapılmıştır.

Toplanan verilerin analiz sürecinde betimsel analizden yararlanılmıştır. Betimsel analiz “elde edilen veriler, daha önceden belirlenen temalara göre özetlenir ve yorumlanır” şeklinde ifade edilmektedir (Yıldırım&Şimşek, 2016). Belirtilen yöntem ve amaçlar kapsamında veri toplama süreci iki aşamadan oluşmaktadır:

- Birinci aşama Eskişehir Teknik Üniversitesi içerisinde yer alan fakültelerin yeme içme mekanı olarak kantinlerinin iç ve dış kullanım alanlarının kullanım sürecinde gözlemlenmesi, fotoğraflanması ve analiz edilmesidir.
- İkinci aşama ise kantin alanlarında kullanılan mobilyaların ölçülerinin alınarak antropometrik veriler doğrultusunda incelenmesidir.



Şekil 2. Süreç Grafiği

## 6. Araştırma Bulguları

Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsünde bulunan fakültelerin içerisinde yer alan yeme içme mekanlarından kantin alanlarının, kullanıcıların ihtiyaçları öncelikli olarak mekansal olanaklar çerçevesinde tasarlandığı görülmektedir. Bu durumu analiz etmek için kantinlerin kullanıcıların iç ve dış mekanlar ile mobilya kullanımları, kullanım süreçlerinde gözlemlenmiş ve araştırmacılar tarafından fotoğraflanmıştır.

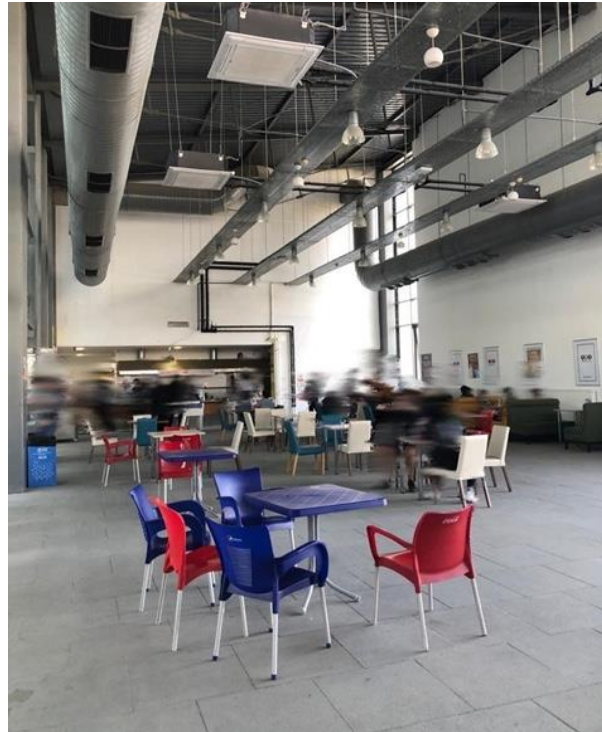
### 6.1. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi kantin alanı

Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bünyesinde bulunan kantin alanları mobilya tercihleri, cepheler, eğlence alanları, satış alanı, dış mekan etkileşimi, aydınlatma ve iklimlendirme açısından öğrencilerin kullanım amaçları doğrultusunda incelenmiştir.



Şekil 3. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Alanı

Mimarlık ve Tasarım Fakültesi bünyesinde yer alan kantin alanı gözlem ve fotoğraflar yardımıyla analiz edildiğinde, öğrencilerin farklı zaman dilimlerinde mekanı aktif olarak kullandığı görülmektedir. Fakültenin giriş katında bulunan ana dolaşım alanından/akstan kantin alanına geçiş Şekil 3'te görülmektedir. Fakültenin giriş bölümüne yakın olarak konumlandırılan kantin alanına, fakülte içerisinde yer alan dikey ve yatay dolaşım alanlarını kullanarak ulaşılabilir. Giriş bölümünün ise kantin içerisindeki dolaşım alanı göz önünde bulundurularak tasarlanmadığı görülmektedir.



Şekil 4. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Alanı

Kullanım amaçları ve çevresel faktörler değerlendirildiğinde mekânın; dinlenme, çalışma, yeme-içme ve eğlence amaçlarıyla kullanıldığı görülmektedir. Mekan içerisinde yer alan oturma alanları grup olarak oturmaya olanak verecek şekilde düzenlenmiştir.

Oturum alanları, iki farklı düzen içerisinde planlanmıştır. Şekil 4'te görüldüğü üzere oturma alanlarından biri, koltuk ve masa grubundan oluşurken; diğer grup ise masa ve farklı sandalye seçeneklerinden oluşmaktadır. Bu durum kullanıcılara farklı oturma birimi tercihinde bulunma olanağı tanımaktadır. Kullanıcılara oturma birimini kullanım amaçları doğrultusunda böyle bir olanak sunulması, kullanıcılar için motivasyonun ve verimliliğin artırılması açısından önemli bulunmuştur.



Şekil 5. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Oturma Birimleri

Oturma birimlerine ait ölçüler Şekil 5'te verilmiştir. Bu ölçüler antropometrik veriler doğrultusunda incelendiğinde insan boyutlarına uygun olduğu görülmektedir. Ek olarak mekan içerisinde farklı kullanım amaçları doğrultusunda farklı yüksekliklerde ve genişliklerde oturma gruplarının yer alması da, kullanıcıların değişen kullanım amaçlarına yönelik olarak yalnız ya da bir kullanıcı grubuyla mekanı tercih ettiklerinde mekana dair beklentilerini karşılamaları için yeterlidir.



Şekil 6. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Alanı

Kantin içerisinde yer alan bir diğer bölüm eğlenme ve dinlenme amaçlarına hizmet etmektedir. Şekil 6'da da görüldüğü gibi bu alan içerisinde iki tane langırt ve bir tane bilardo masası bulunmaktadır. Böyle bir alan oluşturulması, kullanıcıların kullanım sürecinde

eğlenmeleri ve onların hareket etmeye teşvik edilmesi açısından değerlidir. Aynı zamanda ders aralarında kullanıcıların, dikkatlerini farklı noktalara çekerek ve fiziksel olarak enerji atmalarına yardımcı olarak kantin içerisinde oluşturulan eğlence alanının motivasyon ve verimliliği yükseltmeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Şekil 7’de de görüldüğü gibi yeme-içme hizmetinin alınacağı satış alanına bakıldığında; bu alanın kullanıcıların kantin içerisinde ve fakülte içerisinde yer alan cephe yardımıyla görsel ve fiziksel olarak kolay erişilebilir bir bölüme konumlandırıldığı görülmektedir. Ancak, farklı kullanıcı gruplarına uygunluğu açısından ele alındığı zaman satış ve ödeme noktalarının her kullanıcıya uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 7. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Alanı

Aydınlatma tasarımı açısından mekan içerisinde genel amaçlı aydınlatmaların tercih edildiği görülmektedir. Ancak tavan yüksekliğinin fazla olması ve bölgesel aydınlatma kullanılması nedeniyle çalışma amaçlı kullanım sırasında aydınlatmalar yetersiz kalabilmektedir. Diğer bir taraftan ise, dış cephe tasarımında geniş açıklıkların verilmesi doğal aydınlatmadan faydalanılmasına olanak sağlamaktadır.

İklimlendirme açısından değerlendirildiğinde; mekanın tavan tasarımında havalandırma menfezleri yer almaktadır. Yazın sıcak olan kantin alanında kış aylarında iklimlendirme açısından sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sorun, yapının bulunduğu iklim koşulları ve yapının cephe tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. Ek olarak, yeme içme hizmeti vermesi sonucunda mekan içerisinde yiyecek kokularının baskın olduğu gözlenmiştir. Bu durum havalandırma ile ilgili çözüm geliştirmesi gerektiğini göstermekte ve kullanıcıların mekan kullanımını sürecinde konforunu etkilemektedir.



Şekil 8. Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Kantin Alanı

Şekil 8’de görüldüğü gibi kantin alanının diğer girişi arka dış cepheden sağlanmaktadır. Bu durum, fakülte içerisindeki kantin girişinin yoğunluğunu da azaltmaktadır. Kantinin dış bölümünde de oturma birimleri bulunmaktadır. Bu alanda kullanıcıların farklı oturma birimlerini kullanmayı tercih ettikleri görülmüştür.

## 6.2. Mühendislik Fakültesi kantin alanı

Mühendislik Fakültesi bünyesinde bulunan kantin alanı kullanıcıların kullanım amaçlarına yönelik olarak tasarlanmıştır. Fakültenin içerisinde yer alan bölümlerin orta noktasına konumlandırılan kantin alanı, hem iç hem de dış mekan kullanımına sahiptir. Tasarımda kullanılan mobilyalar, cepheler, eğlenme alanları, satış alanı, dış mekanların kullanımı, aydınlatma elemanları ve iklimlendirme öğrencilerin kullanım amaçları doğrultusunda analiz edilmiştir.



Şekil 9. Mühendislik Fakültesi Kantin Alanı

Mühendislik fakültesinde yer alan kantin alanı dış mekân kullanımı açısından incelendiğinde taşınabilir üst örtü kullanılarak iklim koşullarından korunmaya yönelik bir yaklaşım görülmektedir. Oturma birimleri ve masalar kullanılarak kullanıcılar için dış mekân kullanım alanları oluşturulmuştur. Benzer olarak Şekil 9'da da görüldüğü gibi kantin alanının diğer cephesinde bulunan giriş bölümünde de dış mekân kullanım alanı oluşturulmuştur.



Şekil 10. Mühendislik Fakültesi Kantin Alanı

Kantin alanının iç avludan açılan giriş bölümünde de oturma birimleri ve masalar kullanılmıştır (Şekil 10). İç avlunun kantin alanı ile ilişkili olarak kullanılmasıyla birlikte yeşil alan kullanımının arttığı görülmektedir. Bu durum, kullanıcıların kantin kullanım süreçlerinde psikolojik ve fizyolojik olarak rahatlatmaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca dış mekân içerisinde havuz kullanılması ve su sesinin mekana dahil olması da kullanıcıları rahatlatmaya yönelik bir öğe olarak değerlendirilebilir. Ancak kantin alanına tekerlekli sandalye kullanan kullanıcıların erişim sağlayamaması bu alan için bir eksiklik yaratmaktadır.



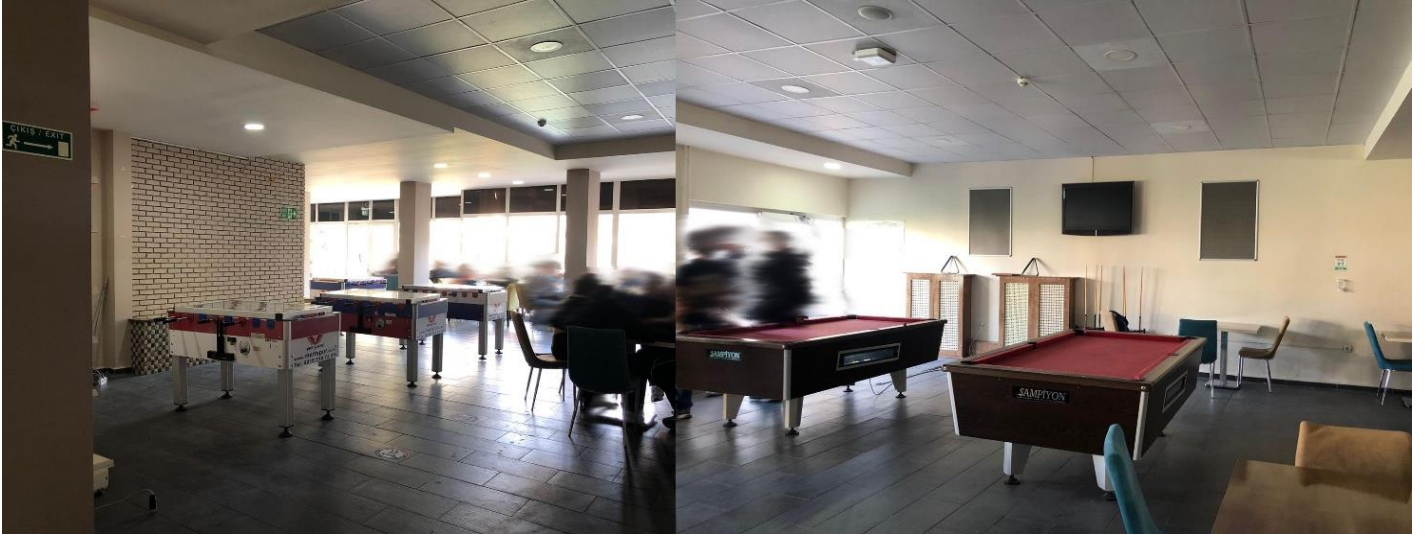
Şekil 11. Mühendislik Fakültesi Kantin Alanı

Şekil 11’de görüldüğü gibi kantin alanında kullanıcıların tekli ve çoklu oturumlarına izin veren taşınabilir mobilyalar kullanılmıştır. Kullanıcı sayısı göz önüne alınarak kantin içerisindeki masa ve oturma birimleri konumlandırılmış olsa da oturma birimleri arasındaki mesafelerin kısılması ile birlikte kantin içerisindeki dolaşım güçleştirmektedir. Ayrıca bu alanda farklı kullanım amaçlarına yönelik oturma birimlerinin kullanılmamış olması bir sorun olarak değerlendirilebilir.



Şekil 12. Mühendislik Fakültesi Kantini Oturma Birimi ve Masa Ölçüleri

Oturma birimi ve masanın ölçüleri Şekil 12’de görülmektedir. Tercih edilen masa çalışma amacıyla kullanım için uygun ölçülere sahip olsa da oturma biriminin kullanım amacına göre değerlendirildiği zaman yüksekliği yeterli değildir. Bu durum, kullanıcıların vücutlarında ağrılara neden olabilir.



Şekil 13. Mühendislik Fakültesi Kantin Alanı

Kantin alanı içerisinde yer alan oyun üniteleri Şekil 13'te görüldüğü gibi çeşitlilik göstermektedir. Kullanıcıların kullanım sürecinde eğlenmelerini sağlaması ve aynı zamanda hareket etmeye teşvik etmesi açısından bu eğlence alanı olumlu bir etki sunmaktadır. Aynı zamanda ders aralarında kullanıcıların dikkatlerini farklı noktalara çekerek ve fiziksel olarak enerji atmalarına yardımcı olarak bu alanların motivasyonun ve verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ancak çevresel kullanım açısından değerlendirildiğinde, bilardo masalarının kullanım sürecinde masaların çevresinde yeterli dolaşım alanının bulunmadığı görülmektedir. Bu da mekanın aktif ve verimli kullanımı noktasında bir eksiklik olarak ele alınmalıdır.

Aydınlatma tasarımı açısından değerlendirildiğinde mekan içerisinde genel amaçlı aydınlatmaların tercih edildiği görülmektedir. Bölgesel aydınlatma kullanılması nedeniyle çalışma gibi kullanım amaçları sırasında aydınlatmanın yetersiz kalması söz konusu olabilmektedir. Diğer yandan cephelerde yer alan açıklıkların yeterli olmaması nedeniyle doğal aydınlatmanın da kısıtlı olduğu söylenebilir.

İklimlendirme açısından bakıldığında mekan içerisinde yeme-içme hizmeti vermesi sonucunda yiyecek kokularının mekan içerisinde baskın olarak hissedilmesi sorun olabilmektedir. Bu durum havalandırma ile ilgili çözüm geliştirmesi gerektiğini göstermekte ve kullanıcıların mekan kullanım sürecinde konforunu etkilemektedir.

### 6.3. Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi kantin alanı

Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi bünyesinde yer alan kantin alanı fakülte giriş bölümü ile ilişkili olarak konumlandırılmıştır. Fakülte girişinden itibaren dolaşım alanlarında yer alan eğlence alanları kantin alanıyla ilişki içerisinde yer almaktadır.



Şekil 14. Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Eğlence alanı olarak ayrılan bölüm, kantin alanının giriş bölümünde yer almaktadır. Ancak Şekil 14'te zeminde verilen bir basamaklı kot farkının farklı kullanıcı grupları açısından engel teşkil edeceği görülmektedir. Kullanıcıların boş zaman aktivitesi olarak eğlenebilecekleri alan oluşturulması, fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılanması açısından ise önemli bulunmuştur.





Şekil 15. Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakóltesi Kantin Alanı

Şekil 15'te kantin girişi ve satış alanının görsel olarak ilişkilili olduğu görölmektedir. Bu ilişki, kullanıcıların mekanı okumalarını kolaylaştırması açısından olumlu bir çözüm olarak değerlendirilebilir. Giriş ve kantin alanı içerisindeki dolaşım alanları mekânla ilişkilili olarak çözülmüştür.



Şekil 16. Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakóltesi Kantin Alanı

Kantin alanı içerisinde farklı oturma birimleri yer almaktadır. Kullanıcıların farklı oturma biçimlerine izin veren seçeneklerin kullanıldığı görülmektedir. Yüksek oturma ya da ayakta kullanım sağlayan yüzeyler kullanılmıştır. Ek olarak, taşınabilir oturma birimlerinin bulunması, tekli ya da çoklu kullanıma uygun çözümler getirmektedir.



**Şekil 17.** Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Kantini Oturma Birimi ve Masa Ölçüleri

Oturma birimi ve masaların ölçüleri Şekil 17’de görülmektedir. Yüksek oturma ya da ayakta kullanım olanağı sağlayan birimlerin kantin alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, kısa zamanlı kullanım dönemlerinde kullanıcılara ayakta çalışma olanağı sağlamaktadır. Diğer bir bakış ile kullanıcıların uzun süreli oturmadan kaynaklı yaşadıkları sıkıntıları gidermek için ayakta durarak işlerine halletmelerine de yardımcı olmaktadır.

Kantin alanı içerisinde yer alan aydınlatmalar genel aydınlatma amaçlıdır. Bu aydınlatmaların çalışma amacıyla kullanımlarda mekan için yetersiz kalabileceği verimliliği etkileme noktasında bölgesel aydınlatmaya ihtiyaç duyulabileceği düşünülmüştür. Doğal aydınlatma açısından değerlendirildiğinde ise, cephede bırakılan geniş açıklıklar yardımıyla güneş ışığının içeri alınarak doğal aydınlatma sağladığı görülmüştür.

Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi kantini iklimlendirme kriteri açısından değerlendirildiğinde havalandırma çözümlerinin zayıf olduğu gözlenmiştir. Kantin içerisinden dışarıya açılan bölümler ile havalandırma ve iklimlendirme problemleri çözülmeye çalışılmış olsa da genel anlamıyla yetersiz kaldığı söylenebilir.

Kantin alanı içerisinde yer alan cepheler tuğla kullanımı açısından dış cephede kullanılan tuğlalar ile bütüncül bir ilişki kurulduğu yönünde değerlendirilebilir. Bu durum iç mekan içerisinde yaratılan atmosfere katkı sağlamakta ve iç mekan ile dış mekan arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir.



Şekil 18. Sivil Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Kantin alanından geçilerek fakültenin avlu bölümüne geçilmektedir. Bu bölüm kantin ile kurulan ilişki açısından kullanıcılara farklı bir dış mekan deneyimi sağlamaktadır. Kantinin dış mekan bölümünün avlu içerisinde yer alması ve üst örtülerin kullanılması iklim koşullarından kısmen koruma sağladığını göstermektedir. Ayrıca yeşil alan kullanımının bu alanda kullanıcıların psikolojik ve fiziksel ihtiyaçlarını karşılama açısından destek olduğu görülmektedir (Şekil 18).

#### 6.4. Spor Bilimleri Fakültesi kantin alanı

Spor Bilimleri Fakültesi kantin alanı fakültenin giriş bölümünde konumlandırılmıştır. Bu durum, kullanıcıların fakülteye giriş yaparken kantin alanından geçmelerini zorunlu kılmakta ve dolaşım açısından yoğunluğa ve kantin bölümünde yığılmaya neden olabilmektedir.



Şekil 19. Spor Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Şekil 19'da Spor Bilimleri Fakültesi'nin girişi ve kantin girişinin ortak çözümlendiği görülmektedir. Giriş bölümünde rampa ve merdiven seçeneklerinin bulunması tasarımda herkesin gereksinimlerinin ve erişiminin önemsendiğini göstermektedir. Bu da bu girişin evrensel tasarım ilkelerine daha uygun olduğu şeklinde yorumlanabilir. Fakültenin yapısal özellikleri gereği kantin alanının dış mekanında bir üst örtü bulunmaktadır. Bu durum iklim koşullarından korunma açısından kullanım kolaylığı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 20. Spor Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Şekil 20’de fakülte ve kantin girişinin ortak kullanılması dolayısıyla kantin içerisinde giriş aksında dolaşım için ayrıca bir alan ayrıldığı görülmektedir. Bu yaklaşım dolaşımı kolaylaştırmak açısından olumlu bulunsa da mekanın kullanılan alanından kısmak zorunda kaldığını da göstermektedir. Dolaşım alanının çevresinde çoklu ve tekli oturma uygun farklı oturma birimleri konumlandırılmıştır. Masaların çevresine yerleştirilen oturma elemanlarının da farklılık göstermesi, kullanıcıların kullanım amaçlarına ve ihtiyaçlarına uygun oturma elemanını seçmelerine olanak sağlamaktadır.



Şekil 21. Spor Bilimleri Fakültesi Kantin Oturma Birimi ve Masa Ölçüleri

Oturma birimi ve masaların ölçüleri Şekil 21’de görülmektedir. Tercih edilen masanın boyutları çalışma amacıyla kullanım için uygun ölçülere sahip olsa da oturma biriminin kullanım amacına göre değerlendirildiği zaman yüksekliği uygun olmadığı söylenebilir. Çünkü tercih edilen masa boyutları gereği kullanıcıların vücutlarında ağırlara neden olma riski taşımaktadır. Bu da kullanıcıların rahatlığı ve konforu açısından mobilyanın olumsuz sonuçlara neden olabileceğini göstermektedir.



Şekil 22. Spor Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Şekil 22’de kantin içerisinde farklı eğlence ve spor aktivitelerine uygun seçeneklere yer verildiği görülmektedir. Eğlence ve spor yapma amacıyla konumlandırılan birimlerin çevresinde yapılan etkinliğe uygun alan bırakılmıştır ancak seçilen zemin döşeme malzemelerinin seçilen etkinliklere uygun olmaması, gerçekleştirilen eylemin gereksinimleri düşünülmeden bu alanın tasarlandığını göstermektedir.



Şekil 23. Spor Bilimleri Fakültesi Kantin Alanı

Kantin içerisinde yer alan satış alanı fakülte girişi ile görsel ilişki içerisinde olmasa da fakülte içerisinde kantin alanına giriş bölümü ile güçlü bir ilişki kurduğu görülebilir. Kullanıcıların satış alanına ulaşmaları için dolaşım için bir alan ayrılmış ve oturma birimleriyle ilişki olarak kurgulanmıştır. Şekil 23’te kantin iç cephelerinde koyu renkler ve tuğla malzeme kullanılarak dış cephedeki tutumun devam ettiği görülmektedir. Bu durum, kantin içerisinde yaratılan atmosferi, kampüs içerisindeki bütüncül yaklaşımı ve iç-dış mekanlar arasındaki görsel etkiyi ve geçişleri desteklemeye yönelik bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

## 7. Sonuç ve Tartışma

Ergonomi ile ilgili yapılan çalışmalarda insan davranışları, yetenekleri, sınırlamaları, farklı alanlardaki ürünlerin tasarımlarına ilişkin özellikleri, üretkenliği destekleyecek sistemleri, mekanların ve ürünlerin güvenliğini, konforunu ve etkin kullanımına yönelik bilgiler elde edilmektedir (Sanders&McCormick, 1993). Bu açıdan kullanıcıların antropometrik verileri yaşa, cinsiyete ve topluma göre değişse de ergonominin sunduğu veriler doğrultusunda mekanların, kullanım amaçlarına uygun olarak kullanıcının güvenliğini sağlayacak, konforunu ve refahını arttıracak, üretkenliğini destekleyecek şekilde planlanması ve tasarlanması önemlidir.

Araştırma kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsündeki fakültelerin bünyesinde bulunan kantin alanları kullanım amaçları doğrultusunda incelenmiştir. Kullanıcıların kantin alanlarını yeme-içme, çalışma, dinlenme, sosyalleşme, eğlenme ve spor yapma

amaçlarıyla kullanıldığı görülmüş ve kantin alanları; mobilyalar, cepheler, eğlence alanları, satış alanı, dış mekan etkileşimi, aydınlatma ve iklimlendirme açısından değerlendirilmiştir. Kantinlerin kullanımlarında bu farklılaşan amaçların kantinlerin mekan düzenlemelerinde de etkili olduğu görülmüştür.

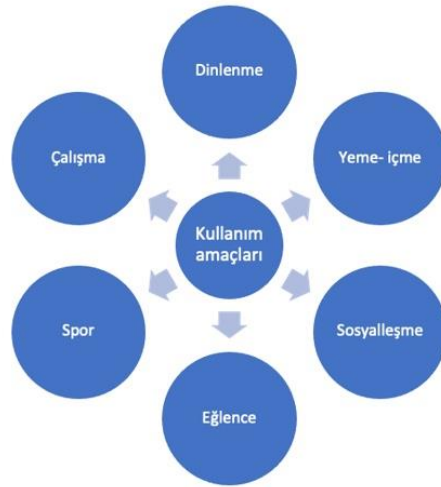
Öncelikli olarak mobilyalar açısından değerlendirmeler yapıldığında kantinlerde sunulan oturma birimlerinin; tek, grup oturma ya da rahat oturma alanlarıyla mekanın kullanım amacı doğrultusunda farklı tercihlerde bulunma olanağı sunarken aynı zamanda var olan mobilyaların ergonomik tasarımın bir parçası olarak antropometrik veriler ile karşılaştırıldığında insan boyutlarıyla uyumlu olduğu görülmüştür. Ergonomi noktasında kantin alanlarında kullanılan mobilyaların genel olarak ekonomik, kolay erişilebilir ve dayanıklı mobilyalar olduğu söylenebilir. Her ne kadar yemek yeme ve çalışma amacıyla kullanılan masaların yükseklikleri ile dinlenme amacı ile kullanılan mobilyaların yükseklikleri olumlu anlamda farklılaşsa da kantin alanlarındaki mobilyaların, kullanıcıların çalışma ve dinlenme amaçları doğrultusunda uzun süreli kullanımlar için uygun olmadığı, kantin alanlarında bu amaçlar için uzun süreli kullanımlarda kullanıcının rahatlığını ve konforunu arttıracak daha farklı oturma birimleri eklenebileceği sonucuna varılmıştır.

Fakülte kantinleri içerisinde bulunan satış alanlarının iç mekandan kolay erişilebilir ve yeterli büyüklükte oldukları görülmüştür. Ancak farklı kullanıcılara hitap etme ve farklı kullanıcıların gereksinimlerini karşılama noktasında yetersiz kalmaktadırlar. Çünkü satış alanlarında tasarımda temel yaklaşımlardan biri olması gereken evrensel tasarım prensipleri göz ardı edilmiştir. Toplumun farklı kullanıcı gruplarından birini oluşturan tekerlekli sandalye kullanan bireyler için uygun bir yaklaşım sergilenmemiştir. Herkes için tasarım noktasında her ne kadar dolaşım alanları çeşitli kullanıcıların mekanlar içerisinde kullanımı açısından yeterli olsa da tekerlekli sandalyenin hareketini sağlayıp sağlayamayacağı muğlaktır. Bu tutum yalnızca Spor Bilimleri Fakültesi girişinde önemsenmiş ve herkesin erişebilmesi için merdivenle birlikte rampa da tasarlanmıştır. Ergonominin güvenlik ve sağlığı önemseyen bir disiplin olduğu düşünüldüğünde fakülte kantinleri özelinde ergonomik bir tasarımdan söz edebilmek için güvenliğin ve sağlığın herkes için önemsenmesi gerekmektedir.

Kantin alanlarının görsel olarak cepheleri ve dış mekan etkileşimleri ele alındığında kullanıcıya bazısında daha dingin, sakin ve güvenilir; bazısında ise daha sıcak, samimi ama daha karmaşık bir izlenim verdiği, dış mekanla girişler ve açıklıklar aracılığıyla güçlü bağlar kuran kantinler varken dış mekanı içeri alma noktasında ve doğayla buluşma noktasında ciddi eksiklikleri olan kantinler de olduğu görülmüştür. Bu farklılaşma fakülteler arasında estetik yönden çeşitlilik sağlarken aynı zamanda insanın içgüdüsel olarak doğayla bağ kurma gereksinimi duyduğu göz önünde bulundurulduğunda ve dünyanın artık biyofilik tasarımlara yönelerek iç mekanda kullanıcının konforunun, refahının ve sağlığının iyileştirilmesine doğru gittiği düşünüldüğünde, kullanıcıların farklı amaçlar için sıklıkla tercih ettiği mekanlar olan fakülte kantinlerinde doğayla bağ kurmak temel bir gereksinim olarak görülmeli ve kantinlerin konumlandırılmaları ya da tasarımları bu yönde yeniden ele alınmalıdır. Bu şekilde hem öğrenciler, hem akademik personel hem de üniversite çalışanları için verimliliğin ve motivasyonun artırılması mümkün olabilecektir.

Kullanıcıların verimliliğin ve motivasyonunun artırılması ile ilgili olarak tasarlanan eğlence alanları da ergonomik tasarım açısından yeniden değerlendirilmesi gereken alanlar olmaktadır. Eğlence amaçlı kullanımlarda yeterli hareket alanının ve uygun zeminin bulunmaması bu alanların yeterince sağlıklı, verimli ve rahat bir kullanım sağlamaması sorununu doğurmaktadır. Çünkü kullanım sırasında yaralanmalara yol açabilecek nitelikte bir zemin malzemesi söz konusudur. Ayrıca hareket alanının yeterli olmaması da yalnızca eğlence alanı kullanıcısını değil dolaşım içerisinde olan farklı kullanıcıların da aktivite sırasında yaralanmasına neden olabilecek niteliktedir. Bu tür durumların önüne geçebilmek için tercih edilen ürünlerin amaçlara, mekanın niteliğine, kullanıcı grubunun gereksinimlerine uygun tercih edilmesi; gerçekleştirilen aktivitenin gerektirdiği çevresel alanlar ve kullanıcı hareketleri göz önünde bulundurularak tasarımlar yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Diğer kriterler olan aydınlatma ve iklimlendirme özellikleri açısından değerlendirmeler yapıldığında fakülte kantinlerinde doğal aydınlatmayı kullanma dışında yapay aydınlatmanın çalışma amacı için yeterli olmadığı, iklimlendirmenin ise bazı fakülte kantinlerinde önemsenmediği hatta düşünülmediği görülmüştür. Bu açıdan bakıldığında görsel, biçimsel ve psikolojik olanakların sunulmasının yanında insan sağlığı ile ilgili unsurların mekan tasarımlarına dahil edilmesi noktasında yetersizlikler gözlenmiştir.



Şekil 24. Kantin Alanı Kullanım Amaçları

Sonuç olarak Eskişehir Teknik Üniversitesi örneğinde değerlendirilen ve fakülte yeme içme mekanları olarak kantinlerin yeme içme amacı dışında farklı kullanım amaçlarının da ele alındığı bu çalışma ile temel bazı olumlu-olumsuz ve yeterli-yetersiz yönler dikkat çekilmiştir. Bütün değerlendirmeler sonucunda ele alınması gereken bazı unsurların olduğu görülmüş ve bu yönde önerilerde bulunulmuştur. Çünkü fakülte kantin mekanlarının verimli kullanılması, farklı amaçlara uygun esnek bir tasarıma sahip olması, kullanıcıların sağlığını önemseyen ve hatta iyileştiren nitelikte olması, konforlu, rahat ve güvenli olması; eğitim yuvası olan üniversite kampüslerinin kullanıcı grubunun öğretmenler, öğrenciler ve onlara destek olan üniversite personeli olduğu düşünüldüğünde, onların verimini arttıracak, akademik ve sosyal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak ve onları motive edecek olması açısından önemlidir.

### Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

### Referanslar

- Ching, F., & Adams, C. (2011). Çizimlerle bina yapım rehberi (4. bs. ed.). İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları. ISBN: 978-8599-72-0
- Ching, F.D.K. (2011). Biçim, Mekan ve Düzen (5. Baskı). İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları. ISBN: 978-6057846686
- Curaoğlu, F. (2000). Konut dışında yeme işlevli mekanlarda iç mekan ile mobilya ve donatının değişen kültürel ve sosyal yapı paralelinde etkileşimi. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2001). Ergonomics for beginners: a quick reference guide. Florida: CRS Press. <https://doi.org/10.4324/9780203212097>
- Elbert, K. K., Kroemer, H. B., & Hoffman, A. D. K. (2018). Ergonomics: how to design for ease and efficiency. Cambridge: Academic Press. ISBN: 9780128132975
- Grandjean, E. (1980). Fitting the Task to the Man, London: Taylor & Francis. ISBN: 9780878559336
- Hipp, J. A., Gulwadi, G. B., Alves, S., & Sequeira, S. (2015). The Relationship Between Perceived Greenness, Perceived Restorativeness of University Campuses and Student-Reported Quality of Life. Environment and Behavior, 48(10), 1-17. <https://doi.org/10.1177/0013916515598200>
- Krause, R.G. (1985). Recreation Program Planning Today. London: Scott, Foresman and Company. ISBN: 978-0673181411
- Meister, D. (1989). Conceptual Aspects of Human Factors, Baltimore: Johns Hopkins University Press, ISBN: 978-0801837326
- Openshaw, S., & Taylor, E. (2006). Ergonomics and design a reference guide. Muscatine: Allsteel Inc.

Pheasant, S. (2003). Bodyspace: Antropometry, Ergonomics and the Design of Work. London: Taylor & Francis. ISBN: 9780429076640

Sanders, M.S., & McCormick, E.J. (1993). Human Factors Engineering and Design, New York: McGraw-Hill. ISBN: 0-07-054901-X

Stanton, N. A. (2005). Human factors and ergonomics methods. In the Handbook of human factors and ergonomics methods (s. 1-9). Florida: CRC press. ISBN: 0-415-28700-6/05/ \$0.00+\$1.50

Tosi, F. (2021). Design for ergonomics. Ergonomics and Design (s. 3-28). Cham: Springer. ISBN: 978-3-030-33562-5

Yükseköğretim Kurumu. (1983). 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2547.pdf>

Wilson, J. R., & Sharples, S. (2015). Evaluation of human work. Florida: CRC press. ISBN: 9781466559622





## Evrensel Tasarım Bakış Açısıyla Acil Durum Barınaklarında İç Mekân Ergonomisi

### Interior Ergonomics in Emergency Shelters with Universal Design Perspective

İlknur Küçükoglu<sup>1</sup> , Onur Ülker<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Eskişehir, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 04/11/2022

**Kabul / Accepted:** 28/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

#### Öz

Acil durum barınakları küresel iklim krizinin yaygınlaştığı Dünya’da giderek daha fazla ihtiyaç duyulan yaşama alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaşama alanlarının kapsayıcı ve erişilebilir olması ise uzun zamandır mekânsal tasarım kriterleri içerisinde sayılmakta ve çeşitli sözleşme ile yasalarda yaptırım uygulanmaktadır. Sağladığı alan ve kurulum özellikleri bakımından acil durum barınakları için erişilebilirlik çalışmaları henüz yaygınlaştırılmamıştır. Literatürdeki bu açığı kapatmak için bu çalışmada Türkiye’den ve Dünya’dan derlenen çeşitli acil durum barınaklarının iç mekanları evrensel tasarım ve ergonomi kriterlerine göre incelenmiştir. Buradaki asıl amaç; acil durum barınaklarının iç mekanlarında dikkat edilmesi gereken erişilebilirlik kriterlerini tanımlamak ve evrensel tasarım kriterleri ile acil durum barınaklarının tasarlanmasındaki yol haritasını çıkarmaktır. Literatür ve internet arama motoru taramalarından elde edilen 60 farklı acil durum barınağı incelenmiş, plan şeması ve ölçülerine ulaşılan 45 barınaktan ıslak hacim barındıran 13 barınak örneği analiz edilmiştir. Evrensel tasarım kriterleri göz önünde bulundurularak acil durum barınaklarının mekânsal erişilebilirlikleri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucu acil durum barınaklarında evrensel tasarım kriterlerinin kısmi olarak sağlandığı ve erişilebilirlik açısında pek çok eksik olduğu saptanmış; konuyla ilgili yorumlar tartışmalar kısmında sunulmuştur.

#### Anahtar Kelimeler

*“Acil durum barınağı, erişilebilirlik, evrensel tasarım”*

#### Abstract

Emergency shelters are emerging as living areas in the world where the global climate crisis is becoming widespread. The inclusion and accessibility of legislative areas has long been considered within the spatial design criteria and sanctions are imposed by various agreements and laws. Accessibility studies for emergency shelters are not yet widespread in terms of the space and installation features it provides. To close this gap in literature, the interior of various emergency shelters compiled from Turkey and the world were examined according to ergonomics criteria. The main objective here is to define the accessibility criteria that should be considered in the interior of emergency shelters and to map the path to the design of universal design criteria and emergency shelters. 60 different emergency shelters from literature and internet search engine scans were examined, and 13 examples of shelters containing wet volumes from 45 shelters with plan schematics and measurements were analyzed. As a result, universal design criteria was fulfilled partially in emergency shelters and there were a lot of missing in accessibility; the comments on the issue were presented in the discussions section.

#### Key Words

*“Emergency shelter, accessibility, universal design”*

## 1. Giriş

Küreselleşen Dünya’da sürekli artan nüfus ve ekonomik dengesizlikler ile kaynağı iklim krizi başta olmak üzere yer değiştirme ve göçler insanların barınma ile yaşama koşullarında çeşitli değişikliklere sebep olmaktadır. Özellikle iklim krizi kaynaklı afet ve acil durumlar sonrası yaşama alanları yok olan veya tekrar kullanılamayacak hale gelen afetzedeler kendilerine yetkili kurum ve yardım kuruluşlarınca sağlanan barınaklarda ön görülenden uzun süreler yaşamak durumunda kalmaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarında “afetlere karşı kırılganlıkların azaltılması (1.5.)” ve “iklimle ilgili tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılığın ve uyum kapasitesinin bütün ülkelerde güçlendirilmesi (13.1.)” 2030 hedefleri içerisinde yer almakta ve hatta “2030’a kadar herkesin yeterli, güvenli ve uygun fiyatlı konutlara ve temel hizmetlere erişiminin sağlanması (11.1.)” ibaresi ile de konut hakkına değinilmektedir. 1948 yılında kabul edilen İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi’nin 25. Maddesinde konut hakkı “Herkesin kendisinin ve ailesinin sağlık ve refahı için beslenme, giyim, konut ve tıbbi bakım hakkı vardır. Herkes, işsizlik, hastalık, sakatlık, dulluk, yaşlılık ve kendi iradesi dışındaki koşullardan doğan geçim sıkıntısı durumunda güvenlik hakkına sahiptir.” ibaresiyle belirtilmiştir. Engellilerin Haklarına İlişkin Sözleşme’nin 28. Maddesi (2007) ile de elverişli konut hakkı tanımlanmıştır. Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Haklar Komitesi’nin 4 no.lu Genel Yorumunda<sup>1</sup> elverişli konutun yedi özelliği; kullanım hakkının yasal güvenliği, hizmetlerin kullanılabilirliği, ödenbilirlik, erişilebilirlik, oturulabilirlik, konum ve kültürel elverişlilik olarak sıralanmıştır.

Acil durumlarda sağlanan barınma mekanları kullanım sürelerine göre çeşitlilik göstermekle birlikte uzun süreli kullanıma yönelik barınaklar da yaygın olarak kullanılmaktadır (Limoncu ve Bayülgen, 2005). 2005 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nin güney kıyısını vuran Katrina Kasırgası sonrası afetzedeler için Marianne Cusato tarafından Katrina Kulübesi tasarlanmıştır (Özge, 2019). Tekerlekler üzerinde hareketli konut olarak tasarlanan bu küçük evler pek çok evsizin konut ihtiyacını karşılamıştır (Evans, 2020). Küçük ev hareketi her ne kadar 2008- 2012 Küresel Ekonomik Kriz döneminde yaygınlaşmış olsa da günümüzde Türkiye dahil pek çok ülkede talep görmeye devam etmektedir. Küçük evlere talebin yoğunlaşması bu alanların erişilebilirliğinin incelenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Literatürdeki çalışmalarda küçük yaşama alanlarının mobil ve sabit olarak iki kategoride ele alındığı görülmüştür. Mobil yaşama alanları çadırlar, karavanlar, treylerler, yüzer evler ve acil yardım konutları olarak sınıflandırılmış (Şengül, 2019); sabit küçük yaşama alanları ise kullanıcı kitlesi ve üretim maliyetlerine göre çeşitlenmektedir. Evsizlikle mücadele için üretilen konutların düşük maliyetli (Evans, 2020), kentten uzaklaşmak, tatil yapmak için ıssız alanları tercih edenler için yapılan butik otel, konaklama mekanları ise teknolojinin de etkin kullanıldığı mekanlara dönüşmesinden kaynaklı oldukça yüksek maliyetli olabilmektedir.

Geçmişten günümüze değişen boyutlardaki yaşama alanlarının herkes tarafından kullanılması ve erişilebilir olması için antropometrik çalışmalar yapılmış ve belirli standartlar önerilmiştir (Panero ve Zelnik, 1979; Goldsmith, 1997; Pheasant ve Haslegrave, 2015). Türkiye’deki en güncel erişilebilirlik standartları Erişilebilirlik Kılavuzu’nda açıklanmaktadır (Çağlayan Gümüş, 2020). Bu standartların belirlenme amacını kullanıcıya sağlıklı, güvenli ve refah içinde yaşama alanları sağlamak olduğu belirtilmektedir (Kennon ve Harmon, 2022). İnsan ölçeğini tanımlamak ve kullanım konforunu sağlamak için yapılan insan faktörü çalışmaları da yaşama alanlarında kullanılan donatılar (mobilya, ışık, ses, sıcaklık, vd.) için standartlar belirlemektedir (Karlen ve Fleming, 2016; Kuban vd., 2016). Ergonomi ise Yunanca kökenine bakıldığında iş bilimidir. İnsanın iş yaptığı, çalıştığı ortamda üzerinde oluşan fiziksel ve/veya zihinsel yüklenmeleri azaltmayı ve sağlığını korumaya odaklanır (Kaya ve Özok, 2017). Bu yüzden de anatomik ve antropometrik veriler incelenerek geliştirilen, insan sağlığını koruyan ve devam ettiren yaşama mekanları oluşturmak için ergonomi tasarım süreçlerinde sıklıkla baş vurulan bir alandır.

1970’lerde mimar Ronald Mace’in yaptığı çalışmalarla literatüre kazandırdığı evrensel tasarım anlayışı ise zaman içerisinde yönetimsel düzenlemelere ve tasarlanan ürün ve mekânın uyarlama veya özel tasarım gerekmeksizin herkes tarafından mümkün olan en geniş kapsamda kullanılması için çalışmalar yürütmektedir (Persson vd., 2014; Mace, 1998). 1972’de Stockholm’de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nda da herkes için tasarım ile tüm insanların toplumun her alanına eşit fırsatla katılımını sağlayabilmeleri için tasarlanan ve üretilenlerin değişen insan çeşitliliğine uygun ve hızlı cevap verebilir olmasının altı çizilmektedir (UNCHE; Mace, Hardie ve Place, 1996). Evrensel tasarım; herkes için tasarım, engelsiz tasarım, erişilebilir tasarım, kapsayıcı tasarım, işbirlikçi tasarım, evrensel erişim, kullanıcı duyarlı kapsayıcı tasarım, dinamik çeşitlilik için tasarım gibi pek çok alt çalışma konularını kapsarken erişilebilirliğin de detaylı çalışıldığı bir alandır (Kelly vd., 2013; Yan, 2014; Shi vd. 2020). Erişilebilirlik, engelli kişilerin ihtiyaçlarının özel olarak göz önünde bulundurulduğu bir süreçtir. Erişilebilirlik ürünlerin, hizmetlerin ve tesislerin çeşitli engelli kişiler tarafından bağımsız olarak kullanılabilmesi özelliğini ifade etmektedir (Mittton ve Nystuen, 2022). 2020 yılında yayınlanan Erişilebilirlik Kılavuzunda ise “Herkesin, istediği her yere ve her hizmete, bağımsız ve güvenli olarak ulaşabilmesi ve bunları kullanabilmesidir” ibaresi yer alır. Erişilebilirliğin ürün, servis ve çevre tasarımlarında sağlanması için başlıca üç strateji bulunmaktadır; evrensel tasarım kriterlerine göre tasarımlar, adaptif tasarım ile kullanıcıya özel modifikasyonların yapıldığı tasarımlar, standart arayüzlerle yardımcı teknolojiler üzerinden çalışan ve özel gereksinimli bireylerin de kullanabildiği tasarımlar (Wegge ve Zimmerman, 2007, Struckmeyer vd., 2021). Benzer şekilde evrensel tasarım için de geliştirilmiş çeşitli strateji ve ilkeler mevcuttur. Bunlardan en yaygın kabul edilen yedi ilke ise; eşit kullanım, kullanımda esneklik, basit ve içgüdüsel kullanım, algılanabilir bilgi, hatalara dayanım, düşük fiziksel çaba, yaklaşım ve kullanım için yer ve boyut olarak sıralanabilir (Olguntürk, 2007).

Erişilebilirlik söz konusu olduğunda küçük yaşama alanlarının yetersiz olabileceği yönünde bir hipotez ortaya atılabilir. Küçük mekanlardaki erişilebilirlik çalışmalarının görece azlığı ise bu hipotezi desteklemektedir. Diğer taraftan küçük evler özellikle pandemi

<sup>1</sup> 4 No.lu Genel Yorum ‘Yeterli Konut Hakkı’ (Sözleşme Md. 11 (1)) Ekonomik, Sosyal ve Kültürel Haklar Komitesi 1991, Altıncı Oturum, par. 7 ve 8.

sonrasında giderek daha çok tercih edilmekte ve sayıca artış göstermektedir (Shearer ve Burton, 2021). Acil durum barınma birimleri de küçük yaşama alanı örnekleri içinde ele alınabildiği gibi erişilebilirlikleri giderek önem kazanan bir konudur. Ülkemizde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) acil durum konteyneri üzerinde yapılan erişilebilirlik çalışmaları bulunmaktadır. Dünya'dan çeşitli konteyner ve küçük ev örneklerinin erişilebilirlik odağında incelendiği içerikler de mevcuttur (Small Space, House Plans Under 50 Square Meters, 5 Cute Wheelchair-Accessible Tiny Homes, Wheelchair Accessible Tiny Houses).

Bu çalışmada da Türkiye'den ve Dünya'dan derlenen çeşitli acil durum barınak örnekleri üzerinden erişilebilirlik ve ergonomi analizi yapılmaktadır. Bu analizin yapılmasındaki asıl amaç; acil durum barınaklarının iç mekanlarında, tasarımcıların dikkat etmesi gereken erişilebilirlik kriterlerini tanımlamak ve evrensel tasarım kriterleri ile acil durum barınaklarının tasarlanmasındaki yol haritasını çıkarmaktır. Bu bağlamda acil durum barınakları iki ana kategori altında incelenmiştir; hali hazırda plan şemasına ulaşılan ve iç donatıları ile kullanım senaryoları belirtilmiş barınaklar ve plan şeması olmayan ancak detaylı ölçüleri ve bazı iç donatıları belirtilmiş barınaklar. Plan şeması ve kullanım senaryoları belli olmayan barınaklar için dinlenme ve yeme-içme senaryoları önerilmektedir. Tüm barınak örnekleri incelenirken kullanıcının erişilebilirliği evrensel tasarımın yedi ilkesi gözetilerek sınıflandırılmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın konu alanı olan acil durum mimarlığının literatürde az kullanılmış bir terim olmasından kaynaklı, ilk olarak alanyazın taraması için 'acil durum' anahtar kelimesi ile tez.yok.gov.tr dijital veri tabanında tarama yapılmış ve 729 adet tez saptanmıştır. Bu tezler içinden mimarlık, şehircilik ve bölge planlama, peyzaj mimarlığı ile iç mimari ve dekorasyon bölümlerinde yazılmış 52 tez konu ile alakalı bulunmuş ve incelenmiştir. Ele alınan tezlerde referans verilen kaynaklara gidilerek anahtar kelime taraması sonuçlarında yer almayan ancak barınak örneklerini konu alan diğer tez, makale ve araştırma yayınlarına da erişilmiştir. Barınak örnekleri hakkında daha detaylı bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır.

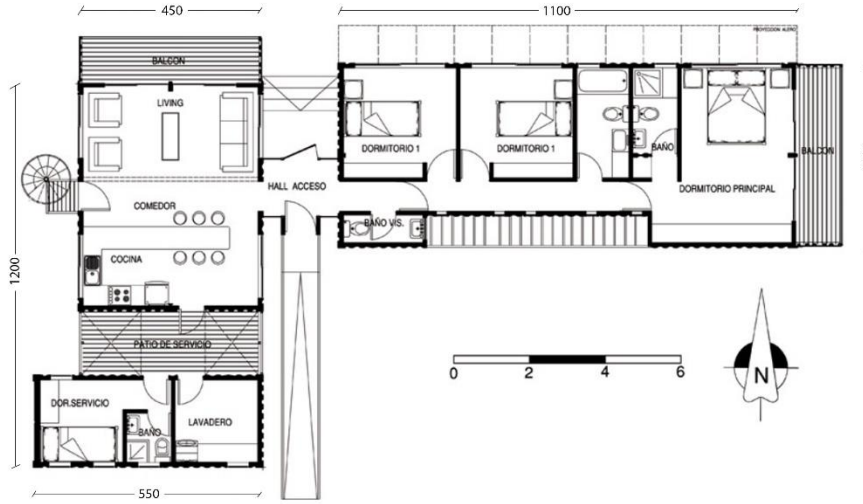
İkinci adımda internet arama motoru kullanılarak 'acil durum barınağı' ve 'emergency shelter' anahtar kelimeleri ile taramalar yapılmıştır. Çıkan arama sonuçları içinde mimarlık ve tasarım odaklı web siteleri öncelikli olmak üzere çeşitli barınak örnekleri bulunmuştur. Elde edilen 60 örnek içinden plan şeması ve ölçülerine ulaşılan 45 barınak saptanmıştır. Bu kapsamda barınma biriminin içinde ıslak hacim barındırması ergonomik ve erişilebilirlik analizi için veriyi çoğaltacağından ikincil eleme yapılarak; ölçü ve plan şemalarına ulaşılan ve aynı birim içinde ıslak hacim bulunduran 13 acil durum barınağı örneği seçilmiştir. Seçilen örnekler için elde edilen veriler, sonuçların bütüncül bakış açısıyla tartışılabilmesi için tablolatırılmıştır.

## 3. Analiz

Yapılan taramadan çıkan 13 örnek iki aşamalı analiz ile incelenmiştir. İlk aşamada barınakların verilen ölçüleri üzerinden geçiş alanları ölçülmüş ve erişilebilirlik için yeterlilikleri saptanmıştır. İkinci aşamada ise evrensel tasarım kriterlerine göre görsel veriler üzerinden içerik analizi yapılmıştır. Bunlar dışında barınakların genel özellikleri için de üretim nedeni, malzemesi ve yöntemi, öngörülen kullanım uzunluğu, aynı anda kaç kişiye barınma sağladığı, mekânsal kurgusu, incelenen tüm barınaklar yerden yükseltilerek kurulduğu için barınağa erişim şekli ve açık alan olanakları saptanmıştır.

### 3.1. Liray House

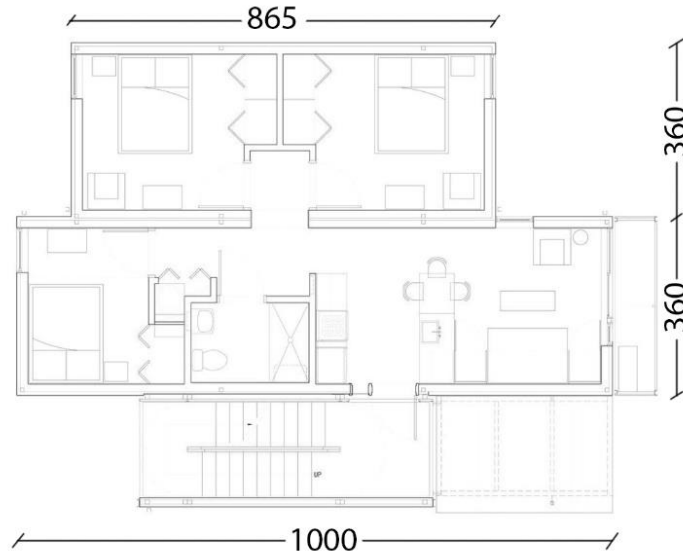
Taşınabilir geçici konut ihtiyacına cevap olarak Şili'nin başkenti Santiago'da mimar Ruben Rivera Peede'nin tasarladığı ve Arqtainer Proje tarafından 2010 yılında üretilen Liray House, beş adet konteynerin birleştirilmesi ile oluşturulmuş ve uzun süreli kullanıma uygundur. Aynı anda 6-7 yetişkinin rahatlıkla barınabileceği yaşama alanı yerden 50 cm yükseltilerek kurulmakta ve erişim için 650 cm'lik rampası mevcuttur. Mekânsal kurguda işlevler iki aksa bölünmüştür; sosyal ve servis alanlarının bulunduğu kısa aks ve kişisel alanların bulunduğu uzun aks. İkisi minimum ölçekte olan dört adet ıslak hacim de barınma birimi içinde çözülmüştür. Tüm yaşama birimi içinde en kısa geçiş mesafesi banyo içinde klozet önünde 52 cm olarak ölçülmüştür. Dört ayrı yatak odası, oturma odası, mutfak, çamaşırhane ölçüleri çıkarıldığında minimum 70 cm ve üzeri sirkülasyon alanları bırakılmıştır. Terasa çıkmak için birimin hemen yanına konumlandırılan döner merdiveni kullanmak gerekmektedir. Bu teras dışında biri oturma odasından biri büyük yatak odasından erişilen iki balkon daha mevcuttur (ARQtainer, 2012).



Şekil 1. Liray House ve Plan Şeması (ARQtainer, 2012)

### 3.2. NYC Emergency Housing Prototype

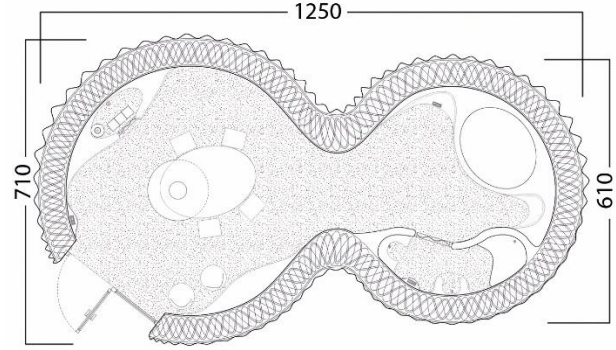
2014 yılında Garrison Architects tarafından New York City için tasarlanan ve prototipi üretilen barınak, afet sonrası kalıcı konut olarak düşünölmüştür. 70 metrekarelik alan içerisinde 3 yatak odası, banyo, mutfak ile yaşama alanı sağlanmaktadır. Tamamen geri dönüştürölmüş yerel malzemelerden üretilen barınaklar üst üste yerleştirilerek toplu barınma çözümleri de sunulmuştur. En kısa mesafe açık alan olarak sağlanan balkonda 85 cm olarak ölçölmüştür. Dikey mimari olarak da yüksekibildiği için ilk kata rampa ile diğer katlara merdiven ile erişim sağlanmıştır (Post-Disaster Housing Prototype Unveiled, n.d. & NYC, 2013).



Şekil 2. NYC Emergency Housing Prototype ve Plan Şeması (Post-Disaster Housing Prototype Unveiled, n.d. & NYC, 2013)

### 3.3. Tecla

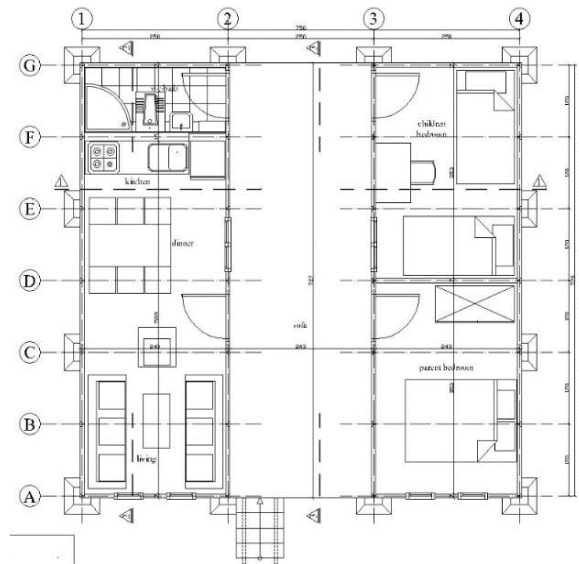
2021’de Mario Cucinella tarafından tasarlanan ve İtalya’da 3B yazıcı ile yerel topraktan üretilen, ilk eko-sürdürülebilir barınma modeli olan Tecla 60 metrekare yaşama alanı sağlamaktadır. İklim krizinin yarattığı acil durumlara çözüm aramak için tasarlanmış ve tamamen kendi kendine yetebilen, karbon nötr ve döngüsel ekonomi modeli ile uyumludur. İç mekânda sağlanan mobilyalar da 3B yazıcı ile dış kabukla birlikte üretildiği için 1 kişinin rahatlıkla yaşayabileceği bir alan sağlamaktadır. İklim ve yeryüzü şekillerine uyumlu üretim gerçekleştirilebilir bu yüzden de uzun süreli kullanıma yöneliktir denilebilir. İki temel mekândan oluşur; yaşama alanı ve mutfak ile dinlenme alanı ve banyo. En kısa geçiş mesafesi 3,44 metrekarelik banyoda lavabo önünde 55 cm olarak ölçülmüştür. Çeşitli yeryüzü şekillerine uyumlu üretim yapılacağı için yerden yükseklik rampa ile aşılmış, doğayı içine alan tasarım yaklaşımıyla açık alan ihtiyacı giderilmiştir (Tecla house, 2021 & TECLA, 2021).



Şekil 3. Tecla ve Plan Şeması (Tecla house, 2021 & TECLA, 2021)

### 3.4. MobArch

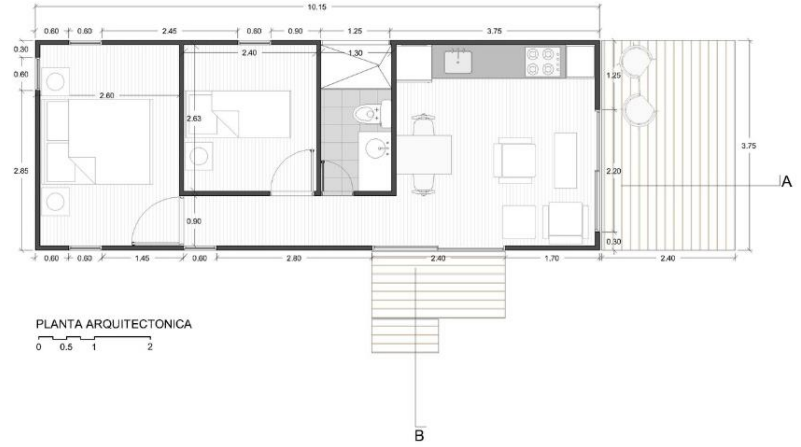
2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Şehir ve Çevre Planlama ve Araştırma Merkezi’nde Sinan Mert Şener ve M. Cem Altun tarafından yürütülen projenin barınak tasarımı aşamasında üretilen 18,75 metrekarelik üç ahşap modülün birleşmesiyle toplam 56,25 metrekarelik yaşama alanı sağlanmaktadır. Deprem kuşağında yer alan İstanbul’un olası başka bir depremde karşılaşılabilecek yıkım ve kayıpları en aza indirmek amacıyla afete hazırlık için tasarlanan barınak için 1999 Marmara Depremi başta olmak üzere çeşitli afetzedelerle görüşmeler yapılmış ve afet sonrası süreçlerde karşılaştıkları zorluklar ile ihtiyaçları saptanmıştır. Geçici barınak olarak kurgulanmış ve 4 -6 kişinin rahatlıkla barınabileceği alan sağlanmıştır. İki yatak odası ile banyo ve mutfak ve oturma odasını birbirine bağlayan holden oluşmaktadır. Mekânsal kurgu olarak işlevleri ikiye ayırdığı için kullanımı kolaydır. Yağışlı geçen sonbahar ve kış mevsimlerinde suyun içeri girmesini önlemek için yerden yüksek kurgulanan barınağa ulaşım merdiven ile sağlanmaktadır. Merdiven önünde sağlanan küçük veranda dışında açıklıklar minimumda tutularak ısı kaybı en aza indirilmiştir. Barınak içinde en kısa geçiş mesafesi yatak odasında yatak önünde 51 cm olarak ölçülmüştür. Islak hacim ise 3 metrekare olarak sağlanmıştır (Şener ve Altun, 2009).



Şekil 4. MobArch ve Plan Şeması (Şener ve Altun, 2009)

### 3.5. Vimob

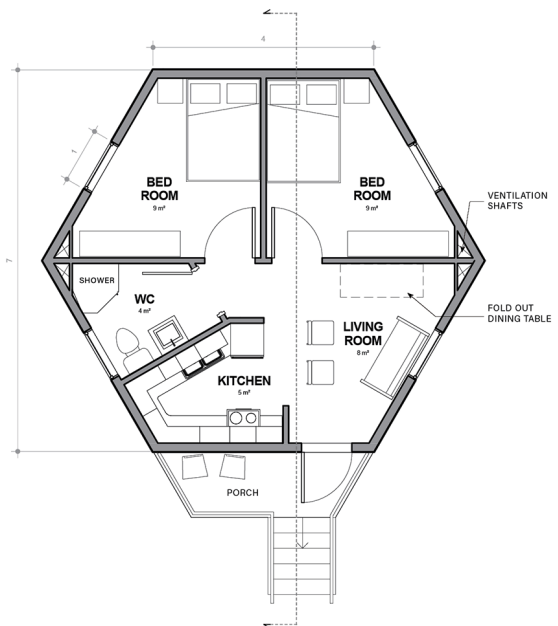
Kolombiya'da ulaşılması zor arazilerde barınak oluşturma amacıyla 2015 yılında Colectivo Creativo Arquitectos (Yaratıcı Kolektif Mimarlar) tarafından tasarlanan ve prefabrik panellerin alana taşınmasından sonra hızla montajı yapılan barınma birimi 37 metrekarelik yaşama alanı sağlamaktadır. Geleneksel inşa yöntemlerinin gerektirdiği malzeme ve işçiliği ortadan kaldırarak hızlı ve kolaylıkla bir araya getirilen paneller de yerelde kolaylıkla bulunan malzemelerden tercih edilir. Yerden yükseltme ile kurgulanan barınma birimine erişim için merdiven tasarlanmıştır. 3-4 kişinin kolaylıkla barınabileceği barınak kısa süreliden uzun süreliye geçiş süreci için tasarlanmıştır. Mekânsal kurgusu kolaylıkla anlaşılabilen iki yatak odası, banyo ve mutfak ile yaşama alanının verandaya açıldığı barınakta geniş sürgülü kapılar ile ferahlık sağlanmıştır. Islak hacim 3,4 metrekarelik banyo içinde en kısa geçiş mesafesi klozet önünde 57 cm olarak ölçülmüştür (VIMOB, 2015).



Şekil 5. Vimob ve Plan Şeması (VIMOB, (2015))

### 3.6. Hex House

Minnesota merkezli kâr amacı gütmeyen tasarım kuruluşu Toplum için Mimarlık (Architects for Society) 2015 yılında hızla kurulabilen ve 15- 20 yıllık kullanım ömrü öngörülen konsept barınak sistemi tasarlanmıştır. Demonte halde alana getirilen ve tek birimde ortalama 42 metrekare alan sağlayan altıgen formdaki tasarımda 4-5 kişi barınabilir. İhtiyaca göre eklenerek daha fazla alanda farklı plan şemaları da çalışılmıştır. Tek birim içinde 3,78 metrekare ıslak hacim sağlanırken en kısa geçiş mesafesi mutfak tezgâhı önünde 43 cm ölçülmüştür. Yerden yüksek kurulan barınma birimlerine erişim merdivenle sağlanmaktadır. Birden fazla modülün birleşim senaryolarının topluluk oluşturma veya devam ettirme için çalışıldığı barınakta girişte küçük bir veranda sağlanırken, isteğe göre iç bahçe ya da yarı özel alanlar da tanımlanabilmektedir (Hex House, 2016).



Şekil 6. Hex House ve Plan Şeması (Hex House, 2016)

### 3.7. Katrina Cottage

ABD’de meydana gelen Katrina Kasırgası sonrası evsiz kalanlar için Marianne Cusato tarafında 2006 yılında tasarlanan ve tekerlekli yapısı sayesinde istenilen yere taşınabilen mobil barınak örneği Katrina Cottage kullanıcıya ve ihtiyaçlarına göre üretilmektedir. Ahşap paneller ve yerelde kolaylıkla bulunan ucuz malzemelerle ekonomik olarak uzun süreli kullanıma yönelik üretilen bu barınaklarda 4-6 kişiye yaşama alanı sağlanmaktadır. Küçük ev akımının bir parçası sayılan Katrina Cottage’ın literatüre geçen örneklerinde minimum 28,6 metrekarelik alan sağlanmış ve en kısa geçiş mesafesi 51 cm olarak ölçülmüştür (Özge, 2019). Tekerlekler üzerinde üretimi yapıldığı için ihtiyaca göre merdiven veya rampa ile erişimin sağlandığı örnekler mevcuttur. Genellikle giriş kapısı önünde küçük bir veranda da kurgulanan bu yaşama alanında Amerikan konut tipolojisi takip edilebilmektedir.



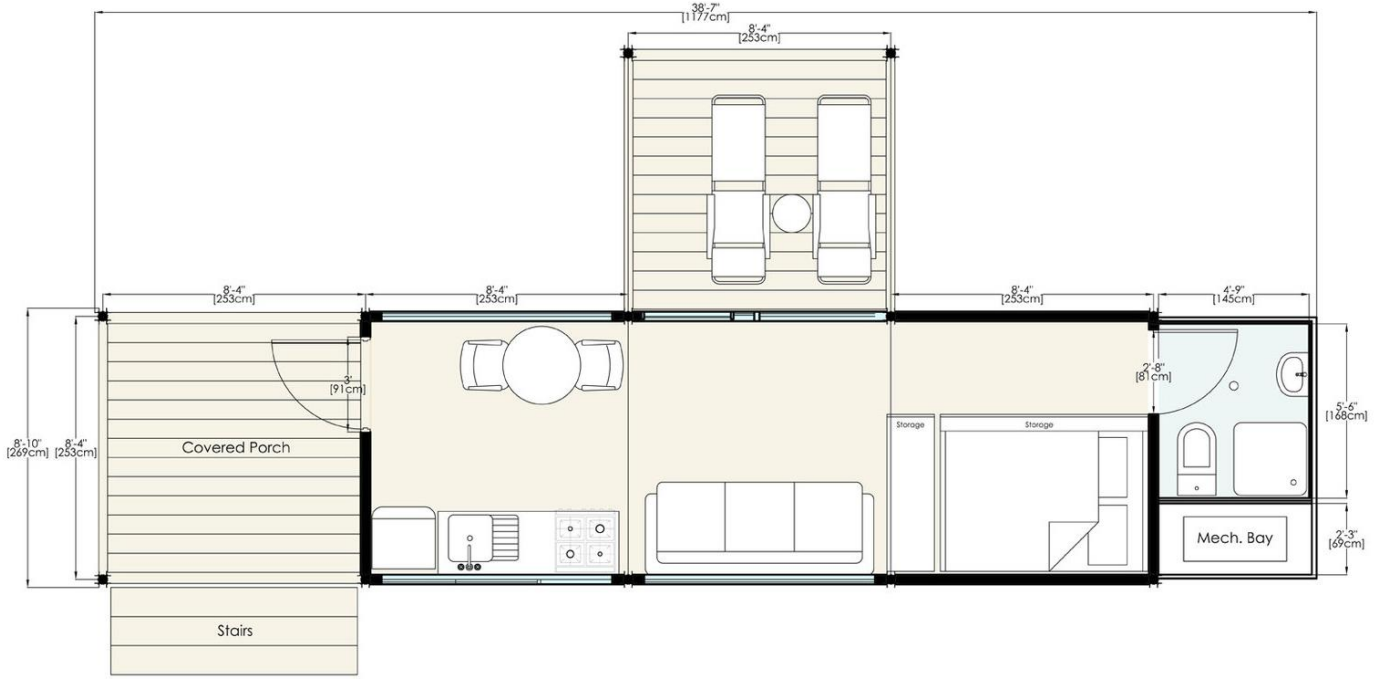
Şekil 7. Katrina Cottage ve Plan Şeması (Özge, 2019)

### 3.8. AbleNook

Güney Florida Üniversitesi mezunlarından Sean Verdecia ile Jason Ross tarafından 2011 yılında tasarımına başlanan ve 2018 yılında destek alarak şirketleşen AbleNook, minimum 36,1 metrekarelik yaşama alanı sağlamaktadır. Çeşitli boyutlarda siparişi verilebilen bu barınak tamamen kendi kendine yeten sistemi ve çeşitli yüzey şekillerine adapta olabilen kurulumu sayesinde ABD’de talep görmektedir. Minimum 2-3 kişinin uzun süreli barınmasına imkân veren bu barınak, en küçük modülünde 1 yatak odası, banyo, mutfak ve oturma alanı ile 2 verandadan oluşmaktadır. Yapısal yalıtımlı panellerin uçak sınıfı alüminyum çerçeve üzerine montajıyla oluşturulan ve istenildiğinde genişletme olanağı verilen bu barınak da yerden yüksek kurgulanmış ve erişimi merdiven ile sağlanmaktadır. En küçük modülde en kısa geçiş mesafesi 87 cm olarak yatak yanında bırakılan holde sağlanmıştır (AbleNook, n.d.).



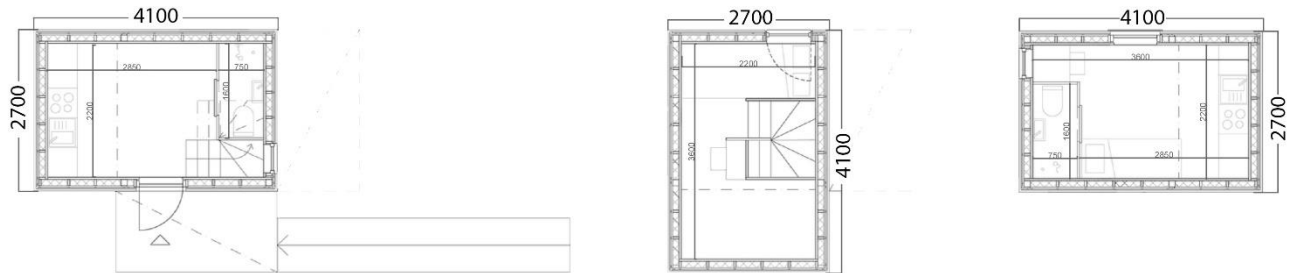
Şekil 8. AbleNook (AbleNook, n.d.)



Şekil 9. AbleNook Plan Şeması (AbleNook, n.d.)

### 3.9. Kokoon

Çeşitli sebeplerle Finlandiya'ya sığınan göçmenler için 2016 yılında Aalto Üniversitesi'nin Ahşap Programı içerisinde tasarımı ve üretimi yapılan dikey mimari barınak örneğidir. 11 metrekarelik üç birimin üst üste konumlandırılmasıyla elde edilen 33 metrekarelik barınma birimi ahşap işçilik örneğidir. Aynı anda 2-3 kişinin geçici olarak yaşayabileceği barınakta sadece minimum ölçüdeki iki ıslak hacim bölünerek açık mekân kurgusu sürdürülmüştür. Yerden yükseltilmiş ve yaklaşık 5 metrelik rampa ile erişim sağlanmaktadır. Ülkenin soğuk iklimi düşünüldüğünde teras ve balkon kurgulanmamış ancak doğal ışık için eğimli çatı yüzeyleri kullanılmıştır. Tüm yaşama alanı içerisinde en kısa geçiş holde 75 cm olarak ölçülmüştür (Kokoon, 2016).

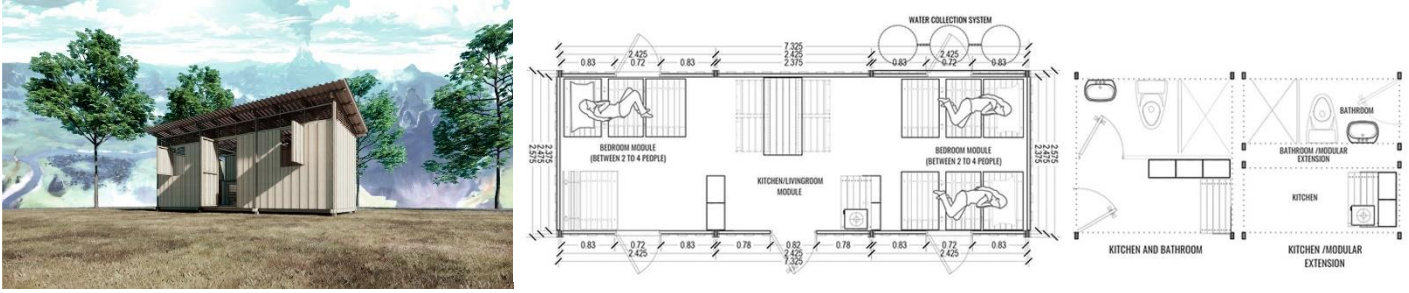


Şekil 10. Kokoon ve Plan Şeması (Kokoon, 2016)



### 3.10. Pixel

El Salvador'da Emergency Housing Mexico adıyla açılan acil durum barınak tasarımı yarışmasında birinci seçilen ve 2020'de üretimi yapılan Luis Roberto Barillas ve ekibinin tasarımı Pixel barınağı, modüllerden oluşan bir sistem önerisi sunuyor. 3 modüllük standart yaşama alanı 18 metrekare alan sağlarken, ıslak hacim ve mutfak için bir modülün daha eklenmesi öngörülmüş, böylece toplam barınak alanı 24 metrekareye çıkarılıyor ve ihtiyaca göre üretim yapılabilir. Ahşabın ana malzeme olarak kullanıldığı barınakta mekân kurgusu modüllerle anlaşılabilir ancak ayırıcı duvar kullanılmadığı için sadece ıslak hacim ve yaşama alanı alanları ayrılmaktadır. 4 kişinin rahatlıkla barınması sağlanırken en kısa geçiş mesafesi yataklar arasında 50 cm olarak ölçülmüştür. Zemin malzemesi kurulduğu yerden yükselmesini sağlarken bir basamak ile giriş sağlanmaktadır. Topluluk odaklı üretim ile kullanım ömrünün uzatılması hedeflenmiştir (Pixel, n.d.).



Şekil 11. Pixel ve Plan Şeması (Pixel, n.d.)

### 3.11. Container Temporary Housing

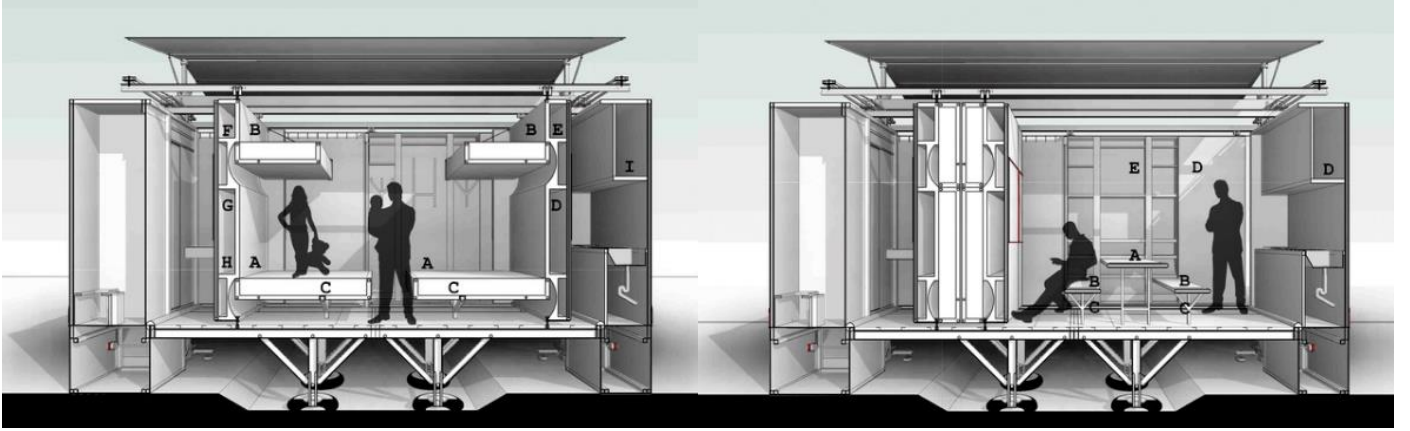
2011 yılında Onagawa, Japonya'da meydana gelen depremin ardından Shigeru Ban tarafından tasarlanmış ve konteynerlerden üretilmiştir. Geçici barınmaya yönelik tasarlanan ve 1-2 kişi için 19,8 metrekarelik yaşama alanı sağlayan, alandaki yerleşimlerine göre daha fazla kişi için daha geniş seçeneklerde de üretilmiş ve konteynerleri dikey ekseninde de yerleştirerek, konut ihtiyacını karşılamıştır. En küçük birimde ıslak hacimlerin bölündüğü ve yaşama alanının mutfak ile tasarlandığı barınak 1,7 metrekarelik balkon ile açık alan sağlamaktadır. En kısa geçiş mesafesi 3,17 metrekarelik banyoda lavabo önünde 66 cm olarak ölçülmüştür. Zemin kaplaması ile yerden bir basamak kadar yükselen barınak yapısı üst katlara da merdivenle erişim sağlamaktadır (Container Temporary Housing, n.d.).



Şekil 12. Container Temporary Housing ve Plan Şeması (Container Temporary Housing, n.d.)

### 3.12. Living Capsule

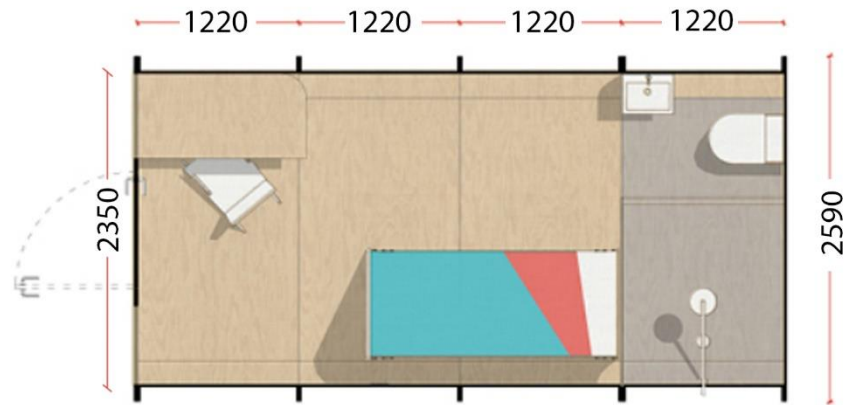
Kosta Rika'lı mimar César Oreamun'un 2015 yılında konsept olarak tasarladığı geçici barınak Living Capsule acil durumlar için düşünülmüş birim içi modüler bir sistem. 13,7 metrekarelik birim içerisinde raylı sistem üzerine kurulmuş ve yeme-içme ile dinlenme alanlarının dönüşümlü kullanıldığı, ıslak hacmin minimum ölçülerde sağlandığı barınak örneğidir. Aynı anda 4 kişinin barınabilirken mekânsal kurgu açılıp kapatıldığı için anlaşılması kısmen zor ve kullanımı herkesin kullanımına uygun değildir. Yerden yüksek kurgulanan barınma birimine erişim merdiven ile sağlanmaktadır. En kısa geçiş mesafesi ise açılır kapanır yataklar arasında 53 cm olarak ölçülmüştür. Veranda ve balkon gibi açıklıklar olmadığı için havalandırma açıklıkları geniş tutulmuştur (Living Capsule, 2016).



Şekil 13. Living Capsule (Living Capsule, 2016)

### 3.13. Equals Sanctuary

Londra merkezli Equals Architecture firması tarafından tasarlanan bu konsept proje, herkesin sığınabileceği bir barınak olarak özelleştirilebilir eklenilebilir bir sistem. İhtiyaca ve işleve göre eklenip çıkarılabilen birimlerden oluşan tasarımda temel yaşama birimi 12,9 metrekarelik bir alan sağlamaktadır. Orman Koruma Konseyi (FSC) onaylı ahşap panellerden üretilmiş, doğaya zarar vermeyen malzeme kullanımı ön plana çıkarılmıştır. Temel yaşama birimi 1 kişi için tasarlanırsa da eklenilebilir oluşu ihtiyaca göre daha fazla kişinin barınmasına imkân vermektedir. En kısa geçiş mesafesi 4 metrekarelik ıslak hacim içerisinde 63 cm ile lavabo önünde ölçülmüştür. Yer ile direk teması bir basamak rıhtı kadar yükseltilerek sağlanmış ve rampa tercih edilmemiştir. Açıklıkların da kişiselleştirilebileceği barınma biriminde teras veya balkon isteğe göre eklenebilir (Equals Sanctuary, 2020).



Şekil 14. Equals Sanctuary ve Plan Şeması (Equals Sanctuary, 2020)

## 4. Sonuçlar

Dünya'dan üç farklı kıta üzerinden 13 örnek analizine göre acil durum barınak tasarımlarında yaşama birimleri için en az 12,93 metrekare ile en fazla 115 metrekare alan sağlandığı bulunmuştur. Barınakların her birinde en az 1 ıslak hacim çözülmüş ve en küçük ıslak hacim 1,2 metrekare ile Kokoon tasarımında tespit edilmiştir. Tüm barınaklar içinden yedi tanesinde açık alan (veranda, balkon, teras) çözümlenirken, diğer barınaklarda açık alan kurgulanmayışı iklimsel ve coğrafi etmenlerden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Tüm barınakların kurulumu yerden yükseltilerek çalışılmış ancak sadece Liray House, Kokoon ve Tecla'da rampa tasarıma eklenmiş;

Katrina Cottage ise rampayı ihtiyaca/isteğe göre ilave edilmiş; NYC Emergency Housing Prototype'ta ise ilk kata giriş rampa ile sağlanırken üst katlara erişim merdivenle sağlanmıştır. İncelenen 13 barınak iç mekanlarında sağlanan en kısa geçiş mesafesi ortalama 61 cm iken en kısa geçiş Hex House içinde mutfak tezgâhı önünde 43 cm olarak tespit edilmiştir. Barınma birimlerinin kullanım süreleri incelendiğinde ise AbleNook, Katrina Cottage, Hex House, Tecla, Pixel ve NYC Emergency Housing Prototype uzun süreli kullanıma yönelik kalıcı konut olarak tasarlanmış, diğer örnekler geçici barınma birimi olarak nitelendirilmiştir.

**Tablo 1.** Acil Durum Barınakları ve Tespit Edilen Özellikleri

Barınak ismi	Ülke	Barınma tipi	Kapalı alan (m <sup>2</sup> )	Açık alan (m <sup>2</sup> )	Toplam alan (m <sup>2</sup> )	Islak hacim (m <sup>2</sup> )	En kısa geçiş mesafesi (cm)	Barınak girişine erişim
Liray House	Şili	Geçici	100	15	115	11,82	52	Rampa
NYC Emergency Housing Prototype	ABD	Kalıcı	67	3	70	4,15	85	Rampa
Tecla	İtalya	Kalıcı	60	0	60	3,44	55	Rampa
MobArch	Türkiye	Kalıcı	56,25	0	56,25	3	51	Merdiven
Vimob	Kolombiya	Geçici	37	9	46	3,41	57	Merdiven
Hex House	ABD	Kalıcı	38,2	3,8	42	3,78	43	Merdiven
Katrina Cottage	ABD	Kalıcı	28,65	9,6	38,25	2,3	51	Değişken
AbleNook	ABD	Kalıcı	22,87	13,23	36,1	2,43	87	Merdiven
Kokoon	Finlandiya	Kalıcı	33,2	0	33,2	2,4	75	Rampa
Pixel	El Salvador	Kalıcı	24	0	24	6	50	Basamak
Container Temporary Housing	Japonya	Geçici	19,8	1,7	21,5	3,17	66	Basamak
Living Capsule	Kosta Rika	Geçici	13,7	0	13,7	1,56	53	Merdiven
Equals Sanctuary	İngiltere	Geçici	12,93	0	12,93	4	63	Merdiven

Elde edilen veriler ışığında örnekler evrensel tasarım kriterlerine göre incelendiğinde ise tüm barınaklardan sadece Liray House ve Tecla barınağa girişte rampa ile erişim sağlarken geniş alanlarından dolayı herkes için eşit kullanımı daha fazla sağlamaktadır. Kokoon, Katrina Cottage ve NYC Emergency Housing Prototype barınağa ilk girişte rampa ile erişim sağlamasına rağmen eşit iç mekanlarda özel gereksinimli bireyler için yeterli açıklıkları sağlayamadıkları için sınırlı eşit kullanım sağlamaktadır. Kullanımda esneklik ilkesi göz önünde bulundurulduğunda ise yeme- içme alanlarının yaşama alanı içinde çözüldüğü örnekler sınırlı esneklik sağlarken, eklenilebilir örneklerin daha esnek olduğu söylenebilir ancak bu çalışma temel modüller baz alınarak incelendiğinden tüm barınakların kullanımda sınırlı esneklik sağladıkları belirtilmiştir. Acil durumlar sonrası minimum yaşama alanlarını sağlamak üzere tasarlanmış olan barınaklar genellikle basit ve içgüdüsel kullanıma imkân sağlamaktadır. İncelenen örneklerde de basit ve içgüdüsel kullanım tasarım kriteri olarak kullanılmış sadece Living Capsule kullanımında bir işlevin kapatılıp diğer işlevin açılması gerekliliği, kullanımın öğretilmesi ve sistemin çalışma mekanizmasının açıklanmasına ihtiyaç duymaktadır. Barınakların bir kısmının konsept tasarım olması, diğerlerinin de bir adet ve ihtiyaca göre üretilmesi algılanabilir bilgi ilkesini tespit etmekte görsel analiz yetersiz kalmasına neden olmuştur. Tüm barınaklar için hem görsel hem yazılı açıklamalardan görme ve işitme azlığı ve/veya kaybı olanlar ile anlamada güçlük çekenler için özel tasarım elemanlarının varlığı hakkında bir bilgi edinilememiştir. Hatalara dayanım söz konusu olduğunda da kolay kullanılabilen iç donatılar kullanan barınakların bu ilkeyi sağladığı söylenebilir ancak elde edilen görsel ve yazılı içerikler bu konu hakkında da yeterli bilgi vermemiştir. Düşük fiziksel çabanın büyük ve yatay mimari ile sağlandığı söylenebilir, sadece Kokoon tasarımında iç mekânda sağlanan dikey erişim örneği ile karşılaşılmıştır. NYC Emergency Housing Prototype ve Container Housing Prototype örnekleri üst üste yerleştirilerek oluşturulan bloklarda dikey erişimi merdivenlerle çözdüğü için düşük fiziksel çabayı üst katlar için sınırlı, iç mekanlarda makul olarak sağlamaktadır. Living Capsule ve Pixel örnekleri ise hem merdiven veya basamakla erişildiğinden hem de küçük boyutlarda çözdükleri fazlaca işlevden dolayı kullanıcı için düşük fiziksel çabayı sağlayamamaktadır. Son olarak yaklaşım ve kullanım için yer ve boyut en kısa geçiş mesafelerinin saptandığı ve erişilebilirlik analizinin yapıldığı süreçle örtüşmektedir. Bu bağlamda geçiş mesafelerinin en az 70 cm olması gerekirken Kokoon, AbleNook ve NYC Emergency Housing Prototype dışındaki barınaklarda bu mesafeyi sağlamayan alanlar olduğu ölçülmüştür. Benzer şekilde tekerlekli sandalye kullanan bireyler için yaşama alanları içinde metrekaresi olarak 17,66 m<sup>2</sup> (150 cm çaplı dairesel alan) temiz dönüş alanı sağlamaları gerekmektedir ancak plan şemaları üzerinden bakıldığında örneklerin pek çoğunda mobilya tefrişlerinin bu alanı engellemekte olduğu görülmüştür. Sonuç olarak incelenen acil durum barınaklarında evrensel tasarım kriterleri genelde sınırlı olarak sağlanmaktayken, erişilebilirlik açısından da eksiklikler saptanmıştır.

**Tablo 2.** Acil Durum Barınakları Evrensel Tasarım Kriterleri Analizi

Barınak ismi	Eşit Kullanım	Kullanımda Esneklik	Basit ve İlgüdüsel Kullanım	Algılanabilir Bilgi	Hatalara Dayanım	Düşük Fiziksel Çaba	Yaklaşım ve Kullanım için Yer ve Boyut
Liray House	Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sağlanmış	Sağlanmamış
NYC Emergency Housing Prototype	Sınırlı Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış
Tecla	Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sağlanmış	Sağlanmamış
MobArch	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış
Vimob	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış
Hex House	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış
Katrina Cottage	Sınırlı Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış
AbleNoook	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış
Kokoon	Sınırlı Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sınırlı Sağlanmış
Pixel	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sağlanmamış	Sağlanmamış
Container Temporary Housing	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış
Living Capsule	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sağlanmamış	Sağlanmamış
Equals Sanctuary	Sağlanmamış	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmış	Yeterli Bilgi Yok	Yeterli Bilgi Yok	Sınırlı Sağlanmış	Sağlanmamış

## 5. Tartışma ve Yorumlar

Acil durum barınaklarının iç mekân ergonomilerini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada analiz edilen 13 barınak örneği ilk olarak erişilebilirlik açısından incelenmiştir. Çıkan sonuçlar da göstermektedir ki sağlanan yaşama alanının boyutu ve kurgusu erişilebilirlik için ilk önemli kriterdir. Bu alanların plan şemaları incelendiğinde belirtilen tefrişlerin özel gereksinimli bireyler düşünülerek yerleştirilmediği söylenebilir. Acil durumlarda kullanılacak bu tip küçük yapıların herkesin eşit şekilde kullanabileceği tasarımlar olması afetlere dirençli topluluklar oluşturmada dikkat edilmesi gereken bir unsur olarak ele alınabilir. Unutmamak gerekir ki Türkiye’de de meydana gelen afetlerden sonra sağlanan barınma elemanları genellikle öngörülen ömründen uzun sürelerce kullanılmakta ve ihtiyaca göre çeşitli modifikasyonlar da yapılmaktadır (Şener ve Altun, 2009). Bu tespit göz önünde tutularak tasarlanan barınakların ihtiyaca göre eklenerek genişletilmesi hatta mevsim şartlarına göre açılır kapanır alanlarının olması barınak tasarım kriterleri içerisine eklenebilir. Tasarımların hepsinin yerden yükseltilerek yapılması olası yağmur ve karda suyun içeri girmesini önlemek ve farklı topografyalarda zemin düzleştirme işlemini ortadan kaldırmak amaçlanmış olsa da bu yüksekliklerin sadece 5 barınakta rampa ile çözülmesi afet sonrası süreçlerde kapsayıcı yaklaşımın gözetilmediğine yorumlanabilir.

Küresel iklim krizi sadece Türkiye’de değil tüm Dünya’da pek çok insanı tehdit etmekte ve günden güne çeşitlenen afetlerle karşılaşma olasılığı artmaktadır. Bu yüzden de afetlerdeki olası can ve mal kaybı riski de yükselmektedir. Afet öncesi hazırlıklı olmak kadar afet sonrası müdahale ve iyileştirme süreçlerinin de detaylı ve kapsayıcı planlanması da giderek önem kazanmaktadır. Afet sonrasında sağlanan yaşama alanlarının elverişli yaşama koşullarını sağlaması ve herkesi kapsaması gerekmektedir. Özellikle ıslak hacimlerin barınma birimi içinde kurgulanması toplu yaşama alanlarında hijyenin sağlanmasını kolaylaştırdığı için tercih edilebilir. Benzer şekilde yeme- içme alanlarının da yaşama alanına dahil edilmesi kültürel çeşitliliğin yaygın olduğu ülkelerde insanların kendi yiyeceklerini hazırlamalarına olanak sağlayabilir. Son olarak geçirdiğimiz pandemiden ders almak ve bu barınma mekanlarının izolasyon için de kullanılabilirliğini ve buna göre modifikasyonların da düşünülmesi önerilmektedir. Bu çalışma acil durum barınakları üzerinden yapılan daha geniş kapsamlı başka bir çalışmanın ön analizini oluşturmada ve gelecek çalışmalar için öneriler sunmaktadır.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde sunulmuştur.

## Referanslar

- Çağlayan Gümüş, D. (2020). Erişilebilirlik Kılavuzu. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü
- Evans, K. (2020). Tackling Homelessness with Tiny Houses: An Inventory of Tiny House Villages in the United States. *The Professional Geographer*, 72(3), 360-370. Doi:10.1080/00330124.2020.1744170
- Goldsmith, S. (1997), *Designing for the Disabled: The New Paradigm*, New York: Routledge Architectural Press
- Karlen, M., Fleming, R. (2016). *Space Planning Basics* (4th Ed.). New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Kaya, Ö., Özok, A. F. (2017). Ergonomi ve Tasarım İlişkisi, II. Uluslararası Akdeniz'de Güzel Sanatlar Sempozyumu ve Kültür Sanat Çalıştayı
- Kernon, K. E., Harmon, S. K. (2022). *The Codes Guidebook for Interiors* (8th ed.). New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Kurban, H, Kaygın, B, Tankut, A,N,. (2016) Mobilya Tasarımında Antropometrik Ölçü ve Ergonomik Analizlerin Kullanımı, İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, İnönü University Journal of Art and Design, 1-101.
- Mace, R., Hardie, G. J., Place, J. P. (1996). *Accessible Environments: Towards Universal Design*, Center for Accessible Housing, North Carolina State University, Raleigh, USA.
- Mace, R. L. (1998). Presentation at *Designing for the 21st Century: An International Conference on Universal Design* (edited by J. Reagan), Hofstra University, New York, USA. Retrieved from [https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about\\_us/usonmacespeech.htm](https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_us/usonmacespeech.htm)
- Mitton, M., Nystuen, C. (2022). *Residential Interior Design: A Guide to Planning Spaces* (4th ed.). New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Olguntürk, N. (2007). Evrensel Tasarım: Tüm Yaşlar, Farklı Yetenekler ve Çeşitli İnsanlık Durumları İçin Tasarım, Dosya 04: Tasarım ve Özgürlük: Engelli İnsanlar ve Herkes İçin Tasarım, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Bülten 46: 10-17.
- Özge, Ç. (2019). Afet ve Acil Durum Sonrası Sürdürülebilir Geçici Konut Uygulamalarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T. C. Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Panero, J., Zelnik, M. (1979). *A Source Book of Design Reference Standards*. New York, Watson-Guptill Publications
- Pheasant, S., Haslegrave, C. M. (2015). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. Taylor & Francis.
- Shearer, H., Burton, P. (2021). *Tiny Houses: Movement or moment?*, *Housing Studies*. Doi:10.1080/02673037.2021.1884203
- Shi, Y., Blainey, S., Sun, C., Jing, P. (2020). A literature review on accessibility using bibliometric analysis techniques. *Journal of Transport Geography*, 87, doi: doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102810
- Struckmeyer, L., Morgan-Daniel, J., Ahrentzen, S., Ellison C. (2021). Home Modification Assessments for Accessibility and Aesthetics: A Rapid Review, *Health Environments Research & Design Journal*, 14(2) 313-327. Doi: 10.1177/1937586720960704
- Şener, S. M., Altun, M. C. (2009). Design of a Post Disaster Temporary Shelter Unit, A/Z ITU Journal of Faculty of Architecture.
- Şengül, G. (2019). Mobil Konut Bağlamında, Zamanın Değişen İhtiyaçlarına Karşı Mekansal Arayışlar: Tiny House Örneği, Yüksek Lisans Tezi, T. C. Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Wegge, K.P., Zimmermann, D. (2007). Accessibility, Usability, Safety, Ergonomics: Concepts, Models, and Differences. In: Stephanidis, C. (eds) *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity*. UAHCI 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4554. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-73279-2\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73279-2_33)

- Yan, S. (2014). Ergonomics in Universal Design. *Advanced Materials Research Vols.*, 860(863), 2660-2663, 10.4028/www.scientific.net/AMR.860-863.2660
- UNCHE. (n.d.). United Nations Conference On The Human Environment. Retrieved August 26, 2022, from <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>
- Small Space. (n.d.). Small Space, But Still Accessible. Retrieved August 26, 2022 from <https://www.abilities.com/community/inclusive-small-spaces.html>
- House Plans Under 50 Square Meters. (2021). House Plans Under 50 Square Meters: 30 More Helpful Examples of Small-Scale Living. Retrieved August 26, 2022 from <https://www.archdaily.com/893384/house-plans-under-50-square-meters-26-more-helpful-examples-of-small-scale-living>
- 5 Cute Wheelchair-Accessible Tiny Homes. (2020). 5 Cute Wheelchair-Accessible Tiny Homes You'll Love!. Retrieved August 26, 2022 from <https://www.spinalcord.com/blog/5-amazing-wheelchair-accessible-tiny-homes>
- Wheelchair Accessible Tiny Houses. (n.d.). Wheelchair Accessible Tiny Houses: A Big Option for People With Disabilities. Retrieved August 26, 2022 from <https://www.freewheelintravel.org/wheelchair-accessible-tiny-house-for-people-with-disabilities/>
- ARQtainer. (2012). ARQtainer: Liray House, Chile. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.designboom.com/architecture/arqtainer-liray-house-chile/>
- Post-Disaster Housing Prototype Unveiled. (n.d.). Retrieved September 17, 2022 from <http://www.garrisonarchitects.com/blog/post-disaster-housing-prototype-unveiled>
- NYC. (2013). NYC To Test Out Prefabricated Post-Disaster Housing Prototype in Brooklyn. Retrieved September 17, 2022 from <https://inhabitat.com/nyc-to-test-out-prefabricated-post-disaster-housing-prototype-in-brooklyn/brooklyn-prefab-disaster-housing-garrison-architects-7/>
- Tecla house. (2021). Tecla House 3D-Printed From Locally Sourced Clay. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.dezeen.com/2016/04/14/architects-for-society-low-cost-hexagonal-shelter-housing-refugees-crisis-humanitarian-architecture/>
- TECLA. (2021). TECLA Technology And Clay 3D Printed House / Mario Cucinella Architects. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects>
- VIMOB. (2015). VIMOB / Colectivo Creativo Arquitectos. Retrieved September 17, 2022 from [https://www.archdaily.cl/cl/777784/vimob-colectivo-creativo-arquitectos/573fe441e58ece8ace00001d-vimob-colectivo-creativo-arquitectos-render?next\\_project=no](https://www.archdaily.cl/cl/777784/vimob-colectivo-creativo-arquitectos/573fe441e58ece8ace00001d-vimob-colectivo-creativo-arquitectos-render?next_project=no)
- Hex House. (2016). Architects For Society Designs Low-Cost Hexagonal Shelters For Refugees. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.dezeen.com/2016/04/14/architects-for-society-low-cost-hexagonal-shelter-housing-refugees-crisis-humanitarian-architecture/>
- AbleNook. (n.d.). Retrieved September 17, 2022 from <https://ablenook.com/>
- Kokoon. (2016). Kokoon / Aalto University Wood Program. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.archdaily.com/793534/kokoon-aalto-university-wood-program>
- Pixel. (n.d.). Retrieved September 17, 2022 from <https://www.archstorming.com/ehm-w1.html>
- Container Temporary Housing. (n.d.). Container Temporary Housing, Onagawa. Retrieved September 17, 2022 from <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-temporales-container-3>
- Living Capsule. (2016). Living Capsule Offers Shelter From Disasters. Retrieved September 17, 2022 from [https://www.archdaily.com/801540/living-capsule-offers-shelter-from-disasters?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/801540/living-capsule-offers-shelter-from-disasters?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)
- Equals Sanctuary. (2020). Create Your Personal 'Sanctuary' With Equal Architecture's Customizable Prefab Environment. Retrieved September 17, 2022 from <https://www.designboom.com/architecture/create-personal-sanctuary-equal-architecture-customizable-prefab-environment-05-29-2020/>



## Mobilya Atölyelerinde Gerçekleştirilen Bilimsel Çalışmalarda Karşılaşılan Sorunlar: Çalışma Ortamlarının Ergonomik Değerlendirilmesi Örneği

### Problems Encountered in Scientific Studies in Furniture Workshops: An Example of Ergonomic Evaluation of Working Environments

Cemal Beydoğan<sup>1</sup> , Ertan Yesari Hastürk<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1.OSB Meslek Yüksekokulu, 06000 Ankara, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 06/11/2022

Kabul / Accepted: 28/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Bu çalışma mobilya atölyelerinde ergonomik ortam koşullarının belirlenmesi amacıyla yapılan bilimsel çalışmada karşılaşılan sorunlar üzerine gerçekleştirilmiştir. Ankara Siteler bölgesinde gerçekleştirilen çalışma, 23 adet küçük ve orta ölçekli işletmede (KOBİ) yürütülmüştür. Araştırma konusu; mobilya atölyelerinde bilimsel çalışmaların yapılmasından önce, gerçekleştirilmesi sırasında ve raporlanırken ortaya çıkan sorunların tespitini kapsamaktadır. Bu sorunların başında, bilimsel çalışma yapmak için işletme yöneticilerinden izin alma konusu gelir. Araştırmacılar, çalışmanın içeriğini ve içeriğin bilimsel çalışmalarda kullanılacağını detaylıca anlatmak zorunda kalmıştır. Elde edilen verilerin denetleyici ve cezalandırıcı kurumlarla paylaşılmayacağı işletme sahiplerine uygun bir şekilde anlatılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma, atölyelerin çalışma zamanlarında yapılmak zorunda olduğundan gerek atölyelerin alan yetersizliği açısından yerleşim zorlukları, gerekse işçilerle iç içe olmanın üretimde aksamalara neden olacağı düşünceleri sebebiyle zor bir bilimsel araştırma olmuştur. Ergonomik koşulların ortaya çıkarılması için gerçekleştirilen bir çalışma kapsamında ve bu çalışma süresince karşılaşılmış olan sorunları dile getirmek ve çözüm önerileri üretmek adına yapılan bu çalışma araştırmacılar için yol gösterici niteliktedir. Bu araştırma ile ergonomik çalışmaların hedefi olan verimliliğe katkı sağlanabilecektir. Böylelikle sonraki araştırmalarda zaman, iş gücü ve çalışma bütçesi daha verimli kullanılabilir.

#### Anahtar Kelimeler

“Ergonomi, Mobilya Atölyesi, Bilimsel Çalışma”

#### Abstract

This study was carried out on the problems encountered in the scientific study conducted to determine the ergonomic environment conditions in furniture manufacturing factory. The study, was carried out in 23 small and medium-sized enterprises in Ankara Siteler region. The research subject covers the determination of the problems that arise before, during and reporting scientific studies in the furniture manufacturing factory. First problem is experienced in obtaining permission from business managers to conduct scientific studies in the workplace. The researchers who will conduct the study had to explain in detail the content of the study and that the content will be used in scientific studies. It has been explained to the business owners in an appropriate manner that the data obtained will not be shared with control and penal institutions. The carried-out study has been a scientific research with a lot of difficulties due to the fact that the factories have to be done during working hours, the location difficulties in terms of the size of the factories, and the thoughts that being together with the workers will cause disruptions in production. This study, which was carried out within the scope of a study carried out to reveal ergonomic conditions and to express the problems encountered during this study and to produce solutions, is a guide for researchers. With this research, it will be possible to contribute to the productivity, which is the goal of ergonomic studies. In this way, time, labor and working budget will be used more efficiently in future researches.

#### Key Words

“Ergonomics, Furniture Workshop, Scientific Study”

## 1. Giriş

Karasar (1999)'a göre "Araştırma, temelde bir arama, öğrenme, bilinmeyi biliniyor yapma, karanlığa ışık tutma kısaca aydınlanma sürecidir." Karasar (1999) uygulamalı araştırmayı ise, "Üretilmiş ya da üretilmekte olan bilginin denemeli uygulamasıdır. Denemeler, var olan uygulamanın istenen ya da olabilecek düzeye gelişi sağlanıncaya kadar sürdürülür" olarak tanımlamıştır.

Ergonomi, insan, makine ve ortamın birbirleriyle ilişkisi uyumlandırılması ve sonuçta verimlilik elde etmeyi hedefleyen bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Ergonomi biliminin farklı alanlarda çalışan bilim insanları farklı şekillerde ifade etmişlerdir. Sağlık alanında çalışan bir bilim insanının ergonomi tanımı ile mühendislik ya da antropometri alanında çalışan bir bilim insanının ergonomi tanımında yaklaşım olarak farklılıklar gözlemlenebilir. Ancak ergonomi temelde verimliliğe ulaşacak bir yol çizen iş bilimi olarak tanımlanmaktadır. Bu farklılıklar bilim insanından bilim insanına değiştiği gibi tanımlandığı ülkeden ülkeye de oluşabilmektedir, ergonomi ifadesi farklı ülkelerde "insan mühendisliği", "insan faktörleri mühendisliği", "iş bilimi" gibi isimlerle anılmaktadır.

"Ergonomi; insan ve makine özellikleri ile bu özelliklerin birbiriyle uyumunu inceleyen bilim dalı veya disiplini olarak tanımlanır." (Sabancı vd., 2012). Erkan (1996)'da ki tanıma göre; "İnsan-makine-çevre ilişkilerini inceleyerek böyle bir ortamda insanların sağlıklı ve üretken bir şekilde çalışabilmeleri için gerekli düzenlemeleri yapmak önem kazanmış ve bu çalışmalar ergonomi bilimini oluşturmuştur" şeklindedir. Akın (2012) ise, "Ergonomi, çalışanların biyolojik, psikolojik özellik ve kapasitelerini göz önünde bulundurarak insan-makine-çevre uyumunun doğal ve teknolojik yasalarını ortaya koyan çok disiplinli bir bilim dalı" olarak tanımlamıştır. Babalık (2014)'a göre; ergonomi, multidisipliner bir bilim dalı olup mikro ergonomi ve makro ergonomi olarak ikiye ayırmış, ergonominin tanımını yaparken iş güvenliği, işçi sağlığı, zaman etüdü, iş organizasyonu gibi ifadeleri vurgulamış, ergonomiyi iş bilimi olarak tanımlamak yerine iş bilimi ergonomiyi de içine alan daha geniş bir bilim dalı olarak kabul etmiştir. Üçüncü ve Acar (2020)'a göre ergonominin tanımı yapılırken farklı bilim insanlarının (Chapanis, 1976 ve 1995; Hancock, 1997; Helander, 1997a; Meister, 1989 vs.) farklı tarihlerde yaptığı tanımları verdikten sonra ergonomiyi "İş yükü ve çalışma gücünün en iyi şekilde dengelenerek bir yandan çalışanın sağlığını koruyan ve diğer yandan da üretimin artmasını sağlayan insan-makine-çevre sistemi arasında uyumun başarılması için biyolojik bilginin anatomi, fizyoloji ve deneysel psikoloji alanlarında uygulanması olarak da tanımlanabilir" şeklinde ifade etmiştir.

Ergonomi, fiziksel çevre faktörlerini iklimlendirme, aydınlatma, ses ve gürültü, mekanik titreşimler olarak incelemektedir. İklimlendirme kapsamında, iç ortam hava kalitesi, ısı transferi, ısı konfor, ısı denge, havanın nemi ve basıncı ile havalandırma koşullarını inceler. Aydınlatma kapsamında, aydınlatmanın etkileri, kaynakları, ölçümü, çeşitleri, renk kavramı ve göze etkileri açılarından inceleme yapar. Ses ve gürültüde, gürültü kaynakları, gürültünün ölçümü, gürültünün insan ve iş üzerindeki etkileri ve sınır değerleri üzerine değerlendirme yapar. Fiziksel çevre faktörleri dışında ergonominin konusu olan diğer çevresel faktörler; kimyasal çevre faktörleri, biyolojik çevre faktörleri, radyasyon, teknik çevre koşulları, örgütsel çevre faktörleri ve sosyal çevre faktörleri olarak sınıflandırılabilir (Üçüncü ve Acar, 2020).

"Fiziksel ergonomi, ısı denge, aydınlatma, gürültü, titreşim ve basınç etmenlerinin insan üzerindeki özellikle zararlı etkilerini inceler; insanın hoşnut olacağı bir fiziksel ortam tasarlar." (Üçüncü ve Acar, 2020). Babalık (2014), iş yerlerinde etkili olan çevresel faktörlerden birkaç tanesinin uygun olmayan ergonomik koşulları taşınması durumunda toplam etkinin büyüyeceğinden bahsetmiş olup "İş görenin işyerinde zorlanmasını eksiksiz inceleyebilmek için çevre faktörlerinin her birinin etrafıca incelenmesi gerekliliğinden" bahsetmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere çevresel faktörler tek başlarına işi ve iş yapanı olumsuz yönde etkileyeceği açıkken birkaç faktörün olumsuz etkisinin bir araya gelmesi bütünlük olumsuz etkinin çok daha büyük olacağı sonucunun öngörülmesi gerektiği çok da yanlış olmayacaktır.

Ankara Siteler bölgesinde bulunan atölyelerin hemen hepsi ya doğrudan mobilya ve aksesuarları üretimi ya da mobilya yan sanayisine hizmet eden küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Bu bölgede akademisyenler tarafından yıllarca farklı bilimsel çalışmalar yapılmış olmasına karşın yeni bilimsel çalışma yapmakta birçok güçlükle karşılaşmaktadır. Özellikle ergonomik koşulların incelenmesi başlığı altında çalışma yerlerinin ortam koşullarını inceleyecek çalışmalar işletmeler üzerinde psikolojik baskı oluşturmakta ve bu tür bilimsel çalışmaların içeriğini anlatmakta, malzeme çalışmaları yapılan bilimsel araştırmalara göre zorluk çekilmektedir. Bu çalışma, belirtilen bu zorluğu bilim insanlarına göstermek ve karşılaşılan sorunlarla ilgili daha sonra yapılacak çalışmalarda verimliliği artırmak adına her türlü zaman ve iş kaybını engellemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## 2. Kaynak Araştırması

Mobilya üreten firmalarla ilgili yapılan bir çalışmada, farklı ölçekteki firmalar incelenmiş ve firmaların organizasyonel sorunlarının firma kültürü ve büyüklüğü ile ilişkilendirildiği ortaya koyulmuştur. Yapılan çalışmada firmanın yeni ve küçük ölçekli olmasının sorunların büyüklüğü ile doğrusal bir ilişki kurulduğu yönünde bildirimde bulunulmuştur (Er, 1997).

Mobilya endüstrisinin sorunlarının çözümüne 1 Temmuz 2006 tarih ve 26215 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 9. Kalkınma Planı'nda da yer verilmiş olup sektörün tasarım, kalite, marka oluşturulması, tanıtım ve pazarlama konularında destekler sağlanarak ihracatın artırılması ve geliştirilmesi plan kapsamına alınmıştır.



E3eÇaylı (2006)'nın çalışmasında ise, KOBİ (Küçük ve orta büyüklükteki işletme) olarak faaliyet gösteren mobilya firmalarının incelendiği ve bunların sorunlarının tespit edilip çözüm önerilerinin geliştirildiği bir çalışma yürütülmüştür. Yine İstanbul'da mobilya üretimi yapan KOBİ'lerle yapılan bir çalışmada işletmelerinin sorunları ele alınıp çözüm önerileri ortaya konmuştur (Aras vd., 2007).

Malkoçoğlu vd. (2015)'nin yaptığı çalışma Türkiye mobilya endüstrisinde üretim yapan 45 KOBİ ile gerçekleştirilen anket çalışmasına dayanmaktadır. Sonuçta, mobilya endüstrisinin başta kalifiye eleman yetersizliğinden ve tasarım gibi diğer sorunları dile getirilerek çözüm önerileri sunulmuştur.

Orta Anadolu bölgesinde Ankara, mobilya üretimi açısından sektörde önemli bir yere sahiptir. Orta Anadolu Kalkınma Ajansı (2016) Mobilya Sektör Raporu'nun Ankara bölgesi tanımında "1960 yıllarında Marangozlar Odası öncülüğünde kurulan Siteler bugün 5.000 dönüm arazi üzerinde faaliyet gösteren organize bir sanayi bölgesi durumundadır." ifadesi kullanılmış ve 2016 yılı itibarıyla faaliyet gösteren 10.000 firmadan bahsedilmiştir. Ortalama çalışan sayısı ise 5.5 kişi olarak ifade edilen bu rapor, firmaların çok büyük bir kısmının aslında küçük ve ortak ölçekli olduğunu göstermektedir.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve MOSDER (Türkiye Mobilya Sanayicileri Derneği) rakamlarına göre, mobilya sektöründe çalışan kişi sayısı 250.000'in üzerindeyken mobilya yan sanayisiyle birlikte çalışan sayısı 500.000'i aşmaktadır (Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, 2016).

Türkiye mobilya sektörünün mevcut durumunun irdelendiği "Türkiye Mobilya Sektörünün Uluslararası Rekabet Gücü İncelemesi" başlıklı çalışmada, 2005-2015 yılları baz alınarak ihracat-ithalat rakamları çerçevesinde karşılaştırmalı incelemeler yapılmış 94 mobilya sınıfına ait alt sektörler incelenmiştir. Raporda, SWOT (GZFT: Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi yapılmış olup mobilya sektörüne ait sonuçlar yayınlanmıştır (Güleç ve Adıgüzel, 2016).

Ankara mobilyacılar sitesinde yapılan başka bir çalışmada, ergonomik analizler gerçekleştirilmiş olup çeşitli standartlara göre kalite ve performans değerleri belirlenmiştir (Altınok vd., 2007).

Ankara Siteler bölgesinde yapılan çalışmalardan birinde, mobilya işletmeleri incelenerek ihracat ile ilgili problemlerin ortaya konulduğu 99 işletme için bu problemleri çözecek sonuçlara yer verilmiştir (Söğütü ve Eroğlu, 2009).

Mobilya işletmelerinin ergonomik koşullarının incelendiği bir çalışmada, Ankara Siteler bölgesinde faaliyet gösteren firmalar gürlü maruziyeti açısından incelenmiş ve firmalara uygun ergonomik koşullar tavsiye edilmiştir (Ülker, 2018).

Ankara Siteler bölgesindeki 344 firma ile gerçekleştirilen yüz yüze anket uygulamasında sorun tespitlerine yönelik sorular yöneltilmiş ve sorunların tasarım odaklı olduğu sonucuna varılmış olup yönetsel konularda da sorunlara değinilmiştir (Varol ve Elibol, 2021). İlgili rapor Varol (2020)'un tez çalışmasının ana konusunu oluşturmuştur.

### 3. Materyal ve Yöntem

Ülkemizde bulunan mobilya atölyelerinin büyük bir çoğunluğu küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Her ne kadar doğrudan mobilya üretmeyen ancak tamir bakım amaçlı faaliyetler sürdüren işyerleri bünyesindeki atölyeler "mobilya atölyesi" olarak adlandırılrsa da bu çalışma kapsamında yalnızca mobilya üretimi yapan işletmeler ele alınmıştır.

Çalışma, Ankara Siteler bölgesinde bulunan işletmelerle yürütülmüştür. İşletmeler öncesinde belirlenmemiş olup görüşmeler, anlık seçimlerle ve yüz yüze ikna yoluyla gerçekleştirilmiştir.

Atölyelerde çalışılan ortamların ergonomik koşullarını belirlemek amacıyla sürdürülen bilimsel bir çalışmanın yapılmasından önce, yapılması sırasında ve raporlarken karşılaşılan sorunlar tespit edilmiştir. Bu tespitlerin; sonrasında gerçekleştirilecek benzer çalışmalara yol göstermesi, öngörülebilir sorunlar sayesinde araştırmacılar için değerli olan zaman ve işgücü kayıplarının en aza indirgenmesi, böylelikle ergonomi çalışmalarının da hedefi olan çalışma verimliliğine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Küçük ve orta ölçekli mobilya atölyelerinde gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarda karşılaşılan sorunlar, yapılan çalışma baz alınarak kronolojik olarak bölümlendirilmiş olup: çalışma öncesi, çalışma sırası ve raporlanırken karşılaşılan sorunlar olacak şekilde üç ana başlıkta ele alınmıştır.

#### 3.1. Bilimsel çalışma öncesinde karşılaşılan sorunlar

Çalışma öncesinde karşılaşılan sorunlar işletme sahipleriyle kurulan ilk temas sırasında yaşanmıştır. Araştırmacının kendisini tanıtmaya ve yapacağı çalışmanın bilimsel bir araştırma olduğunu açıklamasıyla birlikte işletme sahiplerinin önemli bir kısmı şüpheyle yaklaşmışlardır. Şüpheli yaklaşımın temel nedeni genel itibarıyla işletme sahiplerinin bilimsel çalışmanın ne olduğunu bilmemeleridir. Konuya yabancı oldukları için ve araştırmanın atölye içerisinde yapılacak olması nedeniyle firmalarının bir denetim altında olduğu,

olumsuz sonuç olarak nitelendirilebilecek çıktıların işletmeye zarar verebileceği ve en nihayetinde maddi bir ceza doğuracağı kaygısı yaratmaktadır. Bu gibi durumların önüne geçmek adına; yapılan çalışmanın bir denetim olmadığı, çalışma sonrasında bir denetime dönüşmeyeceği, firma bilgilerinin gizli tutulacağı ve elde edilen olası olumsuz verilerin bir denetleyici kuruma verilmek üzere alınmadığı bilimsel ifadeler kullanılmadan basit bir dille anlatılmalıdır. Yine de kaygıları dinmeyen işletme sahipleri için bu çalışma özelinde, görüşme öncesinde hazırlanmış olan “gizlilik sözleşmesi” imzalamaya teklifi yapılmış ve bu şekilde ikna edilmeye çalışılmıştır. Bu sözleşme, her işletmede ikna edici olmasa da kimi firma üzerinde çalışma yapılabilmesi yönünde etkin olmuştur.

İşletme sahiplerinin en büyük kaygılarından biri de yapılacak çalışmanın atölyelerde iş akışını olumsuz yönde etkileyeceği düşüncesidir. Bu düşünce, işyeri sahibini çalışma öncesi ikna etme aşamasında gelişebileceği gibi çalışma sırasında işçilerde gözlemediği olası iş yavaşlaması ve performans düşüklükleri sonucunda da gelişebilmektedir. Bu nedenle bu kaygıyı hem çalışma öncesi hem de çalışma sırasında karşılaşılan sorunlar içerisinde değerlendirmek daha isabetli olduğu düşünölmüştür. Çalışma öncesinde bu düşüncenin gerçekleştiği fark edildiği anda; işçiyle temasın olmayacağı ya da minimum düzeyde olacağı, işçinin dikkatinin dağıtılmayacağı ve üretim alanında görünürlüğün fazla olmayacağı konusunda ikna edici ve net söylemlerde bulunmanın faydalı olduğu gözlemlenmiştir.

### 3.2. Bilimsel çalışma sırasında karşılaşılan sorunlar

Araştırma izni alınan işletmelerde yürütölen çalışmalara gelindiğinde birçok sorunla karşılaşılmıştır. Bunlardan ilki olan “araştırma verilerinin üretim devam ederken ve çalışma saatlerinde alınması gerekliliği” araştırmacıların çeşitli zorluklarla karşılaşmasına sebep olmuştur. Şekil 1’de göröldüğu üzere atölyelerin yeterli büyüklükte olmaması nedeniyle depolamanın da çalışma ortamlarıyla aynı mekan içerisinde bulunması hali hazırda işçilerin hareket alanlarını sınırlarken bir de araştırmacıların ölçüm çalışmalarının eklenmesi işçilerin üretim yapmasını zorlaştırmıştır. Bununla birlikte bu yakınlık işçilerin kendilerini daha fazla gözlem altında hissetmelerine sebep olmuştur. Kendisini gözlem altında hisseden işçiler daha kontrollü şekilde çalışmalarını sürdürmeleri nedeniyle iş yavaşlamaları gerçekleşmiş ve araştırmacılara karşı yönetimden olumsuz bir yaklaşım gözlemlenmiştir. Bu yaklaşımın tepkiye dönüşmemesi için yöneticilerin yaklaşımları araştırmacılar tarafından sürekli gözlem altında bulundurulmalıdır. Çalışmayı gerçekleştiren araştırmacılar çevre kontrolüne dikkat etmiş olup özellikle yöneticileri gözlemlenmiş, çalışmaya müdahale edecekleri ya da tepki gösterecekleri anları önceden tespit etmeye çalışmışlardır. Burada gerçekleştirilen eylem öneri olarak sunulacak olursa; tepki geleceği hissedilen anlarda gerekli önlemlerin alındığı konusunda ikna edici söylemler yöneticilere iletmeli ve bu şekilde olası tepkiler yumuşatılmalıdır ki çalışmada da bu yaklaşıma yer verilmiştir.



Şekil 1. Mobilya atölyesinde çalışma ortamı.

Çalışma öncesinde belirlenen ve işçilerden daha uzak ama çalışmayı da olumsuz etkilemeyecek noktalarda araştırmayı yürütmeye devam etme, çalışmanın ölçüm alma zaman aralıklarını artırarak çalışma ortamında daha az süreyle bulunma, sadece ölçüm yapılacak

cihazı çalışma ortamında bulundurup gereksiz hiçbir materyali ortamda bulundurmama, ölçümü alacak kişi sayısını minimumda tutma, ölçüm alacak kişiyi değiştirerek işçilerle oluşabilecek ikili yakın ilişkileri engelleme gibi çözüm yollarına gidilebilir.



Şekil 2. Mobilya atölyesinde iklimlendirme ve havalandırma

İklimlendirme koşullarının tespitinde sabitlenmeye çalışılmış bir ortam olamaması, sürekli değişen ortam ısısı ve hava sirkülasyonu ölçüm değerlerine ulaşmada zorluklar meydana getirmiştir. Şekil 2’de görüldüğü gibi özellikle mevsim şartlarına göre havalandırma aracı olarak atölye kapı ve pencerelerin sürekli açık tutulması veya ısının korunması için havalandırmanın hemen hemen hiç yapılmaması ölçümü zorlaştıran koşulların başında gelmektedir. Bu tür ortamlarda alınacak verinin bilimsel niteliği şüphe altında olacağı düşünülen çalışmalarda önceden öngörüle bulunularak bu ortamlarda iklimlendirmeye ait veri alınmasının plan kapsamına alınmaması daha doğru bir seçenek olacaktır. Bu tür ortamlar, ergonomik iklimlendirme koşullarının uygunluğunun analizinden çok; koşulların işçiler üzerindeki psikolojik etkileri yönüyle ele alınması daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca ses ve gürültü ile ilgili tespitlerin gerçekleştirilmesinde atölyelerde kesikli üretim yapılması, makinelerin iş gereğine uygun olarak çalışma kombinasyonlarında ve kullanım sürelerinde anlık, saatlik ya da günden güne farklılıklar göstermesi bütün bunlara ek olarak iç mekan ve dış mekan seslerinin karışması yine ölçüm değerlerinde stabil sonuçlara ulaşmayı zorlaştırmıştır. Ancak daha önceden yapılmış olan literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bu tür dış etkenlerin ses ve gürültü ölçümlerine dahil edildiği belirlenmiş olup bu koşullarda ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerin yapılmasında dikkat edilmesi gereken ölçüm sırasında ses kaynaklarına uzaklıkların belirlenerek bir yerleşim planı üzerinde gösterilmesidir.

### 3.3. Bilimsel çalışma raporlanırken karşılaşılan sorunlar

Raporlandırma sırasında, verilerdeki sapmaların öngörülen sayısal değerlerden büyük olması istatistiksel olarak verilerin anlamlandırılması ve hata payını tanımlarken olağandışı yüksek değerler vermek zorunda bırakması, verilerin ilgili ölçümü kesin olarak temsil etmesinin önünde engel teşkil etmiştir. Bu sorunu aşmak için ölçüm alınan her an ve bu anlara ait koşullar ayrı ayrı kayıt altına alınıp anlık değerlendirmeler yapılmış, veriler birbirleriyle karıştırılmamış ama karşılıklı olarak değerlendirilmesi mümkün kılınmıştır. Bu duruma örnek verecek olursak: iklimlendirme araçları kullanılarak sağlanan hava koşullarının bulunduğu atölyelerle doğal havalandırma yapılan atölyelerden alınan verilerin aynı havuzda eritilip beraber değerlendirilmesi raporlandırma aşamasının güçlükleri arasında yer almıştır. Burada her ölçüm alınan an, ölçüm alınan zamandaki koşullar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu uygulama ses, titreşim, hava sirkülasyonu ve sıcaklık ölçümlerinde de aynı şekilde kullanılmıştır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Ankara Siteler bölgesinde yapılmış olan çalışma kapsamında, çalışmanın çeşitli aşamalarını kapsayan sorunlarla ilgili küçük ve orta ölçekli işletmelerde gerçekleştirilecek bilimsel araştırmalarda yapılması gerekenler üç aşamalı olarak ele alınmış olup her aşama tek tek incelenmiş ve karşılaşılan sorunlar için çeşitli çözüm nerileri sunulmuştur.

Çalışmanın ilk aşaması bilimsel çalışmanın yapılabilmesi için işletme yetkilileri ile gerçekleştirilen ikna sürecini kapsamaktadır. Buradaki sürec, bilimsel çalışmanın işletme atölyesinde yapılması yönündeki ikna sürecidir. İkna aşamasının en zor süreci, işletme sahiplerini bilimsel çalışmanın ne olduğunu anlatmak olmuştur. Çalışma anlatıldıktan sonra işletme yetkililerinin kaygılarını gidermek için çalışmanın bir denetim olmadığı ve firma bilgilerinin gizli tutulacağı şeklindeki söylemler ikna için en önemli ifadeler olmuştur. Araştırmacılara bir başka öneri ise, kaydedilecek bilgilerin denetleyici ve cezalandırıcı kurumlarla paylaşılmayacağının işletme yöneticilerine net bir şekilde anlatılmasıdır. İkna aşamasında kullanılmış olunan firma bilgilerinin paylaşılmayacağını gösteren önceden hazırlanmış “gizlilik sözleşmesi” bu ikna sürecinin son aşamasında kullanılması araştırmacılara bir başka tavsiyedir.

Çalışma sırasında işletme sahiplerinin çalışmayı çeşitli aşamalarda engellemesini aşmak için iş yavaşlaması, iş akışının bozulması ve performans dşklklrine sebep olunmayacağını sözlü olarak ifade etmek ve ifade edilen bu durumun gerçekleştirilen davranışlarla da işletme sahiplerine hissettirmek gerektirmektedir. Bu amaç doğrultusunda, araştırmacıların çalışanları sürekli gözle taciz etmemeleri, işçilerle yakın ilişki kurmamaları, depo ve sirkülasyon alanlarında gereksiz işgal ve hareketlilik oluşturmamaları, araştırmacı sayısının en az sayıda tutulması ve mümkünse araştırmacıların değiştirilmesi belirtilen sorunları en aza indirecektir. Bu alışma özelinde, ergonomik koşulların incelenmesinden kaynaklanan ölçüm değerlerinin tutarlı olması ve bilimsel sonuçlar ifade edebilmesi için veriler alındığı an itibariyle çevresel koşulların ve donatı elemanlarının anlık yerleşiminin ölçüm anıyla eş zamanlı olarak kaydedilmesi gerekmektedir.

Raporlandırma aşamasında, istatistiksel çalışma yapılacaksa güven aralığının ve hata paylarının ngrlmş olması ve özellikle ekstrem değerlerin hangilerinin ya da ne kadarının incelenen veri aralığına dahil edileceğine doğru karar verilmesi gerekmektedir. Ergonomik fiziksel evre koşulları değerlendirilirken her bir koşul öncelikle ayrı ayrı incelenmeli, istenen değerlerin dışarısında olan koşullar belirlendikten sonra bu koşulların bütünsel olarak birbirlerine olan çapraz etkilerinin incelenmesi ve tek tek etkilerinin çapraz etkilerle birlikte çok daha büyüdüğü gözden kaçırılmamalıdır ve bilimsel değerlendirmeye mutlaka dahil edilmelidir.

#### Bilgilendirme

Bu alışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi’nde sunulmuştur.

#### Referanslar

Akın, G. (2012). Ergonomi. Tiydem Yayıncılık, 1. Basım, 3.

Altınok, M., Söğütlü, C., & Döngel, N. (2007). Ankara mobilyacılar sitesinde üretilen mobilyaların kalite ve performanslarının belirlenmesi. 10(2), 191-196.

Aras, R., İmirzi, H., ., & Akın, H. (2007). İstanbul’daki kk ve orta ölçekli mobilya üretim işletmelerinin sorunları ve çözüm nerileri. Politeknik Dergisi, 10(7), 105-110.

Babalık, F.C. (2014). Mühendisler için ergonomi: işbilim. Dora Yayınları, 4. Basım, 3-4, 149-150.

aylı, M. (2006). Türkiye’de mobilya sektöründe faaliyet gösteren KOBİ’lerin mevcut durumu, sorunları ve çözüm nerileri (2000-2004 anket uygulaması). Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (Bülent Ecevit Üniversitesi), Zonguldak.

Er, A. H. (1997). Mobilya endüstrisinde tasarım yönetimi (büyük ve kk lekli Türk firmalarından rnekler). I. Ulusal Mobilya Kongresi, Ankara, Bildiriler Kitabı, 79-89.

Erkan, N. (1996). Ergonomi: verimlilik, sağlık ve güvenlik için insan faktörü mühendisliği. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 3. Basım, 14-16.

Güleç, E., & Adıgüzel, M. (2016). Türkiye mobilya sektörünün uluslararası rekabet gücü incelemesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Working Paper Series, 31(5).

Karasar, N. (1999). Bilimsel araştırma yöntemi. Nobel Yayıncılık, 9. Basım, 22-27.

Malkoçoğlu, A., Yaylı, K., Yıldırım, İ., & Ataseven, F. (2015). Türkiye mobilya endüstrisi kk ve orta ölçekli işletmelerinin yapısal incelenmesi, sorunları ve çözüm nerileri. Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi, zel Sayı-1 (UMK-2015), 747-764.




Orta Anadolu Kalkınma Ajansı. (2016). Mobilya sektör raporu.

- Sabancı, A., Sümer, S.K., & Say, S.M. (2012). Meslek yüksekokulları için endüstriyel ergonomi. Nobel Yayıncılık, 1. Basım, 1-4.
- Söğütü, C., & Eroğlu, F. (2009). Mobilya işletmelerinin ihracat durumunu etkileyen faktörlerinin Ankara siteler bölgesi örneğinde incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 12(2), 101-106.
- TBMM Kararı. (2006). Dokuzuncu kalkınma planı (2007-2013). Resmi Gazete, Sayı: 26215.
- Üçüncü, K., & Acar, H.H. (2020). Ergonomi. Nobel Yayıncılık, 1. Basım, XI-XIII, 13-15, 313-314.
- Ulker, O. (2018). Mobilya imalatı esnasında oluşan gürültü emisyonlarının ve maruziyetinin araştırılması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 10(2), 225-244.
- Varol, A. (2020). Tasarımda yenilik-yenilikçilik sorunlarının mobilya endüstrisi üzerinden okunması ve bir çözüm önerisi: Ankara mobilya tasarım merkezi. Sanatta Yeterlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Varol, A., & Elibol, G.C. (2021). Ankara siteler mobilya bölgesinin tasarım odaklı sorunlarına bölgesel bir çözüm olarak tasarım merkezi. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 55-69.



## Mobilya İmalatında Çevresel Faktörlerin Araştırılması

### Researching Environmental Factors in Furniture Manufacturing

Onur Ülker<sup>1</sup> , Seda Canoğlu<sup>1</sup> , Ozan Peker<sup>1</sup> , Mehmet Ali Altın<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Başyuru/Received: 05/11/2022

Kabul / Accepted: 23/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Mobilya atölyelerinin çevresel şartlarının yetersiz olması, çalışanları psikolojik ve fizyolojik yönden etkilemektedir. Mobilya imalatında yüzey kalitesi ürünün albenisini ve fiyatını belirleyen en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Araştırmanın amacı, mobilya sektöründe üretim esnasında oluşan gürültü ve aydınlık seviyelerinin tespit edilmesi ve mevcut sorunlara çözüm önerileri getirilmesidir. Araştırma esnasında Kesim, Rendeleme, Delik Açma, Kanal Açma, Üst Yüzey iş istasyonlarında aydınlık seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan atölyelerin içinde 4,5 ve 6 numaralı atölyelerde kanal açma iş istasyonlarının TS EN 12464 aydınlatma standardına uygun olduğu gözlemlenmiştir. Mobilya imalatında kullanılan yatar daire testere, freze, planya, şerit testere ve kalınlık makinası gibi temel makineler çalışanların gürültü maruziyetini artırmaktadır. Proje kapsamında inceleme yapılan 6 atölyenin 3'ü Eskişehir'de 3'ü Ankara'da yer almaktadır. Bu atölyelerin 3'ü mikro ölçekli KOBİ, 3'ü orta ölçekli KOBİ'dir. Gürültü ölçümleri, TS EN ISO 9612:2009 standardı temel alınarak yapılmıştır. Araştırma esnasında kesim, rendeleme, delik açma, kanal açma, üst yüzey iş istasyonları TS EN ISO 9612 standardı kapsamında gürültü maruziyet değerleri ölçülmüştür. Gürültü maruziyetinin yasal sınırın üzerinde olan iş istasyonları, kesim, rendeleme, kanal açma, üst yüzey iş istasyonları olduğu görülmüştür. Bu iş istasyonlarının içinde daire testere 'de 88,6 dBA, şerit testerede 90,82 dBA, kalınlık makinasında 91,25 dBA, şaküllü frezede 91,20 dBA, yatay frezede 90 dBA ve zımparada 86,50 dBA olduğu gözlemlenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*“Ergonomi, Aydınlık Ölçümü, Gürültü Ölçümü, Mobilya Üretimi, İş yeri konforu”*

#### Abstract

Inadequate environmental conditions in furniture workshops affect employees psychologically and physiologically. In furniture manufacturing, surface quality is one of the most important factors that determine the attractiveness and price of the product. The aim of the research is to determine the noise and light levels that occur during production in the furniture industry and to propose solutions to existing problems. During the research, illuminance measurements were made at the Cutting, Planing, Hole Opening, Grooving, and Top Surface workstations. It has been observed that the grooving workstations in workshops 4,5 and 6 among the workshops where measurements were made comply with the TS EN 12464 lighting standard. Basic machines such as horizontal circular saws, milling cutters, planers, band saws and thicknessing machines used in furniture manufacturing increase the noise exposure of workers. 3 of the 6 different workshops examined within the scope of the project located in Eskişehir and 3 workshops are in Ankara. Three of these workshops for micro-sized SMEs and 3 of them for medium-sized SMEs. Noise measurements were made based on the TS EN ISO 9612:2009 standard. During the research, noise exposure values were measured within the scope of TS EN ISO 9612 standard for Cutting, Planing, Hole Making, Grooving, Top Surface workstations. It has been observed that the noise exposure is above the legal limit at the workstations, Cutting, Planing, Grooving and Top Surface workstations. Among these workstations, it was observed that 88.6 dBA in the circular saw, 90.82 dBA in the band saw, 91.25 dBA in the thickness machine, 91.20 dBA in Plumbing Mill, 90 dBA in Horizontal Mill and 86.50 dBA in Sanding.

#### Key Words

*“Ergonomics, Illuminance Measurement, Noise Measurement, Furniture production, Workplace Comfort”*

## 1. Giriş

1850’li yıllarda Avrupa’da başlayan sanayileşme günümüzde yerini teknoloji gelişimine bırakmıştır. Sanayileşme ve teknoloji gelişimi arttıkça iş kazalarının ve meslek hastalıklarının da arttığı bilinmektedir. Mobilya sektöründe çalışanlar, çok farklı ergonomik risklere maruz kalmaktadırlar. Ülkemizde mobilya sektörü faaliyetlerinin büyük bölümü küçük ölçekli işletmelerde yapılmaktadır. Küçük ölçekli işletmelerin çalışma ortamlarının KOBİ ve büyük ölçekli işletmelere kıyasla ergonomik bağlamda daha problemlidir.

Makine insan ilişkisindeki en önemli riskler, gürültü, yetersiz aydınlatma, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarıdır. Gürültünün genel tanımı, istenmeyen seslerin iş ortamındaki ve çevredeki varlığı olarak bilinmektedir. Gürültünün çalışanlarda oluşturduğu en önemli sorun, işitme kaybıdır. İşitme kaybı yaşayan bireylerde işe dikkatte azalma, makine insan ilişkisinde sorunlar, iş kazaları, çalışma performansında azalma gibi farklı sorunları da doğurduğu bilinmektedir.

Literatür incelendiğinde, mobilya sektöründe çalışanların yüksek gürültü maruziyetine uğradığı görülmüştür (Vinzenz, P.ve Laursen, B., 1993; Eleftheriou, P. C., 2002). Araştırmamız kapsamında, Eskişehir Baksan Mobilya Sanayisinde ve Ankara Siteler Mobilya Sanayisinde faaliyet gösteren toplamda altı farklı atölyede gürültü maruziyetleri araştırılmış ve mobilya endüstrisinin iş istasyonlarını oluşturan farklı makina gruplarında çalışanların yanlarına gidilerek ortam gürültüsü dozimetrelere kullanılarak incelenmiştir. Ölçümler sonucunda çalışanlara gürültü maruziyetinin zararları anlatılmış, önlemler hakkında bilgi verilmiştir.

Projemizin ikinci hedefi olan atölyelerin farklı katlarda olmasına bağlı gelişen aydınlatma seviyelerinin farklılıkları ve standartlara uygunlukları aydınlık ölçer cihazı kullanılarak ölçülmüş ve atölyelerin aydınlatma ergonomisine uygun olup olmadığı araştırılmıştır. İş yerinde yapılan çalışmaların aydınlık ve gürültü seviyeleri ele alınarak değerlendirilmelidir. Bu faktörlerden aydınlatmanın iş sağlığı ve güvenliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. İşyerinde konforun sağlanması ışığın geldiği açığa ve ışığın büyüklüğüne bağlıdır. Doğal aydınlatma en sağlıklı aydınlatma yöntemidir ve yapay aydınlatmanın spektrumu mümkün olduğunca doğal aydınlatma ile benzerlik sağlamalıdır. Böylelikle çalışanların göz sağlığının korunması da sağlanabilir. Mekanların doğru aydınlatılması, sadece görmemizi sağlamaz aynı zamanda psikolojimiz, ruhsal sağlığımız, biyolojik ritmimiz, iyi hissetmemiz ve çalışma performansımız üzerinde de etkilidir. Çalışanların iş parçalarına dikkatini vermeleri, tehlikeleri gözlemlemeleri, odaklanmaları aydınlatma sisteminin kalitesine bağlı olarak artış göstermektedir (Van Bommel, 2006). Çalışma esnasında iş parçalarının kontrolü, makinelerin dikkatlice gözlemlenmesi, yüksek devirli bıçakların oluşturabileceği tehlikelerin farkındalığı gibi görevler, atölye içi aydınlatmanın çalışma hayatındaki önemini artırmıştır (Knaev, 1984).

Sonuç olarak, tesadüf olarak seçilmiş atölyelerde gürültü maruziyetini oluşturan prosesler belirlenerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda atölyeler iş istasyonlarına ayrılmış ve pek çok iş istasyonunda günlük maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A) değerinin üzerinde yer almıştır. Aydınlık ölçümü yapılan işletmelerde TS EN 12464 standardına uygunluk değerleri incelenmiştir.

## 2. Kaynak Araştırması

Mobilyanın Türk Dil Kurumu ifadesi “Oturulan, yemek yenilen, çalışılan, yatılan yerlerin döşenmesine yarayan taşınabilir eşyaya verilen genel ad, möble” isminde ifade edilmektedir (TDK). Türkçede ilk olarak mobilya kelimesi 1892 yılına rastlamaktadır. Bu açıklamaya göre; “İnsanların, günlük yaşama yönelik sosyal ve kültürel temel gereksinimlerini güvenli ve konforlu bir şekilde karşılamak amacıyla genelde ağaç, malzemeden oluşturulmuş işlevsel, estetik görünümlü kullanım eşyalarının tümü mobilya olarak tanımlanır” (Akbal, 2013).

Mobilyanın İtalyancası “mobilia”dır. Bir yerden başka bir yere taşınabilir anlamı ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla günümüzde yaşam alanlarının vazgeçilmez bir parçası olarak ifade edilmektedir. Mobilya oturma, dinlenme, çalışma, yeme, içme, uyuma gibi aktivitelerin yapıldığı kullanıma bağlı olarak hareketli veya sabit özelliği olan monte, demonte özelliği ile taşınabilirliği olan çok fonksiyonlu, kullanışlı malzemelerden oluşturulmuş eşyalardır. Mobilya TSE’ye göre;” Oturma, yemek yeme, çalışma, yatma vb. yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesinde kolaylık ve rahatlık sağlayan; parçaların büyük çoğunluğu masif, lifli, yongalı ve tabakalı ağaç malzemelerden yapılan sabit veya taşınabilir eşyadır” (TS 4521, 1985).

Mobilya türleri insan yaşamının her alanında bulunmaktadır. Dolayısıyla insanlığı mobilya geliştirmek için birçok çalışmalar yapılmaktadır. Dünya mobilya üretimi, dünyadaki gelir ve refah artışına paralel olarak artmaktadır. Son 10 yıllık süre içerisinde yalnızca 2020 yılında küçülme gösteren dünya ekonomisine benzer biçimde mobilya ticareti de 2020 yılı dışında sürekli büyüme göstermektedir. Gelişen dünya ekonomisine ek olarak mobilya değiştirme aralığı dünya ortalamasında dört yıla düşerken, ülkemizde de 10-12 yıldan sekiz yıla düşmüştür (Mobilya Sektör Raporu, 2020).

Bazı kaynaklarda, "günlük terör" olarak nitelendirdiği gürültünün tanımı, rahatsızlık veren seslerin toplamıdır. Her insanın sesi gürültü olarak algılamaya başladığı eşik değeri farklı olsa da 85 dB(A) değerinden sonra algılanan sesler gürültü olarak değerlendirilmektedir (Babalık, 2003; Haksal, 1997 ).

Çalışma ortamlarında yüksek gürültü kaynaklı işitme kaybı; pek çok sektörde görülen ve geri dönüşü olmayan çok önemli bir meslek hastalığıdır. Yapılan araştırmalar gürültü maruziyetinin Amerika ve Kanada’da meslek hastalıkları arasında sık görüldüğünü göstermiştir (Olishifski, 1988). Gürültü maruziyetinin iş yerindeki çalışma performansını ölçen çalışmalar yapılmış ve çalışmaların sonucunda gürültünün performansı azaltıcı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Gürültülü ortamlarda yapılan imalatlarda, çalışanların hafıza kaybına uğradığı ve unutkanlık yaşadığı, ürettikleri işlerde hatalar çıktığı ve gürültünün artmasıyla çalışanların agresifleştiği, işlerine gereken özeni gösteremedikleri görülmüştür (Stansfeld, 2003). Ülkemizde çalışma ortamında gürültü maruziyeti nedeniyle oluşan işitme kaybının 200.000 kişiyi aştığı belirtilmektedir (Özenç, 2008; Kalatzis, 1998; Hudspeth, 1989).

Konutların ve atölyelerin iç mekan aydınlatılması için gerekli ve ihtiyaç duyulan doğal aydınlatma miktarı, sadece çalışanların ve kullanıcıların mekan içinde rahat görmesi değil ayrıca konut mekan içinde herhangi bir göz yorgunluğu, psikolojik rahatsızlık ve görüş konforunda bozulma olmadan ve mekan kullanımının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamalıdır (Fontoynt, 2002).

### 3. Materyal ve Yöntem

Mobilya atölyelerinde, genellikle tekil makineler kullanılmaktadır. İnceleme yapılan atölyelerde kesme işlemi için, daire testere (Mızrak Prestij 220) ve şerit testere (FB710 Felder şerit testere), rendeleme işlemi için planya (NETMAK PL 500 CE), kanal açma ve kenar düzenleme için freze (NETMAK 900) , yüzey işlemleri osilasyonu bant zımpara makinası (Marmaksan) ve dikey zımpara (Einhell TH-US 240), kaplama işlemleri için dikey pres (Cemilusta SSP-80), laminasyon işlemleri için yüksek voltajlı laminasyon presi(SSP-80 PRM), bağlantı deliklerini açmak için, dikey delik açma (Peksan 32mm sütunlu matkap) ve yatay delik açma (Himsan osilasyonlu dişi zıvana delik makinası) makineleri kullanılmaktadır.

Gürültü maruziyeti tespitinde TS EN ISO 9612:2009 “Akustik çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi için prensipler” isimli standarda bağlı kalınmıştır. Çalışanların görsel maruziyetlerinin değerlendirilmesi amacıyla, işyerlerinde aydınlatma ölçümlerinde, “Measurement of Lighting Levels in the Work Place – Canada Occupational Health and Safety Regulations, Part VI” e göre tanımlanan COHSR-928-1-IPG039 Metodu tercih edilmiştir. Ölçülen değerlerin ortalamaları hesaplanarak “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” EK-1 22’nci maddesi gereğince TS EN 12464-1: 2013 standardı minimum aydınlık düzeyi değerleri ile karşılaştırılmıştır.

### 4. Deneysel Sonuçlar

Gürültü maruziyeti ölçümü için Ankara Siteler ve Eskişehir Baksan Sanayi sitesinde faaliyet gösteren işletmeler içinden, 3 mikro, 2 küçük ve 1 orta ölçekli KOBİ seçimi yapılmıştır. Gürültü ölçümü yapılmış olan atölyelere ait bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Altı adet ahşap mobilya atölyesinde beş işistasyonlarına dair gürültü değerleri Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Ölçüm Yapılan İşyerleri Çalışan Sayıları

Atölye no:	Çalışanlar	Konumu / Şehir
1	2	Bodrum Kat / Ankara
2	3	Bodrum Kat / Eskişehir
3	4	Giriş Kat / Ankara
4	25	Giriş Kat / Eskişehir
5	52	G. ve 1. Kat / Ankara
6	40	G. ve 1.Kat / Eskişehir

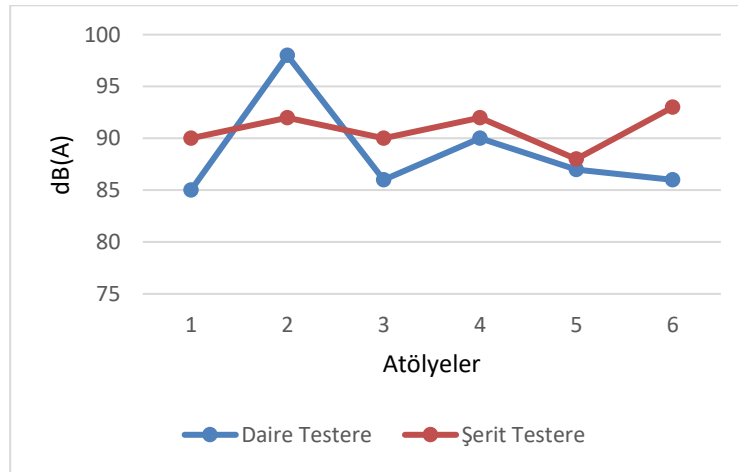


Tablo 2. İşistasyonu Tabanlı Gürültü Ölçüm Sonuçları

İşyeri No:	Kesim İşistasyonu		Rendeleme İşistasyonu		Delik Açma İşistasyonu		Kanal Açma İşistasyonu		Üst Yüzey İşistasyonu	
	Maruziyet Değeri dB(A)		Maruziyet Değeri dB(A)		Maruziyet Değeri dB(A)		Maruziyet Değeri dB(A)		Maruziyet Değeri dB(A)	
	Daire Testere	Şerit Testere	Kalınlık	Planya	Dikey Matkap	Yatay Matkap	Şakülü Freze	Yatay Freze	Pres	Zımpara
1	85	90	90	83	80	81	86	88	77	89
2	98	92	****	****	****	****	****	****	****	****
3	86	90	91	87	75	79	91	86	71	85
4	90	92	****	****	****	****	90	91	****	****
5	87	88	89	82	80	78	92	90	80	85
6	86	93	95	86	75	70	97	95	74	87
<b>Ortalama</b>	<b>88,56</b>	<b>90,82</b>	<b>91,25</b>	<b>84,50</b>	<b>77,50</b>	<b>77,00</b>	<b>91,20</b>	<b>90,00</b>	<b>75,50</b>	<b>86,50</b>

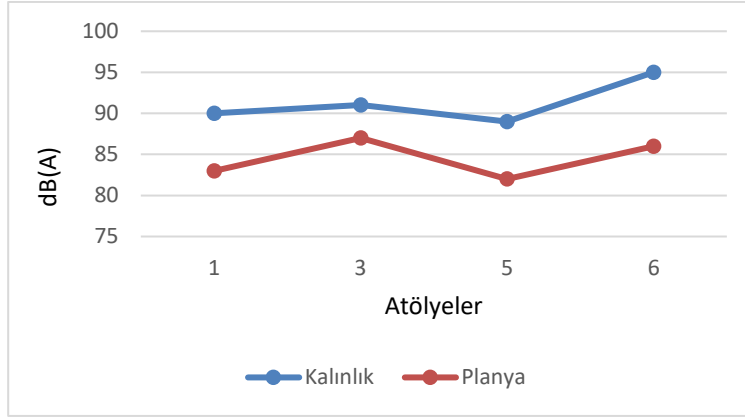
NOT: \*\*\*\* olarak verilmiş değerler söz konusu makinanın atölyede olmadığını ifade etmektedir.

Altı farklı atölyede yapılmış olan gürültü ölçümlerinde daire testere ve şerit testere ile yapılan kesim işleminde, gürültü değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Ölçüm sonuçları en yüksek gürültü değerinin 2 numaralı atölyede faaliyet gösteren daire testerede olduğunu göstermektedir.



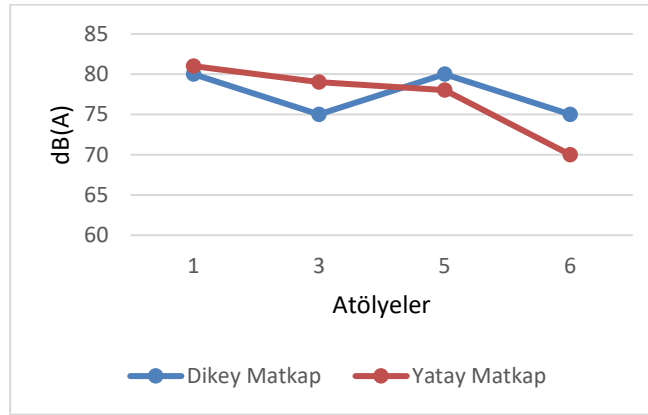
Şekil 1. Kesim işistasyonları gürültü maruziyet değerleri

Altı farklı atölyede inceleme yapılmış sadece 4 farklı atölyede Rendeleme İşistasyonunun olduğu görülmüştür. Şekil 2'de görüldüğü üzere; kalınlık makinasından kaynaklanan gürültülerin planya prosesine kıyasla daha yüksek olduğu ve en yüksek gürültünün 6 numaralı atölyede olduğu gözlemlenmiştir.



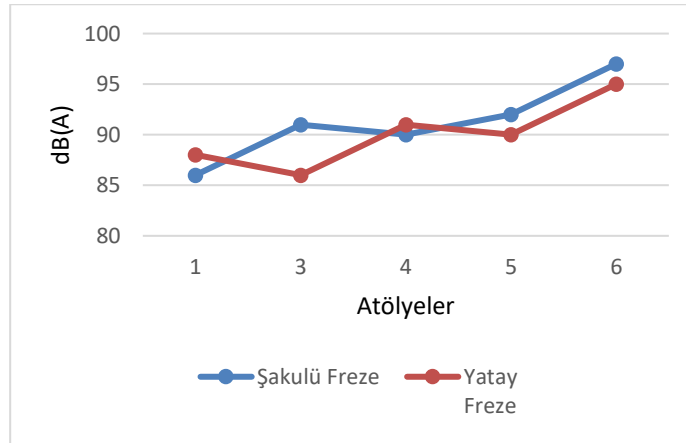
Şekil 2. Rendeleme işstasyonu gürültü ölçüm sonuçları

Şekil 3'e göre; delik açma iş istasyonunda oluşan imalat gürültüleri karşılaştırıldığında, en düşük gürültü 6 numaralı atölyede oluşmakta, en yüksek gürültü ise 1 numaralı atölyede olduğu gözlemlenmiştir.



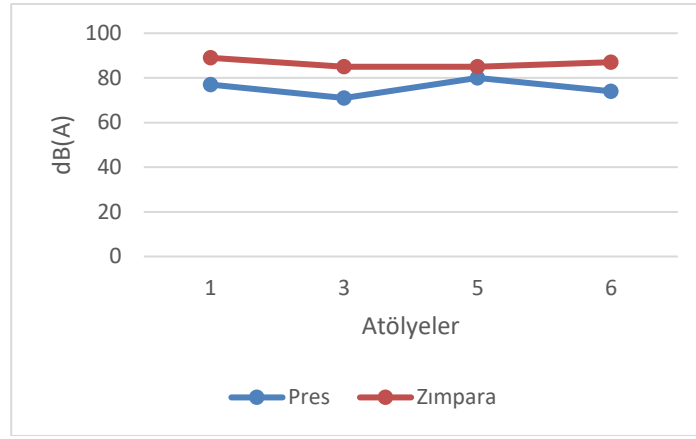
Şekil 3. Delik açma prosesine ait gürültü ölçüm sonuçları

Kanal açma işstasyonu gürültü maruziyet değerleri incelendiğinde (Şekil 4.) şakülü freze ile işlem atölyelerde gürültü maruziyetinin daha fazla olduğu, en yüksek gürültü maruziyetinin 6 numaralı atölyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Kanal açma gürültü ölçüm değerleri

Üst yüzey işleri gürültü maruziyet değerleri Şekil 5'de verilmiştir, zımpara prosesinin gürültü maruziyeti ile presleme prosesinden kaynaklanan gürültüler karşılaştırıldığında; zımparalama prosesin daha yüksek değerde gürültü ürettiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Üst yüzey işlemleri gürültü maruziyet değerleri

Ölçüm yapılan atölyelere ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir. Ölçüm yapılan altı mobilya atölyesinde işstasyonlarına dair aydınlık seviyeleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Ölçüm Yapılan İşyerleri ve Aydınlatma Türleri

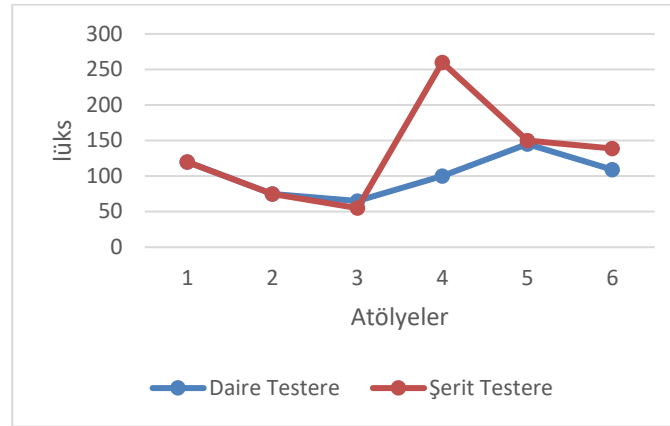
Atölye No:	Çalışan Adedi	Aydınlatma Durumu
1	2	Yapay Aydınlatma
2	3	Yapay Aydınlatma
3	4	Doğal ve Yapay Aydınlatma
4	25	Doğal ve Yapay Aydınlatma
5	52	Doğal ve Yapay Aydınlatma
6	40	Doğal ve Yapay Aydınlatma

Tablo 4. İşstasyonu tabanlı aydınlık seviyeleri

İşyeri No:	Kesim İşstasyonu		Rendeleme İşstasyonu		Delik Açma İşstasyonu		Kanal Açma İşstasyonu		Üst Yüzey İşstasyonu	
	Aydınlık Seviyesi		Aydınlık Seviyesi		Aydınlık Seviyesi		Aydınlık Seviyesi		Aydınlık Seviyesi	
	Daire Testere	Şerit Testere	Kalınlık	Planya	Dikey Matkap	Yatay Matkap	Şakülü Freze	Yatay Freze	Pres	Zımpara
1	120 lüks	120 lüks	120 lüks	120 lüks	120 lüks	120 lüks	130 lüks	180 lüks	125 lüks	125 lüks
2	75 lüks	75 lüks	****	****	****	****	****	****	****	****
3	65 lüks	55 lüks	55 lüks	65 lüks	55 lüks	65 lüks	55 lüks	90 lüks	55 lüks	65 lüks
4	100 lüks	260 lüks	****	****	****	****	550 lüks	650 lüks	****	****
5	145 lüks	150 lüks	160 lüks	245 lüks	200 lüks	180 lüks	190 lüks	420 lüks	200 lüks	220 lüks
6	109 lüks	139 lüks	138 lüks	190 lüks	125 lüks	93 lüks	350 lüks	400 lüks	150 lüks	106 lüks
<b>Ortalama</b>	98,70 lüks	117,88 lüks	118,25 lüks	155,00 lüks	125,00 lüks	114,50 lüks	225,00 lüks	348,00 lüks	132,50 lüks	129,00 lüks

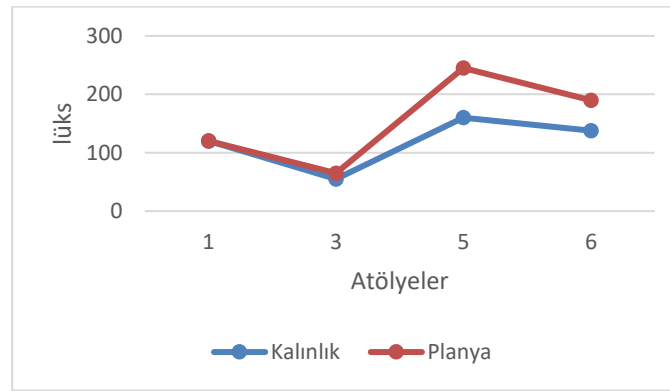
NOT: \*\*\*\* olarak verilmiş değerler, söz konusu makinanın atölyede olmadığını ifade etmektedir.

Altı farklı atölyede yapılmış olan aydınlık seviyesi ölçümlerinde daire testere ve şerit testere ile yapılan kesim işlemlerinde kesme prosesine ait aydınlık seviyesi Şekil 6'da verilmiştir. Ölçüm sonuçları en yüksek aydınlık seviyesinin 4 numaralı atölyede faaliyet gösteren şerit testerede olduğunu göstermektedir.



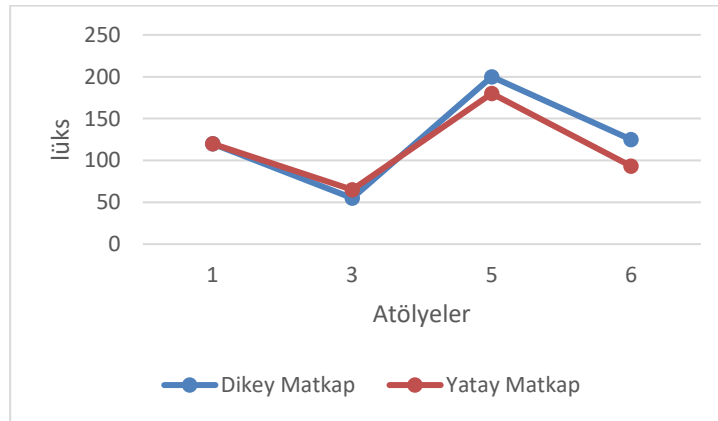
**Şekil 6. Kesim işstasyonları aydınlık seviyeleri**

Altı farklı atölyede inceleme yapılmış sadece 4 farklı atölyede Rendeleme İşstasyonunun olduğu görülmüştür. Şekil 7'de görüldüğü üzere; 5. Atölyenin aydınlık seviyelerinin diğer atölyelere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.



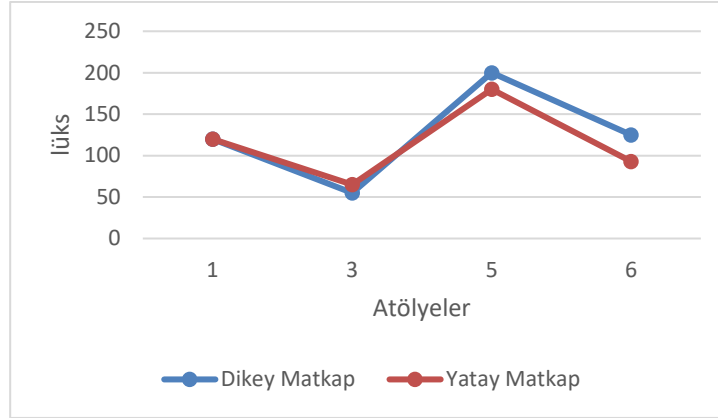
**Şekil 7. Rendeleme işstasyonu aydınlık değerleri**

Şekil 8'e göre: delik açma aydınlık seviyeleri incelendiğinde, en yüksek aydınlık seviyesinin 5 numaralı atölyede, en düşük aydınlık seviyesinin 3 numaralı atölyede olduğu gözlemlenmiştir.



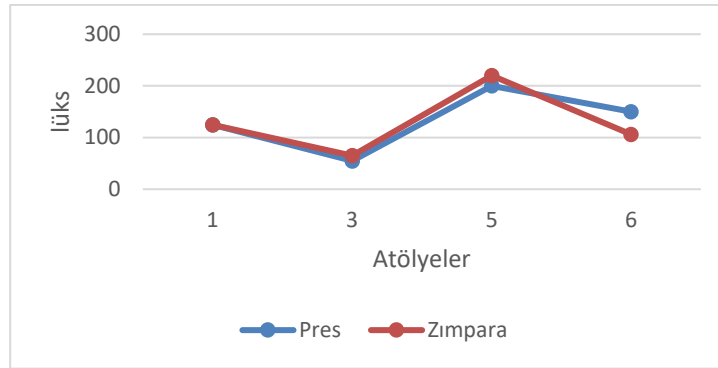
**Şekil 8. Atölyelerde delik açma prosesine ait aydınlık değerleri**

Kanal açma işistasyonu aydınlık ölçüm değerleri incelendiğinde (Şekil 9.) en düşük aydınlık seviyelerinin 3 numaralı atölyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 9. İşyerlerinde kanal açma işlemi aydınlık değerleri

Üst yüzey işlemleri aydınlık seviyesi değerleri Şekil 10.'da verilmiştir, en yüksek aydınlık seviyesi 5 numaralı atölyede gözlemlenmiştir.



Şekil 10. Üst yüzey işlemlerinin aydınlık değerleri

Yapılan ölçümlerin TS EN 1246 standardına uygunluğu kontrol edildiğinde sadece kanal açma iş istasyonunda yatay freze kullanılarak yapılan işlemlerin standartlara uygun olduğu gözlemlenmiştir.

## 5. Sonuç ve Tartışma

Proje kapsamında inceleme yapılan mobilya atölyeleri yerleşik düzende çalışan ve tekil makineler kullanılarak imalat yapan çalışma ortamına sahip işletmelerdir. KOBİ ve Mikro KOBİ büyüklüğünde faaliyet gösteren işletmeler genellikle aile şirketleridir. Bu atölyelerin geçmişi incelendiğinde babadan oğula ya da torunlara intikal etmiş olduğu görülür. Geçmişten gelen pek çok alışkanlık ve çalışma yöntemi usta çırak ilişkisi kullanılarak aktarılır. Bu sistemin her ne kadar iyi yönleri olsa da ISG (iş sağlığı ve güvenliği) konusunda ülkemizin ilerlemesini ve bu konuda bütçe ayrılmasına olumsuz sebebiyet verir. Bu projede de maalesef yapılan ölçümler işletmelerin yetersiz aydınlatıldığını, makine hatlarında oluşan gürültü maruziyetinin yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılan ölçümler sonucunda ortaya çıkan durum incelendiğinde, ölçümlerin yapılmış olduğu 6 atölyede işistasyonu bazında gürültü maruziyetinin, dört iş istasyonunda yasal mevzuatımızdaki maruziyet sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Gürültü maruziyetinin yasal sınırın üzerinde olan iş istasyonları, kesim, rendeleme, kanal açma, üst yüzey işistasyonları olduğu görülmüştür. Bu işistasyonlarının içinde daire testerede 88,6 dBA, şerit testerede 90,82 dBA, kalınlık makinasında 91,25 dBA, şaküllü frezede 91,20 dBA, Yatay Frezede 90 dBA ve Zımparada 86,50 dBA olduğu gözlemlenmiştir.

Aydınlık seviyesi ölçümleri sonuçları incelendiğinde, sadece kanal açma işistasyonunda yer alan yatay freze kullanımında aydınlatma seviyesinin 348 lüks ile TS EN 12464 standardına uygun olduğu fakat diğer iş istasyonlarının standartlara uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Kesim iş istasyonunun aydınlatma değerleri daire testere için 98,70 lüks ve şerit testere için 117,88 lüks olduğu, rendeleme işistasyonunda kalınlık makinası için 118,25 lüks ve planya için 155 lüks değerinde olduğu, delik açma işistasyonunda dikey matkap için 125 lüks ve yatay matkap için 114 lüks olduğu, kanal açma iş istasyonunda şakülü freze için 225 lüks, üst yüzey

işistasyonunda pres için 132 lüks, zımpara için 129 lüks değerlerin elde edildiği gözlemlenmiştir. Ölçümlerin yapıldığı şehirler fark etmeksizin sadece yatay freze’ de yapılan ölçümlerin 348 lüks olması şaşırtıcıdır. Mobilya imalatında yapılan çalışmalar genellikle yüksek devirde çalışan makinalar ile yapılır. Ölçüm yapılan atölyelerde ortalama atölye aydınlık seviyesinin en düşük değeri 62 lüks ve en yüksek aydınlık değeri ise 238 lüks olduğu gözlemlenmiştir. Düşük aydınlık seviyesinde yapılan çalışmalar hem iş kalitesinin düşük çıkmasına hem de çalışanların göz sağlığının bozulmasına, iş kazalarının olmasına neden olur. Mevcut aydınlık seviyelerinin standart değerlerden ortalama olarak %50 daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan ölçümlerin sonucunda, mobilya sektöründe çalışanların gürültü maruziyetine uğradıkları, düşük aydınlık seviyesinde çalıştıkları, kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarında risk altında oldukları gözlemlenmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi benzer sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir. Bu durum mobilya sektörünün kaderi değildir, bu kötü çalışma koşullarının iyileştirilmesi için pek çok yöntem bulunmaktadır. Öncelikle gürültü kaynağını tespit edilmeli ve gürültüyü engelleyecek çözümler geliştirilmelidir. Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, gürültü maruziyetine en fazla katkı yapan işlemin “kanal açma işlemi ve rendeleme işlemi” olduğu, gürültü maruziyetine en az katkı yapan iş istasyonu ise “delme iş istasyonu” olduğu tespit edilmiştir. Yoğunluğu fazla olan ahşapların rendelenmesi ve işlenmesi sonucunda daha fazla gürültü olduğu görülmüştür. Baksan Mobilya Sanayi Sitesi ve Ankara Siteler Mobilya Sanayi Sitesi kuruluş aşamasında ISG kurallarına uygun mimari yapıda olmadığı proje gözlemleri sürecinde tespit edilmiştir. Baksan Sanayi Sitesinde mobilya atölyeleri iki katlı olarak planlanmış, Ankara Siteler Mobilya Sanayi sitesinde ise iki veya üç katlı binalar olarak tasarlanmıştır. Ankara’da aynı binada 3-4 adet farklı atölye bulunurken, Baksan sanayi sitesinde genellikle her binada tek atölye bulunmaktadır. Ankara’da faaliyet gösteren işletmelerde gürültüyü mevcut bina tasarımlarında standartlara uygun seviyeye getirmek olanaksızdır. Siteler sanayi bölgesinde faaliyet gösteren atölyelerin bodrum katta olması gürültü ve aydınlık seviyelerinin kontrolünü zorlaştırmaktadır. Üst katlarda bulunan mobilya atölyelerinin ise evrensel tasarım kurallarına uygun olmadığı gözlemlenmiştir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma 28. Ulusal Ergonomi Kongresi’nde sunulmuştur.

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir

## Referanslar

Akbal U., Dayanıklı tüketim ve mobilya sektör Raporu, 2013, MÜSİAD, [http://www.musiad.org.tr/Mobilya\\_Sektor\\_Raporu\\_2013.pdf](http://www.musiad.org.tr/Mobilya_Sektor_Raporu_2013.pdf).(Erişim tarihi: 20/09/2022)

Babalık F. (2003) “İş Yerinde Sağlık ve Gürültü Olasılığı”. II. İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, Adana, Türkiye 02-03

Deutsches Institut für Normung, 2007. DIN5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht - Teil 6: Messung und Bewertung Ausgabe 2006-11.

Eleftheriou, P. C. (2002). Industrial noise and its effects on human hearing. *Applied Acoustics*, 63(1), 35-42.

Fontoynt, M. (2002). Perceived performance of daylighting systems: lighting efficacy and agreeableness. *Solar Energy*, 73(2), 83-94.

Haksal, V. (1997). Gürültü ile oluşan işitme kayıpları ve korunma yolları. *Mühendis ve Makine TMMOB Makine Mühendisleri Odası Aylık Yayını*, (451), 28-29.

Hudspeth-AJ. (1989). How the Ear’s Work. *Nature*, 341(241), 397-404

Kalatzis, V., & Petit, C. (1998). The fundamental and medical impacts of recent progress in research on hereditary hearing loss. *Human molecular genetics*, 7(10), 1589-1597.

Knave, B. "Ergonomics and lighting." *Applied ergonomics* 15.1 (1984): 15-20.

Mobilya Sektör Raporu (2020), T.C. Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Ankara

Olishifski, J. B. (1988). Occupational hearing loss, noise, and hearing conservation. *Occupational Medicine: Principles and Practical Applications*. Chicago, Ill: Yearbook Medical Publishers.

Özenç RF. (2008). Atatürk Havalimanının Neden Olduğu Çevresel Gürültünün Modellemesi ve Kontrolü, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Türkiye.

Stansfeld, S. A., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British medical bulletin*, 68(1), 243-257.

Türk Dil Kurumu güncel Türkçe sözlük içinde Erişim Adresi: <https://sozluk.gov.tr/>

TS 4521: 1985, Ağaç mobilya- Terimler ve tanımlar, 01.040.97 Evlerde Kullanılan ve Ticari Ekipmanlar, Eğlence, Spor (Terimler); 97.140 Mobilya, Sayfa: 8, DIN 68 871 75, 1985.

TS EN ISO 9612:2009, Akustik çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi için prensipler, Sayfa: 5-45, ISO, 2009.

Van Bommel, W. J. (2006). Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Applied ergonomics*, 37(4), 461-466.

Vinzents, P., Laursen, B. (1993). A national cross-sectional study of the working environment in the Danish wood and furniture industry air pollution and noise. *The Annals of occupational hygiene*, 37(1), 25-34.



## Nitelik Seçimi Kullanarak Twitter Kullanıcısının Cinsiyet Sınıflandırması üzerine Bir Çalışma

### A Study on Twitter User Gender Classification using Feature Selection

Tuba Parlar\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, Hatay, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 03/12/2022

Kabul / Accepted: 21/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Günümüz iş modellerinde kurum veya kuruluşlar, karar alma süreçlerini iyileştirmek için kullanıcıların görüşlerini bilmek istemektedirler. Dünyanın dört bir yanındaki milyonlarca insan, sosyal ağ uygulamaları aracılığıyla metin mesajları, videolar veya fotoğraflar kullanarak günlük yorumlarını ve düşüncelerini ifade etmektedir. Facebook, Instagram, Twitter ve YouTube gibi sosyal ağ uygulamalarının hızla büyümesi, burada paylaşılan büyük veri içeriğini araştırmak ve kullanıcı davranışlarını analiz etmek için araştırmacılara çekici bir alan sunmaktadır. Sosyal ağlardan gelen bu muazzam miktardaki veri, etkili pazarlama, kişiselleştirilmiş öneri sistemleri, fikir liderleri bulma, ilaç endüstrisi veya politik analizler için kullanılmaktadır. Sosyal ağ uygulamaları aracılığıyla elde edilen büyük miktarda veri, makine öğrenme yöntemleriyle analiz edilmektedir. Bu çalışmada Twitter kullanıcılarının otomatik cinsiyet sınıflandırması performansını artırmak için nitelik seçim yöntemi kullanılmıştır. Twitter kullanıcı tanımları, twit metinleri ve her ikisinin bir arada kullanıldığı üç veri kümesi üzerinde uygulanan nitelik seçim yönteminin performansı naive bayes ve lojistik regresyon sınıflayıcıları ile değerlendirilmiştir. Deney sonuçları ki-kare nitelik seçim yöntemi ile seçilen niteliklerin lojistik regresyon ile sınıflandırma başarısının çok daha üstün olduğunu göstermektedir.

#### Anahtar Kelimeler

“Cinsiyet sınıflandırması, makine öğrenme, nitelik seçimi, sosyal ağlar, Twitter”

#### Abstract

In today's business models, institutions or organizations want to know users' opinions to improve their decision-making processes. Millions of people all around the world express their daily comments and thoughts using text messages, videos, or photos via social network applications. The rapid growth of social networking applications such as Facebook, Instagram, Twitter, and YouTube provides an attractive field for researchers to investigate the content of big data shared here and analyze user behavior. This enormous amount of data from social networks is used for effective marketing, personalized recommendation systems, finding opinion leaders, the pharmaceutical industry, or political policy making. A big amount of data obtained through social network applications is analyzed by machine learning methods. In this study, feature selection method is used to improve the automatic gender classification performance of Twitter users. The performance of the feature selection method that is applied on three datasets: user descriptions, tweets and where both are used together is evaluated with naive bayes and logistic regression classifiers. The results of the experiments show that the classification success of the selected features using chi-square feature selection method is much better with logistic regression classifier.

#### Key Words

“Feature selection, gender classification, machine learning, social networks, Twitter”



## 1. Giriş

Twitter, kullanıcılarının kısa cümlelerle görüşlerini paylaştığı en yaygın sosyal medya platformudur. Web 2.0 ile artan sosyal medya kullanımı ile bu platformlarda ürünler, hizmetler, kuruluşlar, bireyler, konular ve olaylar hakkında paylaşılan duygu ve düşünceler, başkalarının karar verme süreçlerinde çok daha etkili hale gelmiştir. Twitter, Instagram, Facebook gibi sosyal ağlar, e-ticaret siteleri, forumlar, bloglar aracılığıyla büyük miktarda veri elde edilmektedir. Elde edilen veriler makine öğrenme yöntemleri kullanılarak yüksek doğrulukta sınıflandırılabilir. Bilgisayar bilimleri, yönetim bilimleri, pazarlama, finans, siyaset bilimi, iletişim, sağlık gibi çeşitli alanlarda sosyal medya uygulamalarının kullanıcılarının bir ürün veya hizmet hakkındaki görüşlerinden bilgi çıkarımı ve otomatik sınıflandırma her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Kullanıcısının duygularını maksimum 280 karakterle ifade etmesi gerektiğinden Twitter verileri çok daha öz ve anlamlı bilgi içermektedir (Brzustewicz & Singh, 2021; Dahal, Kumar, & Li, 2019; Kim, Ganesan, Dickens, & Panda, 2021). Ancak diğer sosyal ağlardan farklı olarak Twitter, kullanıcısı hakkında çok daha sınırlı bilgi taşımaktadır. Twitter kullanıcı profili, kullanıcının ekran adı, kullanıcı adı, yer, tanımlama gibi bazı temel nitelikleri içermektedir. Twitter kullanıcısının profilini analiz etmek, sosyal ağ uygulamaları alanında çalışan mühendislik, sosyoloji, psikoloji, pazarlama gibi farklı disiplinlerden araştırmacılar için ilgi çekici olmaya başlamıştır. Kullanıcıların profil analizi duygu analizi, doğal dil işleme gibi konu başlıkları altında yer almaktadır. Bu alandaki çalışmalarda makine öğrenme algoritmaları, metin madenciliği, veri madenciliği yöntemleri kullanılmaktadır.

Twitter kullanıcılarının profilini belirleme ile ilgili çalışmalar PAN konferanslarının temel konu başlıklarındandır. PAN CLEF 2017 ve 2018 konferanslarında farklı dillerde Twitter veri kümeleri üzerinde kullanıcı profili, özellikle cinsiyet belirlemek için yöntemler geliştirmek üzere çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Rangel, Rosso, Montes-y-Gómez, Potthast, ve Stein, 2018; Rangel, Rosso, Potthast, ve Stein, 2017). PAN CLEF 2018 konferansında İngilizce Twitter verisinden cinsiyet tespitinde en iyi sonucu, Daneshvar ve Inkpen (Daneshvar ve Inkpen, 2018), saklı anlamsal analiz (latent semantic analysis) yöntemi ile seçtikleri nitelikleri destek vektör makineleri algoritmasını kullanarak %82.21 doğrulukla sınıflandırmışlardır. PAN CLEF 2019 konferansında (Rangel ve Rosso, 2019) n-gram yöntemi kullanılarak, emoji ve özel karakterleri metin içerisine eklenerek lojistik regresyon sınıflayıcı ile %84'ün üzerinde doğruluk değeri elde edilmiştir (Valencia, Adorno, Rhodes, ve Pineda, 2019).

Khandelwal vd. (Khandelwal, Swami, Akhtar, ve Shrivastava, 2018) İngilizce-Hintçe karışık atılan twitlerden oluşan bir veri kümesini etiketleyerek cinsiyet sınıflandırması için farklı nitelik çıkarım yöntemleriyle sınıflandırma performans analizlerini yapmışlardır. Çalışmada en iyi sonuç, karakter n-gram yöntemiyle yapılan nitelik çıkarımı ve destek vektör makineleri sınıflayıcısı kombinasyonu ile %89.7 doğruluk değeri ile elde edilmiştir. Yang ve diğerleri (Yang, Al-Garadi, Love, Perrone, ve Sarker, 2021) yaptıkları çalışma ile biyomedikal araştırmalarda kullanılmak üzere Twitter verilerinden otomatik olarak cinsiyet analizi yapan bir model sunmuşlardır. Kullanıcı adları, kullanıcıların ekran adları, kullanıcı tanımları, twit metinleri ve profil renklerinden oluşan nitelikler ile destek vektör makineleri, rastgele orman, uzun-kısa vadeli bellek algoritmaları ile sınıflandırarak cinsiyete bağlı trendleri analiz etmeyi hedeflemiştir. Vashist ve Meehan (Vashisth ve Meehan, 2020) Twitter kullanıcı cinsiyetini otomatik olarak sınıflandıran çalışmalarında tf-idf, word2vec, glove nitelik çıkarım yöntemleriyle lojistik regresyon, destek vektör makineleri, naive bayes makine öğrenme algoritmalarını bir arada kullanmışlardır. Kaggle Twitter veri seti (Kaggle, 2016) üzerinde yaptıkları çalışmalarında en iyi sonucu word2vec yöntemiyle lojistik regresyon sınıflayıcı kullanarak %57.14 doğruluk değeri ile elde etmişlerdir.

Vicente vd. (Vicente, Batista, ve Carvalho, 2015) yalnızca kullanıcı adı ve ekran adı gibi profil bilgilerine dayalı olarak çıkarttıkları niteliklere dayanarak cinsiyet tahmini yaptıkları çalışmalarında naive bayes, lojistik regresyon, destek vektör makineleri, bulanık ortalamalar, ve k-ortalamalar gibi denetimli ve denetimsiz makine öğrenme yöntemleri ile performans analizleri yapmışlardır. Sonuç olarak, bulanık ortalamalara dayalı denetimsiz makine öğrenme yöntemini kullanarak %96 doğrulukla sınıflandırma performansı ile başarılı bir sonuç elde etmişlerdir. Vicente vd. (Vicente, Batista, ve Carvalho, 2019) İngilizce ve Portekizce dillerinde yaptıkları sınıflandırma çalışmasında ilave olarak profil fotoğrafı bilgisini de kullanmışlardır. Kullanıcı adı, ekran adı, kullanıcı tanımı, twit metni ve profil fotoğrafı bilgilerini bir arada kullanarak destek vektör makineleri sınıflayıcısı ile İngilizce için %93.2 Portekizce için %96.9 sınıflandırma başarıları elde etmişlerdir.

Bu çalışma ile kullanıcı tanımları ve kullanıcı tweetlerinden elde edilen niteliklere dayanarak kullanıcının cinsiyetini otomatik olarak sınıflandırmak için yöntem önerilmektedir. Kullanıcının profilinden (adı, ekran adı, tanımlaması) ve yazdığı twit metinlerinden elde edilen nitelikler hem ayrı ayrı hem de bir arada kullanılarak oluşturulan veri kümeleri üzerinde ki-kare nitelik seçim yöntemi uygulanmış ve elde nitelik alt kümeleri naive bayes ve lojistik regresyon makine öğrenme algoritmaları kullanılarak performans analizleri yapılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı veri ön işleme adımlarında, nitelik çıkarımlarında ve nitelik seçim algoritmaları farklı yöntemler izlendiği görülmüştür. Çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan yöntemler ve değerlendirme ölçütleri açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde veri kümesi, ön işleme adımları, nitelik çıkarımı süreci ve deneyler sonuçları ile sunulmaktadır. Dördüncü bölümde ise genel sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

## 2. Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde Twitter kullanıcılarının tanımları ve yazdıkları mesajlardan yararlanılarak cinsiyet tahmininde kullanılan nitelik seçim yöntemi, makine öğrenme algoritmaları ve performans değerlendirme ölçütleri hakkında genel bir bilgi verilmektedir. Bu çalışmada sınıflandırma performansını artırmak için ki-kare nitelik seçim yönteminden yararlanılmaktadır. Performans analizi için olasılık tabanlı Naive Bayes ve Lojistik regresyon makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır.

### 2.1. Ki-kare ( $\chi^2$ ) nitelik seçme yöntemi

Ki-kare nitelik seçim yöntemi, her bir niteliğin, sınıf değişkeni ile arasındaki ilişkiyi ölçmektedir. Yöntem, sınıf frekansının sınıfın beklenen frekansına bölünmesi ile elde edilen değerlerin karşılaştırılmasına dayanır. Düşük puanlı bir  $f$  niteliği, ilgili  $c$  sınıfı için daha az bilgi vericidir ve bu nedenle kaldırılabilir. Denklem (1)'de;  $A$ ,  $c$  sınıfında  $f$  niteliğini içeren belge sayısını;  $B$ , diğer sınıftaki  $f$  niteliğini içeren belge sayısını;  $C$ ,  $c$  sınıfında  $f$  niteliğini içermeyen belge sayısını,  $D$  diğer sınıftaki  $f$  niteliğini içermeyen belge sayısını ifade ederken,  $N$  de toplam belge sayısını ifade etmektedir (Jin vd., 2015).

$$\chi^2(f, c) = \frac{N(AD - CB)^2}{(A + C)(B + D)(A + B)(C + D)} \quad (1)$$

Ki-kare nitelik seçim yöntemi veri kümesindeki her nitelik için sınıf ile arasındaki bağlantıya göre bir değer hesaplar ve sonra da nitelikleri bu değerlere göre sıralar. Büyük değere sahip olan nitelikler kullanıcının cinsiyet bilgisini belirlemede sınıflandırma başarısı için önemli niteliklerdir.

### 2.2. Naive Bayes makine öğrenme algoritması

Naive Bayes makine öğrenme algoritması, Bayes teoremine dayalı geliştirilen olasılık tabanlı bir sınıflandırma yaklaşımıdır. Koşullu olasılıktan yararlanılan Bayes teoremi bir niteliğin hangi olasılık ile bir sınıfa ait olduğu bilgisini hesaplar. Naive Bayes (NB) yaklaşımında ise, birçok nitelikten ( $f_1, \dots, f_n$ ) oluşan veri kümelerinde  $P(c | f_1, \dots, f_n)$  hesaplama maliyeti oldukça yüksek olduğundan bu sorunu çözmek için naive varsayımı ile sınıf bilgisi koşullu bağımsız olarak kabul edilmektedir.  $P(c | f_1, \dots, f_n)$  denklem (2)'ye göre hesaplanmaktadır (Han ve Kamber, 2006).

$$P(c_i | f_1, \dots, f_n) = \frac{P(c_i)P(f_1, \dots, f_n | c_i)}{P(f_1, \dots, f_n)} \quad (2)$$

Burada  $P(f_1, \dots, f_n)$  tüm sınıflar için sabit olduğundan amaç  $P(c_i)P(f_1, \dots, f_n | c_i)$  değerinin maksimize edilmesidir.

### 2.3. Lojistik Regresyon makine öğrenme algoritması

Lojistik regresyon (LR) makine öğrenme algoritması ile hedeflenen bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olarak modellenmesidir. Lojistik regresyon yaklaşımı ile veri kümesinden çıkarılan niteliklerin olasılıkları denklem (3)'e göre hesaplanmaktadır. Denklem (3)'te de görüldüğü gibi üstel bir fonksiyondan yararlanarak olasılık değerleri hesaplanarak nitelikler için bir sınıf belirlenmektedir.

$$P(c_i | f_1, \dots, f_n) = \frac{\exp(\sum_{i=1}^N w_i f_i)}{\sum_c \exp(\sum_{i=1}^N w_i f_i)} \quad (3)$$

### 2.4. Performans değerlendirme ölçütleri

Makine öğrenme algoritmalarının sınıflandırma performansları karmaşıklık matrisine (Tablo 1) dayalı olarak hesaplanan temel ölçütlere göre değerlendirilmektedir. Çalışmamızda Twitter kullanıcı verilerinden elde edilen niteliklerle kullanıcı cinsiyet analizi yapılması hedeflenmiştir. Tablo 1'i incelediğimizde, çalışmamızdaki niteliklerin sınıflandırma sonucu tahmin kadın ve gerçek sınıf da kadın ise doğru negatif (true negative- $TN$ ); gerçek sınıf erkek ise yanlış negatif (false negative- $FN$ ); sınıflandırma sonucu tahmin erkek iken gerçek sınıf kadın ise yanlış pozitif (false-positive- $FP$ ); gerçek sınıf erkek ise doğru pozitif (true positive- $TP$ ) olarak ifade edilmektedir. Doğruluk (accuracy), Kesinlik (Precision), Duyarlılık (Recall), F1 formüllerini gösteren Denklem (4-7), karmaşıklık matrisinden yararlanılarak geliştirilen performans ölçütleridir (Han ve Kamber, 2006; Sokolova ve Lapalme, 2009).

**Tablo 1.** Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf	
		Kadın (0)	Erkek (1)
Gerçek Sınıf	Kadın (0)	$TN$	$FP$
	Erkek (1)	$FN$	$TP$

Doğruluk (accuracy) ölçütü, her iki sınıf (kadın ve erkek) için doğru tahmin ile yapılan sınıflandırma toplamının, toplam sayıya bölümü ile elde edilir:

$$\text{Doğruluk} = \frac{TN + TP}{TN + TP + FP + FN} \quad (4)$$

Kesinlik (precision-P) ölçütü, başarılı tahmin oranı yani erkek (1) sınıfı için yapılan tahminlerin sınıflandırmadaki doğru pozitif oranını gösterir:

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

Duyarlılık (recall-R) ölçütü, erkek (1) sınıfı için yapılan tahminlerin sınıflandırmada gerçek doğru olma oranını gösterir:

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

F1 ölçütü kesinlik ve duyarlılık ölçütlerinin harmonik ortalaması alınarak elde edilir:

$$F1 = 2 \times \frac{P \times R}{P + R} \quad (7)$$

### 3. Kullanılan Veri Kümesi ve Deneysel Sonuçları

#### 3.1. Veri kümesi

Önerilen yöntemleri kullanarak deneyleri yapmak için Kaggle Twitter veri kümesi kullanılmıştır (Kaggle, 2016). Kaggle Twitter veri kümesi 20 bin kayıttan oluşmaktadır. Her bir kayıt, kullanıcı adı, twit, kullanıcı hesap bilgileri, yer, bir bağlantı bilgisi içermektedir. Veri kümesinden yararlanarak kullanıcı cinsiyet sınıflandırması denetimli öğrenme algoritmalarıyla otomatik olarak yapılacağından cinsiyet bilgisi olmayan kayıtlar elenmiştir. Deneyler, 5725 kadın (sınıf:0) ve 5469 erkek (sınıf: 1) olmak üzere toplam 11194 kayıt ile gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2. Deneysel sonuçlar

Çalışmada kullanılan masaüstü bilgisayar Intel core i5-10400F CPU işlemci 16 GB RAM bellek, NVIDIA GeForce RTX 3070 ekran kartı özelliklerine sahiptir. Deneyler için kodlar Python NLTK<sup>1</sup> ve scikit-learn (Pedregosa vd., 2011) kütüphanelerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Nitelik çıkarımı için öncelikle Twitter veri kümesi üzerinde veri ön işleme yapılmıştır. Tüm kelimeler küçük harfe çevrilmiş, @, RT, bağlantılar, etiketler, emojiler, noktalama işaretleri, rakamlar, tek karakterler, etkisiz kelimeler (sıklıkla tekrar eden and, a, an, the vs...) çıkarılmıştır. Daha sonra kök çözümleme (lemmatization) gerçekleştirilmiştir. Böylece farklı ek alan aynı kelime köklerine inildiği için nitelik sayıları indirgenmiştir. Örneğin “studies, studied, studying” kelimeleri yerine “study” kelimesi kullanılmıştır. Nitelik çıkarımı, kelime torbası (bag-of-words) yöntemi ile terim frekanslarına göre gerçekleştirilmiştir. Veri temizleme, indirgeme ve bütünleştirme aşamalarından sonra elde edilen veri kümesi, kullanıcı tanımları ve kullanıcıların attığı twitler olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Tablo 2’de görüldüğü gibi kullanıcı tanımları ve twit metni bir arada kullanıldığında 33464 nitelik, yalnızca kullanıcı tanımı 21138 nitelik, kullanıcı twit metinleri 19673 nitelikten oluşmaktadır. Temel bir performans değerlendirmesi yapmak amacıyla nitelik seçim yöntemi uygulamadan önce, her bir deneyde, kayıtların %80’i eğitim verisi %20’si test verisi olarak bölündükten sonra tüm nitelikler için naive bayes ve lojistik regresyon makine öğrenme algoritmaları ile sınıflandırma yapılmıştır. Deneysel sonuçları her bir veri kümesi için Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 2’de görüldüğü gibi en iyi sonuç kullanıcı tanımları veri kümesi ile elde edilen %67 F1 ölçütü ile lojistik regresyon sınıflayıcı ile elde edilmiştir.

**Tablo 2.** Nitelik seçimi öncesi Sınıflandırma Sonuçları

	Tüm Nitelikler	NB		LR	
		Doğruluk	F1	Doğruluk	F1
Kullanıcı Tanımı+Metin	33464	<b>59.89</b>	<b>59</b>	65.61	66
Kullanıcı Tanımı	21138	57.84	55	<b>66.67</b>	<b>67</b>
Kullanıcı Twit Metni	19673	57.17	54	58.6	58

Tüm nitelikler için temel değerlendirme sonuçları elde edildikten sonra, ki-kare nitelik seçim algoritması ile kullanıcı tanımı ve twit metinleri, kullanıcı tanımları ve kullanıcı twit metinleri olmak üzere 3 ayrı veri kümesi için performans değerlendirme yapılmıştır. Ki-kare nitelik seçim yöntemiyle skorları hesaplanan nitelikler önem sırasına göre sıralanmıştır. En değerli ilk 250, 750, 1250, 2250 ve 2750 nitelik sayıları için sınıflandırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tablo 3’de görüldüğü gibi, kullanıcı tanımlarının ve twit metinlerinin bir arada kullanıldığı verilerin sınıflandırılmasında en iyi sonuç %74 F1 ölçütü ile 2250 nitelik ile elde edilmiştir. 33464 nitelik ile elde edilen %66 F1 değeri sınıflandırma başarısı 2250 adet ki-kare yöntemiyle seçilen niteliklerle çok daha yüksek performans ile sınıflandırmıştır. Bu sonuç hesaplama zamanı ve maliyeti açısından da önemlidir.

<sup>1</sup> <https://nltk.org>

**Tablo 3.** Ki-kare Nitelik Seçim Yöntemi ile Performans Değerlendirme Sonuçları

Kullanıcı Tanımı+Metni	NB		LR	
	Doğruluk	F1	Doğruluk	F1
<b>Nitelik Sayıları</b>				
<b>250</b>	60.12	54	68.20	67
<b>750</b>	62.97	58	70.30	70
<b>1250</b>	65.74	62	72.18	72
<b>1750</b>	66.99	64	72.67	73
<b>2250</b>	70.70	69	<b>73.60</b>	<b>74</b>
<b>2750</b>	<b>71.95</b>	<b>71</b>	73.51	73
33464 (Tüm nitelikler)	59.89	59	65.61	66

Tablo 4'te gözlemlendiği gibi sadece kullanıcı tanımlarına göre oluşturulan niteliklere göre sınıflandırma yapıldığında en iyi sonuç 2750 nitelik kullanılarak %72.58 doğruluk ve %72.02 F1 ölçütü ile lojistik regresyon sınıflayıcı ile elde edilmiştir. Tablo 2'deki sonuçların bir miktar daha iyi sınıflandırma başarıları sunduğu gözlenmektedir.

**Tablo 4.** Ki-kare Nitelik Seçim Yöntemi ile Performans Değerlendirme Sonuçları

Kullanıcı Tanımı	NB		LR	
	Doğruluk	F1	Doğruluk	F1
<b>Nitelik Sayıları</b>				
<b>250</b>	62.04	57.47	66.23	64.66
<b>750</b>	63.06	57.92	70.03	69.28
<b>1250</b>	63.82	59	71.37	70.86
<b>1750</b>	<b>69.36</b>	<b>67.21</b>	71.91	71.56
<b>2250</b>	65.52	61.47	72.18	71.80
<b>2750</b>	68.56	65.55	<b>72.58</b>	<b>72.02</b>
21138 (Tüm nitelikler)	57.84	55.0	66.67	67.0

Tablo 5'te sadece kullanıcı twit metinlerinden yararlanılarak cinsiyet bilgisi sınıflandırılması deney sonuçları verilmiştir. Buradaki sonuçların Tablo 3 ve 4'teki değerlerden çok daha düşük olduğu görülmektedir. Yine de nitelik seçiminin sınıflandırma başarısını artırdığı görülmektedir. Tüm nitelikler için %58 F1 sınıflandırma başarısı, seçilen 2750 nitelik ile %67.6 F1 değerine yükselmiştir. Deney sonuçlarından da anlaşıldığı gibi en iyi sınıflandırma sonucu twitter kullanıcı tanımları ve twit metinlerinden bir arada elde edilen niteliklerin ki-kare nitelik seçim yöntemiyle en değerli niteliklerin seçilmesiyle 33464 nitelikten seçilen 2250 değerli niteliğin sınıflandırılmasıyla %74 F1 değeri ile LR sınıflayıcısıyla elde edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 5.** Ki-kare Nitelik Seçim Yöntemi ile Performans Değerlendirme Sonuçları

Twitter Metni	NB		LR	
	Doğruluk	F1	Doğruluk	F1
<b>Nitelik Sayıları</b>				
<b>250</b>	57.17	48.88	59.85	55.68
<b>750</b>	60.47	54.23	64.63	63.37
<b>1250</b>	63.47	59.28	65.88	65.19
<b>1750</b>	63.15	58.17	66.64	66.18
<b>2250</b>	66.19	62.54	67.44	67.05
<b>2750</b>	<b>66.64</b>	<b>63.11</b>	<b>67.89</b>	<b>67.61</b>
19673 (Tüm nitelikler)	57.17	54.0	58.6	58.0

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Sosyal ağ verilerinden yararlanarak kullanıcı profilini çıkarmak alışveriş alışkanlıkları, siyasi yönelimleri, sağlık ihtiyaçları gibi farklı alanlarda kullanılabilir yararlı bilgiler edinmek açısından giderek daha önemli hale gelmektedir. Kullanıcılarının günlük hayatlarında karar alma mekanizmalarında, iş ve alışveriş alışkanlıklarında etkilendiklerinde bu mecralar ilişkiler, demografi ve sosyal davranışlar açısından psikolojik, sosyolojik, pazarlama gibi alanlarda ilgi çekici olmayı hak etmektedir. Makine öğrenme yöntemleriyle

sınıflandırma yapmak için kullanıcıların verilerinden yararlı niteliklerin çıkarılması giderek zorlaşmaktadır. Çünkü paylaşımlar artmakta ve veri çoğaldıkça gürlütlü veri dediğimiz anlamsız veri de artmaktadır. Nitelik seçim yöntemlerinin kullanımının önemi giderek artmaktadır.

Bu çalışma ile Twitter veri kümesinden elde edilen kullanıcı tanımları ve twit metinlerinden yararlanılarak otomatik olarak kullanıcının cinsiyet tahmini yapılması için bir model önerilmiştir. Önerilen model ile Twitter verileri önışlemden geçirildikten sonra nitelik çıkarımı yapılmış, nitelikler terim frekansı ile ağırlıklandırılıp ki-kare nitelik seçim yöntemi ile önemine göre sıralanmıştır. Yapılan deneylerden sonra en başarılı sınıflandırma performansı kullanıcı tanımlarının ve twit metinlerinin bir arada kullanıldığı veri kümesi üzerinde yapılan nitelik seçimi ile gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Tüm nitelikler (33464 adet) üzerinde yapılan sınıflandırma performansı %66 F1 değerinde iken ki-kare yöntemi ile seçilen en değerli 2250 nitelik ile %74 F1 değeri ile sınıflandırma başarısı %8 artırılmıştır. Ki-kare nitelik seçim yöntemi hem veri kümesinde gürlütlü yaratan ve sınıflandırmaya katkısı olmayan nitelikleri elenmiş hem de çok daha az nitelikle çalışan sınıflayıcının hesaplama zamanı maliyeti azaltılmıştır. Sınıflayıcılar karşılaştırıldığında lojistik regresyon sınıflayıcısının çok daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Lojistik regresyon sınıflayıcısı korelasyonu yüksek niteliklerle daha başarılı sonuç verdiği bilinmektedir. Veri kümesinde çok fazla korelasyonu yüksek nitelik olması nedeniyle naive bayes sınıflayıcısından daha yüksek sınıflandırma başarıları elde edilmiştir. Gelecek çalışmalarda, sınıflandırma başarısını artırmak amacıyla farklı nitelik çıkarım yöntemleriyle hibrit nitelik seçim yöntemleri kullanarak deneyleri farklı veri kümeleri üzerinde geliştirmeyi ve daha başarılı sınıflandırma sonuçları elde etmeyi planlamaktayız.

## Bilgilendirme

Bu çalışma ICSAR 2022 (1st International Conference on Scientific and Academic Research) konferansında sunulmuştur.

## Referanslar

Daneshvar, S., ve Inkpen, D. (2018). *Gender identification in twitter using n-grams and lsa*. Paper presented at the proceedings of the ninth international conference of the CLEF association (CLEF 2018).

Han, J., ve Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques* (Second ed.): The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems.

Jin, C., Ma, T., Hou, R., Tang, M., Tian, Y., Al-Dhelaan, A., ve Al-Rodhaan, M. (2015). Chi-square statistics feature selection based on term frequency and distribution for text categorization. *IETE journal of research*, 61(4), 351-362.

Kaggle. (2016). Twitter User Gender Classification. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets/crowdfLOWER/twitter-user-gender-classification?select=gender-classifier-DFE-791531.csv>

Khandelwal, A., Swami, S., Akhtar, S. S., ve Shrivastava, M. (2018). Gender Prediction in English-Hindi Code-Mixed Social Media Content: Corpus and Baseline System. *Computacion Y Sistemas*, 22(4), 1241-1247. doi:10.13053/CyS-22-4-3061

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Dubourg, V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *the Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.

Rangel, F., ve Rosso, P. (2019). *Overview of the 7th author profiling task at PAN 2019: bots and gender profiling in twitter*. Paper presented at the Proceedings of the CEUR Workshop, Lugano, Switzerland.

Rangel, F., Rosso, P., Montes-y-Gómez, M., Potthast, M., ve Stein, B. (2018). Overview of the 6th author profiling task at pan 2018: multimodal gender identification in twitter. *Working notes papers of the CLEF*, 1-38.

Rangel, F., Rosso, P., Potthast, M., ve Stein, B. (2017). Overview of the 5th author profiling task at pan 2017: Gender and language variety identification in twitter. *Working notes papers of the CLEF*, 1613-0073.

Sokolova, M., ve Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427-437. doi:10.1016/j.ipm.2009.03.002

Valencia, A. I. V., Adorno, H. G., Rhodes, C. S., ve Pineda, G. F. (2019). *Bots and gender identification based on stylometry of tweet minimal structure and n-grams model*. Paper presented at the Working Notes of CLEF 2019-Conference and Labs of the Evaluation Forum, Lugano, Switzerland.

Vashisth, P., ve Meehan, K. (2020). *Gender classification using twitter text data*. Paper presented at the 2020 31st Irish Signals and Systems Conference (ISSC).

Vicente, M., Batista, F., ve Carvalho, J. P. (2015). *Twitter gender classification using user unstructured information*. Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).

Vicente, M., Batista, F., ve Carvalho, J. P. (2019). Gender detection of Twitter users based on multiple information sources. In *Interactions between computational intelligence and mathematics part 2* (pp. 39-54): Springer.

Yang, Y. C., Al-Garadi, M. A., Love, J. S., Perrone, J., ve Sarker, A. (2021). Automatic gender detection in Twitter profiles for health-related cohort studies. *Jamia Open*, 4(2). doi:10.1093/jamiaopen/ooab042



## Automatic and Accurate Classification of Hotel Bathrooms from Images with Deep Learning

Hakan Temiz<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Artvin Çoruh University, Department of Computer Engineering, 08000, Artvin, TÜRKİYE

*Başvuru/Received:* 09/12/2022

*Kabul / Accepted:* 28/12/2022

*Çevrimiçi Basım / Published Online:* 31/12/2022

*Son Versiyon/Final Version:* 31/12/2022

### Abstract

Hotel bathrooms are one of the most important places in terms of customer satisfaction, and where the most complaints are reported. To share their experiences, guests rate hotels, comment, and share images of their positive or negative ratings. An important part of the room images shared by guests is related to bathrooms. Guests tend to prove their satisfaction or dissatisfaction with the bathrooms with images in their comments. These Positive or negative comments and visuals potentially affect the prospective guests. In this study, two different versions of a deep learning algorithm were designed to classify hotel bathrooms as satisfactory (good) or unsatisfactory (bad, when any defects such as dirtiness, deficiencies, malfunctions were present) by analyzing images. The best-performer between the two models was determined as a result of a series of extensive experimental studies. The models were trained for each of 144 combinations of 5 hyper-parameter sets with a data set containing more than 11 thousand bathroom images, specially created for this study. The “HotelBath” data set was shared also with the community with this study. Four different image sizes were taken into consideration: 128, 256, 512 and 1024 pixels in both directions. The classification performances of the models were measured with several metrics. Both algorithms showed very attractive performances even with many combinations of hyper-parameters. They can classify bathroom images with very high accuracy. Such that the top algorithm achieved an accuracy of 92.4% and an AUC (area under the curve) score of 0.967. In addition, other metrics also proved the success of the algorithm. The proposed method can allow the rapid, accurate and automatic detection of such undesired circumstances in hotel bathrooms from images. Such a detection system can allow hotel management to take necessary actions quickly to remedy such unsatisfactory cases.

### Key Words

*“Hotel Bathroom, Classification, Image Processing, Deep Learning”*

## 1. Introduction

While increasing the number of loyal customers, guest satisfaction can play an important role in reaching potential customers with recommendations. It is a known fact that the complaints of the dissatisfied customer are more effective on the potential customers than the recommendations of satisfied customers (Genç and Batman, 2018). Many factors determine the satisfaction of the guests. The main ones are environment, facilities, staff and services and price restaurants, food and beverages and security, staff communication, hotel image, price, transportation services and restaurants (Liu et al., 2013). Customer complaints are a fact of life in the hospitality industry. Because from time to time mistakes are almost inevitable. Complaints include a wide variety of complaints, often covering many issues such as service delivery, equipment failure, and personnel failure (Levy et. al., 2012).

Hotel guest satisfaction is greatly affected by the guest room experience. Because the guest room is the main attractive and central feature of a hotel (Cheung, 2002). The physical aspects and tangible dimensions of the guest room are the keys to guest satisfaction and the most important consideration for return patronage (Ogle, 2009). Several studies have found that guest rooms make a more lasting impression on the guests than the exterior architecture, lobby or any other interior space (DeVeau, 1996; Penner et al., 2013). Prasad, Wirtz, and Yu found that 55% of problems in hotels were service- or facility-related problems, and, 12% of these problems were related to the bathroom (Prasad et. al., 2014).

Guests share their satisfaction and dissatisfaction on platforms such as hotel review pages, tourism content providers, and rating sites (TripAdvisor, Trivago, etc.). Sometimes they just score, sometimes add comments and even add visuals of their experiences. To maintain their existence and provide a competitive advantage, hotel businesses need to be able to respond quickly and take quick action to the ideas, comments and complaints of the guests, in addition to producing goods and services for changing needs and requests to ensure maximum customer satisfaction. In this context, there is a need to design systems that can detect potentially unsatisfactory experiments or problems from online content and enable remedying actions to be taken. Although a very simple solution is the textual analysis of guest comments, in this study, unlike traditional approaches, a system has been developed that enables the problems related to hotel bathrooms to be detected from the images. According to the research, an autonomous problem detection system similar to the one in this study has not been encountered.

This study aimed to develop a method that makes an automatic classification of the condition of the bathroom from the bathroom images shared by the guests, as problematic (bad) or problem-free (good). As a result of the studies, a deep learning model, which was originally designed for super resolution problems, was modified to meet the classification problem and expected to predict the given bathroom images in two classes: good or bad. For this purpose, further modifications were made to improve the performance of the model while lightening the architecture. The results revealed that the designed model can automatically detect situations that may cause problematic or negative interpretations from the images quite successfully. In addition, within this study, a novel dataset, "HotelBath" (Temiz, 2022), was created and introduced in the experiments and shared with the research community.

## 2. Literature

Many important criteria that can be called a problem in the guest room. Bathroom, size, fragrance, bed, television, decor, air conditioning, carpet and floor, minibar and refrigerator, furniture, windows, lighting, kitchen, etc. examples of these can be given. Among these, one of the most complained about is the bathroom. The study by Levy, Duan and Boo (2013) revealed that almost one-fifth of customer complaints are related to the bathroom, depending on the type and class of the hotel. Typical bathroom complaints include the size and functionality of the room and issues with the shower, tub, sink, and toilet. Susskind and Verma (2011) tested the effects of changes in bathroom lighting on guest satisfaction, demonstrating how important even lighting is. Another (Prayukvong et al., 2007) study found that negative customer experience, especially in 1-2 star category hotels, was mainly caused by bathroom and toiletries. When another study makes an evaluation in terms of cleanliness among the factors affecting the choice of accommodation, it has been determined that the two most important areas are "Bathroom and Toilet" and "Kitchen" and that these are much more important than the cleanliness of other areas (Lockyer, 2003). Genç and Batman (2018) have stated that the bathroom and toilet are at the top of the issues that tourists complain about the most in historical mansion businesses. Gahramanov and Türkay (2019) found that the bathroom ranked fourth in the tourist opinions they received about the 40 most important factors in hostel management.

In the literature, various studies classify interior parts (room, kitchen, bathroom, toilet, etc.). Yang, Rangarajan and Ranka (2018) used the Global Interpretation via the Recursive Partitioning (GIRP) method, similar to the CART (classification and regression tree) algorithm, which is a machine learning algorithm. Wu, Christensen and Rehg (2009) used the Bayesian filtering approach. On the other hand, Kumari and Maan (2020) proposed a convolutional neural network (CNN) based deep learning model for spatial classification. Swadzba and Wachsmuth (2014) proposed a method introducing the gist feature vector of images with the RANSAC algorithm (RANdom SAMple Consensus). However, all of these studies are only for the determination of space sections separately from each other.

In this study, based on deep learning, a method has been developed that automatically detects whether the bathroom is problematic/problematic or good from the bathroom images uploaded by the guests to a content site. In the literature, similar to this



study; Based on the automatic analysis of the image, no study has been found that detects a problematic or problematic or problem-free bathroom.

### 3. Materials and Methods

#### 3.1. Dataset

Bathroom images of 966 hotels in the Antalya region (uploaded to the site by the hotel and guests) were downloaded from TripAdvisor.com with a crawler program specifically developed for this project. In total, 11,116 images were collected from the website. The collected bathroom images were manually labeled as good and bad. Broken, cracked, faulty plumbing or equipment, or dirty, messy, unemptied washbasin, peeled off paint, wall or ceiling, etc. images that indicate possible problems were tagged as bad; while clean, tidy, hygienic etc. images pointing to a satisfying bathroom environment were also labeled as good. Some examples of bathroom images that were qualified as good and bad are given in Figure 1. This dataset (Temiz, 2022), entitled “HotelBath”, is shared with the research community within this study.



(a) Sample bathroom images labeled as good (satisfying)



(b) Example bathroom images labeled as bad (problematic/unsatisfying)

**Figure 1.** Some example bathroom images considered as good (a) or bad (b).

As a result of labeling, 7181 bathroom images were classified as good and 3935 images as bad. Of the good and bad images, 6822 and 3739 were reserved for the training, and 359 and 196 were reserved for testing, respectively. The ten percent of the training data is reserved for the validation of the models. The details of the entire are given in Table 1.

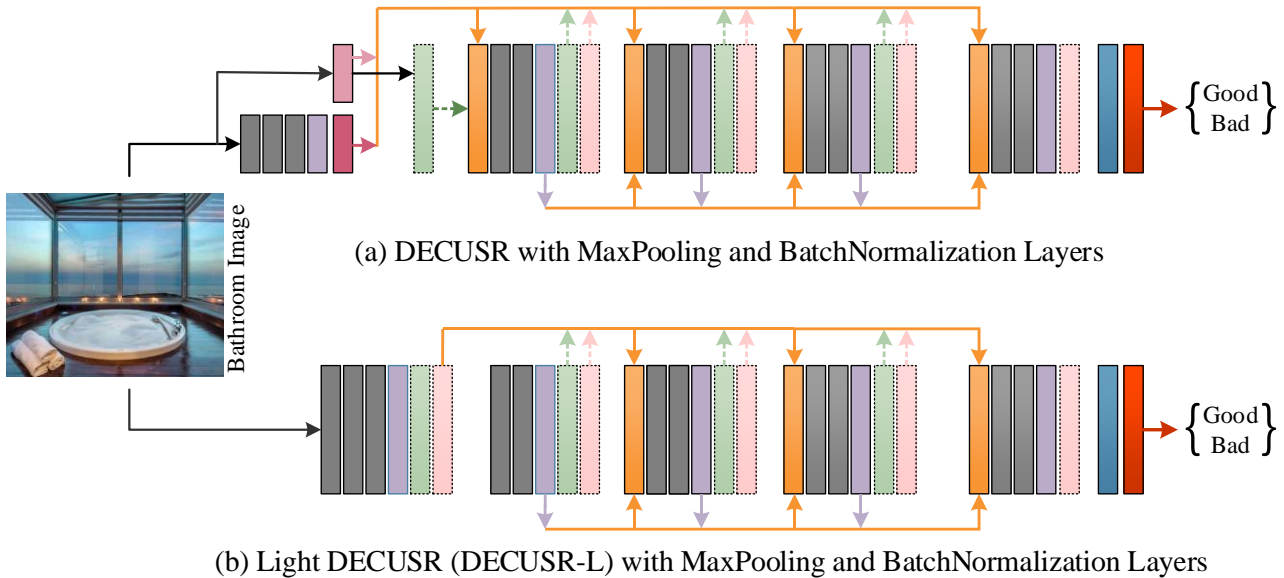
**Table 1.** Details of the Image Dataset

	Good	Bad	Total
Training	6822	3739	10561
Test	359	196	555
Total	7181	3935	11116

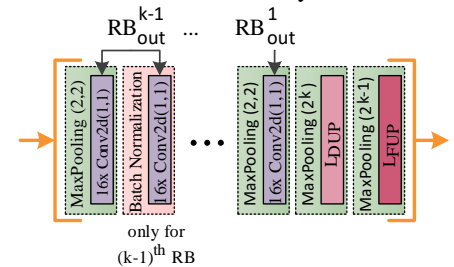
**3.2. Model**

In this study, the DECUSR model (Temiz and Bilge, 2020), which was originally designed for the super resolution problem, was modified to be used in the classification problem. In this context, a Dense(1) layer with a single neuron and activation function 'sigmoid' has been added to the end of the network. A Flatten() layer is placed in front of the Dense(1) layer to reduce the output to one dimension as the Conv2D(1,1) layer, which was the last layer in the original version, produces a two-dimensional output. Unlike the original version, MaxPooling2D and BatchNormalization layers are optionally placed behind the repeating blocks of the network. The BatchNormalization layer is only applied to the last layer of repeating blocks (RBs) if added to the network. The MaxPooling2D layer is applied to the feature upscaling layer (LFUP) and the last layer of RBs. If one or both of the BathNormalization or MaxPooling2D layers are present, the final layers of the respective RBs do not output directly to the successive concatenation layers. Instead, the outputs of the relevant final layers are first given to the BatchNormalization and/or MaxPooling2D layers, and the outputs are then given to the further concatenation layers.

In addition to the modified DECUSR model, a lighter version, DECUSR-L, was also designed with the hope of achieving better classification performance with a lighter model. The two upsampling layers —LFUP and LDUP (direct upsampling layer)— of the original DECUSR are omitted in the lightweight model as the original DECUSR architecture was designed to enlarge the input image in-house and such a function would not be needed in the classification problem. Thus, a lighter model with fewer parameters was designed. Also, apart from the modified DECUSR model, a MaxPooling2D and BatchNormalization layer is placed at the end of the feature extraction (consisting of the first four layers) block. The remaining structure of the network is the same as in the other model. While the modified DECUSR model has 45,122 parameters, the DECUSR-L has 11,138 parameters. Figure 2 shows the architecture of both models. The optional layers—BatchNormalization and MaxPooling2D—are shown with dashed lines.



Details of Concatenation layer in  $k^{th}$  RB



**Figure 2.** Details of both models: DECUSR and DECUSR-L. The optional layers, MaxPooling and BatchNormalization, are shown with dashed lines.

### 3.3. Training

A two-phased process was adopted to determine (find) the most successful model with optimal hyper-parameters. In the first phase, both models were trained for 50 epochs at most for each of 144 different combinations of the 5 main hyper-parameters. After the accomplishment of the first phase, the top two of both models with the best classification performance were taken to be trained extensively in the second phase.

In the first phase, the following hyper-parameters were used: Optimizer, Activation, Learning rate, MaxPooling and Batch Normalization. Three optimizers—RMSProp, ADAM and SGD— were used. The Elu, Exponential, Selu, Relu, Sigmoid and Tanh were used as activation functions. The training started with two different versions of the learning rate: 1E-3 and 1E-4. The binary cross-entropy was used as the loss function in the experiments in both phases. The trainings were conducted taking into account the application and non-application of the max pooling and batch normalization processes. The image size was chosen as 256x256 pixels as the reference size in the first phase of the experiment.

The studies conducted in the first phase have shown that the RMSProp and ADAM optimizers are significantly successful for both models. The top four models (two for each of both versions) generally have the learning rate of 1E-3 and the Relu activation function. All of these successful models have MaxPooling layers. In this context, it is seen that MaxPooling directly contributes positively to performance. The same cannot be said for the Batch Normalization layer. Half of the four successful models from the first phase have this layer, while the other half do not. All training as well as test work was done on a computer with NVIDIA GEFORCE RTX 2080 GPU and AMD Ryzen Threadripper Pro Series CPU. All developments and experiments were conducted with Keras with the TensorFlow backend.

The image dimension that gives the best performance in comprehensive training is also included in the analysis. In this context, in addition to the previous image size, the trainings were performed for each of 128x128, 512x512 and 1024x1024 pixel dimensions for 500 epochs at most in the second phase. In this way, the model that gave the final best performance was obtained. Figure 3 shows in detail the entire training workflow. The parameters used in the trainings, the best four models obtained in the first stage and the information on the final best model are given in the figure.

### 3.4. Test

A total of 555 images (359 labeled as good, and 196 as bad) were used to evaluate the classification performance of the top four models. The following measures are exploited to assess the performances: TP, FP, FN, TN, Accuracy, Precision, Recall, and AUC. Their explanations are given below:

**True Positive (TP):** Values that are actually positive and predicted positive.

**False Positive (FP):** Values that are actually negative but predicted to be positive.

**False Negative (FN):** Values that are actually positive but predicted to be negative.

**True Negative (TN):** Values that are actually negative and predicted to be negative.

**Accuracy:** The ratio of all correctly predicted positives and negatives.

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

**Precision:** The ratio of the number of correctly predicted positives to all predicted positives. It is a measure of how many of those predicted positively are actually correct.

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

**Recall:** The ratio of the number of correctly predicted positives to the true positives. It is a measure of how many of the true positives are correctly predicted. Also known as specificity.

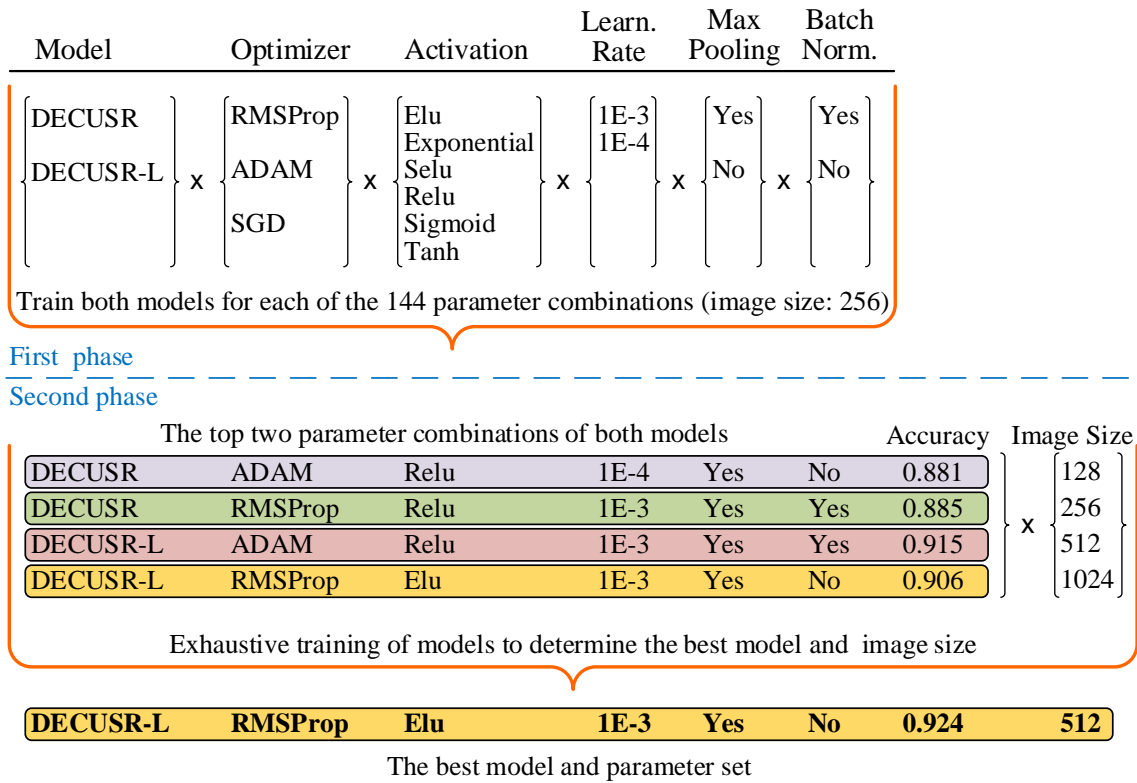
$$\frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

**TPR:** True positive rate. It is another synonym for Recall and is defined in the same way as the Recall given in (3).

**FPR:** False positive rate. The ratio of the number of falsely predicted positives to the true negatives. Also called the probability of a false alarm.

$$\frac{FP}{FP + TN} \quad (4)$$

**AUC:** Area under the receiver operating characteristic (ROC) curve. AUC measures the entire two-dimensional ROC curve which is calculated over the ratio of TPR to FPR for all possible classification thresholds. The closer to 1.0, the higher the classification excellence.



**Figure 3.** Training phases. Both models were trained for 144 combinations of 5 hyper-parameters. The top two ones of both models were introduced to an exhaustive training phase for different image sizes.

#### 4. Results and Discussion

The numerical results obtained in the 2<sup>nd</sup> stage of the training are given in Table 2. The table presents the four models that were successful in Stage 1 with their parameter sets. In addition, Accuracy, Precision, Recall, AUC, TP, TN, FP, and FN values are also presented in the table. The obtained performances are given by grouping according to the image size.

According to the table, it is seen that the classification performance of all models in general is remarkably successful. When the optimizers are compared to each other, it can be said that RMSProp performs better than ADAM, although there is not a significant performance difference. In terms of the activation functions, the Elu appears to be better than the Relu. The learning rate of 1E-3 offered more successful results than that of 1E-4. It is seen also that applying batch normalization slightly contributes positively to the performance when the activation function Relu is selected, and vice versa. However, it is not possible to say that technique always makes a positive contribution. It is also seen from the table that better results are obtained in some cases where this method is not applied. The Batch Normalization layers normalize the layer weights according to the statistical distribution of the weights. This may cause sometimes the loss of the information grasped and stored by the weights about the distinguishing and characteristic features in the images. However, it is easily seen from the table that the max pooling technique was applied to all models. So, the MaxPooling layers also positively contributed to the classification performance of the models. This may be because these layers contribute to amplifying high-frequency features and distinguishing details rather than fairly smooth and/or low-frequency information in images.

When we examine the table carefully, it becomes clear that DECUSR-L outperforms DECUSR for all image sizes. The lowest classification performance was obtained from the DECUSR+ADAM optimizer pair with an image size of 1024 pixels. DECUSR achieved the highest classification accuracy with RMSProp optimizer: 88.5% for both 256x256 and 512x512 pixel image sizes. However, when the other criteria are taken into account—e.g., AUC is 0.932 for 256x256 and 0.916 for 512x512—it is seen that the image size of 256x256 pixels provides more successful results. With a few minor exceptions, in general, the image size of 512x512 pixels yielded much better results than other image sizes.

As a result, the most successful model, DECUSR-L with RMSProp optimizer, achieved 92.4% classification accuracy with the following parameter sets: optimizer is RMSProp, activation is Elu, learning rate is 1E-3, Max Pooling is applied, Batch Normalization is not applied, and the image size is 512x512. This model is marked with bold text in the table. As can be seen from the table, the most successful model showed very good classification success by reaching the Precision, Recall and AUC values of 0.930, 0.955, and 0.967, respectively. The AUC value of 0.967 is a very good indication of the excellence of the model in the classification. The second-best performance was achieved again by DECUSR-L but with ADAM optimizer. The average prediction time of DECUSR and DECUSR-

L are 5.49E-05 and 4.79E-05 seconds. So, it is seen how successful and faster a model with much fewer parameters can be when it is well-designed according to the subject studied.

Not only did the top-performing model perform enticingly, but other models also achieved highly competitive results. The difference in the performances of the top model and the others (especially the second model) is very small. This is a good indication that the model's ability to classify images (or detect the difference) is quite good even with different sets of hyper-parameters. This means that the architecture of the network is well suited to this classification problem, apart from the hyper-parameters.

**Table 2.** Results of the best two parameter sets of both models: DECUSR and DECUSR-L. The bold text belongs to the best model and parameter set.

Model	Optimizer	Activation	L.Rate	Max Pool.	Batch N.	Loss	Accuracy	Precision	Recall	AUC	TP	TN	FP	FN
Image Size: (128x128)														
DECUSR	ADAM	Relu	1E-04	Yes	No	0.307	0.874	0.885	0.925	0.938	332	153	43	27
DECUSR	RMSProp	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.305	0.872	0.881	0.928	0.941	333	151	45	26
DECUSR-L	ADAM	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.284	0.892	0.903	0.933	0.944	335	160	36	24
DECUSR-L	RMSProp	Elu	1E-03	Yes	No	0.254	0.910	0.919	0.944	0.958	339	166	30	20
Image Size (reference): (256x256)														
DECUSR	ADAM	Relu	1E-03	Yes	No	0.333	0.881	0.885	0.939	0.933	337	152	44	22
DECUSR	RMSProp	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.374	0.885	0.885	0.944	0.932	339	152	44	20
DECUSR-L	ADAM	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.251	0.915	0.924	0.947	0.955	340	168	28	19
DECUSR-L	RMSProp	Elu	1E-03	Yes	No	0.254	0.906	0.918	0.939	0.954	337	166	30	22
Image Size: (512x512)														
DECUSR	ADAM	Relu	1E-04	Yes	No	0.408	0.832	0.887	0.850	0.900	305	157	39	54
DECUSR	RMSProp	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.758	0.885	0.902	0.922	0.916	331	160	36	28
DECUSR-L	ADAM	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.225	0.921	0.936	0.942	0.964	338	173	23	21
<b>DECUSR-L</b>	<b>RMSProp</b>	<b>Elu</b>	<b>1E-03</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>	<b>0.215</b>	<b>0.924</b>	<b>0.930</b>	<b>0.955</b>	<b>0.967</b>	<b>343</b>	<b>170</b>	<b>26</b>	<b>16</b>
Image Size: (1024x1024)														
DECUSR	ADAM	Relu	1E-04	Yes	No	0.487	0.791	0.800	0.903	0.847	324	115	81	35
DECUSR	RMSProp	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.497	0.843	0.876	0.883	0.908	317	151	45	42
DECUSR-L	ADAM	Relu	1E-03	Yes	Yes	0.233	0.919	0.927	0.950	0.962	341	169	27	18
DECUSR-L	RMSProp	Elu	1E-03	Yes	No	0.240	0.915	0.917	0.955	0.957	343	165	31	16

## 5. Conclusion

In this study, a method is proposed to classify hotel bathrooms as problematic (unsatisfactory or bad) and problem-free (satisfactory or good) based on automatic analysis of the images. For this purpose, two different architecture of a deep learning model whose success has been proven in the literature has been designed to classify the bathroom images. The models were trained and tested for each set of 144 combinations of the 5 most important hyper-parameters to determine the best-performing architecture and hyper-parameter set. Four different image sizes were taken into consideration: 128x128, 256x256, 512x512 and 1024x1024 pixels. A novel dataset, the "HotelBath", was created and used in the training, test and validation processes of the models. It is shared with the research community within this study as well. Several classification metrics were used to assess the classification performances of the models.

The results showed that both architecture offered very attractive classification performance for many hyper-parameter combinations. However, of the two models, the one with fewer parameters performed better than the other. In general, the image size of 512x512 pixels yielded better classification performance than the other sizes. The best-performing model was trained with the following other hyper-parameter values: optimizer is RMSProp, activation is Elu, learning rate is 1E-3, Max Pooling is applied, and Batch Normalization is not applied. The top model was able to detect with a high 92.4% accuracy that a bathroom is either problematic (dissatisfying customers) or uneventful (satisfying customers) from the images. Besides, other metrics also prove the success of the algorithm with astonishing high scores. E.g., the model obtained a 0.967 AUC score.

With the proposed system, it has been shown that the problematic bathrooms that cause or may cause the guest's dissatisfaction (or in other respects, support their satisfaction) can be automatically detected from images. This algorithm can be used to design a system that can automatically and accurately detect undesired defects and problems in hotel bathrooms. Such an automatic detection system will enable hotel managers to quickly and easily detect undesirable, dissatisfied situations or situations that may lead to negative comments from guests, and thus, take remedying actions.

## Acknowledgment

This study was presented at the 1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022

## References

- Cheung, G. (2002). Viewing guestroom perfection. *Asian Hotel & Catering Times*, 12-15.
- DeVeau, L. T. (1996). *Front Office Management and Operations*. Pearson College Division.
- Genç, K., & Batman, O. (2018). Tarihi Konak İşletmelerine Yönelik E-Şikâyetlerin Değerlendirilmesi: İpekyolu Ayaş-Sapanca Koridoru Üzerine Bir Araştırma. *International Journal of Management Economics & Business*, 14(1), 283–296.
- Kumari, A., & Maan, V. (2020). A Deep Learning-Based Segregation of Housing Image Data for Real Estate Application. In *Congress on Intelligent Systems* (pp. 165–179). Springer, Singapore.
- Levy, S. E., Duan, W. & Boo, S. (2013). An Analysis of One-Star Online Reviews and Responses in the Washington, D.C., Lodging Market. *Cornell Hospitality Quarterly*, 54(1), 49–63.
- Liu, L., Wu, B., Morrison, A. M., & Ling, R. S. J. (2013). Why Dwell in a Hutongtel? Tourist Accommodation Preferences and Guest Segmentation for Beijing Hutongtels. *International Journal of Tourism Research*, 17(2), 171–184.
- Lockyer, T. (2003). Hotel cleanliness—how do guests view it? Let us get specific. A New Zealand study. *International Journal of Hospitality Management*, 22(3), 297–305.
- Ogle, A. (2009). Making sense of the hotel guestroom. *Journal of Retail & Leisure Property*, 8(3), 159–172.
- Penner, R. H., Adams, L., & Rutes, W. (2013). *Hotel design: Planning and development*. Routledge.
- Prasad, K., Wirtz, P. W., & Yu, L. (2014). Measuring Hotel Guest Satisfaction by Using an Online Quality Management System. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 23(4), 445–463.
- Prayukvong, W., Sophon, J., Hongpukdee, S., & Charupas, T. (2007). Customers' Satisfaction with Hotel Guestrooms: A Case Study in Ubon Rachathani Province, Thailand. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 12(2), 119–126.
- Swadzba, A., & Wachsmuth, S. (2014). A detailed analysis of a new 3D spatial feature vector for indoor scene classification. *Robotics and Autonomous Systems*, 62(5), 646–662.
- Susskind, A. M., & Verma, R. (2011). Hotel guests' reactions to guest room sustainability initiatives.
- Temiz, H. (2022). HotelBath (Version v0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7340428>.
- Temiz, H., & Bilge, H. S. (2020). Super Resolution of B-mode Ultrasound Images with Deep Learning. *IEEE Access*, 8, 78808-78820.
- Gahramanov, V., & Türkay, O. (2019). Hostel İşletmeciliğinde Rekabet Belirleyicileri: İşletmeci ve Turist Görüşlerinin Analizi. *İşletme Bilimi Dergisi*, 7(1), 33–63.
- Wu, J., Christensen, H. I., & Rehg, J. M. (2009). Visual Place Categorization: Problem, dataset, and algorithm. In *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 4763–4770). IEEE.
- Yang, C., Rangarajan, A., & Ranka, S. (2018). Global Model Interpretation via Recursive Partitioning. In *2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)* (pp. 1563–1570). IEEE.



## Evrişimsel Sinir Ağları ile Otomatik Yüz Tanıma Sistemi

### Automatic Face Recognition System with Convolutional Neural Networks

Yeşim Tiraki<sup>1</sup> , Çiğdem Bakır<sup>1\*</sup> , Soydan Serttaş<sup>1</sup> , Hasan Temurtaş<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 43000, Kütahya, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 07/12/2022

**Kabul / Accepted:** 28/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

#### Özet

Kompleks bir yapıya sahip insan yüzünün tanımlanması zor ve karmaşık bir problemdir. Yüz tanımlamasıyla ilgili doğru özelliklerin, doğru bir şekilde nasıl tanımlanması gerektiği bir mühendislik problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Makine öğrenmesi ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak fotoğraflardan yüz tespiti yapılabilmektedir. Yüz tanımda en önemli özellik bir veri tabanının olmasıdır. Veri tabanını kendimiz ürettirdiğimiz gibi hazır tanımlanmış veri tabanları da kullanılabilir ya da örnek fotoğraflar vererek üçüncü bir program ile yapay görüntülerin üretilmesini sağlanabilir. Bu çalışmada OpenCV (Open Source Computer Vision) ile gelen veri tabanlarını kullanılmıştır. OpenCV aynı zamanda görüntüleri yeniden boyutlandırmak ve ondan öznelik vektörleri oluşturmak için de kullanılmıştır. Çalışmada, OpenCV kütüphanesi kullanarak modelin eğitimi için kullanılan Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) ile otomatik yüz tanıma modeli gerçekleştirildi. Yüzler son derece dinamik olduğundan ve çözülmesi gereken daha fazla sorun ve zorluk içerdiğinden, sağlamlığı ve tanıma doğruluğunu iyileştirmek amacıyla bu tür zorlukları azaltmak için çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı bir model sunduk. Çalışmamız 4 adımda gerçekleştirilmektedir. İlk adımda elde ettiğimiz farklı görüntülerden ön işleme adımlarını gerçekleştirerek daha başarılı sonuçlar üretmeyi amaçladık. Daha sonra, önerilen modeli farklı öznelik çıkarma yöntemleriyle de karşılaştırdık. CNN ağı ile eğitim yaparak test verileri için yüz tanıma gerçekleştirdik ve sonuçları karşılaştırmalı olarak sunduk. Çalışmadaki sonuçlar, yöntemimizin çeşitli fotoğraflardaki yüzleri başarıyla tanımladığını göstermektedir.

#### Anakhtar Kelimeler

*“Görüntü İşleme, Python, OpenCV, CNN, Yüz Tanıma”*

#### Abstract

The human face, which has a complex structure, is a difficult and complex problem to define. How to correctly define the correct features related to face identification is an engineering problem. Face detection can be made from photographs using machine learning and image processing methods. The most important feature in face recognition is the presence of a database. We can produce the database ourselves, as well as using predefined databases, or by providing sample photos, artificial images can be produced with a third program. In this study, databases that came with OpenCV (Open Source Computer Vision) were used. OpenCV has also been used to resize images and generate feature vectors from it. While performing the recognition model Convolutional Neural Networks (CNN) is used for training the model in OpenCV platform. Since the faces are highly dynamic and pose more problems and difficulties to solve, we created a method different from other studies to reduce such difficulties so as to improve the robustness and recognition accuracy. Our work is carried out in 4 steps. We aimed to produce more successful results by performing the preprocessing steps from the various images we obtained in the first step. After, we also compared the proposed model with different feature extraction methods. By training with the CNN network, we performed face recognition for the test data and presented the results in a comparative way. The results in the study show that our method successfully identifies faces in various images.

#### Key Words

*“Image Processing, Python, OpenCV, CNN, Face Recognition”*

## 1. Giriş

OpenCV görüntü işleme, bilgisayarla görü, video analizi gibi uygulamalar için kullanılan açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. C++, Python, Matlab ve Java arayüzlerine sahip ve ayrıca Windows, Linux, Android tarafından da desteklenmektedir (Erişti, 2010). Bu kütüphane yüzleri algılama, hareketi izleme ve görüntüleri analiz için birçok algoritma içermektedir. Bu algoritmaların çoğu, tıbbi görüntüleme, ürün incelemesi, robotik, yüz ve hareket tanıma gibi bilgisayarla görünün temel alanlarını içerir. OpenCV'nin kullanım alanlarından bazıları şu şekildedir: yüzleri algılama ve tanıma, nesnelere tanıma, videolarda insan eylemlerini sınıflandırma, kamera hareketlerini takip etmedir. OpenCV, hem akademik çalışmalarda hem de ticari alanda kullanılabilir. OpenCV'nin güncel sürümü 4.3 tür (Pişkin, 2016).

Yüz tanıma sistemi üzerine ilk çalışmayı Kanade gerçekleştirmiştir (Kanade, 1973). Çok sayıda araştırmacının incelemeleri doğrultusunda yüzleri tanımak için belirli yüz özelliklerinin kullanıldığını göstermiştir (Goldstein, 1971, Hain, 1985, Rhodes, 1988). Hesaplama verimliliğini arttırabilmek için ayrıca gerçek zamanlı uygulamalar için OpenCV tasarlanmıştır (Bradski, 2008).

Jean ve diğerleri, mevcut yöntemlerin sınırlı yüz bilgisini tam olarak çıkarmasına ve bunlardan yararlanmasına olanak tanıyan kayıp fonksiyonlarında, mimarilerde ve eğitim yöntemlerinde bulunan CNN mimarilerinin maskelenmiş yüz tanıma performanslarını karşılaştıran bir dizi deney tasarlamıştır (Jean vb., 2022). Bu çalışmada ayrıca standart yüz tanıma kıyasla ağ derinliğinin performans üzerindeki etkisinin arttığını gösteren kanıtlar sunulmuştur. Farklı modeller üzerindeki performans etkisi karşılaştırmalı olarak ölçülmüştür. Ancak çalışmada görüntülerin farklı açılardan ele alınmaması gibi bazı eksiklikler bulunmaktadır.

Ali ve diğerleri, HMM'de yüz tanıma için verimli bir dört durum öngörmüştür (Ali, 2022). Bu çalışmada, tanıma doğruluğu ve hesaplama karmaşıklığı hesaplanmıştır. Ayrıca literatür çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Önerilen çalışma, tatmin edici bir tanıma oranı sağlar, ancak hesaplama maliyetini önemli ölçüde azaltır. Ancak, önerilen model düşük yoğunluklu görüntüler için iyi performans göstermez ve önden ve dik yüzlerle sınırlıdır. Araştırma çalışması, yoğunluğa hitap edecek ve değişken yüz görüntüleri oluşturacak şekilde geliştirilmiştir.

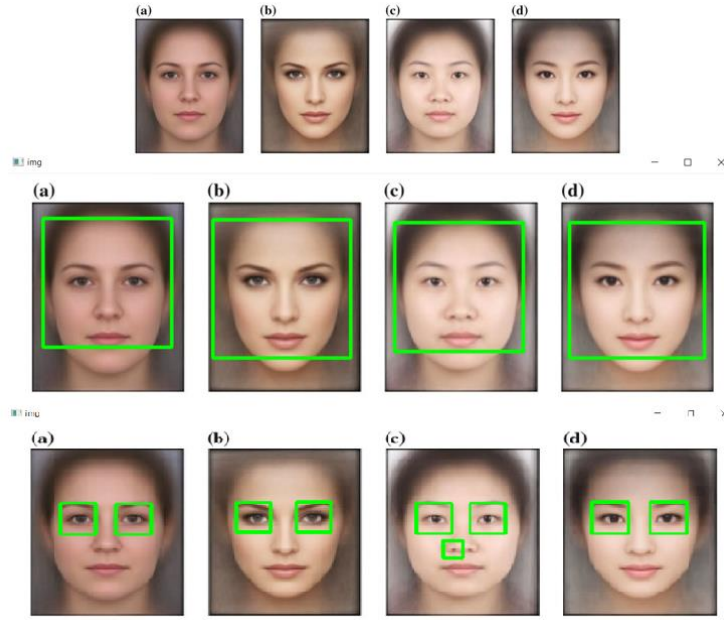
Liu ve diğerleri, stil gizli uzayında hedef veri setlerinin dağılımını taklit edebilen kontrol edilebilir bir yüz sentezi modeli (CFSM) önermişlerdir (Liu, 2022). Bu model ile ortogonal tabanlı stil gizli uzayında lineer bir alt uzay da gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu model, elde edilen görüntülerin FR model eğitimi için daha faydalı hale getirilmesine rehberlik etmiştir. Öğrenilen ortogonal tabanlar ile, hedef veri seti dağılımları karakterize edilir ve yüz veri setleri arasındaki dağılım benzerliğini ölçmek için kullanılır. Jin ve diğerleri, sahte bir RGB-D yüz tanıma çerçevesi gerçekleştirmişlerdir [14]. Model, yüksek kaliteli yüz derinlik haritası oluşturmak için yüz öznitelik bilgisini daha fazla kullanmak amacıyla derinlik sensörlerini değiştirmek için büyük verilerden öğrenerek ilgili RGB görüntüsünden görece derinlik haritasını taklit edebilir. Sözde RGB-D yüz tanıma çerçevesi ile, RGB yüz tanıma performansını artırmak için kullanıma hazır algoritma modelleri uyarlanabilir. Ancak bu çalışmalar, monoküler yüz derinliği tahminini gerçekleştirmek için basit ve etkili modeller ve biyometrik tanıma performansını iyileştirmek için bunları uygulamanın etkili yollarını keşfetmek için devam ettirememiştir.

Bizim çalışma yardımıyla üzerinde sıkça çalışılan ve son yıllarda büyük önem taşıyan yüz tanıma sisteminin, akıllı bir sistem şeklinde uygulanması ile hastane, devlet dairesi gibi kişi tanınmasının önemli olduğu alanlarda hizmet etmesi sağlanabilecektir.

## 2. Önerilen Model

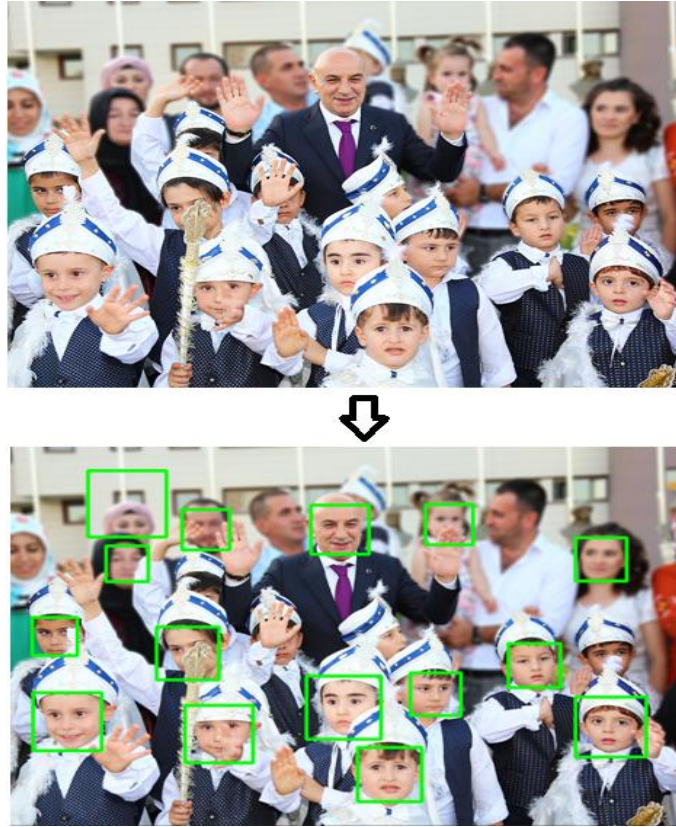
Biz bu çalışmada hazır OpenCV ile üretilmiş veri tabanlarını kullandık. Bunlar cascade yani resimdeki noktaları sayıya çeviren sınıflandırıcıdır. Bu cascade classifier dosyalarını hazır olarak kullandığımız bu verileri üçüncü bir programla veri tabanını nasıl eğittiğimizi göstermekteyiz. Böylelikle github üzerinde OpenCV kütüphanesine ait haarcascades dediğimiz veri tabanları mevcut aslında veri tabanı dediğimiz birer .xml dosyaları yani eğitilmiş dosyalar bunlara değişik yüzler başka şekiller tanımlanmış .xml dosyası oluşturulmuştur. Bu eğitilmiş .xml dosyalarını kullanarak Python üzerinden yüz tanıma işlemi yapılmaktadır. Örneğin haarcascade.eye sadece gözleri tanımakla birlikte haarcascade\_frontalcat\_face .xml ise önden bakan kedi yüzünü tanımaktadır. Aslında içinde matematiksel koordinatlar bulunmakta gözün, ağzın vb. koordinatları gibi uzun bir dosyadan oluşmaktadır. Bu çalışmada şekil 2 de verilen yüz tanıma işlem testi için fotoğraflar verilmiştir.



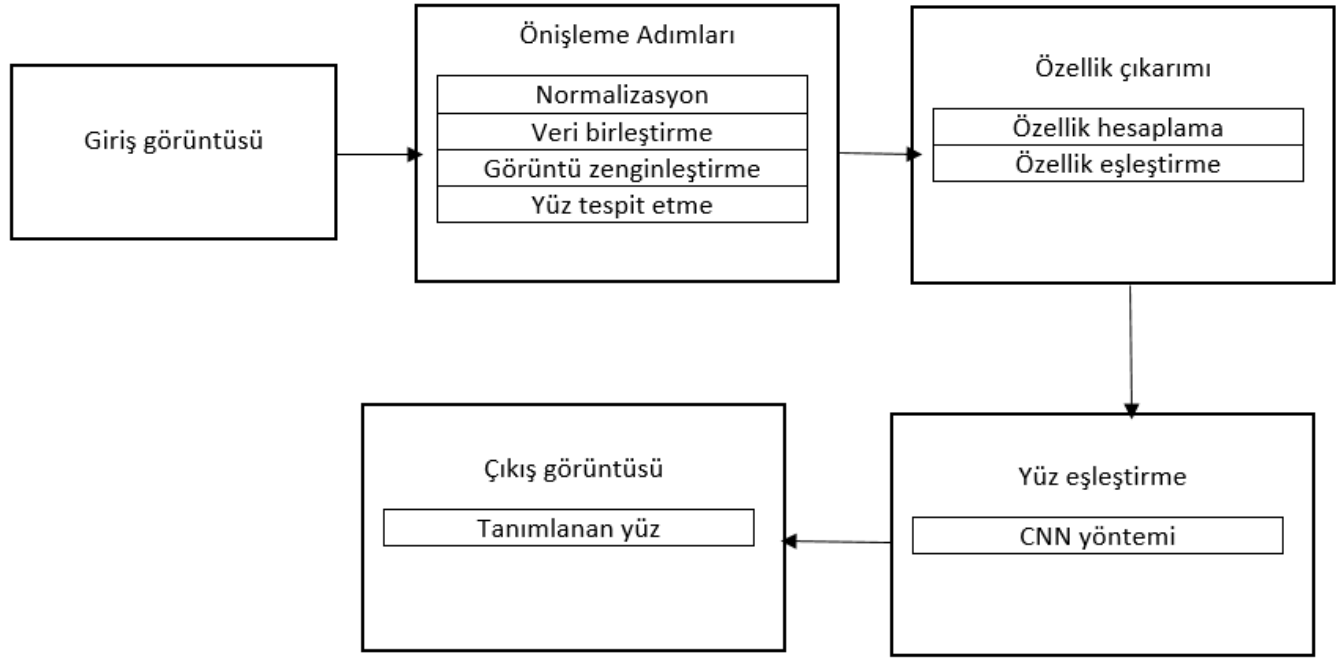


Şekil 1. Yüz Tanıma İşlem Testi

PyCharm Community Edition da yazılan program dosya yolu verilen bir resmin (Şekil 2) OpenCV kütüphanesi ile nasıl açılacağı test edilmiştir. Yüz tanıma uygulamalarında dış etkenlerden poz açısı başarı oranını etkilemektedir (Gross, 2001). Bu nedenle Şekil 3. deki farklı açılardan çekilmiş yüz görüntülerin tanıma başarısı yandan çekilmiş görüntüye göre önden çekilmiş görüntüyü tanıma başarısının arttığını göstermektedir.



Şekil 2. Farklı Açılardan Çekilmiş Yüz Tanıma Testi



Şekil 3. Önerdiğimiz modelin akış şeması

Şekil 1, önerilen yöntemimize genel bir bakış sunmaktadır. Beş adımı vardır. Birincisi, yüz tanıma (FR), ön işleme aşaması için dört alt görevin birleşimidir: yüz normalleştirme, veri büyütme, yüz algılama ve görüntü iyileştirme. Çalışmamız ağırlıklı olarak yüz görüntülerinden özellik çıkarımı ve bunların nasıl sınıflandırılabilirliğine odaklanmaktadır. Ayrıca öznelik çıkarımı için görüntülerde yaygın olarak kullanılan KPCA ve LPCA'yı kullandık. Global PCA (GPCA), sınıflardan bağımsız olarak tüm eğitim veri kümesi için PCA'ya uygulanır. Yerel PCA (LPCA), LDA durumunda her bir sınıf için PCA'ya uygulanır. Bu çalışma, CNN mimarisine dayalı yüz tanıma sisteminin ampirik bir değerlendirmesini sunmuştur. CNN, yerel algı alanlarını, paylaşılan ağırlıkları ve yüz görüntülerinin aşağı örnekleme birleştirerek model yapısını optimize etmek için verilerin yerelliğini ve diğer özellikleri kullanır [9]. Bu yöntem, sapma ve ağırlık değerleri olan gizli nöronlardan oluşur. Her nöron için giriş verilerinin tüm ağırlık değerleri hesaplanır. Her girdi görüntüsü için kullanılan her bir nöronun çıktısı. En yaygın kullanılan derin öğrenme çerçevesidir (Rostamian, 2022).

### 3. Deneysel Çalışma

Çalışmamızda önerdiğimiz modeli KPCA ve GPCA öznelik çıkarma yöntemleri ile yaptık ve sonuçları detaylı olarak karşılaştırdık. KPCA, çekirdek yöntemi kullanılarak geliştirilmiş doğrusal olmayan bir PCA yönteminin kullanımınıdır. KPCA, öncelikle  $x$  orijinal giriş vektörlerini daha büyük boyutlu bir özellik vektörüne eşler ve klasik olarak doğrusal PCA bileşenlerini hesaplar.

PCA, örnek sayısının veri kümesinin boyutundan daha az olduğu ve özdeğer problemini çözdüğü doğrusal olmayan PCA'yı ifade eder (Cao ve diğerleri, 2003). GPCA, genellikle daha büyük ve karmaşık sorunları çözmek ve verileri bölümlenmek için kullanılan alt uzay biriminde kullanılan bir yöntemdir. GPCA, birçok yönden klasik yöntemlerden (örn. Beklenti Maksimizasyonu ve K-Means) daha verimli ve etkili olan veri modelleme ve kümeleme için yeni bir algoritma yelpazesi sunar. Bu nedenlerle çalışmamızda GPCA, KPCA yöntemine göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Önerilen CNN mimarisinin ilk 1 hata oranı ve ilk 5 hata oranı açısından performansı Tablo 1'de gösterilmiştir. Görüntü boyutunda, öğrenme hızında değişiklikler yaparak uyguladık. CNN, 40 dönem boyunca eğittik. Önerilen CNN'nin performansı ilk 1 ve ilk 5 hataya göre değerlendirilmiştir. İlk 1 hata oranı, en üst sınıfın hedef etiketle aynı olup olmadığını kontrol eder ve ilk 5 hata oranı, hedef etiketin ilk beş tahmininizden biri olup olmadığını kontrol eder.

**Tablo 1.** Farklı CNN tepe hatası için önerdiğimiz modelin doğruluk oranı

Özellik çıkarımı methodları/ Yüz sınıflandırma doğruluğu (%)	CNN (Top 5)	CNN (Top 1)
Kernell PCA (KPCA)	97.38	89.66
Global PCA (GPCA)	99.75	95.04

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Günümüzde yüz tanıma sistemleri, önden sabıka görüntüleri ve tutarlı aydınlatma gibi kısıtlı koşullar altında çok iyi çalışıyor. Mevcut tüm yüz tanıma algoritmaları, insanların tanımlayabildiği ve tanımlaması gereken çok çeşitli koşullar altında başarısızlığa uğruyor. Bu çalışmada, yüz tanımadaki bu güçlükleri çözmek için bir model önerdik. Bu model, derin öğrenme yöntemlerinden biri olan CNN ağı ile eğitilmiştir. Önerilen modelin başarısını farklı öznelik çıkarma yöntemleriyle değerlendirdik.

Bu çalışmada açık kaynak kodlu OpenCV kütüphanesinde Python arayüzüne sahip ayrıca Windows destekleyen PyCharm Community Edition da yazılan programda yüz bulma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yüz algılama sisteminde yüz şeklinin değişmesinde yüzü tam olarak algılayamamaktadır. Fakat OpenCV kütüphanesinde alınan classifier klasöründe fazla sayıda farklı yüz resimlerinde performansı artırmıştır. Yaptığımız denemeler ile yüz tanıma sisteminin diğer çalışmalar oranla daha iyi performans sağladığı gözlenmiştir. Oluşturulan yazılım ile şüpheli tespiti gibi yüzde yüzlük tanıma gerektirmeyen alanlarda kullanılmasının daha yararlı olacağı önerilmektedir.

Sonraki çalışmalarımızda farklı derin öğrenme yöntemleri ve farklı öznelik çıkarma yöntemleri kullanarak hibrit modelimizin performans sonuçlarını literatürdeki modeller ile karşılaştıracaktır.

#### Bilgilendirme

Bu çalışma ICSAR 2022 (1st International Conference on Scientific and Academic Research) konferansında sunulmuştur.

#### Kaynaklar

- Ali, D., Touqir, I., Siddiqui, A. M., Malik, J., & Imran, M. (2022). Face Recognition System Based on Four State Hidden Markov Model. IEEE Access, 10, 74436-74448.
- Bradski G., Kaehler A. (2008). Learning OpenCV, O'Reilly Media Inc., USA.
- Cao, L. J., Chua, K. S., Chong, W. K., Lee, H. P., & Gu, Q. M. (2003). A comparison of PCA, KPCA and ICA for dimensionality reduction in support vector machine. Neurocomputing, 55(1-2), 321-336.
- Erişti E. (2010). Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk, OPENCV, Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 10-12 Şubat, Muğla.
- Goldstein, A. J., Harmon, L. D. ve Lesk, A. B. (1971). Identification of human faces, Proc. IEEE 59, 748.-760.
- Gross, R., Shi, J. ve Cohn, J. (2001) Quo vadis Face Recognition, Carnegie Melon University, 54.
- Haig, N.K. (1985). How faces differ - a new comparative technique, Perception 14, 601-615.
- Jeevan, G., Zacharias, G. C., Nair, M. S., & Rajan, J. (2022). An empirical study of the impact of masks on face recognition. Pattern Recognition, 122, 108308.
- Jin, B., Cruz, L., & Gonçalves, N. (2022). Pseudo RGB-D Face Recognition. IEEE Sensors Journal.
- Kanade, T. (1973). Picture processing system by computer complex and recognition of human faces. Dept. of Information Science, Kyoto University, Nov.

Liu, F., Kim, M., Jain, A., & Liu, X. (2022). Controllable and guided face synthesis for unconstrained face recognition. In European Conference on Computer Vision (pp. 701-719). Springer, Cham.

Pişkin M. (2016). Opencv ile görüntü işleme”, 2016, <http://mesutpiskin.com/blog/wpcontent/uploads/2016/10/OpenCV-ile-G%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC-%C4%B0%C5%9Fleme.pdf> (15.12.2016).

Rhodes, G. (1988). Looking at faces: First-order and second order features as determinants of facial appearance, *Perception* 17, 43-63.

Rostamian, A., & O’Hara, J. G. (2022). Event prediction within directional change framework using a CNN-LSTM model. *Neural Computing and Applications*, 1-13.



MÜHENDİSLİK  
FAKÜLTESİ

Uluslararası Mühendislik  
Araştırma ve Geliştirme Dergisi  
International Journal of  
Engineering Research and  
Development

UMAGD, (2022) 14(3), s225-s233.



10.29137/umagd.1215761

Cilt/Volume:14 Sayı/Issue:3 Aralık/December 2022 Özel Sayı / Special Issue

Seçilmiş Konferans Makalesi / Selected Conference Paper

## Displacement of Reinforced Concrete Space Shear Walls as a Result Of Earthquake Effect

Cansu Ergin<sup>1\*</sup> , Fatih Altun<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Erciyes University, 38039 Kayseri, TURKEY

Başvuru/Received: 07/12/2022 Kabul / Accepted: 28/12/2022 Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

### Abstract

In reinforced concrete buildings, gaps are formed in certain parts of the curtains. There are displacements in reinforced concrete shears under the effect that simulates an earthquake. Accordingly, in this study, the change between force-displacement relations was examined. The curtains that are the subject of the study are slender curtains with a height/height ( $H_w/\ell_w$ ) ratio higher than 2.5-3.0 according to TBDY 2018, and slender curtains with a combined shear-bending behavior with aspect ratios between two limits. are given as medium-delicate curtains. The effect on the behavior according to the void ratios left at the midpoint of the reinforced concrete curtains was investigated. For this, a total of 4 pieces with  $1/2$  scale; Reinforced concrete shears, one of which is a reference and the others with a void ratio of 20%, 35% and 50%, respectively, were produced and the results were compared under the effect of earthquakes. The size effect was tried to be avoided, but since the actual dimensions of the sample were too large, it was produced in  $1/2$  scale. In the study, a built-in support condition should be created in the laboratory environment in order to represent the curtains structurally close to the real behavior.

### Key Words

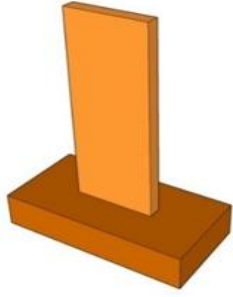

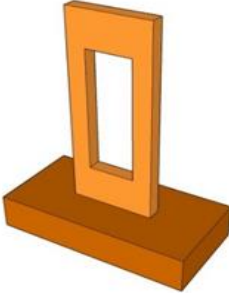
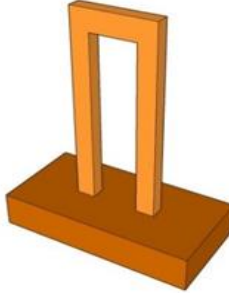
“Reinforced Concrete Shear, Displacement, Space Ratio, Earthquake Effect, Ductility”

## 1. Introduction

Although the design and production of structural elements by scaling in experimental studies does not pose a problem for elastic behavior, it creates problems in capturing real behavior in terms of inelastic behavior. For this reason, it is of great importance that the samples of reinforced concrete walls to be produced within the scope of the experimental study are produced in 1/1 scale in terms of convergence of the inelastic behavior of the building element. However, when evaluated in terms of economy and installation, scaled studies are carried out. Materials that will not deform during concrete pouring should be used in order to create the geometry of the opening in the hollow samples. Within the scope of this study, some studies in the literature related to porous curtains and the difficulties experienced in experimental studies are presented. *Liauw (1979-1980)* in one of the studies, single-span, four-storey steel frame and reinforced concrete filled test elements were used. The ratio of the height of the frame to the width, the void ratio in the infill and the connection detail between the infill and the frame are the variables used in the research. It was determined that the gap negatively affects the stiffness and strength of the system. *Daniel et al., (1986)* for the behavior of hollow reinforced concrete shear walls under the effect of horizontal loads simulated to earthquake loads, 1/3 scale and two samples were produced according to ACI and UBC standards. It was observed that the samples could not resist the shearing effect. *Kato vd., (1999)* in addition to the size and location of the void space in the reinforced concrete walls produced as a cast, the change in the amount of reinforcement placed on the side of the walls on the cavity side was investigated. It has been observed that the shear force carried by the hollow shear wall is carried only by the part under the pressure effect, and the bending strength and displacement capacity of the elements do not change much compared to the hollow shear walls. *Ono & Ezaki (2000)* they produced seven 1/3 scale, single span, single storey samples. Three of the samples they produced were tested under the effect of reversible-repeatable horizontal loading and vertical load. In addition, four of the samples they produced were tested under the effect of dynamic loading in order to determine the effects of loading speed on the behavior of hollow reinforced concrete walls. The second variable in the samples are the loading speeds. It was made as 0.01-0.1 cm/sec for static loading and 1 cm/sec for dynamic loading. After reaching the maximum strength, the lateral load-displacement relationship dropped steeply when the void ratio was less than 0.4. The lateral load-displacement relationship showed a gradual decrease in strength when the void ratio was greater than 0.4. Two types of crack formation were observed. It first occurred at the gap corners due to diagonal stress. Later, bending cracks occurred at the wall edges due to shear force. *Kara & Altun (2006)* in the study of strengthening non-ductile reinforced concrete frames with partial reinforced concrete infill walls, 7 single-span, 2-storey 1/3 scale test elements were tested under reversible and repeated horizontal loads. It has been demonstrated that partially filled non-ductile reinforced concrete frames exhibit significantly higher strength and higher stiffness than unfilled frames. As the aspect ratio of the infill wall increased, the lateral strength and stiffness increased significantly. The strength and ductility deficiencies of the frame members affected the lateral performance of the frame reinforced with partial fills. The most successful behavior was obtained from specimens with partially infilled walls attached to both the columns and beams of the frame. *Anil & Altun (2007)* in a study, the ratio of the partial infill wall length to height and the arrangement of the partial infill wall in the frame were considered as the variables of this study. It has been determined that when the dimensions of the inner shear wall are increased, the rigidity of the system and the lateral load carrying capacity increase very significantly, and the junction and type of the inner shear wall and the frame also affect the lateral load carrying capacity of the system significantly. It has been observed that the inner shear wall, which is connected to the columns and beams together, works much more effectively than the others. *Sakurai vd., (2008)* in the study, in which the behavior of shear walls with more than one cavity was examined, the results were compared by keeping the position and shape of the cavity different, although the same type of frame and the same amount of space were used. The shear strength, failure mode, and deformability of reinforced concrete shear walls with openings were significantly affected by the difference in the number and arrangement of openings. Axial deformation and stress distribution at the base of hollow shear walls are different from non-void shear walls, where the end columns contribute to the foundation moment to the shear body. *Öztürk (2010)* in the study of 1 of the frames is empty, 2 of them are reinforced with the addition of reinforced concrete outer shear wall, and 1 of them is reinforced with the addition of a non-beamed reinforced concrete outer shear wall and compared under the effect of earthquake load. For this purpose, a horizontal load of 2 units on the upper floor and 1 unit on the lower floor was applied to the samples, and an equivalent static horizontal loading system was prepared to realize the triangular load distribution in the earthquake, and the samples were tested under reversible-repetitive horizontal loading. In the case where the outer shearing is directly attached to the frame without making a tie beam, a significant increase has been achieved in terms of horizontal load carrying capacity; However, it has been observed that the system may collapse in a brittle manner, with heavy damage to the side columns and column-beam junctions where the wall meets. *Kebeli (2018)* in a study, the first bending crack (in the foundation-curtain junction area) occurred in fully filled shear walls, while the first shear crack (in the window corners) occurred in shear walls with window spaces. This shows that the fully filled curtain wall collapsed over the foundation acting more rigid than itself, and the curtain wall with window openings collapsed due to the shear effect from the lower part of the window, which is more rigid than itself. The curtain walls with window openings have collapsed from the lower corners of the windows, which are their weakest points. When the reinforced concrete parts on both sides of the window space are considered as short curtains, the curtain wall under the window shows a more rigid behavior like the foundation. As in short curtains, the sliding effect dominates the bending effect and the system collapsed at an angle of 45° due to the shear effect.

## 2. Material and Method

Reinforced concrete wall samples were manufactured in 1/2 scale considering **TS500 (2000)** and **TBDY (2018)** conditions. Experiments of a total of 4 reinforced concrete wall systems, which were created by defining different wall void ratios, were carried out in Erciyes University Earthquake Research Laboratory. There is no curtain gap in the system produced as a reference to the study. In addition, other samples whose effects on bending behavior were investigated are models with 20%, 35% and 50% voids, respectively.

Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
			
Referance-without space	%20 Space	%35 Space	%50 Space

**Figure 1.** Experimental Models

The design concrete class of the experimental models was determined as C30 and the reinforcement was determined as B420C. 3 different types of reinforcement with  $\varnothing 4$ ,  $\varnothing 6$  and  $\varnothing 8$  mm diameters were used in the manufacture of the reinforced concrete curtain. The dimensions of the 1/2 scale reinforced concrete wall are 150 x 900 mm and the height is 2250 mm.

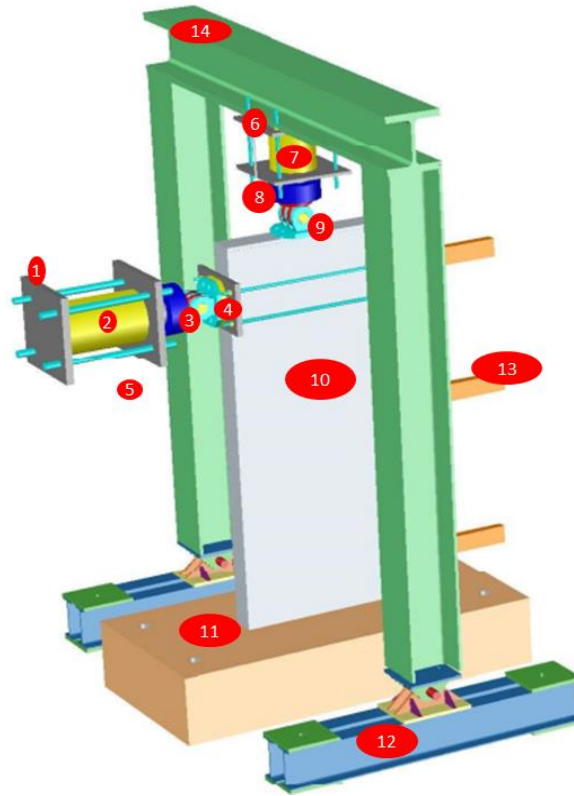
In each experiment, the sample to be tested was carefully transported with a crane to the front of the loading wall, which is the area to be tested. Then, it is connected to the rigid flooring with the help of rods in such a way that it is recessed into the floor. Then, in each test, the necessary mechanism, hydraulic jack, the construction where the jack is connected to the loading wall, traverse, connection and bridge cables and displacement gauges were connected to give the sample horizontal and vertical (axial) loads.

First, a reference model without gaps in the bulkheads was placed in front of the loading wall. Necessary security measures have been taken by pulling a security strip around. Then, the connections of the horizontal and vertical loading devices were made. Before starting the experiments, 3D drawings of the experimental setup elements were made. In all experiments performed, the required load and displacement readings were made and recorded using a computer aided data reading system.

Before starting the installation process of the experimental setup with the transport of the samples to the experiment area, first of all, the optimum solution was thought to ensure the use of the existing vertical loading setup in the laboratory in a way that would fit all of the samples, and the setup was revised and the necessary cutting and welding processes were performed. Each specimen brought to the test area was connected to the rigid platform, which was opened at 50 cm intervals, by means of eight threaded shafts with a diameter of 36 mm. These threaded shaft slots are placed during the formation of the rigid platform and there is no risk of dislodgement during any force applied to the shafts. Secondly, the horizontal loading mechanism was mounted on the loading wall for the test samples. The loading wall is 50 cm thick and 6 meters wide, with slots 50 cm apart and 70 mm in diameter to connect the wall. Horizontal loading mechanism consists of hydraulic jack, joint at two ends and a load cell and parts that connect these parts to each other. The connection between the two plates placed on both the pushing and pulling faces of the test specimen was created using 4 transmission shafts with a diameter of  $\varnothing 24$  mm. In the experiments, lateral loading was carried out with a two-piece hydraulic jack with a capacity of 1000 kN, capable of pushing and pulling. The first part of the jack is the hydraulic piston, which is the load output point, and the second part is the manual loading arm that provides oil to the piston. A load cell with a capacity of +500/-500 kN was used to measure the horizontal loading values from the hydraulic jack and transfer the load data to the computer environment.

Before starting the experimental studies, the necessary threaded parts for the connections of the jacks with the joints and load cells were produced and their connections were made. The load cell is externally calibrated and mounted using steel tie plates. The connection of the hinges, which can move perpendicular to the horizontal loading direction, with the loading wall and the test sample is provided by bolting the plate at the end of the joint to plates of special dimensions. The mobility of the joints during horizontal loading is important in terms of maintaining the horizontal position of the device during the test.

The jack to be used in the vertical loading mechanism has a capacity of 600 kN, and the load cell has a capacity of 500 kN. The axial load value is the equivalent of  $0.1A_c f_{ck}$  for each sample and will be kept constant throughout the test.



**Figure 2.** Experiment Setup

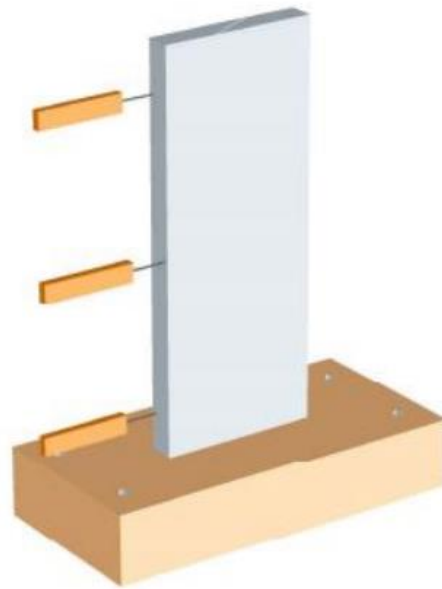
**Table 1.** Experimental Rig Components

No	Device	No	Device
1	Roller Bearing	8	Load cell
2	Hydraulic Jack	9	Roller Bearing
3	Load cell	10	Concrete Shear Wall
4	Roller Bearing	11	Foundation Anchorage
5	Horizontal Loading Setup	12	Traverse
6	Roller Bearing	13	LVDT
7	Hydraulic Jack	14	Axial Loading Frame

For all samples, the height that will provide the ratio of  $H_w/\ell_w=2.5$  was chosen for the horizontal load application point. In order not to crush the concrete along the slab placed at the application point, horizontal reinforcement was arranged (5 cm intervals) by tightening the transverse reinforcement intervals in these regions in each sample.

In order to apply the lateral load to the samples, a 600 kN compression and 420 kN pulling capacity hydraulic jack attached to the rigid wall at one end and a 500 kN compression capacity load cell at the other end were used. These two ends consisted of joints to avoid additional effects other than axial load during lateral loading. A load cell was used to obtain the load data. Three displacement meters were used to measure the displacements. A data logger was used to transfer the data taken from the displacement meters and the load cell to the computer. The positions of the displacement gauges on the test setup are shown in Figure 3.



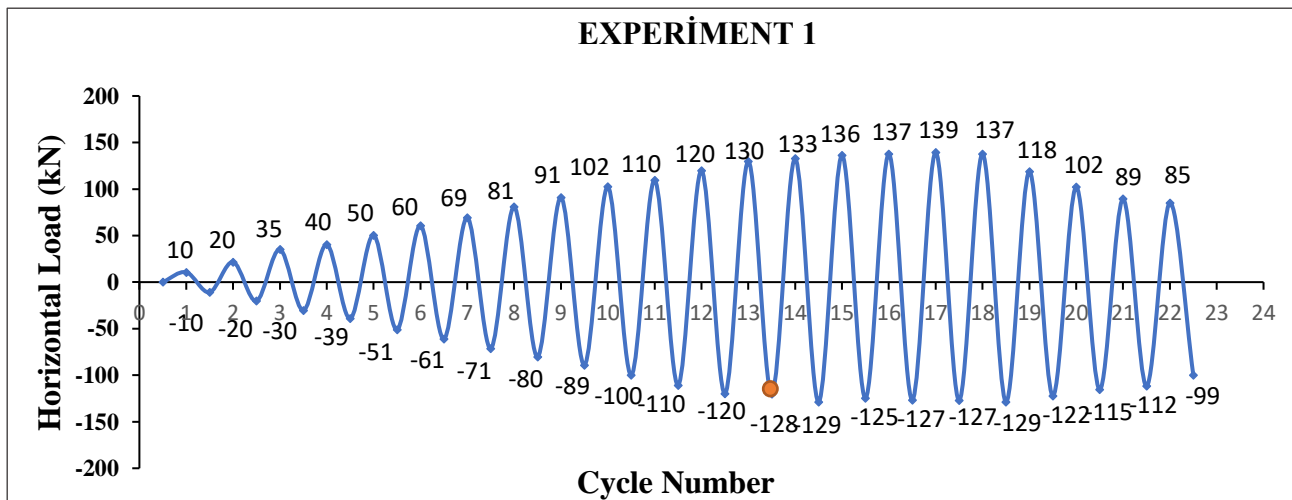


**Figure 3.** Positions of Displacement Gauges in the Experimental Setup

During the experimental studies, the hysteresis curves showing the horizontal load-displacement relationship of the test element were drawn in real time with the data recording taken at 125 ms (1/8) intervals. As a result of the graphics and values obtained as a result of the loading to be made on the reinforced concrete walls and the tests of the other samples; crack development will be observed, displacement effect, energy consumption, bearing capacity, and stiffness will be examined. All experiments were started with load control and continued in this way until the lateral load level where yielding occurred in the longitudinal reinforcement. In each cycle, one push and one pull were made. The first cycle started with a horizontal load of 10 kN and continued in increments of 10 kN until yielding occurred. After yielding, loading was continued with displacement control. After switching to displacement controlled loading, loading was continued with an increase of 5 mm. Crack development was investigated by stopping the test after each push and pull motion in all cycles. Cracks in the push cycle are drawn in red, and those in the pull cycle are drawn in blue. Experiment reports were prepared and the developments of the experiments were recorded step by step. The pre-experimental view of the reinforced concrete reference wall is shown in Figure 4.

### 3. Results and Discussion

The frames of the reinforced concrete carrier system used in all the experiments are identical in terms of material size and geometrical aspects. The parameters that vary between experiments are the curtain void ratio. It is assumed that the reference experiment will show bending behavior. Thus, as the curtain void ratio increases, the differences between the first test, which we can accept as a reference, and the other tests, in terms of bending behavior, were examined.



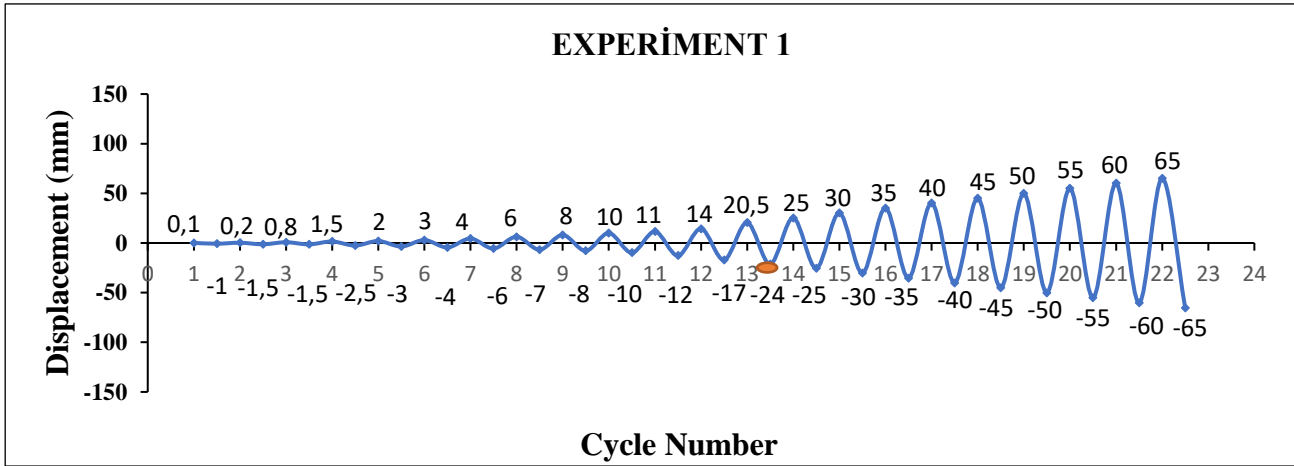
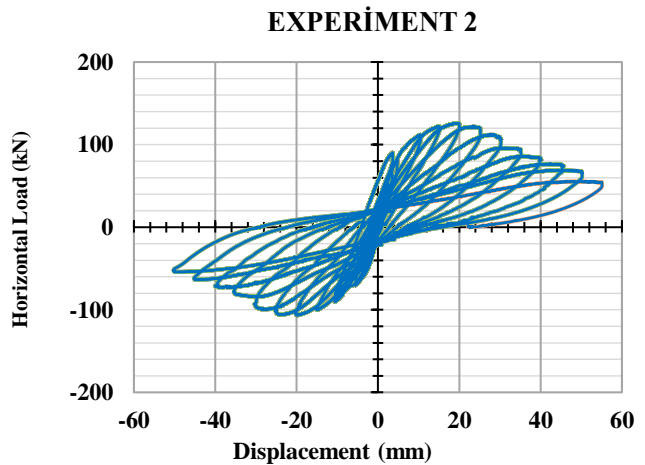
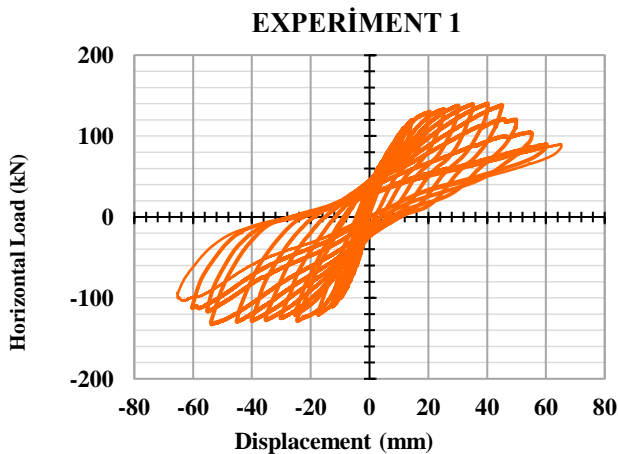


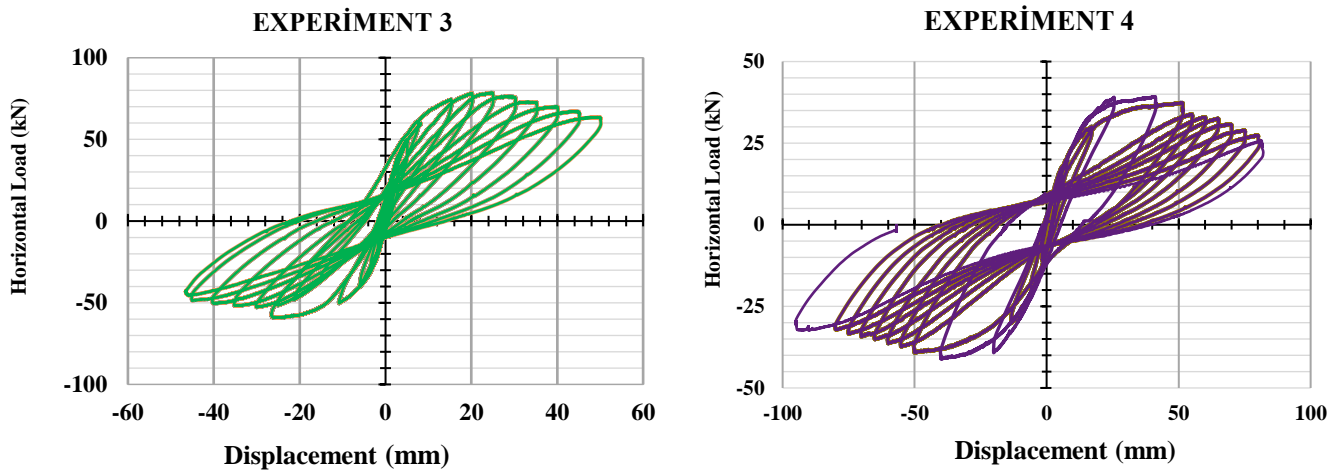
Figure 5. Loading Procedure of the First Experiment

In the reference sample, which is the 1st test, yielding occurred in the 13th drawing cycle. The yield load is about -128,749 kN, and the yield displacement is about -24,563 mm. After yielding, load-controlled loading was switched to displacement-controlled loading in the 14th pressure cycle. At the end of 22 cycles in total, 65,202 mm displacement in the pushing cycle and 65,285 mm in the tension cycle was made in the reinforced concrete carrier system. Accordingly, the total  $\delta/H$  ratio was found to be 0.029 and the experiment was completed at this point.

In the second experiment, the 20% void sample test, yielding occurred in the 9th tensile cycle. The yield load is about -83.896 kN, and the yield displacement is about -10,148 mm. After yielding, in the 10th cycle, load-controlled loading was switched to displacement-controlled loading. At the end of 18 cycles in total, the reinforced concrete carrier system has a displacement of -50,195 mm in the pushing cycle and -50,195 mm in the pulling cycle. Accordingly, the total  $\delta/H$  ratio was found to be 0.022 and the experiment was completed at this point.

In the 3rd experiment, the sample with 35% voids, yielding occurred in the 6th drawing cycle. The yield load is about -35.402 kN, and the yield displacement is about -15 mm. After yielding, load-controlled loading was switched to displacement-controlled loading in the 7th cycle. At the end of a total of 15 cycles, the reinforced concrete carrier system has a displacement of 0,085 mm in the pushing cycle and -46.474 mm in the tension cycle. Accordingly, the total  $\delta/H$  ratio was found to be 0.021 and the experiment was completed at this point.



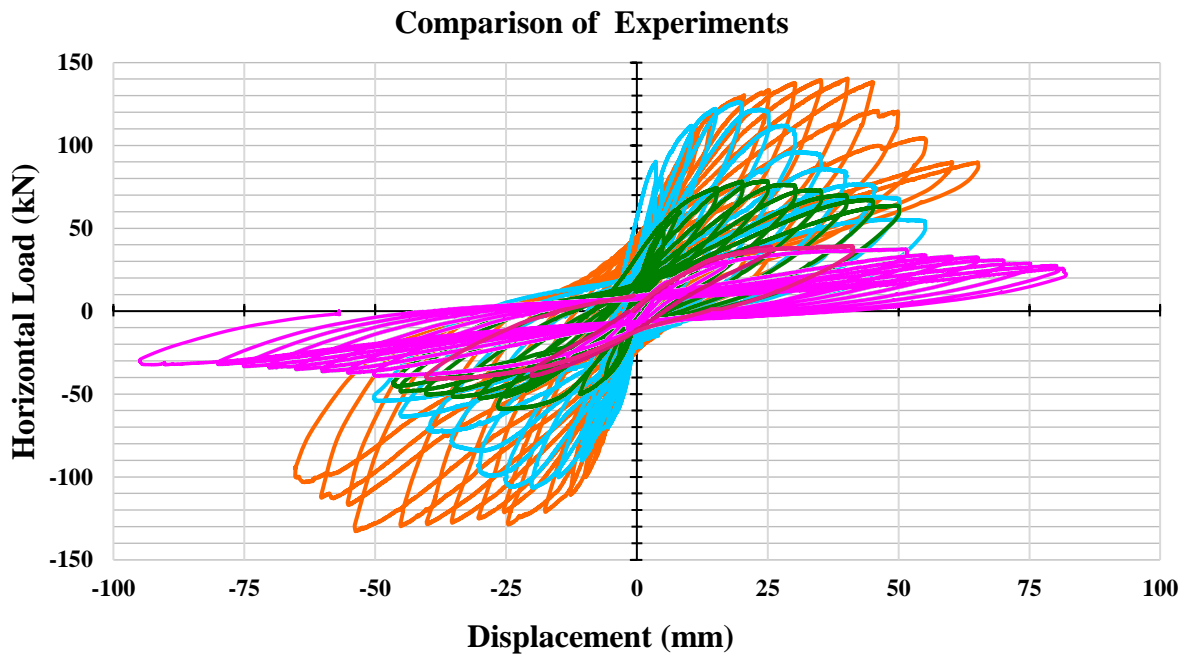


**Figure 6.** Lateral Load–Lateral Displacement Responses of the Experiments.

In the 4th experiment, the 50% void sample, yielding occurred in the 5th thrust cycle. The yield load is about 39,065 kN, and the yield displacement is about 39,726 mm. After yielding, load-controlled loading was switched to displacement-controlled loading in the 5th tensile cycle. At the end of 13 cycles in total, the reinforced concrete carrier system has a displacement of -81.589 mm in the pushing cycle and -94,912 mm in the pulling cycle. Accordingly, the total  $\delta/H$  ratio was found to be 0.039 and the experiment was completed at this point.



**Figure 7.** Post-Experiment View of the Reference Reinforced Concrete Shear.



**Figure 8.** Comparison of the Horizontal Load-Displacement Plots of the Experiments

**Table 2.** Horizontal Loads and Displacements

Test Sample	Cycle Number	Load Type	Load (kN)	Displacement (mm)
Experiment 1	5	Push	50,50	1,20
Experiment 2	5	Push	50,63	1,74
Experiment 3	5	Push	50,06	4,99
Experiment 4	5	Push	39,55	39,73

The values showing the displacements according to the 5th thrust cycle, which is the yield cycle of the 4th test sample, are given in Table 2. Thus, it was possible to compare displacements in the same cycle. In Table 3, it is presented that the yield loads and displacements start as a result of different cycles and their displacements with the current yield loads.

**Table 3.** Post-Yield Loads and Displacements

Test Sample	Cycle Number	Load Type	Post-yield Load (kN)	Displacement (mm)
Experiment 1	13	Pull	129	24,56
Experiment 2	9	Pull	84	10,15
Experiment 3	6	Pull	35	15,00
Experiment 4	5	Push	39	39,73

#### 4. Conclusions and Recommendations

In case there is no gap in the wall, the horizontal loads acting on the building allow the building to fully utilize its horizontal displacement capacity. As the wall void ratio increases, the shear force distribution to the columns becomes uneven, and the limit state

of the bearing capacity is reached early. This caused the structure to have less displacement as a result of some power exhaustion while the reinforced concrete curtain still had capacity.

As the void ratio increases according to the yield load, the amount of displacement of the carrier systems decreases. As the void ratio according to the maximum horizontal load increases, the amount of displacement made by the carrier systems increases. During high ton capacity loading, the sample should be placed in the system fully symmetrically against the possibility of rotation of the loading apparatus.

As a result of the study, if the wall void ratio is 20% compared to the reference sample, the displacement value decreases by 23% and the horizontal load carrying capacity is reduced by 13%. If the curtain gap ratio is 35%, the displacement value is reduced by 29% and the horizontal load carrying capacity is reduced by 45%. If the curtain gap ratio is 50%, the displacement value increases by 45% and the horizontal load carrying capacity decreases by 73%.

### **Acknowledgment**

This study was presented at the 1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022

### **References**

- Anıl, Ö. & Altın S. (2007). An Experimental Study on Reinforced Concrete Partially Infilled Frames, *Engineering Structures*, 29, 449-460.
- Daniel, J.I., Shiu, K.N., & Corley W.G. (1986). Openings in Earthquake- Resistant Structural Walls, *Journal of Structural Engineering*, 112(7), 1660- 1676.
- Kara, M. E. & Altın, S. (2006). Behavior of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Partial Infills, *ACI Structural J*, 103, 701-709.
- Kato, D., Noda, H., & Sugishita, Y. (1999). Strength and deformation capacity of cantilever structural walls with openings, *Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, PEER Report 1999/10, Berkeley, Maui, Hawaii*, 311322.
- Kebeli, Y. E. (2018). Experimental Investigation of Behaviour of Double-Layer Precast Rc Shear Walls With Openings Under Hystretic Load, M. Sc. Thesis, Gazi University, Ankara.
- Liauw, T.C. (1979). Test on Multistory Infilled Frames Subjected to Dynamic Lateral Loading, *ACI Structural Journal*, 40: 551-563.
- Liauw, T.C. (1980). An Effective Structural System Against Earthquake Infilled Frames, *Proceeding of 7th WCEE, İstanbul, Turkey*, Vol. 4, 481-485.
- Ono, M., & Ezaki, F. (2000). The Effects of Loading Velocity on Elasto-Plastic Behavior of Reinforced Concrete Framed Shear Walls With Opening, *The 12. World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand*.
- Öztürk, M. (2010) Strengthening of Reinforced Concrete Frames of Insufficient Earthquake Resistance by Applying External Shear Wall With Coupling Beam, PhD Thesis, Selçuk University, Konya.
- Sakurai, M., Kuramoto, H., Matsui, T., & Akita, T. (2008). Seismic Performance of Rc Shear Walls With Multi-Openings, 0-7. *TBDY, Turkey Building Earthquake Code. (2018)*.
- TS500 Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures. (2000). *Turkish Standards Institute*.



## A Novel Method for miRNA-Disease Association Prediction based on Space Projection and Label Propagation (SPLPMDA)

Ahmet Toprak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electricity and Energy, Selçuk University, Konya

*Başvuru/Received:* 12/12/2022    *Kabul / Accepted:* 23/12/2022    *Çevrimiçi Basım / Published Online:* 31/12/2022

*Son Versiyon/Final Version:* 31/12/2022

### Abstract

miRNAs, a subclass of non-coding small RNAs, are about 18-22 nucleotides long. It has been revealed that miRNAs are responsible many diseases such as cancer. Therefore, great efforts have been made recently by researchers to explore possible relationships between miRNAs and diseases. Experimental studies to identify new disease-associated miRNAs are very expensive and at the same time a long process. Therefore, to determine the relationships between miRNA and disease many computational methods have been developed. In this paper, a new method for the identification of miRNA-disease associations based on space projection and label propagation (SPLPMDA) is proposed. The forecast the precision of SPLPMDA was demonstrated using 5-fold cross-validation and LOOCV techniques. Values of 0.9333 in 5-fold cross validation and 0.9441 in LOOCV were obtained. Moreover, case studies on breast neoplasms and lymphoma were performed to further confirm the predictive reliability of SPLPMDA.

### Key Words

*“miRNA, Disease, miRNA-Disease Association, Space Projection, Label Propagation”*

## 1. Introduction

The first microRNA (miRNA) was defined in *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) by Lee et al. at Victor Ambros' laboratory in 1993. They named this first miRNA discovered as *lin-4*. Reinhart et al. discovered a miRNA with a length of 22 nucleotides in *C. elegans* in 2000 and called *let-7* (Lee, Feinbaum, & Ambros, 1993; Saydam, Değirmenci, & Güneş, 2011). Studies have revealed that miRNAs are a subclass of non-protein coding RNAs and are approximately 18-22 nucleotides long (Chandra et al., 2017). Although about 2000 human miRNAs have been identified, information about their biological functions is limited so far. Conducted research has revealed the importance miRNAs in development, proliferation, apoptosis, differentiation, signal transduction, viral infection, aging, and metabolism (Bartel, 2009; X. Chen, Zhou, & Zhao, 2018; Lan et al., 2018; Tang, Zhou, Zheng, Zhang, & Sha, 2019). The existence of important links of miRNAs with many complex human diseases has been proven by scientists with improving of the molecular biology and biotechnology (X. Chen et al., 2016; Kim, 2015). miRNAs can be oncogene or tumor suppressor in many cancer types such as breast cancer, lymphoma, lung cancer, prostate cancer, colon cancer (X. Chen, Xie, Zhao, & You, 2019; Gao, Jia, Shi, Zhou, & Cui, 2019). As an example, miRNA-21 expression level is constantly up-regulated in tissue-specific cancer types such as breast cancer, lymphoma, lung cancer, and colon cancer. In experiments, it was observed that in lung cancer and lymphoma, the *let-7* miRNA family is downregulated, while miRNA-17, miRNA-18a, miRNA-19a, miRNA-19b-1, miRNA-20a and miRNA-92a-1 are overexpressed (Osada & Takahashi, 2011; Selcuklu, Donoghue, & Spillane, 2009; Tan et al., 2018). Also it is proven that both miRNA-143 and miRNA-145 are consistently downregulated in breast cancer patient by conducted research studies (Espinosa & Slack, 2006). Determination of disease-associated miRNAs is of great importance in the diagnosis, treatment, and prevention of diseases, as well as for personalized drug therapy (X. Chen et al., 2019; Yan, Zheng, Jia, Hou, & Xiao, 2019). By determining the relationships between miRNAs and diseases, many diseases such as cancer can be diagnosed at an early stage. However, experimental studies to identify new disease-associated miRNAs are very expensive and at the same time a long process. For this reason, many computational methods have been developed to determine these possible relationships between miRNAs and diseases (Pech, Lee, Hao, Po, & Zhou, 2019). Machine learning-based approaches and similarity-based approaches are generally preferred to find potential relationships between miRNAs and diseases. The assumption that similar miRNAs (diseases) likely affect the same diseases (miRNAs) is commonly used in similarity-based approaches.

Researchers have developed many computational methods to predict disease-associated miRNAs, lncRNAs, circRNAs, microbes, and environmental factor. For example, Toprak et al. (Toprak & Eryilmaz Dogan, 2021; Toprak & Eryilmaz, 2021) used two different methods for miRNA-disease associations prediction: KBMF and “weighted k-nearest known neighbors and network consistency projection”. The ILDMSF method for prediction of lncRNA-disease associations was developed by Chen et al. (Q. Chen et al., 2021). Vural et al. (Vural & Kaya, 2018) used the KATZ method for prediction lncRNA-environmental factor associations. Qu et al. (Qu, Zhao, & Yin, 2019) suggested a computational technique for estimating microbe-disease associations.

Several comprehensive databases have been created to store experimentally validated results of miRNA-disease associations with advances in technology and bioinformatics: HMDD (Y. Li et al., 2014) is a database of miRNA target interactions as well as containing comprehensive information about many human diseases such as genetics and epigenetics. miRBase (Kozomara & Griffiths-Jones, 2013) database contains miRNA sequences and is also an open-source database. dbDEMC (Z. Yang et al., 2010) provides information in different cancer types about the miRNAs' expression levels. miR2Disease (Jiang et al., 2009) provides human miRNA-disease association information. deepBase (J.-H. Yang, Shao, Zhou, Chen, & Qu, 2009) comprehensively describes the role of miRNAs in biological processes of organisms. miRGen (Alexiou et al., 2009) is a database containing human miRNAs' and mouse miRNAs' genomic information.

In this paper, a new method, identification of miRNA-disease relationships based on space projection and label propagation (SPLPMDA), which integrates space projection and label propagation, has been proposed to find possible links between miRNAs and diseases. From HMDD web page, experimentally validated miRNA and disease association data, functional similarities of miRNAs, and semantic similarities of diseases were used. In addition, Gaussian interaction profile kernel similarities of the of miRNAs and diseases were calculated. Then, space projection method was implemented to miRNA space and disease space. Lastly, miRNA-disease association prediction results were obtained by applying the label propagation method.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Known associations between miRNA and disease

The experimentally validated miRNA-disease association data, include 495 miRNAs and 383 diseases, we used in this study were obtained from the HMDD database. A matrix of 495x383 dimensions, called the adjacency matrix, consisting of 495 rows and 383 columns, is created from the obtained data. When constructing the adjacency matrix, the experimentally proven relationship of miRNA and diseases is considered (i.e. if there is a proven relationship between miRNA  $m(i)$  and disease  $d(j)$ , adjacency matrix  $A(m(i), d(j))$  is set to 1, if there is no proven relationship between miRNA  $m(i)$  and disease  $d(j)$ , adjacency matrix  $A(m(i), d(j))$  is set to 0.

**2.2. miRNAs Functional Similarity (FS) and Diseases Semantic Similarity (SS)**

In 2010, a method was proposed by Wang and colleagues to calculate miRNA and disease similarity scores (D. Wang, Wang, Lu, Song, & Cui, 2010). Calculated miRNAs functional similarity scores can be obtained from the <http://www.cuilab.cn/files/images/cuilab/misim.zip> web page. The FS matrix with dimensions 495 × 495 is created from the downloaded data.

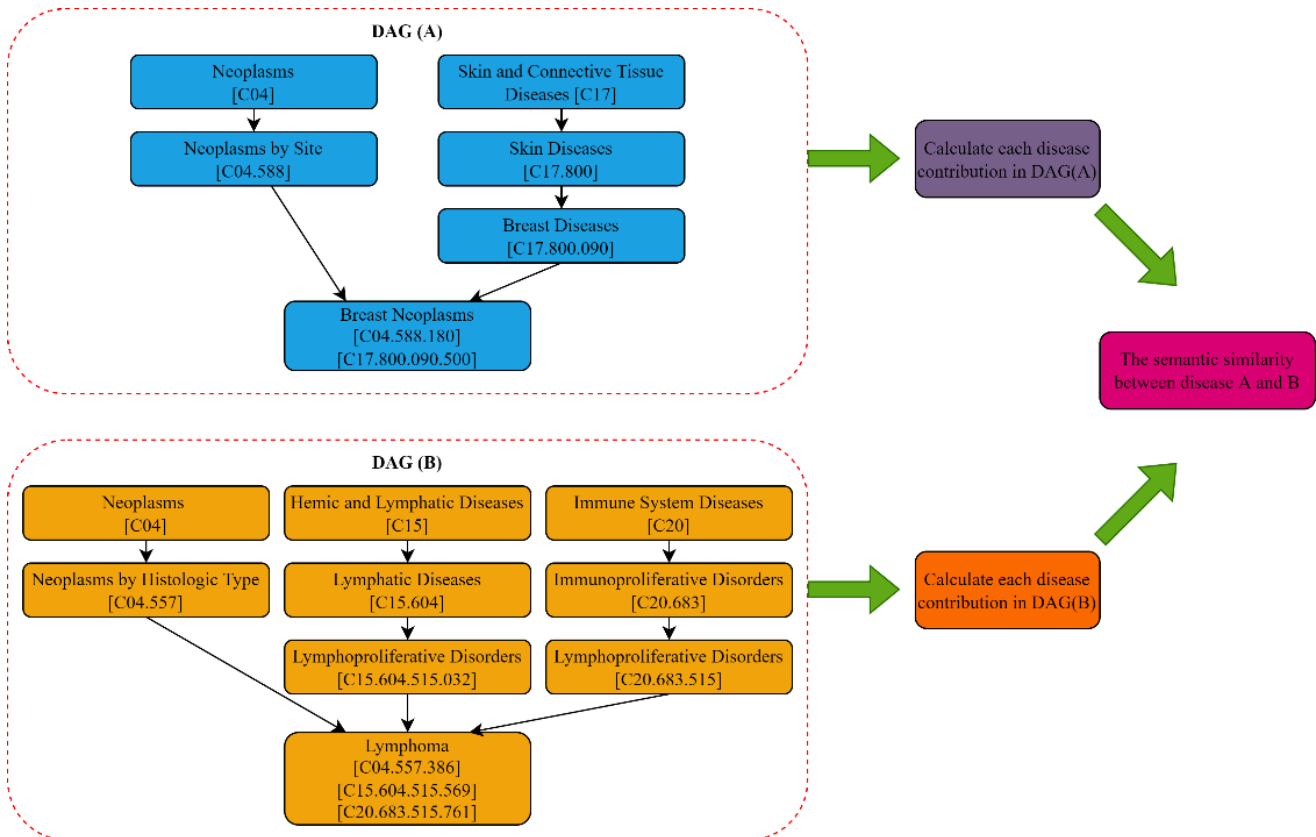
The SS matrix was calculated using the Medical Subject Headings (MeSH) definitions from the National Library of Medicine (<http://www.nlm.nih.gov/>) web page. Afterwards, the tree structure of each disease is defined by creating a Directed Acyclic Graph (DAG) structure of each disease. “Breast Neoplasms” and “Lymphoma” DAG structures are shown in Figure 1. For example,  $DAG(A) = (A, T_A, E_A)$  structure of disease A, where  $T_A$  represents both node A itself and all sub-nodes of node A, and  $E_A$  represents the corresponding links. Here, equation 1 calculates the coefficient of disease t in DAG(A) to disease A, and equation 2 computes the disease A’s semantic value (DV).

$$\begin{cases} D_A(A) = 1, \\ D_A(t) = \max\{0.5 * D_A(t') | t' \in \text{children of } t\}, \text{ if } t \neq A, \end{cases} \quad (1)$$

$$DV(A) = \sum_{t \in T_A} D_A(t). \quad (2)$$

In order to calculate the disease A’s and disease B’s semantic similarity value with equation 3, first the DAG structure of each disease is created, and its semantic values are calculated. This process is performed for all diseases and a semantic similarity matrix ( $SS_{383 \times 383}$ ) is created.

$$SS(A, B) = \frac{\sum_{t \in T_A \cap T_B} (D_A(t) + D_B(t))}{DV(A) + DV(B)} \quad (3)$$



**Figure 1.** Breast neoplasms’ and lymphoma’s DAG structure



### 2.3. Gaussian interaction profile (GIP) kernel similarity

In 2011, Twan van Laarhoven et al. proposed the GIP kernel and used to find out drug-target relationships. “This method is based on the assumption that drugs (targets) that exhibit a similar interaction with targets (drugs) of a drug-target interaction network are likely to exhibit similar interactions” (van Laarhoven, Nabuurs, & Marchiori, 2011). The GIP method is widely used to find out disease-related miRNA, lncRNA, circRNA, and microbes.

Here,  $i$ th sequence of known human miRNA-disease matrix  $A$  is binary vector, represented by  $IP(mi)$ . The GIP kernel similarity matrix for miRNAs represented by GM is calculated by the following equation:

$$GM(m_i, m_j) = \exp(-\gamma_m \|IP(m_i) - IP(m_j)\|^2) \quad (4)$$

The GIP kernel similarity matrix for diseases represented by GD is calculated by the same way:

$$GM(d_i, d_j) = \exp(-\gamma_d \|IP(d_i) - IP(d_j)\|^2) \quad (5)$$

The  $\gamma_m$  and  $\gamma_d$  parameters seen in equations 4 and 5 that control the kernel bandwidth can be calculated as follows:

$$\gamma_m = \frac{\delta_m}{\frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} \|IP(m_i)\|^2} \quad (6)$$

$$\gamma_d = \frac{\delta_d}{\frac{1}{n_d} \sum_{i=1}^{n_d} \|IP(d_i)\|^2} \quad (7)$$

The new bandwidth parameters are represented by  $\delta_m$  and  $\delta_d$ , and all miRNA numbers and all disease numbers are represented by  $n_m$  and  $n_d$ . Twan van Laarhoven et al set the  $m$  and  $d$  parameters to 1 for simplicity.

### 2.4. Integration of similarities

From the known human miRNA-disease association matrix, the GIP kernel similarities of miRNAs and diseases are calculated. Then, miRNA functional similarity matrix and miRNA GIP kernel similarity matrix are integrated using equation 8. The resulting new miRNA similarity matrix is denoted by SM.

$$SM(m_i, m_j) = \begin{cases} GM(m_i, m_j), & \text{if } FS(m_i, m_j) = 0, \\ FS(m_i, m_j), & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

In the same manner, using equation 9, semantic similarities of diseases and GIP kernel similarities of diseases were integrated. The resulting new disease similarity matrix is represented by SD.

$$SD(d_i, d_j) = \begin{cases} GD(d_i, d_j), & \text{if } SS(d_i, d_j) = 0, \\ FS(d_i, d_j), & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (9)$$

### 2.5. Network Space Projection and Label Propagation

We suggested new computational model that includes network space projection and label propagation to forecast possible associations between miRNAs and diseases. The method we have proposed consists of three parts. Firstly, integration of similarities. Secondly, network space projection for miRNA and disease. Lastly, for obtaining the prediction results, applying the label propagation on miRNA and disease space projection network. In this study, in matrix  $A$ , experimentally unconfirmed miRNA-disease associations were recorded as 0, but this does not mean that these experimentally unconfirmed relationships are actually unrelated. Thus, all relations that are 0 in matrix  $A$  are made  $10^{-30}$ .

Network consistency projection consists of two parts, space consistency projection of miRNA and disease. Network consistency projection uses heterogeneous networks such as network of known associations between miRNA and disease, integrated similarity networks of miRNAs and diseases. The framework of SPLPMDA method is shown in Figure 2.

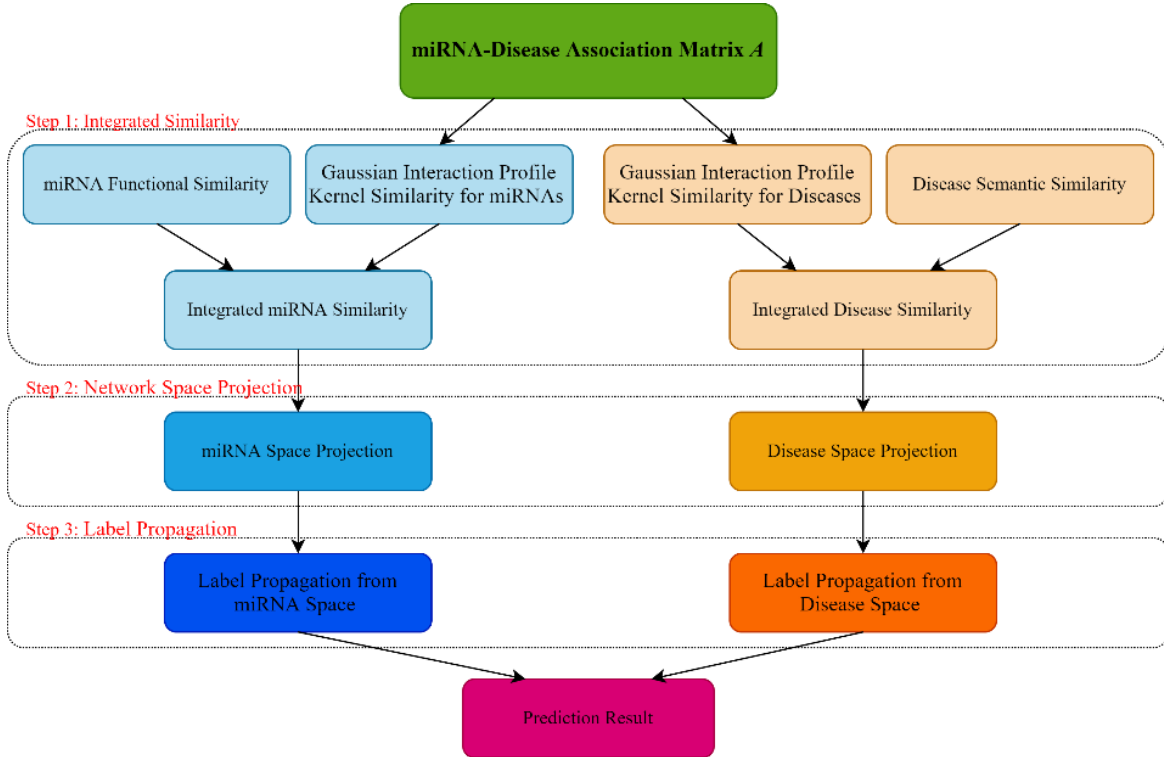


Figure 2. Flowchart

Firstly, the miRNA space projection ( $MSP$ ) is determined by the following formula:

$$MSP(i, j) = \frac{SM(i,:) \times A(:,j)}{|A(:,j)|} \quad (10)$$

Then, disease space projection ( $DSP$ ) is computed using equation 11:

$$DSP(i, j) = \frac{A(i,:) \times SD(:,j)}{|A(i,:)|} \quad (11)$$

Here, the label propagation technique was applied to compute the possibility of disease-associated miRNAs. “Label propagation is a semi-supervised learning method that iteratively propagates labelled information to unlabeled nodes throughout the network” (Yin, Liu, Gao, Kong, & Zheng, 2022; Yu et al., 2019). In the label propagation process, miRNAs (diseases) associated with a disease (miRNA) are regarded labeled samples, while other miRNAs (diseases) are considered unlabeled samples. The iteration formula on the miRNA space projection network can be represented by equation 12. With the same manner, the iteration equation on the disease space projection network can be written equation 13.

$$F_M(t + 1) = \alpha \times SM \times F_M(t) + (1 - \alpha) \times \left(\frac{MSP+A}{2}\right) \quad (12)$$

$$F_D(t + 1) = \alpha \times SD \times F_D(t) + (1 - \alpha) \times \left(\frac{DSP+A}{2}\right)^T \quad (13)$$

where, parameter  $\alpha$  is between 0 and 1, and controls the rate.  $SM$  is the integrated miRNAs network and  $SD$  is the integrated diseases network.  $F_M$  and  $F_D$  are the forecast outcomes of miRNA domain and disease domain, respectively. The prediction results from both domains are combined with equation 14 and represent with  $F$ .

$$F = \beta \times F_M + (1 - \beta) \times F_D^T \quad (14)$$

where  $\beta$  was set to 0.5.

### 3. Results

#### 3.1. Performance prediction

In this chapter, the prediction performance of our model that we developed tested by five-fold (5-fold) cross validation and leave one-out cross validation (LOOCV) techniques. The known relationships between miRNA and disease are divided into five subgroups in the 5-fold cross-validation technique. While 4 randomly selected groups are used as training data, the remaining group is used as test data. In the LOOCV technique, each of the known relationships between miRNA and disease was used as test data and the rest as training data. This procedure was repeated for all known 5430 miRNA-disease associations. Also, using the true positive rate (TPR) and the false positive rate (FPR), the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve was plotted to show the predictive accuracy of the model. Then, performance evaluation is performed with the value obtained by calculating the area under the ROC curve (AUC). The AUC value ranges from 0 to 1, and the closer the calculated result is to 1, the better the performance.

In SPLPMDA, the AUC value calculated with the 5-fold cross-validation technique was 0.9333, and the AUC value calculated with the LOOCV technique was 0.9441. ROC curves of the 5-fold cross validation and LOOCV techniques are demonstrated with Figures 3 and 4, respectively. Also, prediction performance is further proven by comparing the prediction result of SPLPMDA with 6 other methods: NDAMDA (X. Chen, Wang, & Huang, 2018), MCMDA (J.-Q. Li, Rong, Chen, Yan, & You, 2017), NSEMDA (C. C. Wang, Chen, Yin, & Qu, 2019), BNPMDA (X. Chen, D. Xie, et al., 2018), MDHGI (X. Chen, Yin, Qu, & Huang, 2018), and WBSMDA (X. Chen et al., 2016).

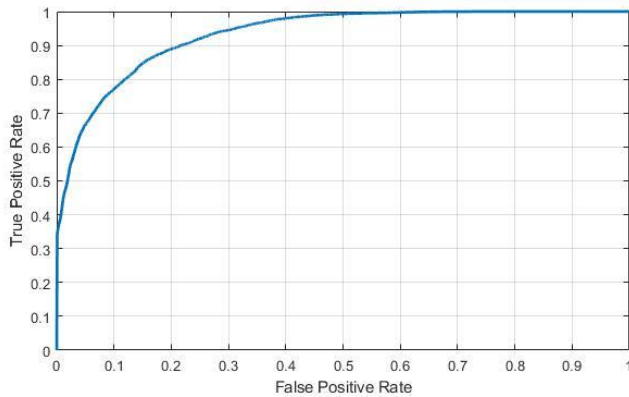


Figure 3. 5-fold CV

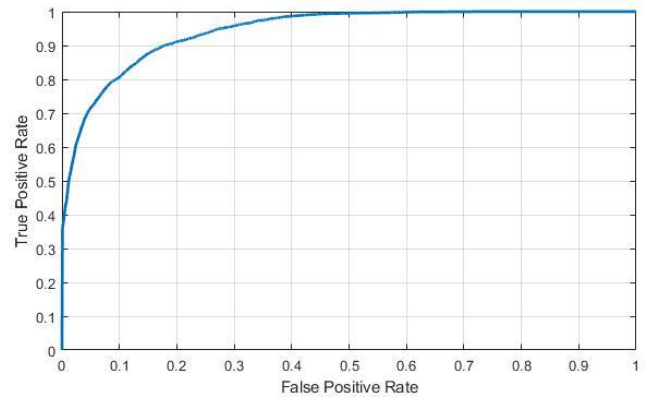


Figure 4. LOOCV

In the 5-fold cross validation technique, the AUC values obtained by NDAMDA, MCMDA, NSEMDA, BNPMDA, MDHGI, and WBSMDA were 0.8935, 0.8767, 0.8878, 0.8980, 0.8794, and 0.8185. Figure 5 shows the comparative AUC values. Moreover, in the LOOCV technique, the AUC values obtained by NDAMDA, MCMDA, NSEMDA, BNPMDA, MDHGI, and WBSMDA were 0.8920, 0.8749, 0.8899, 0.9028, 0.8945, and 0.8031. Figure 6 shows the comparative AUC values.

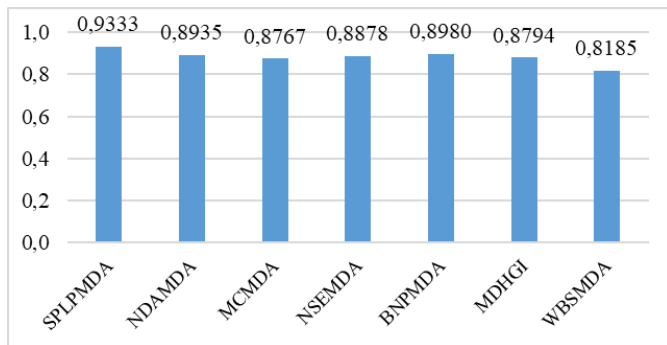


Figure 5. AUC values of SPLPMDA and others six methods in 5-fold CV

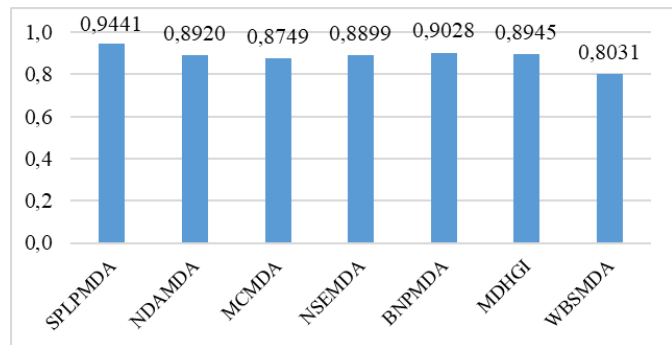


Figure 6. AUC values of SPLPMDA and others six methods in LOOCV

When the AUC values obtained in both 5-fold cross validation and LOOCV techniques are examined, it is seen that SPLPMDA gives better results compared to the other six methods.

### 3.2. Case studies

Here, we performed both a case study on breast cancer and a case study on lymphoma to validate the performance of SPLPMDA and predict miRNA-disease association. Two experimental databases namely HMDD v2.0 (Y. Li et al., 2014) and dbDEMC (Z. Yang et al., 2010) were selected to validate the candidate miRNAs predicted in the case studies. After applying SPLPMDA, candidate miRNAs for breast neoplasms and lymphoma were listed by scores. The top 30 candidate miRNAs listed by score for breast cancer and lymphoma were validated by the two different databases mentioned above.

Breast Neoplasms, which occurs in men as well as women, is very widespread malignant tumor in women and causes about 40000 mortalities per year in the United States (DeSantis et al., 2016). Studies have demonstrated that numerous miRNAs have an important mission in the diagnosis and development of breast cancer. For instance, in experimental studies with breast cancer patients, miR-21 and miR-155 were up-regulated, while miR-10b, miR-125b, and miR-145 were down-regulated. That's why, A case study was conducted on breast neoplasms as many miRNAs are thought to act as tumor suppressor genes or oncogenes (Feber et al., 2008; Iorio et al., 2005). In this case study, information was removed from all known miRNAs associated with breast neoplasm. Then, SPLPMDA was applied to predict potential miRNAs related to breast cancer and the top 30 candidate miRNAs proposed by SPLPMDA were listed. As can be seen from Table 1, 29 of the top 30 predicted candidate miRNAs were associated with breast neoplasms.

Lymphoma is the uncontrolled growth of lymphocytes, the body's defense cells, by becoming cancerous (Alizadeh et al., 2000), originates from the lymphatic hematopoietic system, which is the cause of many types of cancer (DeSantis, Ma, Goding Sauer, Newman, & Jemal, 2017). Recent research has shown associations between many miRNAs and lymphoma. For instance, in malignant lymphoma, tumors are suppressed by miR-150 (Watanabe et al., 2011). In addition to targeting proto-oncogenes in cutaneous T-cell lymphoma and mycosis fungoides, also miR-223 regulates cell growth (McGirt et al., 2014). Moreover, miR-200 targeting cyclin E2 is extensively suppressed in conjunctival MALT lymphoma (Cai et al., 2012). Before applying the SPLPMDA, we removed the information of all known miRNAs associated with lymphoma. When we apply SPLPMDA for potential miRNA-lymphoma association estimation, the top 30 candidate miRNAs in order of score are shown in table 2.

### 4. Discussion

It has been explained in many studies that non-protein-coding miRNAs cause many human diseases and miRNAs have been shown to affect many biological processes (Bartel, 2009; Xing Chen et al., 2018; Lan et al., 2018; Tang et al., 2019). For this reason, it is very important to know the relationships between miRNAs and diseases. However, finding new relationships with conventional experimental methods is time consuming and costly. In this research, we used space projection and label propagation to discover possible relationships between miRNAs and diseases. To evaluate the SPLPMDA's forecast performance 5-fold cross validation and LOOCV techniques were used, and 0.9333 AUC value and 0.9441 AUC value were gotten, respectively. When we compared SPLPMDA with NDAMDA, MCMMDA, NSEMDA, BNPMDA, MDHGI, and WBSMDA, we obtained better prediction performance in both 5-fold cross-validation and LOOCV. In addition, the predictive performance of SPLPMDA was also evaluated by two case studies on breast cancer and lymphoma diseases. When the first 30 candidate miRNAs obtained as a result of the case study on breast cancer and ranked according to their scores are examined in detail, it is seen that 29 miRNAs are associated with breast cancer. As a result of the case study on lymphoma, candidate miRNAs were also ranked according to their scores. When the first 30 miRNAs were investigated in detail, it was seen that 29 miRNAs were associated with lymphoma. Candidate miRNAs from case studies on breast cancer and lymphoma were validated with HMDD and dbDEMC databases. Consequently, SPLPMDA is a powerful technique for identifying possible miRNA-disease associations without costly laboratory testing.

**Table 1.** Prediction of the top 30 predicted miRNAs associated with breast neoplasms

hsa-mir-1245a	HMDD
hsa-mir-1245b	HMDD
hsa-mir-1323	HMDD
hsa-mir-1469	HMDD
hsa-mir-181	<i>unconfirmed</i>
hsa-mir-2355	HMDD
hsa-mir-3130	HMDD
hsa-mir-3186	HMDD
hsa-mir-4257	HMDD
hsa-mir-4306	HMDD
hsa-mir-718	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-320e	HMDD

**Table 2.** Prediction of the top 30 predicted miRNAs associated with lymphoma

hsa-mir-21	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-155	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-17	HMDD
hsa-mir-20a	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-146a	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-19b	HMDD
hsa-mir-18a	HMDD
hsa-mir-92a	HMDD
hsa-mir-19a	HMDD
hsa-mir-16	HMDD
hsa-mir-15a	HMDD
hsa-mir-126	HMDD

**Table 1 (cont.).** Prediction of the top 30 predicted miRNAs associated with breast neoplasms

hsa-mir-450a	HMDD
hsa-mir-450b	HMDD
hsa-mir-1915	HMDD
hsa-mir-1258	HMDD
hsa-mir-200	HMDD
hsa-mir-505	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-632	HMDD
hsa-mir-1471	HMDD
hsa-mir-922	HMDD
hsa-mir-510	HMDD
hsa-mir-661	HMDD
hsa-mir-202	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-298	HMDD
hsa-mir-411	HMDD
hsa-mir-516b	HMDD
hsa-mir-526a	HMDD
hsa-mir-301b	HMDD
hsa-mir-515	HMDD

**Table 2 (cont.).** Prediction of the top 30 predicted miRNAs associated with lymphoma

hsa-mir-125b	dbDEMC
hsa-mir-34a	dbDEMC
hsa-mir-145	dbDEMC
hsa-mir-200b	HMDD
hsa-mir-181a	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-29c	HMDD
hsa-mir-221	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-200a	HMDD
hsa-mir-29a	dbDEMC
hsa-mir-29b	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-150	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-24	<i>unconfirmed</i>
hsa-mir-200c	HMDD
hsa-mir-210	HMDD
hsa-mir-101	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-203	HMDD
hsa-mir-125a	HMDD; dbDEMC
hsa-mir-223	dbDEMC

## Acknowledgment

This study was presented at the 1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022.

## References

- Alexiou, P., Vergoulis, T., Gleditsch, M., Prekas, G., Dalamagas, T., Megraw, M., . . . Hatzigeorgiou, A. G. (2009). miRGen 2.0: a database of microRNA genomic information and regulation. *Nucleic Acids Research*, 38(suppl\_1), D137-D141. doi:10.1093/nar/gkp888
- Alizadeh, A. A., Eisen, M. B., Davis, R. E., Ma, C., Lossos, I. S., Rosenwald, A., . . . Yu, X. (2000). Distinct types of diffuse large B-cell lymphoma identified by gene expression profiling. *nature*, 403(6769), 503-511.
- Bartel, D. P. (2009). MicroRNAs: target recognition and regulatory functions. *cell*, 136(2), 215-233. doi:10.1016/j.cell.2009.01.002
- Cai, J., Liu, X., Cheng, J., Li, Y., Huang, X., Li, Y., . . . Wei, R. (2012). MicroRNA-200 is commonly repressed in conjunctival MALT lymphoma, and targets cyclin E2. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 250(4), 523-531.
- Chandra, S., Vimal, D., Sharma, D., Rai, V., Gupta, S. C., & Chowdhuri, D. K. (2017). Role of miRNAs in development and disease: Lessons learnt from small organisms. *Life Sci*, 185, 8-14. doi:10.1016/j.lfs.2017.07.017
- Chen, Q., Lai, D., Lan, W., Wu, X., Chen, B., Liu, J., . . . Wang, J. (2021). ILDMSF: Inferring Associations Between Long Non-Coding RNA and Disease Based on Multi-Similarity Fusion. *IEEE/ACM Trans Comput Biol Bioinform*, 18(3), 1106-1112. doi:10.1109/TCBB.2019.2936476
- Chen, X., Wang, L. Y., & Huang, L. (2018). NDAMDA: Network distance analysis for MiRNA-disease association prediction. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 22(5), 2884-2895. doi:10.1111/jcmm.13583
- Chen, X., Xie, D., Wang, L., Zhao, Q., You, Z. H., & Liu, H. (2018). BNPMDA: Bipartite Network Projection for MiRNA-Disease Association prediction. *Bioinformatics*, 34(18), 3178-3186. doi:10.1093/bioinformatics/bty333

- Chen, X., Xie, D., Zhao, Q., & You, Z.-H. (2019). MicroRNAs and complex diseases: from experimental results to computational models. *Briefings in Bioinformatics*, 20(2), 515-539. doi:10.1093/bib/bbx130
- Chen, X., Yan, C. C., Zhang, X., You, Z. H., Deng, L., Liu, Y., . . . Dai, Q. (2016). WBSMDA: Within and Between Score for MiRNA-Disease Association prediction. *Scientific reports*, 6, 21106. doi:10.1038/srep21106
- Chen, X., Yin, J., Qu, J., & Huang, L. (2018). MDHGI: Matrix Decomposition and Heterogeneous Graph Inference for miRNA-disease association prediction. *PLoS Comput Biol*, 14(8), e1006418. doi:10.1371/journal.pcbi.1006418
- Chen, X., Zhou, Z., & Zhao, Y. (2018). ELLPMDA: ensemble learning and link prediction for miRNA-disease association prediction. *RNA biology*, 15(6), 807-818. doi:10.1080/15476286.2018.1460016
- DeSantis, C. E., Fedewa, S. A., Goding Sauer, A., Kramer, J. L., Smith, R. A., & Jemal, A. (2016). Breast cancer statistics, 2015: Convergence of incidence rates between black and white women. *CA: a cancer journal for clinicians*, 66(1), 31-42.
- DeSantis, C. E., Ma, J., Goding Sauer, A., Newman, L. A., & Jemal, A. (2017). Breast cancer statistics, 2017, racial disparity in mortality by state. *CA: a cancer journal for clinicians*, 67(6), 439-448.
- Espinosa, C. E. S., & Slack, F. J. (2006). Cancer issue: the role of microRNAs in cancer. *The Yale journal of biology and medicine*, 79(3-4), 131-140.
- Feber, A., Xi, L., Luketich, J. D., Pennathur, A., Landreneau, R. J., Wu, M., . . . Litle, V. R. (2008). MicroRNA expression profiles of esophageal cancer. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 135(2), 255-260.
- Gao, Y., Jia, K., Shi, J., Zhou, Y., & Cui, Q. (2019). A Computational Model to Predict the Causal miRNAs for Diseases. *Front Genet*, 10, 935. doi:10.3389/fgene.2019.00935
- Iorio, M. V., Ferracin, M., Liu, C.-G., Veronese, A., Spizzo, R., Sabbioni, S., . . . Campiglio, M. (2005). MicroRNA gene expression deregulation in human breast cancer. *Cancer research*, 65(16), 7065-7070.
- Jiang, Q., Wang, Y., Hao, Y., Juan, L., Teng, M., Zhang, X., . . . Liu, Y. (2009). miR2Disease: a manually curated database for microRNA deregulation in human disease. *Nucleic Acids Res*, 37(Database issue), D98-104. doi:10.1093/nar/gkn714
- Kim, Y.-K. (2015). Extracellular microRNAs as biomarkers in human disease. *Chonnam medical journal*, 51(2), 51-57. doi:10.4068/cmj.2015.51.2.51
- Kozomara, A., & Griffiths-Jones, S. (2013). miRBase: annotating high confidence microRNAs using deep sequencing data. *Nucleic Acids Research*, 42(D1), D68-D73. doi:10.1093/nar/gkt1181
- Lan, W., Wang, J., Li, M., Liu, J., Wu, F. X., & Pan, Y. (2018). Predicting MicroRNA-Disease Associations Based on Improved MicroRNA and Disease Similarities. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 15(6), 1774-1782. doi:10.1109/TCBB.2016.2586190
- Lee, R. C., Feinbaum, R. L., & Ambros, V. (1993). The *C. elegans* heterochronic gene *lin-4* encodes small RNAs with antisense complementarity to *lin-14*. *cell*, 75(5), 843-854.
- Li, J.-Q., Rong, Z.-H., Chen, X., Yan, G.-Y., & You, Z.-H. (2017). MCMDA: Matrix completion for MiRNA-disease association prediction. *Oncotarget*, 8(13), 21187. doi:10.18632/oncotarget.15061
- Li, Y., Qiu, C., Tu, J., Geng, B., Yang, J., Jiang, T., & Cui, Q. (2014). HMDD v2.0: a database for experimentally supported human microRNA and disease associations. *Nucleic Acids Research*, 42(Database issue), D1070-D1074. doi:10.1093/nar/gkt1023
- McGirt, L. Y., Adams, C. M., Baerenwald, D. A., Zwerner, J. P., Zic, J. A., & Eischen, C. M. (2014). miR-223 regulates cell growth and targets proto-oncogenes in mycosis fungoides/cutaneous T-cell lymphoma. *Journal of Investigative Dermatology*, 134(4), 1101-1107.
- Osada, H., & Takahashi, T. (2011). *let-7* and miR-17-92: Small-sized major players in lung cancer development. *Cancer science*, 102(1), 9-17.
- Pech, R., Lee, Y.-L., Hao, D., Po, M., & Zhou, T. (2019). LOMDA: Linear optimization for miRNA-disease association prediction. doi:10.1101/751651

- Qu, J., Zhao, Y., & Yin, J. (2019). Identification and Analysis of Human Microbe-Disease Associations by Matrix Decomposition and Label Propagation. *Front Microbiol*, 10, 291. doi:10.3389/fmicb.2019.00291
- Saydam, F., Değirmenci, İ., & Güneş, H. V. (2011). MikroRNA'lar ve kanser. *Dicle Tıp Dergisi*, 38(1).
- Selcuklu, S. D., Donoghue, M. T., & Spillane, C. (2009). miR-21 as a key regulator of oncogenic processes. *Biochem Soc Trans*, 37(Pt 4), 918-925. doi:10.1042/BST0370918
- Tan, W., Liu, B., Qu, S., Liang, G., Luo, W., & Gong, C. (2018). MicroRNAs and cancer: Key paradigms in molecular therapy. *Oncol Lett*, 15(3), 2735-2742. doi:10.3892/ol.2017.7638
- Tang, C., Zhou, H., Zheng, X., Zhang, Y., & Sha, X. (2019). Dual Laplacian regularized matrix completion for microRNA-disease associations prediction. *RNA biology*, 16(5), 601-611. doi:10.1080/15476286.2019.1570811
- Toprak, A., & Eryilmaz Dogan, E. (2021). Prediction of Potential MicroRNA-Disease Association Using Kernelized Bayesian Matrix Factorization. *Interdiscip Sci*, 13(4), 595-602. doi:10.1007/s12539-021-00469-w
- Toprak, A., & Eryilmaz, E. (2021). Prediction of miRNA-disease associations based on Weighted K-Nearest known neighbors and network consistency projection. *J Bioinform Comput Biol*, 19(1), 2050041. doi:10.1142/S0219720020500419
- van Laarhoven, T., Nabuurs, S. B., & Marchiori, E. (2011). Gaussian interaction profile kernels for predicting drug-target interaction. *Bioinformatics*, 27(21), 3036-3043. doi:10.1093/bioinformatics/btr500
- Vural, H., & Kaya, M. (2018). Prediction of new potential associations between LncRNAs and environmental factors based on KATZ measure. *Computers in biology and medicine*, 102, 120-125. doi:10.1016/j.combiomed.2018.09.019
- Wang, C. C., Chen, X., Yin, J., & Qu, J. (2019). An integrated framework for the identification of potential miRNA-disease association based on novel negative samples extraction strategy. *RNA biology*, 16(3), 257-269. doi:10.1080/15476286.2019.1568820
- Wang, D., Wang, J., Lu, M., Song, F., & Cui, Q. (2010). Inferring the human microRNA functional similarity and functional network based on microRNA-associated diseases. *Bioinformatics*, 26(13), 1644-1650. doi:10.1093/bioinformatics/btq241
- Watanabe, A., Tagawa, H., Yamashita, J., Teshima, K., Nara, M., Iwamoto, K., . . . Nakagawa, T. (2011). The role of microRNA-150 as a tumor suppressor in malignant lymphoma. *Leukemia*, 25(8), 1324-1334.
- Yan, F., Zheng, Y., Jia, W., Hou, S., & Xiao, R. (2019). MAMDA: Inferring microRNA-Disease associations with manifold alignment. *Comput Biol Med*, 110, 156-163. doi:10.1016/j.combiomed.2019.05.014
- Yang, J.-H., Shao, P., Zhou, H., Chen, Y.-Q., & Qu, L.-H. (2009). deepBase: a database for deeply annotating and mining deep sequencing data. *Nucleic Acids Research*, 38(suppl\_1), D123-D130. doi:10.1093/nar/gkp943
- Yang, Z., Ren, F., Liu, C., He, S., Sun, G., Gao, Q., . . . Zhao, H. (2010). dbDEMC: a database of differentially expressed miRNAs in human cancers. *BMC Genomics*, 11 Suppl 4, S5. doi:10.1186/1471-2164-11-S4-S5
- Yin, M. M., Liu, J. X., Gao, Y. L., Kong, X. Z., & Zheng, C. H. (2022). NCPLP: A Novel Approach for Predicting Microbe-Associated Diseases With Network Consistency Projection and Label Propagation. *IEEE Trans Cybern*, 52(6), 5079-5087. doi:10.1109/TCYB.2020.3026652
- Yu, S. P., Liang, C., Xiao, Q., Li, G. H., Ding, P. J., & Luo, J. W. (2019). MCLPMDA: A novel method for miRNA-disease association prediction based on matrix completion and label propagation. *J Cell Mol Med*, 23(2), 1427-1438. doi:10.1111/jcmm.14048



## Farklı Kalıp Geometrilerinde AA7075 Talaşlarının Sıkıştırılma Kabiliyetlerinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi

### Theoretical and Experimental Investigation of Compression Capabilities of AA7075 Chips in Different Mold Geometries

Suat Koçoğlu<sup>1</sup>, Kemal Yıldızlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Makine Mühendisliği ABD / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 55270 ve Samsun, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 55270 ve Samsun, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 09/12/2022

Kabul / Accepted: 27/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Ergitilerek geri dönüştürülen metal talaşları, bu işlem öncesinde depolama alanlarını azaltmak ve dökümdeki şarj kabiliyetini iyileştirmek amacıyla geleneksel dairesel kalıpta sıkıştırılarak briket haline getirilirler. Talaşın daha fazla sıkıştırılması ekonomik ve lojistik bakımdan faydalar sağlayacaktır. Bu çalışmada, farklı kalıp geometrilerinin AA7075 talaşının sıkışma kabiliyeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kalıp geometrisi, talaş boyutu, talaş miktarı ve kuvvet miktarı sıkıştırma işlemi etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir. Her bir faktör için 3 seviye uygun görülmüştür. Faktör ve seviye sayısına bağlı olarak Taguchi metodu ile deney tasarımı yapılmıştır. En yüksek yoğunluk değerinin kare kalıpta, en düşük değerin ise altıgen kalıpta olduğu belirlenmiştir. Kare kalıpta ince ebatlı 15 gr talaşın 7500 kgf yük altında sıkıştırılması sonucunda 1,51 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluk değeri elde edilmiştir. Sonlu eleman metoduna göre yapılan inceleme de kare kalıpta meydana gelen gerilmenin kalıbın geneline yayıldığı görülmüştür. Basınç denklemleri ile yapılmış incelemede dairesel kalıbın kare kalıba göre % 5, altıgen kalıba göre %11 daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“Alüminyum Talaşı, Basma Deneyi, Sıkıştırma Kalıbı, Briketleme”

#### Abstract

Recycled metal chips by melting are compressed into briquettes in a conventional circular mold in order to reduce storage areas and improve the charging capability of the casting before this process. Further compaction of the chips will provide economic and logistical benefits. In this study, the effect of different die geometries on the compaction ability of AA7075 chips was investigated. Die geometry, chip size, chip amount and force amount were determined as factors affecting the compaction process. Three levels were considered appropriate for each factor. Depending on the number of factors and levels, the experimental design was made with the Taguchi method. It was determined that the highest density value was in the square mold and the lowest value was in the hexagonal mold. A density value of 1.51 gr/cm<sup>3</sup> was obtained as a result of compressing fine sized 15 gr chips under 7500 kgf load in a square mold. In the examination carried out according to the finite element method, it was observed that the stress in the square mold spread throughout the mold. In the examination made with the pressure equations, it was determined that the circular mold gave 5% better results than the square mold and 11% better results than the hexagonal mold.

#### Key Words

“Aluminum Chips, Compression Test, Compression Mold, Briquetting”



## 1. Giriş

Atık, istenmeyen veya kullanılmayan bir madde türüdür. Atık çeşitleri imalat sektöründen kaynaklı metal ve plastik atıklar, belediye atıkları (ev çöpü), tehlikeli atık, atık su (kanalizasyon), radyoaktif atık ve diğerleridir (Esenduran et al., 2016). Bu atıklar çevreye, sosyal ve ekonomiye olumsuz etkilere neden olabilir. Özellikle yakıldıklarında açığa çıkan zararlı gazlar nedeniyle kanser dâhil çeşitli hastalıklara neden olabilirler. Zehirli atık maddeler suyu, toprağı ve havayı kirleterek insanlar, diğer türler ve ekosistemler için daha fazla soruna neden olabilir (Skanska, 2012). İmalat sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar çevre yönetimi ile ilgili mevzuatlar gereği metal atık sorunu karşı karşıya kalmıştır ve sürdürülebilirliğe ulaşmak için yenilikçi teknolojileri üretken süreçler ile hemen tamamlamak zorundadırlar (Simon et al., 2017).

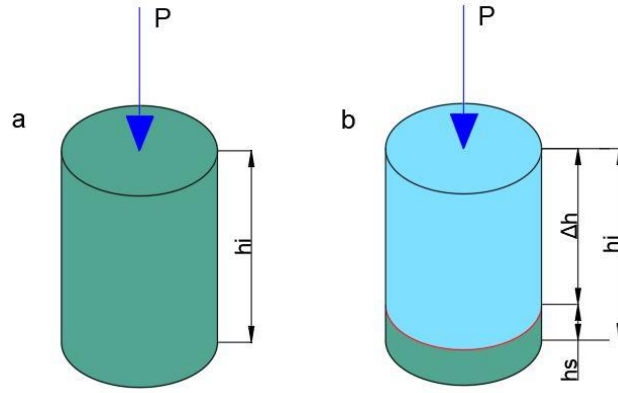
Talaşlı imalat metotları mevcut imalat yöntemlerinin içerisinde üretime katkısı yönüyle imalat prosesleri içerisinde önemli bir paya sahiptir (Şeremet & Kam, 2019; Verma et al., 2018). Yarı mamul durumundaki birçok ürün tezgâhlarda talaş kaldırılarak işlenir ve nihai ürün olarak satışa sunulur. Özellikle otomotiv motor bileşenlerinin imalatında alüminyum alaşımlarına talep artmaktadır. Artan bu talep ile imalatta, geleneksel döküm ve talaşlı işleme yöntemleri kullanılarak önemli miktarda alüminyum atığı ve talaş oluşmaktadır (Wang et al., 2019). Talaş kaldırma işlemlerinin sonucunda elde edilen metal talaşları geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilir. Bu durum, filizden hammadde üretiminin önüne geçerek hem çevre kirliliğinin azaltılması hem de ekonomik açıdan fayda sağlanması hususlarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Mamul üretimi esnasında elde edilen metal talaşları ergitme ocaklarında eritilip yeniden külçe olarak dökülür. Bu külçeler kullanılacakları imalat prosesine göre hammadde olarak piyasaya sürülmektedir. Ergitme işlemine tabi olacak talaşlar sıkıştırılarak briket haline getirilmektedir. Sıkıştırma işlemi ile nakliye giderleri azalmakta, hurda metal depolama alanları küçülerek imalat alanlarının genişlemesine imkân tanınmaktadır (Hassan et al., 2017; Kavak & Çakır, 2014).

Günümüzde imalattan elde edilen talaşlar silindirik kalıplarda sıkıştırılmaktadır. Sıkıştırma işlemi tek yönde kuvvet veya zıt yönlü kuvvet çifti etkisi altında yapılmaktadır. Isıtma veya yağlama gibi kabiliyet artırıcı etmenler proses sırasında tercihen uygulanmaktadır (Canakci & Varol, 2014). Metal talaşını soğuk sıkıştırma, sıcak sıkıştırma ve sıcak deformasyon ile toplam üç kademe de olacak şekilde, farklı sıcaklık ve farklı sıkıştırma hızlarında sıkıştırarak elde edilen numunelerin yoğunlukları ölçüldüğünde, sıcaklığın artması talaşlar arasındaki sürtünmenin azalmasına sebep olmakta ve daha yoğun bir sıkışma meydana gelmektedir. Sıkıştırma hızının artması ise talaşların sıkışma esnasında boş alanlara yönelme süresini kısalttığından negatif bir etki oluşturmuş, sıkışma yoğunluğu düşük seviyelerde kalmıştır (Peng et al., 2009). Genel olarak metallerin sıkıştırılması üzerine yapılan çalışmaları incelendiğinde, sıkışma kabiliyetini olumsuz etkileyen en önemli parametrenin düzgün olmayan talaş geometrisi ve sıkıştırma kalıbı içerisine dökülen alaşımların farklı kimyasal yapıda olması olarak tarif edilmiştir. Buna ilave olarak sıkışmış talaş kütesinin mukavemet değerinin tayininde sadece ekstrüzyon yönünde uygulanan çekme testi kullanılmakta, anizotropik yapıda olan malzemenin mekanik davranışının daha net anlaşılabilmesi için kesit yüzeyine paralel yönde de aynı testin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca yapılan çalışmaların bir kısmı alüminyum ve alaşımlarından oluşan metal talaşlarının yüzeyinde meydana gelen oksitlenmenin, presleme esnasında farklı katmanların birbiri ile etkin bir şekilde kenetlenmesine engel olduğunu ortaya koymaktadır (Shamsudin et al., 2016).

Literatür incelemesinde kalıp geometrisine bağlı olarak alüminyum talaşlarının sıkışma yoğunluğundaki değişimin incelendiği araştırmalara rastlanılmamıştır. Literatürden farklı olarak bu çalışmada imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AA7075 alüminyum alaşımı tercih edilmiştir. Yüksek mukavemet değerleri, süneklik, düşük yoğunluk, yorulma direnci ve tokluk gibi üstün mekanik özellikleri sayesinde 7xxx serisi Al alaşımları başta havacılık endüstrisi olmak üzere endüstrinin birçok alanında yapısal malzeme olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Heinz et al., 2000; Rendigs, 1997; Williams & Starke Jr, 2003). AA7075 talaşlarının sıkışma anındaki gerilme değerleri ve sıkıştırma sonrası yoğunluğu incelenmiştir. Gerilme değerlerinin büyüklüğü, FEM analizi ve plak analizi metotlarıyla mühendislik yaklaşımı oluşturularak incelenmiştir. Deneysel sonuçların sonlu eleman metoduyla doğrulanması yapılan bilimsel çalışmaların etkisini arttırmaktadır. Aynı zamanda sonlu elemanlar analiz programlarının gelişmesiyle beraber bu durum daha önemli hale gelmiştir. Aynı koşullar altında modelleme yapılması deneysel sonuçların doğruluğu üzerinde oldukça etkilidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Genel olarak sıkıştırma işlemi, bir malzemenin belirli bir yük altında ezilerek ilk hacmine göre daha düşük bir hacme indirgenmesidir. Şekil 1.a ve b de görüldüğü gibi ilk yüksekliği  $h_1$  olan metal talaş  $P$  basıncının etkisi altında  $\Delta h$  kadar sıkıştırıldığında son yükseklik değeri  $h_2$  olur. Talaşta meydana gelen sıkışma aslında plastik bir deformasyon değildir. Talaş akma gerilesinin altında kalan çok düşük seviyeli gerilmelerde dahi kolaylıkla kalıpta şekil alabilir. Bunun temel sebebi sıkıştırma işleminde plastik deformasyondan ziyade mekanik olarak gelişen kenetlenme durumudur. Talaş plakaları üst üste yığılı vaziyette sıkıştırıldıklarından plakalar arası etkileşim mevcuttur. Sıkışma anında her talaşa ait çıkıntılı veya engel içeren keskin yüzeyler bir başka talaştaki boşluğa girer ve baskı kuvvetinin etkisiyle kenetlenme tamamlanır. Dolayısıyla uygulama esnasında küçük kuvvetlerin kullanılması yeterlidir. Bu çalışmada gerilme değerlerindeki mukayese sonlu elemanlar metodu ve matematiksel metot ile ortaya konmuştur. Deneysel çalışmada ise farklı kalıp geometrilerinde sıkıştırma sonucunda elde edilen numunelerin yoğunlukları mukayese edilmiştir. Çekme-basma test cihazından elde edilen anlık ilerleme ve gerilme değerleri bu mukayese yapılırken kullanılan verileri oluşturmaktadır. Çalışmanın tamamında akma gerilmesi altındaki yükler ile hesaplama yapılmıştır.

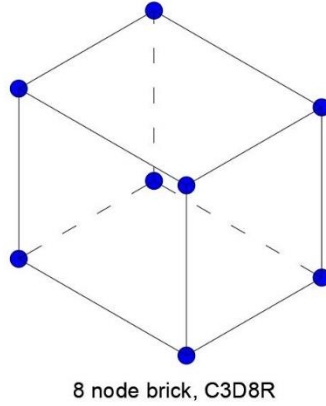


Şekil 1. (a) Sıkıştırma öncesi talaş toyu; (b) Sıkıştırma sonrası talaş boyu

## 2.1. Sonlu elemanlar metodu

Talaş malzemesinde kuvvet etkisi altında ortaya çıkan gerilme değerleri, malzemenin mekanik davranışının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Gerilmelerin şiddeti ve etki alanı arttıkça talaşın sıkıştırılması daha kolay olmaktadır. Bu nedenle deneysel numune çalışması öncesinde sonlu elemanlar metodu (FEM) ABAQUS/CAE 2021 programında kullanılarak, bu gerilmelerin hangi bölgelerde yoğunlaştığı ve büyüklük değerleri bulunmuştur.

Baskı numunesi, dolu ve izotropik kabul edilerek simülasyon yapılmıştır. Tüm numunelere alın yüzeyine dik olacak şekilde 7500 kgf yük uygulanmıştır. Numune alanı 1235 mm<sup>2</sup> olduğundan 61 MPa büyüklüğünde gerilme değeri oluşur. Simülasyonda bu gerilme değeri her üç kalıp geometrisi için uygulanmıştır. Zıt taraftaki yüzey ise ankastre şekilde sabitlenmiş diğer yüzeyler ise serbest halde bırakılmıştır. Geometri Şekil 2 de verilmiş olan eş büyüklükteki C3D8R birim eleman kullanılarak mesh edilmiştir.



Şekil 2. C3D8R eleman modeli

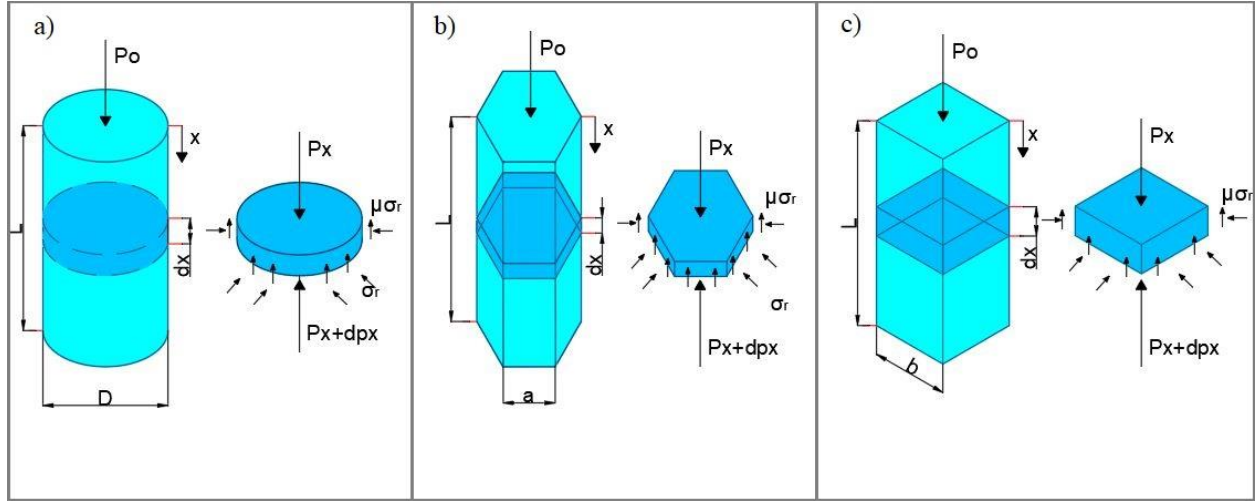
Bu yük altında AA7075 'in mekanik davranışını belirleyen ve programa tanımlanan elastik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AA7075 malzemesinin elastik özellikleri (Empo, 2016).

Malzeme	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
AA7075	2,81	72	0,3

## 2.2. Matematiksel metot

Farklı geometrideki üç kalıp için de matematiksel model oluşturmak gereklidir. Bir kalıp içerisinde, sıkışma numunesi yüksekliği boyunca oluşan basınç dağılımı plak analizi metoduyla bulunur. İlk olarak dairesel numune incelenmiştir. Şekil 3 a, b ve c'de görüldüğü gibi tek etkili sıkıştırma yukarıdan uygulanan basınç hızlı bir şekilde taban yönünde etki eder. Şekilde görülen D numunenin çapını, L sıkışma bölgesinin yüksekliğini,  $P_0$  ise zımba tarafından uygulanan basıncı ifade etmektedir. Üzerinde şekilde belirtildiği gibi gerilmeler bulunan dx kalınlığında bir elemanda,  $P_x$  sıkıştırma basıncını,  $\sigma_r$  kalıp yan yüzeyi gerilmesini ve  $\mu\sigma_r$  kalıp yan yüzeyi boyunca meydana gelen sürtünme gerilmesini ifade eder (Kalpakjian & Schmid, 2008).



**Şekil 3.** Sıkıştırma kalıbında teorik gerilme durumları, (a) Dairesel geometri; (b) Altıgen geometri; (c) Kare geometri.

Yatay kuvvetlerin dengede olduğu kabul edilirse,

$$\left(\frac{\pi D^2}{4}\right) p_x - \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) (p_x + dp_x) - (\pi D)(\mu \sigma_r) dx = 0 \quad (I)$$

denklem aşağıdaki hale indirgenir,

$$D dp_x + 4\mu \sigma_r dx = 0$$

Bu ifade de bir denklem ve iki bilinmeyen ( $p_x$  ve  $\sigma_r$ ) vardır. Sıkışma anında parçacıklar arasında meydana gelen sürtüne k faktörü olarak kabul edilirse, bu durumda;

$$\sigma_r = k p_x$$

ifadesi yazılabilir. Parçacıklar arasında sürtünme mevcut değilse,  $k=1$  ve  $\sigma_r = p_x$  durumlarının meydana geldiği hidrostatik basınç söz konusudur. Bu durumda ifade aşağıdaki gibi olur.

$$dp_x + \frac{4\mu k p_x dx}{D} = 0$$

$$\frac{dp_x}{p_x} = -\frac{4\mu k dx}{D}$$

Sınır koşullarına göre  $x = 0$  da  $p_x = p_0$  olacağından,

$$p_x = p_0 e^{-4\mu k x/D} \quad (II)$$

ifadesi elde edilir.

Denklem I deki ifade altıgen numune için uygulandığında,

$$\left(\frac{3\sqrt{3}a^2}{2}\right) p_x - \left(\frac{3\sqrt{3}a^2}{2}\right) (p_x + dp_x) - (6a)(\mu \sigma_r) dx = 0 \quad (III)$$

ifadesi elde edilir. Sadeleştirme yapıldığında,

$$\left(\frac{3\sqrt{3}a}{2}\right) dp_x + 6\mu \sigma_r dx = 0$$

yazılır ve  $\sigma_r = k p_x$  ifadesi uygulanırsa,

$$\frac{dp_x}{p_x} = -\frac{4\sqrt{3}\mu k dx}{3a}$$

Sınır koşullarına göre  $x = 0$  da  $p_x = p_0$  olacağından,

$$p_x = p_0 e^{-4\sqrt{3}\mu k x/3a} \quad (IV)$$

ifadesi elde edilir.

Kare kalıp içinde aynı yaklaşım uygulanabilir. Bu durumda,

$$b^2 p_x - b^2 (p_x + dp_x) - (4b)(\mu \sigma_r) dx = 0 \quad (V)$$

ifadesi elde edilir. Sadeleştirme yapıldığında,

$$bdp_x = -4\mu\sigma_r dx$$

yazılır ve  $\sigma_r = kp_x$  ifadesi uygulanırsa,

$$\frac{dp_x}{p_x} = -\frac{4\mu k dx}{b}$$

Sınır koşullarına göre  $x = 0$  da  $p_x = p_0$  olacağından,

$$p_x = p_0 e^{-4\mu k x/b} \quad (VI)$$

ifadesi elde edilir.

### 2.3. Deneysel metot

Taguchi deney tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir metot olarak ortaya çıkmaktadır. Taguchi metodu, çözümün sadece en az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla kalmaz, yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini her açıdan destekler (Meral et al., 2011). Deneysel tasarım için 4 faktör, her bir faktör için 3 seviye belirlenmiş ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Faktörler ve seviyeleri.

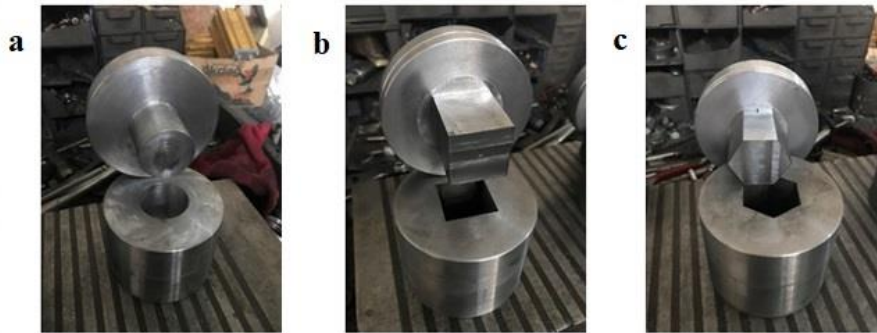
Faktör	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kalıp Geometrisi	Kare	Altıgen	Dairesel
Talaş Boyutu	Kalın	Orta	İnce
Talaş Miktarı	10 gr	12,5 gr	15 gr
Kuvvet miktarı	5500 kgf	6500 kgf	7500 kgf

Belirlenen faktör ve seviyeler için deney tasarımında Taguchi metodu kullanılmıştır. Metodun uygulaması için Minitab-19 programı tercih edilmiştir. L9 ortogonal dizilimi deney tasarımı sonucu Tablo 3’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Taguchi deney tasarımı.

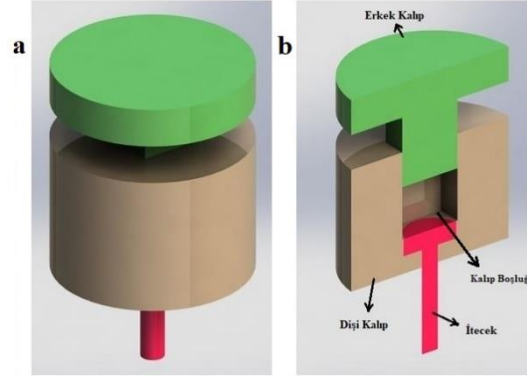
Deney No	Kalıp Geometrisi	Talaş Boyutu	Talaş Miktarı	Kuvvet Miktarı
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Tasarım aşamasında belirlenen farklı geometrideki kalıpların imalat sonrası resimleri Şekil 4’de görülmektedir. AA7075 talaşından numune üretmek amacıyla dairesel, kare ve altıgen geometrili kalıplar hazırlanmıştır.



**Şekil 4.** İmal edilmiş kalıplar, (a) Dairesel kalıp; (b) Kare kalıp kesit; (c) Altıgen kalıp.

Şekil 5’de tek yönde kuvvet ile sıkıştırma işlemi yapan kalıpların detayı verilmiştir. Görüldüğü gibi dişi kalıp içerisinde yer alan kalıp boşluğuna alüminyum talaşı doldurulduktan sonra +z yönünde ilerleyen erkek kalıp malzemeyi sıkıştırmaktadır. Talaşların hareket +z ekseninde olup, xy düzleminde ancak kalıp yüzeyine kadar oluşabilen sınırlı bir hareket alanı mevcuttur. Alanın sınırlı olması talaş tanelerinin iç içe geçmesine ve üst üste binmesine neden olmaktadır.



Şekil 5. (a) Kare kalıp montaj görünümü; (b) Kare kalıp kesit görünümü.

7xxx serisi Al alaşımları; yüksek mukavemet, süneklik, düşük yoğunluk, yorulma direnci ve tokluk gibi üstün mekanik özellikleri sayesinde başta havacılık endüstrisi olmak üzere endüstrinin birçok alanında yapısal malzeme olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Heinz et al., 2000; Rendigs, 1997; Williams & Starke Jr, 2003). Tablo 4’de AA7075’e ait kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 4. AA7075’in kimyasal özellikleri (Uzun & Arslan, 2021).

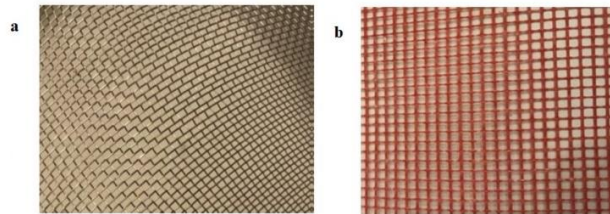
Element	Al	Si	Fe	Mn	Cu	Mg	Zn	Cr	Zr
Yüzde(%)	%89,6	%0,403	%0,549	%0,014	%1,568	%2,596	%5,480	%0,0125	%0,0305

Talaş tanelerinde meydana gelen sıkışmayı daha iyi anlayabilmek için AA7075’in mekanik özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir. Tablo 5’de AA7075 ait mekanik özellikler verilmiştir.

Tablo 5. AA7075 alaşımının mekanik özellikleri (Kim & Changani, 2015).

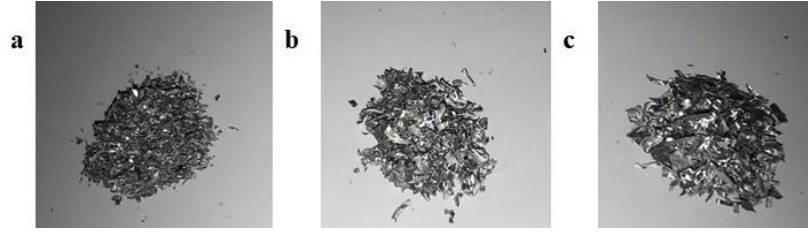
Çekme mukavemeti (MPa)	Akma mukavemeti (MPa)	Elastiklik modülü (MPa)	Poisson Oranı	Kesme Gerilmesi (MPa)
572	503	71,7	0,3	190

Talaşlar tornalama ve testere ile kesme işlemleri neticesinde elde edilmiştir. Şekil 6’da tornalama ve kesme işlemlerinden elde edilen talaşların boyutsal olarak sınıflandırılabilmesi için kullanılmış elekler verilmiştir.



Şekil 6. (a)  $x < 2$  mm ebatlı elek; (b)  $2 < x < 5$  mm ebatlı elek.

$x < 2$  mm ve  $2 < x < 5$  mm ölçü aralığındaki farklı iki elekten geçirilerek Şekil 7’de gösterilmiş olan üç farklı ebatta talaş elde edilmiştir.



Şekil 7. (a) Kare kalıp montaj görünümü; (b) Kare kalıp kesit görünümü.

Bu talaşlar boyutlarına göre küçük, orta ve büyük ebatta sınıflandırılarak farklı seviyelerdeki basma işlemlerinde kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırma Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Elek ebadına göre talaş boyutu sınıflandırması

Elek Tipi (mm)	Elde Edilen	Sınıflandırma Kodu
$x < 2$ mm	$x < 2$ mm	İnce
$2 < x < 5$ mm	$2 < x < 5$ mm	Orta
$2 < x < 5$ mm	$5 < x$ mm	Kalın

Şekil 8'de basma deney düzeneği görölmektedir. Deney düzeneği Mares-Tst\_10t\_me marka/model test cihazı, cihazdan elde edilen verilerin kayıt edildiği bilgisayar ve cihaza ait yazılımdan oluşmaktadır. Deneysel çalışmalarda, Taguchi deney tasarımıyla oluşturulmuş 9 farklı deney kombinasyonu üçer defa tekrarlanmıştır.

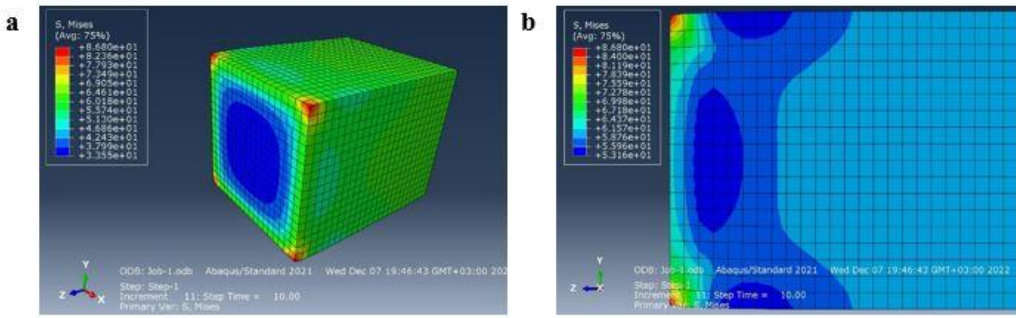


Şekil 8. Basma deney düzeneği

### 3. Bulgular

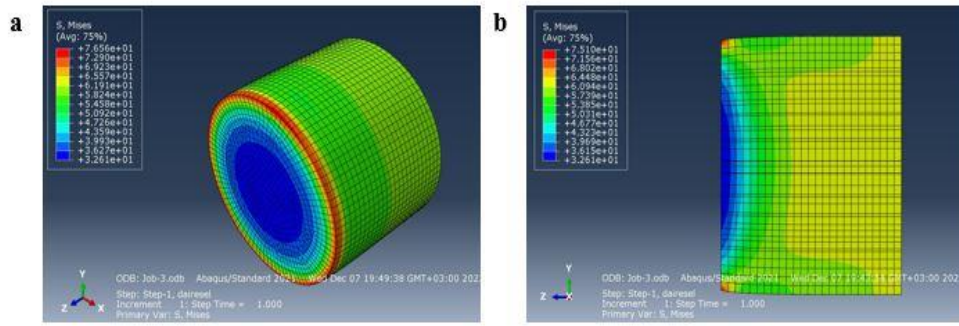
#### 3.1. Sonlu elemanlar metodu

Kalıp içerisinde basılan talaş üzerine etki eden kuvvet neticesinde ortaya çıkan gerilme değerleri Şekil 9,10 ve 11'de verilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi kare geometrili kalıpta sıkıştırılan malzemede meydana gelen en yüksek gerilme değeri 86,80 MPa büyüklüğünde ve alın yüzeyinin köşelerinde meydana gelmiştir. En düşük gerilme değeri ise 33,55 MPa'dır ve oluştuğu kısım malzemenin orta bölgesidir. Yüzeyin altında yer alan açık ve koyu renkle gösterilmiş bölgede düşük büyüklükte bir gerilme dağılımından bahsetmek mümkündür. 53,16 – 72,78 MPa büyüklüğünde oluşan gerilme durumu mevcuttur.



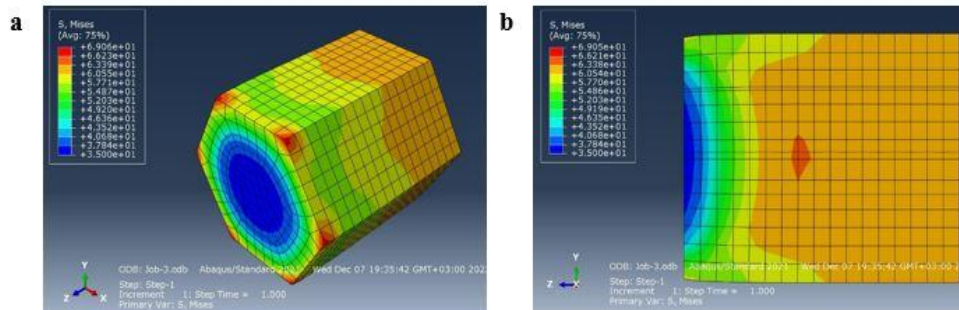
Şekil 9. (a) Kare kalıp gerilme durumu (Perspektif görünüş); (b) Kare kalıp gerilme durumu (Kesit görünüş).

Dairesel kalıpta sıkıştırılan malzemede meydana gelen gerilme değerleri ise Şekil 10'da verilmiştir. En yüksek gerilme değeri 76,56 MPa'dır ve alın yüzeyinin çevresinde görülmüştür. En düşük gerilme değeri ise cismin orta bölgesinde 32,61 MPa büyüklüğünde bulunmuştur. Kalıp boşluğunun tabanına doğru yaklaşıldıkça gerilme büyüklüğü artmaktadır. Yüzeyin altındaki bölgede 36,15 - 64,48 MPa aralığında gerilme dağılımı mevcuttur.



Şekil 10. (a) Dairesel kalıp gerilme durumu (Perspektif görünüş); (b) Dairesel kalıp gerilme durumu (Kesit görünüş).

Şekil 11'de altıgen geometri kalıpta sıkıştırılan malzemede meydana gelen en yüksek gerilme değeri cisim köşelerinde 69,06 MPa ve en düşük gerilme değeri ise cismin orta bölgesinde 35,00 MPa büyüklüğünde bulunmuştur. Tabana doğru gerilme büyüklüğü dairesel kalıptaki duruma benzer şekilde artmaktadır. Yüzeyin altındaki bölgede 37,84 – 66,21 MPa büyüklüğünde oluşan gerilme durumu mevcuttur.



Şekil 11. (a) Altıgen kalıp gerilme durumu (Perspektif görünüş); (b) Altıgen kalıp gerilme durumu (Kesit görünüş).

Sonlu eleman metoduna göre yapılan analiz neticesinde farklı geometri talalarda meydana gelen gerilme değerleri Tablo 7'de belirtilmiştir.

**Tablo 7.** Talaşlarda meydana gelen gerilme değerleri

Numune Geometrisi	En Büyük Gerilme (MPa)	En Küçük Gerilme (MPa)	Yüzey Altı Gerilme Aralığı (MPa)
Kare	86,80	33,55	53,16 - 72,78
Altıgen	69,06	35,00	37,84 – 66,21
Dairesel	76,56	32,61	36,15 - 64,48

### 3.2. Matematiksel metot

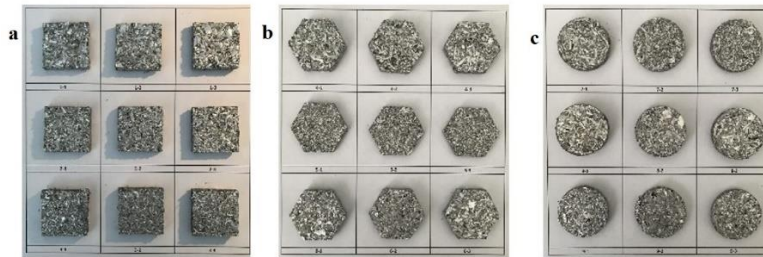
Farklı geometrideki kalıplar için türetilmiş olan denklemler Tablo 8’de verilmiştir. Deneysel çalışmada farklı üç kalıptaki zımba ilerleme miktarının en yüksek değeri  $x=15$  mm olarak bulunmuştur. Bu nedenle tüm kalıplar için zımba ilerleme miktarı  $x=15$  mm olarak kabul edilmiştir. Mühendislik problemlerinin tamamında sürtünme katsayısı ve gerilme faktörlerinin büyüklük değerleri 0-1 arasında seçilmektedir. Bu veriler malzemenin türüne göre ilgili tablolardan seçilen bir büyüklüklere dir. Bu bölümde her bir numune için malzeme tanımlamak yerine tüm kalıp türlerinde sürtünme katsayısı  $\mu$  ve  $k$  değerleri 0,5 olduğu varsayılmıştır. Tüm kalıplarda eşit olduğu varsayılan sürtünme katsayısı ve gerilme faktörleri için 0,5 ten büyük ya da daha küçük bir değer seçilmesi, üç farklı kalıpta oluşacak  $P_x$  basıncının artmasına ya da azalmasına neden olacak ancak kalıplar arasında teorik açıdan yapılacak bu mukayesenin sonuçlarını değiştirmeyecektir. Ayrıca deneysel çalışmada uygulanan en büyük kuvvet değeri olan 7500 kgf ‘un tüm kalıplarda ortak yüzey alanı olan 1235 mm<sup>2</sup> ‘ye bölünmesi sonucunda, zımba yüzeyinde ve zımbanın temas ettiği numune üzerinde oluşan  $P_0$  basıncı 61 MPa değeri ile tüm kalıp geometrileri için eşit bulunmuş olur. Kalıplar için ifade edilmiş denklemler ile  $P_x$  basınç değerleri bulunmuştur.

**Tablo 8.** Kalıp geometrisine bağlı formüller ve bilinen değerlere göre  $P_x$  basınç büyüklükleri

Numune Şekli	Denklem	D (mm)	a (mm)	b (mm)	$\mu$	k	x (mm)	$P_0$ (MPa)	$P_x$ (MPa)
Kare	$p_x = p_0 e^{-4\mu kx/b}$	-	-	35	0,5	0,5	15	61	39,74
Altıgen	$p_x = p_0 e^{-4\sqrt{3}\mu kx/3a}$	-	17,80	-	0,5	0,5	15	61	37,50
Daire	$p_x = p_0 e^{-4\mu kx/D}$	39,66	-	-	0,5	0,5	15	61	41,79

### 3.3. Deneysel metot

Şekil 12’de sıkıştırma sonrası oluşan kare, altıgen ve dairesele geometrili numuneler gösterilmiştir. Her bir numune deney tasarımında verilen sırada gösterilmiştir.

**Şekil 12.** (a) Kare numuneler; (b) Altıgen numuneler; (c) Dairesel Numuneler

Tablo 9’da AA7075 talaşlarının Taguchi deney tasarımına göre yapılan sıkıştırma işlemi sonucunda hesaplanmış yoğunluk değerleri verilmiştir.

**Tablo 9.** Sıkıştırılmış numunelere ait yoğunluk değerleri

Deney No	Numune Tanımı	Ortalama Yoğunluk $\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Deney No	Numune Tanımı	Ortalama Yoğunluk $\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )
1	Kare-Kalın-10-5500	1,13	6	Altıgen-Kalın-12,5-7500	1,31
2	Kare-Orta-12,5-6500	1,38	7	Dairesel-İnce-12,5-5500	1,34
3	Kare-İnce-15-7500	1,51	8	Dairesel-Kalın-15-6500	1,25
4	Altıgen-Orta-15-5500	1,28	9	Dairesel-Orta-10-7500	1,49
5	Altıgen-İnce-10-6500	1,43			



#### 4. Tartışma

FEM analizinde sıkıştırılacak talaşları modellemek ve sıkışma anında kalıp içerisinde bulunacakları geometrik yerleşim bölgesini önceden tahmin edebilmek mümkün değildir. Bu nedenden dolayı sonlu elemanlar metodu ile yapılan gerilme hesabında izotropik ve dolu numune için gerilme değerleri bulunmuştur. Ancak simülasyonu oluşturan parametreler aynı olmasına rağmen gerilme büyüklük ve dağılımlarının farklı olması kalıp geometrisinin etkili olduğunu göstermektedir. Mesh yoğunluğunun artırılması ve tercih edilen C3D8R yerine farklı bir eleman tercih edilmesi durumu araştırılmalıdır.

Briket makinelerinde genel olarak imalatının ve onarımının kolay olması nedeniyle dairesel geometri kalıp tercih edilmektedir. Ayrıca sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen bulgular kalıpta sıkışma eksenli boyunca uniform gerilme dağılımının mevcut olduğunu göstermektedir. Ancak en yüksek yoğunluk değerinin kare kalıpta olması dikkat çeken bir durumdur. Deneysel sayısının artırılması sonuç değerlerini değiştirebilir.

Matematiksel denklemler incelendiğinde, eşit sıkıştırma kuvvetinin uygulanması halinde en yüksek gerilmenin dairesel kalıpta olduğu Tablo 8 de görülmektedir. Ancak talaşı sıkıştıran yüzeye dik yöndeki  $P_x$  basıncı uygulama basıncı olan  $P_0$ 'a göre büyük oranda azalmaktadır. Sürtünme sebepli olabileceği düşünülen bu etki araştırılmaya açıktır. Yapılacak araştırmalarda yağlamanın sıkıştırma basıncı üstündeki etkisi tartışılmalıdır.

Deneysel çalışmada göre en yüksek yoğunluk sonucuna 3 numaralı deneyde, Kare geometri 15 gr ince talaşa 7500 kgf yük uygulandığında ulaşılmıştır. Dairesel kalıpta basılmış numunelerin yoğunluk değerlerinin yüksek olmasına rağmen en yüksek sonucun kare kalıpta oluşması tartışılmalı bir durumdur.

#### 5. Sonuçlar

Sonlu eleman metoduna göre brikette meydana gelen gerilme dağılımının homojen ve büyük olduğu durum kare kalıpta bulunmuştur.

Dairesel ve altıgen kalıptaki gerilme dağılımı homojen olmadığından düzgün bir sıkışma oluşmamıştır. Bu nedenle AA7075 alüminyum için kare kalıbı tercih etmek gereklidir.

Denklemlerle elde edilen basınç değerleri karşılaştırıldığında, dairesel kalıbın kare kalıba göre % 5, altıgen kalıba göre %11 daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Yoğunluk değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin sıklıkla ince talaş kullanıldığında meydana geldiği görülmüştür. Talaşların birbirine olan yönelimi sırasında küçük talaşın diğerlerine göre daha serbest hareket ettiği anlaşılmaktadır. Geri dönüşüm firmalarının bu durumu dikkate alarak sıkıştırma öncesi büyük ve orta ebatları kırma işlemini yapması faydalı olacaktır.

Kuvvet miktarının artması sıkışma kabiliyeti üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Tüm kalıplarda en yüksek yoğunluk değeri en büyük kuvvet uygulandığında bulunmuştur.

Deneysel sonucunda bulunmuş yoğunluk değerleri mukayese edilirse talaş sıkıştırma işleminde tercih edilen geleneksel dairesel kalıp yerine AA7075 talaşı için kare geometri kalıbın da kullanılabilmesi görülmüştür.

#### Bilgilendirme

Bu çalışma ICSAR 2022 (1st International Conference on Scientific and Academic Research) konferansında sunulmuştur.

#### Referanslar

Canakci, A., & Varol, T. (2014). Microstructure and properties of AA7075/Al-SiC composites fabricated using powder metallurgy and hot pressing. *Powder Technology*, 268, 72-79.

Empo. (2016). *EN AW 7075*. Empo Alüminyum San. Tic. Ltd. Şti. Retrieved 06.10.2022 from <http://www.empo.com.tr/aluminyum-lama-ve-cubuk/en-aw-7075.html>

Esenduran, G., Kemahlioğlu-Ziya, E., & Swaminathan, J. M. (2016). Take-back legislation: consequences for remanufacturing and environment. *Decision Sciences*, 47(2), 219-256.

Hassan, M. F., Afham, M. F., Arifin, A. M. T., Ibrahim, M. R., Rahim, M. Z., & Ahmad, M. F. (2017). Design and development of a portable metal chip baler using a system design approach. *Matec Web of Conferences*,

- Heinz, A., Haszler, A., Keidel, C., Moldenhauer, S., Benedictus, R., & Miller, W. (2000). Recent development in aluminium alloys for aerospace applications. *Materials Science and Engineering: A*, 280(1), 102-107.
- Kalpakistan, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufacturing process for engineering materials* (Fifth Edition ed.). Pearson Education Inc.
- Kavak, N., & Çakır, A. (2014). Talaşlı imalatta oluşan metal talaşların atık yönetimi. *Utis*.
- Kim, E., & Changani, H. (2015). Study of dynamic mechanical behavior of aluminum 7075-T6 with respect to diameters and L/D ratios using Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB). *Structural engineering and mechanics: An international journal*, 55(4), 857-869.
- Meral, G., Sarıkaya, M., & Dilipak, H. (2011). Delme işlemlerinde kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(4), 332-338.
- Peng, T., Wang, Q., & Lin, J. (2009). Microstructure and mechanical properties of Mg–10Gd–2Y–0.5 Zr alloy recycled by cyclic extrusion compression. *Materials Science and Engineering: A*, 516(1-2), 23-30.
- Rendigs, K. H. (1997). Aluminium structures used in aerospace-status and prospects. *Materials Science Forum*, 242, 11-24.
- Shamsudin, S., Lajis, M., & Zhong, Z. (2016). Evolutionary in solid state recycling techniques of aluminium: a review. *Procedia CIRP*, 40, 256-261.
- Simon, L., Moraes, C. A., Modolo, R. C., Vargas, M., Calheiro, D., & Brehm, F. A. (2017). Recycling of contaminated metallic chip based on eco-efficiency and eco-effectiveness approaches. *Journal of cleaner production*, 153, 417-424.
- Skanska. (2012). 4R Guide: Reduce, Reuse, Recycle, Recover. In S. Group (Ed.). Stockholm.
- Şeremet, M., & Kam, M. (2019). AISI 4140 ıslah çeliğinin tormalama işleminde parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etkisi üzerine bir değerlendirme. *IMASCON*.
- Uzun, R. O., & Arslan, D. (2021). Retrogresyon ve yeniden yaşlandırma işlemi uygulanmış 7075 alüminyum alaşımının sertlik davranışı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 34-41.
- Verma, P., Saha, R., & Chaira, D. (2018). Waste steel scrap to nanostructured powder and superior compact through powder metallurgy: Powder generation, processing and characterization. *Powder Technology*, 326, 159-167.
- Wang, Y., Xu, H., Hu, M., Sugiyama, S., & Ji, Z. (2019). Enhanced mechanical properties of a chip-based Al-Si-Cu-Fe alloy with an in-situ emulsion decomposition recycled by solid-state processing. *Results in Physics*, 12, 718-724.
- Williams, J. C., & Starke Jr, E. A. (2003). Progress in structural materials for aerospace systems. *Acta materialia*, 51(19), 5775-5799.



MÜHENDİSLİK  
FAKÜLTESİ

Uluslararası Mühendislik  
Araştırma ve Geliştirme Dergisi  
International Journal of  
Engineering Research and  
Development

UMAGD, (2022) 14(3), s255-s260.



10.29137/umagd.1216762

Cilt/Volume:14 Sayı/Issue:3 Aralık/December 2022 Özel Sayı / Special Issue

Seçilmiş Konferans Makalesi / Selected Conference Paper

## Meeting the Electricity Need of a House with Solar Energy- Applying Solar PV to Heat Pump in İzmir House

Seda Kırmacı Arabacı<sup>1\*</sup>, Fatih Tunç<sup>1</sup>, Baran Tosun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Manisa Celal Bayar University, 45140,Manisa, TURKEY

*Başvuru/Received:* 09/12/2022

*Kabul / Accepted:* 29/12/2022

*Çevrimiçi Basım / Published Online:* 31/12/2022

*Son Versiyon/Final Version:* 31/12/2022

### Abstract

Solar energy is the most popular alternative energy resource application. Humanity has continued to search for different energy sources since its existence. While energy resources have been found to meet energy needs, they have also brought about environmental pollution. Solar energy is a solution to energy needs and does not cause environmental pollution. Solar collectors are needed to use solar energy. In this study, the design to meet the electricity needs of a house with solar energy has been made. In this study, a system that meets the electrical energy requirement of a house in İzmir, Turkey, with photovoltaic panels has been designed and examined. According to the results, panel prices are very high, and the manufacturers should reduce the initial installation cost. In this project, the heat requirement of a duplex house of 175 m<sup>2</sup> is calculated. It is decided to use a heat pump to meet this thermal need. The electrical energy consumed by the duplex house's heat pump and other electronic appliances is calculated, and a system that generates electricity from solar energy is designed to meet this energy demand. The system payback period is 10-11 years, excluding the heat pump, and 14-15 years, including the heat pump.

### Key Words

*“Solar Energy, Cost Analysis, Heat Pump, Photovoltaic Panels”*

## 1. Introduction

It is seen that the days when the natural resources of the world will be exhausted are not far away. Energy consumption is very high in homes, schools, hospitals, and factories. Until recent years, energy needs were met from fossil sources. Recently, the importance of using renewable energy sources has increased. Renewable energy sources reduce the external dependency of countries, do not have fuel costs, do not pollute the environment, and have advantages such as providing very cheap energy. Due to all these advantages, the interest in renewable energy sources is increasing day by day (Başaran, 2013).

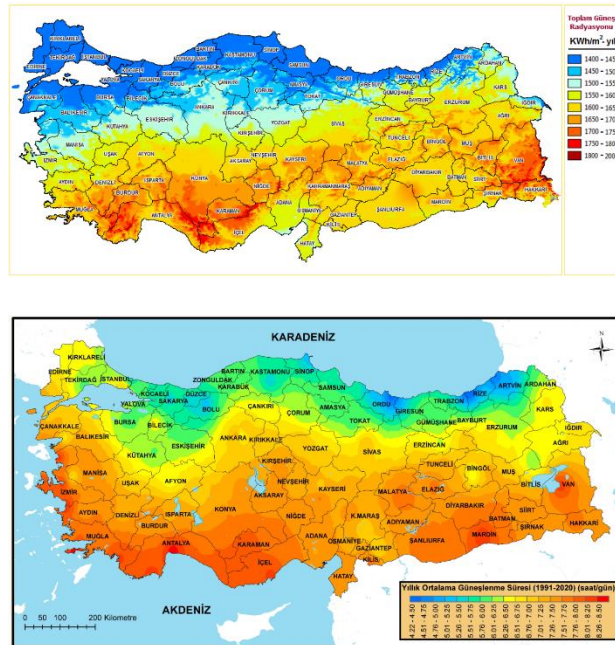
The new investments in the renewable energy field are examined, and it is seen that the investments made in the wind and solar fields are at the forefront (Başaran & Börekçi, 2013). Considering that %35-40 of the fossil fuels consumed in the world are used in buildings, reducing the energy used in buildings is very important in terms of energy saving and energy efficiency. In this direction, it is necessary to work on increasing the use of renewable energy in buildings and tending to these sources as much as possible (Yıldırım & Güngör, 2011). In order to respond to the increasing energy need, human beings have started to turn towards alternative energy sources by taking into account the environmental factor by aiming to use all resources. Turkey has large reserves in terms of renewable energy resources. Considering the growth rates of Turkey, it is predicted that Turkey's energy needs will increase rapidly. Turkey is approximately 74% dependent on foreign sources to meet its energy demand. To meet this energy need, regionally renewable and non-renewable energy sources should be utilized (MFRTEHFP, 2022). The literature is reviewed, and many articles deal with the self-consumption of solar PV energy (Stauffer et. al., 2018). Considering the electricity bills paid for a 120m<sup>2</sup> house in Bursa, the amortization period has been determined for the solar panel system that can only pay for itself in the long term, such as 8-10 years (Güneş&Karagöz, 2017). Using heat pumps in the residential sectors will decarbonize the energy. The use of solar-assisted heat pump systems will also support global emission reduction (Vaishak and Bhale, 2019).

In this project, the heat requirement of a duplex house of 175 m<sup>2</sup> is calculated. It is decided to use a heat pump to meet the thermal needs. The electrical energy consumed by the heat pump and other electronic appliances of the duplex house is calculated, and a system that generates electricity from solar energy is designed to meet this energy.

## 2. Solar Energy

### 2.1. Turkey's solar energy potential

The Ministry of Energy and Natural Resources and the General Directorate of Meteorology continues the potential determination studies initiated to determine the places where the systems developed on solar energy can be applied throughout our country and the energy that can be obtained.



**Figure 2.** Average annual sunshine duration in Turkey (TR-MEUCGDM, 2022)

According to the Renewable Energy Resources Institution Turkey's average annual sunshine duration is 2640 hours (7.2 hours per day), annual radiation intensity value is 1.311 kWh/m<sup>2</sup> -year (3.6 kWh/m<sup>2</sup> per day).(Figure 1) Average annual sunshine duration in Turkey

is shown in Figure 2. Data on solar energy parameters of Turkey in general and regionally are analyzed statistically on a monthly, seasonal and annual basis (Taşova,2018).

Photovoltaic systems (PV) are less preferred in Turkey. The PV power used in Turkey is about 40 MW (CEET, 2022). These PV systems are generally preferred in hard-to-reach districts, places far from cities, forest watchtowers, lighting of highways, and chalets (Öztürk&Yüksel, 2016). Seasonal normals for Provinces in İzmir shown in Table 1.

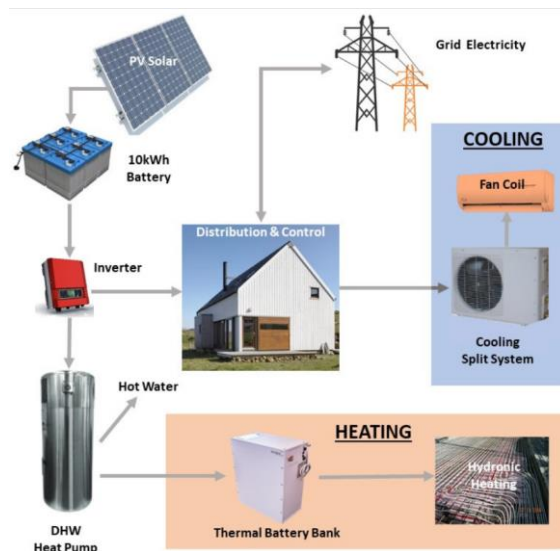
**Table 1.** Seasonal Normals for Provinces in İzmir (TRMEUCCGDM, 2022)

İZMİR	Jan.	Feb.	Marc.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly
Measurement Period (1938-2021)													
Average Temperature (°C)	8.8	9.6	11.7	15.8	20.8	25.4	27.9	27.7	23.7	18.9	14.3	10.5	17.9
Average Max. Temperature (°C)	12.4	13.6	16.3	20.9	26.1	30.7	33.2	33.0	29.2	24.0	18.6	14.1	22.7
Average Lowest Temperature (°C)	5.8	6.2	7.7	11.1	15.5	19.8	22.5	22.4	18.7	14.6	10.8	7.6	13.6
Average Sunbathing Time (hours)	4.3	5.2	6.4	7.9	9.8	11.6	12.3	11.9	10.1	7.6	5.6	4.2	8.1
Average Number of Rainy Days	12.82	11.47	10.47	7.47	6.82	4.06	0.29	0.71	2.76	5.59	8.82	12.88	84.2
Average Monthly Total Rainfall (mm)	136.9	102.9	75.8	46.0	31.5	12.3	4.1	5.6	15.3	44.6	92.0	146.8	713.8
Measurement Period (1938-2021)													
Highest Temperature (°C)	22.5	27.0	30.5	32.5	37.6	41.3	42.6	43.0	40.1	36.0	30.3	25.2	43.0
Lowest Temperature (°C)	-8.2	-5.2	-3.8	0.6	4.3	9.5	15.4	11.5	10.0	3.6	-2.9	-4.7	-8.2

**2.2 Solar photovoltaic batteries**

Solar cells can be used in applications where electrical energy is available. Solar cell batteries are used together with battery charge control devices to form a solar cell system (photovoltaic system).

There is usually a battery in the system to be used, especially during the night when the sun is insufficient. Solar cell modules produce electrical energy throughout the day and store it in the battery. Solar panels by combining multiple solar cells to obtain more energy, solar panel systems or solar farms by using the panels together and adding other components created (Çolak, 2010). Energy flows in the electrical, heating and cooling systems system is shown in Figure 3.



**Figure 3.** Energy flows in the electrical, heating and cooling systems (Simko, 2021).

### 3. Materials and Methods

#### 3.1 Calculating the heating energy need of the building

The total amount of heating energy of the building for each assumed case in the study is calculated according to the calculation method in the TS 825 “Thermal Insulation Rules in Buildings” standard (TS 825, 2022)

Heat loss in the window is calculated as below:

$$H_{window} = \sum AU + H_h \quad (1)$$

In this equation (1),  $\sum AU$  is the amount of heat lost from windows by conduction and is the product of the heat conduction value accepted for windows and the total window area.  $H_h$  is the heat loss through ventilation and is calculated according to the following equation.

$$H_h = \rho c V'' = n_h V'_h \quad (2)$$

where  $n_h$  number of air changes and  $V_h$  volume ( $m^3$ ) is. According to the standard, the product of  $\rho c$  is considered constant and is 0.33.  $n_h$  value is taken as 1.

The monthly total heating energy requirement of the building is calculated as below;

$$Q_{month} = [H(T_i - T_o) - n_{month}(\emptyset_i + \emptyset_s)]t \quad (3)$$

Monthly heating energy needs from windows are as follows;

$$Q_{month,window} = [H_{window}(T_i - T_o) - n_{month}(\emptyset_i + \emptyset_s)]t \quad (4)$$

$H$  and  $H_{window}$  are the specific heat loss of the building and the conductive heat loss from the windows,  $T_i$ , respectively, and  $T_o$  ( $^{\circ}C$ ) are the indoor and outdoor temperatures, respectively, the indoor temperature is  $19^{\circ}C$  and the monthly average values given in TS 825 are taken as the outdoor temperature.  $\eta$  is the heating utilization factor.  $\emptyset_i$  and  $\emptyset_s$  (W) values are the internal and solar radiation gain of the building, respectively. The internal heat gain ( $\emptyset_i$ ) for the residence is calculated using the following equation using the building's usage area and the building's gross volume.

$$\emptyset_{month} \leq 5A_N ; \quad A_N = 0.32V_{gross} \quad (5)$$

The radiative heat gains  $\emptyset_s$  obtained from the windows throughout the year is the sum of the monthly radiative heat gain  $\emptyset_s$  values obtained from the windows. The heat gain by the radiation obtained from the windows varies according to the direction and the number of layers.

A duplex house with an area of  $175 m^2$ , located in western Turkey, Izmir, with a latitude of  $37^{\circ}$ , is required to meet the thermal need with a heat pump. The electrical energy consumed by the heat pump and other appliances in the house was calculated and a system that generates electricity from solar energy was designed to meet this energy.

The roof area of the house where the solar panel is planned to be placed is  $48 m^2$ . While installing the solar panel, step gaps should be left between them,  $16 m^2$  of the roof area will be left empty and  $32 m^2$  will be reserved for solar panels. 400 Watt 72PM X brand Monocrystalline Solar panel has  $2m^2$  area and 16 pieces can be placed on the roof. The Monocrystalline Solar panel is shown in Figure 4.



Figure 4. Monocrystalline Solar panel

## 4. Results

### 4.1 Heat pump selection and electricity consumption

The heat loss of the house is calculated as 13695 kCal/h (=16kW). 16 kW and X brand Heat Pump has been selected. The COP of the heat pump is taken as 4. The energy saving provided by the room thermostat is 25%. Electricity consumption is 4 kWh, when a thermostat is used the value of electricity consumption is 3 kWh.

Daily electricity consumption after 9 hours of average daily use is 36.7 kW. The maximum daily electricity consumption was found by summing the electricity consumption excluding heating and the required electricity consumption for heating.

### 4.2 Solar panel selection

For the province of Izmir, 400W electricity can be produced for 7 hours per panel on average. The sunbathing times in İzmir are 7 hours. The electrical energy produced daily from a panel is 2800 W, for 16 panels it is 44800 W. This annual amount has been calculated as 16352 kWh.

### 4.3 Battery selection

Batteries are needed to continue using the electricity produced during the day at night. In this project, gel batteries are preferred due to their high efficiency and cycle life. 200Ah Ultra Power Gel Battery 12V 200Ah is used. Electricity Storage Amount is 2400 W. (the amount of electricity storage of a single battery) 18 kW of storage will be sufficient since electricity will be taken from the panels, not from the battery, during the daytime. 9 batteries are needed and it stores 21.6 kW.

$$\text{Numb. of Battery} = \frac{\text{Daily energy need} \times \text{battery losses}}{\text{battery voltage(V)} \times \text{battery capacity(Ah)}} \quad (6)$$

$$\text{Numb. of Battery} = \frac{18 \text{ kW} \times 1.10}{12(\text{V}) \times 200(\text{Ah})} = 8.25$$

Charge controller and inverter are also included in the system, and then depreciation of the system has been calculated.

### 4.4 Depreciation of the system

The cost table of the system is shown in Table 2. The first thing that draws attention in the table is the number of photovoltaic panels. If the efficiency of the panels used is increased and therefore the amount of energy to be obtained is increased, the number of panels to be used will decrease proportionally.

**Table 2.** The cost analysis of the system

System elements	Amount (\$)
Heat Pump	\$ 4500
16 x Solar Panel	\$ 4550
9 x Battery	\$ 3600
2 x Charge Controller(not required)	\$ 500
Inverter	\$ 830
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 13980</b>

In addition, this system can only pay for itself in the long run, considering the annual electricity bills paid for a 175 m<sup>2</sup> house.

10-11 years (the system payback period excluding the heat pump)

14-15 years (the system payback period including the heat pump)

The costs of the PV elements used in the system should be tried to be reduced. The use of this solar energy potential in Turkey, which is so valuable and unlimited, should be encouraged. The fact that the features of the system to be used for electricity generation with solar panels are based on technical calculations creates an obstacle for users who want to benefit from this system.

## 5. Discussion and Conclusion

This study is aimed to increase the efforts to reach more people in the use of solar energy in our country. In this age where environmental pollution and global warming are a big problem. Solar Energy systems represent a considerable opportunity to reduce carbon footprint and contribute to a sustainable environment, which the world longs for, in order to help keep a sustainable world.

The low number of companies producing panels is one of the reasons for the increase in costs. Studies should be supported to reduce the costs of solar panels. Research and development studies should be carried out in every region of Turkey in order to benefit from

the potential of solar energy. The behavior of the system in different regions of Turkey can be investigated in the other studies. It is necessary to encourage and support users in all regions in terms of electricity generation with solar panels.

## Acknowledgment

This study was presented at the 1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022.

## References

- Başaran, K. (2013). Bulanık Mantık Kontrollü Otonom ve Şebeke Bağlantılı Rüzgar-Güneş Hibrid Güç Sisteminin Optimizasyonu ve Adnan Menderes Üniversitesi Kampüs Alanında Uygulanması, PhD Thesis, Solar Energy Department, İzmir, 131 s.
- Başaran, K. & Börekçi, S. (2013). 150 kW Şebeke Bağlantılı Çatı Kurulumlu Fotovoltaik Sistem Fizibilitesi, 2. Solar Symposium, Antalya
- Chamber of Electrical Engineers of Turkey, Turkey Electrical Energy Statistics (CEET), (2022), Retrieved from ([http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WH1GRfmLTIU](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WH1GRfmLTIU))
- Çolak, S. Ç. (2010). “Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu” Yıldız Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2010
- Stauffer, Y., Koch, N., Hutter, A. & Pflugrad, N.D. (2018). Quantifying the Potential of Smart Heat-Pump Control to Increase the Self-Consumption of Photovoltaic Electricity in Buildings. Retrieved from: <http://proceedings.ises.org/paper/eurosun2018/eurosun2018-0158-Stauffer.pdf>
- Güneş, N. & Karagöz, İ. (2017). Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Bursa İli için Bir Uygulama, 13. National Plumbing Engineering Congress, 19-22 April 2017, İzmir
- Ministry of Foreign of the Republic of Turkey-Entrepreneur and Humanitarian Foreign Policy (*MFRTEHFP*), (2022). Retrieved from: [https://www.mfa.gov.tr/turkiye\\_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa](https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa)
- Öztürk M. & Yuksel Y. E. (2016). Renewable and Sustainable Energy Reviews 53, 1259-1272, 2016.
- Simko, T., Luther, M. B., Li, H. X. & Horan, P. (2021). Applying Solar PV to Heat Pump and Storage. Technologies in Australian Houses Energies, 14(17), 5480.
- Taşova, M. (2018). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Parametre Değerleri ve Güneş Enerjisinden Faydalanma Olanakları, Journal of Advanced Technology Sciences, 7(3), 10-17
- TR Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change General Directorate of Meteorology -Solar Energy, (*TR-MEUCCGDM*). (2022). Retrieved from: <https://www.ilbank.gov.tr/sayfa/solar-energy>
- TR Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change General Directorate of Meteorology (*TR-MEUCCGDM*). (2022). Retrieved from: <https://mgm.gov.tr/kurumci/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>
- TR Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change General Directorate of Meteorology (*TR-MEUCCGDM*). (2022). Retrieved from: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR>
- Turkish Standards Institution. (*TS 825*). (2008). Standard of Thermal Insulation Rules in Buildings, Ankara.
- Vaishak, S. & Bhale, P.V. (2019). Photovoltaic/thermal-Solar Assisted Heat Pump System: Current Status and Future Prospects, Sol. Energy 2019, 189, 268–284.
- Yıldırım, U. & Güngör, A. (2011). Yeşil Evler ve Türkiye’deki Uygulamaları. Chamber of Mechanical Engineers 5th Solar Energy Systems Symposium and Exhibition Proceedings, Publication no: E/2011/562, Ankara, s. 66-67.





MÜHENDİSLİK  
FAKÜLTESİ

Uluslararası Mühendislik  
Araştırma ve Geliştirme Dergisi  
International Journal of  
Engineering Research and  
Development

UMAGD, (2022) 14(3), s261-s267.



10.29137/umagd.1215524

Cilt/Volume:14 Sayı/Issue:3 Aralık/December 2022 Özel Sayı / Special Issue

Araştırma Makalesi / Research Article

## Junction Designs Examples and Improvements in Junction Designs

Hümevra Bolakar Tosun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, TÜRKİYE.

**Başvuru/Received:** 06/12/2022

**Kabul / Accepted:** 27/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

### Abstract

Junction design and application principles are very important because traffic accidents occur mostly at junctions. Insufficient infrastructure and driver errors constitute a significant part of accidents. In this study, two junction designs in the 11th Regional Directorate of Highways and the 16th Regional Directorate of Highways on the at-grade junction, which is one of the highway junction designs, were examined. The improvements made in the design of these junctions are examined. By using satellite images of roads, junction designs were made with the help of the Microstation inroads program. The findings obtained because of the study were evaluated and suggestions were presented.

### Key Words

“Junction, Highway, Plan, Traffic”

**1. Introduction**

Junctions are defined as areas where multidirectional inbound traffic flows intersect or diverge. If these movements are in the same plane, it is called an at-level junction, and if they are in a different plane, it is called bridged junction. Highway junctions are frequently encountered on urban and extra-urban roads (Yetgin, 2000). Road performance is very important on highways as it affects features such as safety, speed, operating cost, and capacity. The principles required in junction design are as follows:

- Safety: the main purpose of junctions is for users to enter and exit the junction safely.
- Adequate level of service: it is desirable that the junctions serve a high number of users, but the time lost is low.
- Economy: of course, another important factor as well as other factors is the economy.
- Environmental Compatibility: it is important that the last work is aesthetically compatible with the environment.

Junctions should be designed with information obtained as a result of research. These are data from regional and traffic information. So regionally; topographic structure, road geometry, and zoning plans. Traffic data is the amount of vehicles on the roads, peak hour values, vehicle speeds, pedestrian mobility, accident reports at the junction, etc. It can be summarized as (KGM,2005). The junctions, defined as junctions, are the critical points where the accidents are most common (Tiwari and Mohan, 2016; Elvik et.al.,2009; Ogden, 1996). It has been determined that 2 of them are at the junction points (Novák et.al., 2018). According to the studies, it has been determined that 93% of the fatal and injury accidents that occur in the city occur at the junctions (TUİK, 2013). For this reason, junctions should be designed and implemented according to appropriate criteria (Güncü, 2019; Saplıoğlu and Karasahin, 2010). With the improvements to be made at the junctions, it is thought that there will be a decrease of approximately 50% in the accidents occurring in the city and 25% in the accidents occurring in the intercity roads.

In this study, two junction designs located in the 11th Regional Directorate of Highways and the 16th Regional Directorate of Highways on the same level junctions, which are among the designs of the Highways junctions, were examined and the improvements made in the designs of these junctions were studied. Junction designs, Çaldıran-12th, it is located at km 0+710 of the District Border Road and Sivas-Kovalı-Şarkışla-6th, the region is located at 10+922.39 km of Border Road.

Before the junction designs are made in both regions, some criteria should be reviewed by the regions. Regardless of its type, the following objectives should be considered in junction design (Rodegerdts, 2007):

- Controlling the speed.
- Ensuring its continuity.
- Increasing security.
- Reducing delays.
- Ensuring an adequate level of service.
- Reducing the operating costs of vehicles.

Table 1 and Table 2 show the necessary data for the junction design and the factors affecting the design (Yayla, 2004; Tunç, 2004).

**Table 1.** Required Data for Design

<b>DATA REQUIRED FOR JUNCTION DESIGN</b>	
Regional Data	Map, topography and plank out of the area where the junction is held Vertical and horizontal geometries, cross-section types and pavement type information of intersecting roads Situations that will bring legal restrictions for the area to be crossed Current ground condition and drainage information Roads, zoning roads, categories and types of planned junctions belonging to the junction area Existing zoning corridor and expropriation Relevant local government needs Location of featured facilities Traffic counts for all directions of main roads or secondary roads

**Table 1 (cont.).** Required Data for Design

<b>DATA REQUIRED FOR JUNCTION DESIGN</b>	
Traffic Data	Peak hour values Vehicle types and characteristics Velocities of vehicles for intersecting roads Pedestrian traffic counts, especially in city crossings Accident reports and statistics in the area Capacity analysis of existing junctions Capacity analysis of the junctions to be planned

**Table 2.** Factors affecting the design

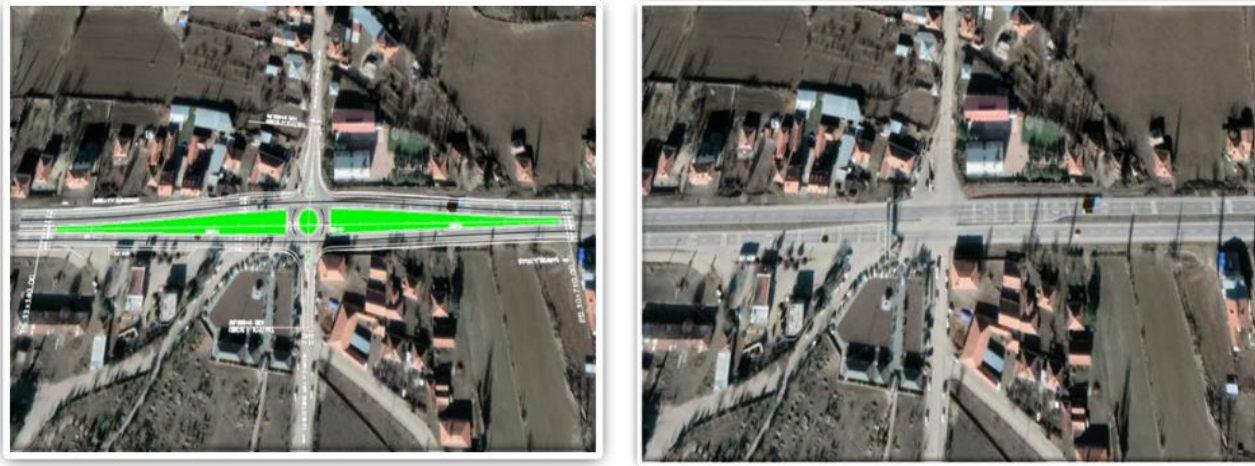
<b>FACTORS AFFECTING JUNCTION DESIGN</b>	
Human Factor	Drivers habits Decision-making abilities of drivers Perception and reaction times Adaptation to the movement environment Frequency of use of the junction by pedestrians
Traffic Factor	Current road and design capacity Traffic volume value Peak hour value Dimensions and features of vehicles Movement distribution of vehicles Vehicle speeds Pedestrian movements
Physical Factors	Geometric features of the junction area Environmental factors Zoning situations Security situations Traffic signs Pedestrian crossings
Economic Factors	Construction costs Maintenance and operating costs

Considering the main criteria in the design of the junction, the junctions in question were made with appropriate consideration by the regions. Since there is no junction at km 0+710 of Çaldıran 12th Region Border Road, it was considered by the 11th Regional Directorate of Highways to design a junction for the aforementioned area, since vehicle entrances and exits from the secondary road to the main road are uncontrolled and there are traffic accidents. Since Çaldıran Regional Boarding School and Industrial Zone are located at the place where the junction design will be made, these were also taken into consideration while designing the junction. While designing the junction at the mentioned place, it is aimed to ensure the passage of vehicles by making improvements in the design of the junction in order to ensure traffic safety in the entrances and exits of the heavy tonnage vehicles, especially the secondary road and the Industrial Connection Road, since it is an industry. Satellite images of the region are shown in Figures 1 and 2.



**Figure 1.** Çaldıran-12. District Border Road Junction

Due to the Sivas traffic accidents at the 10+922.39 km of Kovalı-Şarkışla-6. Region Border Road, at the junction with the shelter, the design of the rotary junction type was considered by the 16th Regional Directorate of Highways. The said junction design, it is aimed to allow u-turns and at the same time to provide vehicle entrances and exits in a controlled way of the carriageway connection. Satellite images of the region are shown in Figure 2.



**Figure 2.** Sivas-Kovalı-6th Region Border Road Gürçayır Junction

## 2. Material and Method

As mentioned in the introduction section, the junction designs made to revise the existing junction in junction designs and to prevent uncontrolled crossings due to the absence of an existing junction have been examined and these junction designs are located within the borders of the 11th Regional Directorate of Highways and the 16th Regional Directorate of Highways. Çaldıran-12. The junction designed by the 11th Regional Directorate of Highways on the 0+710 km of the Regional Border Road and the junctions designed by the 16th Regional Directorate of Highways on the 10+922.39 km of the Sivas-Kovalı-Şarkışla-6th District Border Road were examined. Çaldıran-12. The junction designed for 0+710 km of the Regional Border Road is located in the Çaldıran District of Van province. The junction was designed for 10+922.39 km of Sivas-Kovalı-Şarkışla-6. Region Border Road is located in Gürçayır Municipality of Sivas Province.

The junction designs examined on the highways were made with the MicroStation program and the design criteria mentioned in the introduction section were taken into consideration during the design processes. The geometric standards of the junctions and the traffic safety principles were evaluated as a whole and their designs were made. The circular island of the junction is designed for 0+710 km of the Çaldıran-12. District Border Road is  $R=10$  meters, the main road junction type cross-sections have a lane width of 3.5 meters, a lane width of 3.5 meters on the secondary road, and  $wb15$  on the connection road. The road has been divided by the separation island to allow the entrances and exits of the vehicles, and it has been connected to the industrial junction with a platform width of 7 meters. The speed in the junction area is taken as 50 km/h and on the connection road as a minimum of 34 km/h. The existing sheltered junction

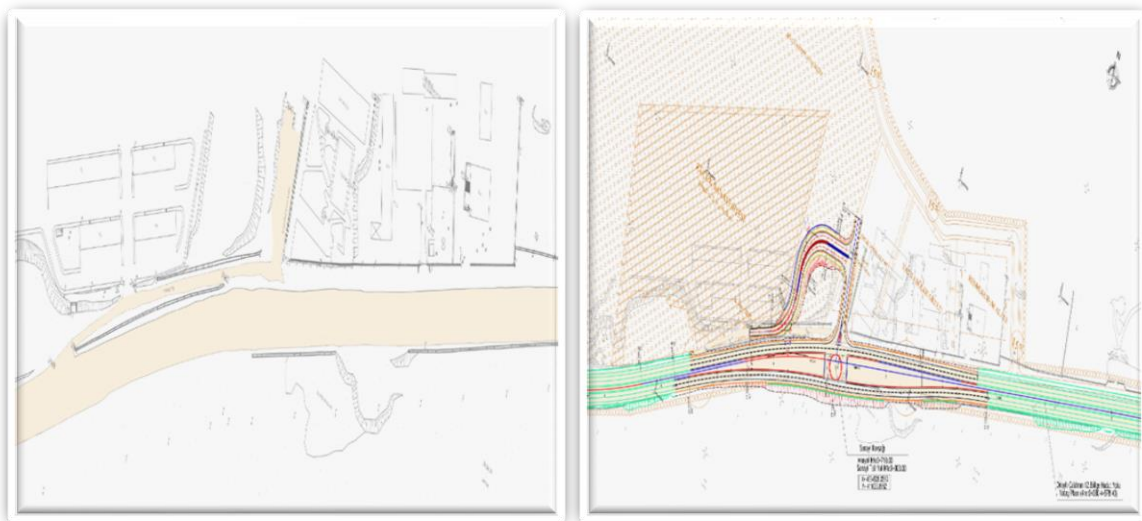
at km 10+922.39 of Sivas-Kovalı-Şarkışla-6. District Border Road was revised and designed, and city crossing-type cross-sections were used in the design. In order not to bring additional costs due to the demolition of the buildings due to expropriation, the circular island of the Junction was designed as  $R=8$  meters. The lane width is taken as 3.5 meters on the main road and 3 meters on the secondary road. The speed is taken as 50 km/h on the main road and 30 km/h on the secondary road. At both junctions, their designs were made by paying attention to the stopping sight distances.

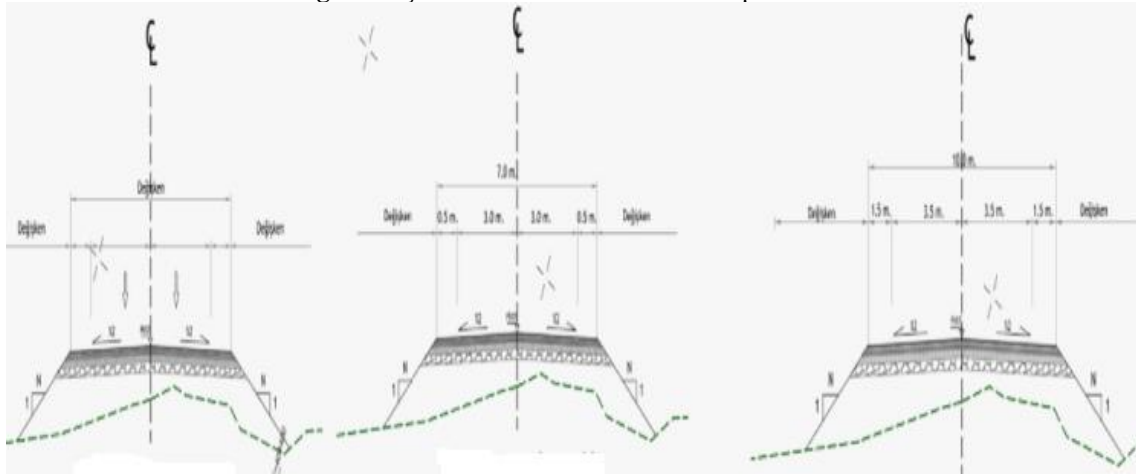
In the design of the junctions designed in the MicroStation program, first of all, map purchases should be made to cover the junction design. The design is realized by processing the zoning plan and expropriation plan into the map purchases. In the MicroStation inroads program, after the current purchases that we have mentioned as black jeans purchases are made, the black jeans purchases are printed on the screen in the MicroStation inroads program. With the help of the surface in the program, the black jeans triangulation method is surfaced. The purpose of the surfacing process is to reveal the profiles and create the red elevation and black elevation values on the vertical line. After the surfacing process is completed, by performing the junction design in accordance with the existing road, horizontal and vertical lines are created in the geometry section of the MicroStation inroads program. In the plan, a circular island, main road, secondary road connections, medians, inner and outer shoulders, and axis drawings are created. In the profile drawing, red elevation, black elevation, horizontal geometry, vertical geometry, and dev band are drawn. In addition, mileage, plumb curve length, and stance sight values are also shown in the profile drawing. Type cross sections are created from the modeller create template screen. The created type cross-sections are printed on the screen. At the same time, application values are also printed on the screen. The information that should be on the junction draft plan and profile sheets drawn with the MicroStation inroads program is follows:

- Landmark related to letterhead
- Road name on letterhead
- Scale, north arrow
- All section widths
- Junction geometry compatibility with manufacturing
- Compatibility of tables with medians
- Highway and secondary road tables
- Compatibility of boxes and geometries
- Compatibility of the speed in the box and the speed in the profile
- Guardrail shares must be processed on all sheets
- Layout names
- Sheet numbers must be sequential
- Side road some boxes should be written
- Posts should not overlap
- Slope scans should be done correctly
- Map inscriptions must be legible

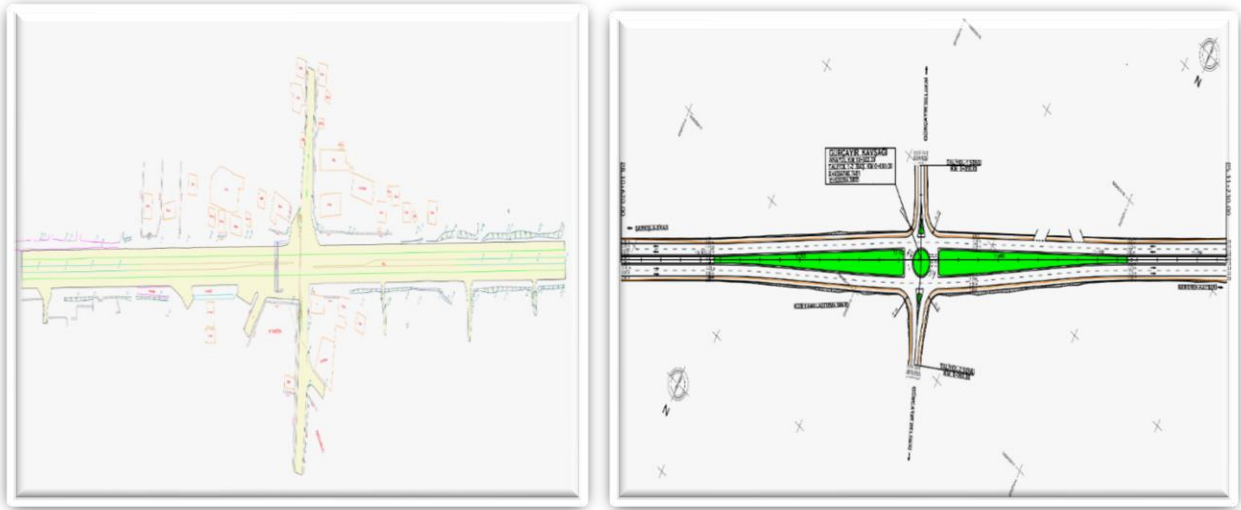
### 3. Findings and Discussion

The plan, profile, type cross-section, and application studies made with the Microstation inroads program of the Sanayi Junction, which is designed for 0+710 km of the 12th District Border Road in Çaldıran, are shown in figures 3, 4, and 5. In the program studies, studies were started with the purchase of maps, and then plan drawing, profile drawing, type cross-section, and application drawings were made.



**Figure 3.** Çaldıran Industrial Junction Map and Plan**Figure 4.** Çaldıran Industrial Junction Connection Road, Secondary Road Type Cross-section

The plan, profile, type cross-section and application studies made with the Microstation inroads program of Gürçayır Junction, which is designed on the 10+922.39 km of Sivas-Kovalı-Şarkışla-6.District Border Road, are shown in figure 6,7,8. In the program studies, studies were started with the purchase of maps, and then plan drawing, profile drawing, type cross-section and application drawings were made. Since it is a city passage, the type cross-sections are designed as pavement and are also shown on the plan.

**Figure 5.** Gürçayır Junction Map and Plan

#### 4. Results

The junction type designed for 0+710 km of Çaldıran-12.District Border Road, one of the junctions examined, was designed to allow vehicles to make u-turns due to the non-existing junction, and at the same time, uncontrolled crossings in traffic were prevented. Being an industrial connection road, the turns of heavy tonnage vehicles are designed to allow entrances and exits to the secondary road and connection road. In order to prevent traffic accidents and to allow u-turns at the existing left-hand sheltering junction on the 10+922.39 km of Sivas-Kovalı-Şarkışla-6.Region Border Road, an junction improvement was made with a rotary junction design.

The circular island junction design for Çaldıran Junction, one of the junction designs, was made to prevent uncontrolled exits of vehicles at the junction of the main road and the secondary road, and to prevent loss of life and property, since there is both a school and an industry in the area in question. In the first design made at the junction, it was seen that wb15 vehicles, which are heavy tonnage vehicles, do not provide mutual passage, especially in the transitions from the secondary road to the industrial connection road, and by considering traffic safety, the design was improved and the connection road was expanded with a drop island to ensure the passage of wb 15 vehicles. At the Gürçayır junction, the junction in question was revised and designed as a rotary junction, as there were accidents at the existing sheltered junction. When all these situations are evaluated, because Çaldıran industrial junction does not exist, and

Çaldıran-12. The fact that the Regional Border Road has heavy vehicle traffic has led to the need for an junction in this section. It is an alternative to junctions with different levels due to the decision-making at the circular island junction, being a roundabout type that is frequently used in places where the expropriation cost is high in our country and especially in urban crossings, allowing all necessary traffic movements, providing high operating speed for vehicles that will not make any turns, and the need for expropriation is relatively low. because it was preferred.

At the Gürçayır junction, on the other hand, in the section where the left sheltered junction is located in the middle median where the turn movement is provided, the number of overlaps is higher than other types of junctions, the vehicles in the junction area do not allow the return of the vehicles, there is no geometrical change in the entrance to the junction on the main road, so the drivers cannot understand that they have entered the junction area, the drivers stop and turn Since the storage capacity of the left shelter lane designed for traffic movements is lower than other junctions and there are traffic accidents, the junction was revised and the rotary junction type, which is a signalized junction type, was preferred. Rotary junctions serve their users differently from roundabouts. At the Gürçayır junction, the speed limit in the junction area is designed as 50 km/h, especially since there is a city crossing, pedestrians and vehicle drivers have important duties and they have to obey the horizontal and vertical traffic signs. At the junction with a circular island, one of the designed junctions, the tendency of vehicles coming over the main road and transiting the junction to pass through the junction area without slowing down is a very dangerous situation that is frequently observed. In particular, the vehicles making U-turns will join the traffic from the speed lane (left lane) of the opposite main road platform, and this may cause serious accidents if the vehicles in transit are traveling at high speeds. Especially on divided roads, it would be more accurate to eliminate the most correct type of junction in terms of traffic safety and heavy traffic with a different level junction.

In a good transport and traffic arrangement, junctions are defined as the most effective elements. For this reason, considering both its contribution to the country's economy with the budget spent on the roads and its role in reducing accidents, it is necessary to make the best design-project-maintenance-repair and operation of the junctions.

### **Acknowledgment**

This study has been evaluated within the scope of the special issue of engineering sciences research and development applications.

### **References**

- Elvik R., Høyee A., Vaa T., and Sørensen M., (2009). "The Handbook of Road Safety Measures", Emerald.
- Güncü, V. (2019). Nisan Türkiye'de Karayolları Üzerinde Mevcut Dönel Kavşakların Geometrik Tasarımları Dikkate Alınarak Trafik Güvenliği Yönünden İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KGM, Karayolları Tasarım El Kitabı, KGM Yayınları, Ankara, 2005.
- Novák J., Ambros J., and Frič J., (2018). "How Roundabout Entry Design Parameters Influence Safety", Transportation Research Record, 2672(34): 73-84.
- Ogden K.W., (1996). "Safer roads: A guide to road safety engineering", Gower Technical, England.
- Rodegerdts, L. (2007). Roundabouts in the United States (Vol. 572). Transportation Research Board.
- Saphioğlu, M., & Karaşahin, M. (2010). Şehiriçi Kontrolsüz Eşdüzey Kavşak Kazalarını Etkileyen Unsurların Değerlendirilmesi. SDU International Technologic Sciences , pp. 26-49.
- Tiwari G. and Mohan D., (2016). "Transport planning and traffic safety: making cities, roads, and vehicles safer", CRC Press.
- TUİK, "Trafik Kazaları İstatistiği 2012", TUİK Yayınları, Ankara, (2013).
- Tunç, A. (2004). Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları. Asil Yayın Dağıtım.
- Yayla, N. (2004). Karayolu Mühendisliği Kitabı.
- Yetgin, Z., (2000). Türkiye`de Şehir İçi Kavşak Tasarım ve Uygulamalarının Trafik Kazalarına Etkisi, Doktora Tezi Gazi Ün., Ankara.



## Adrenal Lesion Classification on T1-Weighted Abdomen Images with Convolutional Neural Networks

Ahmet Solak<sup>1</sup> , Rahime Ceylan<sup>1</sup> , Mustafa Alper Bozkurt<sup>2</sup> , Hakan Cebeci<sup>2</sup> , Mustafa Koplay<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical-Electronics Engineering,, 42250, Konya  
<sup>2</sup>Selcuk University, Faculty of Medicine, Department of Radiology, 42250, Konya

**Başyuru/Received:** 07/12/2022

**Kabul / Accepted:** 21/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

### Abstract

Adrenal lesions are usually discovered incidentally during other health screenings and are usually benign. However, it is vital to take precautions when a malignant adrenal lesion is detected. Especially deep learning models developed in the last ten years give successful results on medical images. In this paper, adrenal lesion characterization on T1-weighted magnetic resonance abdomen images was aimed using convolutional neural network (CNN) which is one of the deep learning methods. Firstly, effects of important model parameters are assessed on performance of CNN, so optimum CNN model is obtained for classification of adrenal lesions. For a fixed number of convolution filters determined in the first stage of the study, CNN model implemented by different kernel sizes were trained. According to the best result obtained, this time the kernel size was kept constant, and experiments were made for different filter numbers. Finally, studies were carried out with CNN structures of different depths and the results were compared. As a result of the studies, when filter is selected as [5 20], the best results in the trainings conducted with a single-block CNN structure are obtained 0.97, 0.90, 0.98, 0.90, 0.90, and 0.94, for accuracy, sensitivity, specificity, precision, F1-score, and AUC score, respectively. The study was compared with the studies in the literature, and it was seen that it was superior to them.

### Key Words

*“Abdomen, Adrenal Lesion, Classification, Convolutional Neural Network, Deep Learning, Magnetic Resonance”*



## 1. Introduction

Adrenal incidentalomas are masses found incidentally in the adrenal glands during examinations for the diagnosis of different diseases other than adrenal hormone diseases (e.g., Cushing's or Conn's syndrome). These are benign lesions, the majority of which are adrenal adenomas, and are clinically insignificant. However, lesions suspected to be malignant require further evaluation for patient health (Fassnacht et al., 2016). At this stage, cross-sectional imaging techniques (e.g., computed tomography, magnetic resonance) are of great importance in the separation of lesions.

The use of computer aided diagnostic (CAD) systems on medical images has increased considerably, especially in the last decade, with the developments in artificial intelligence and deep learning. It helps experts in the detection and diagnosis of diseases in different organs such as the brain (Alex, KP, Chennamsetty, & Krishnamurthi, 2017; Chen, Dou, Yu, Qin, & Heng, 2018; Moeskops, Veta, Lafarge, Eppenhof, & Pluim, 2017), colon (Kang & Gwak, 2019; Q. Li et al., 2017; Nguyen & Lee, 2018), chest (Albarqouni et al., 2016; Dhungel, Carneiro, & Bradley, 2015; Guan & Loew, 2017). Considering the human factors such as excessive workload of radiologists and accumulated fatigue, CAD systems helping specialists are very important for both the diagnosis of the disease and the health of the patient.

Classification of adrenal lesions on abdominal images has become possible with developed machine learning and deep learning algorithms. (Li, Guindani, Ng, & Hobbs, 2017) classified adrenal masses from 230 abdominal CT images (121 benign and 109 malignant). They extracted the features using gray level co-occurrence matrix and used Bayesian probability model for classification. As a result of the study, the classification accuracy was obtained as 0.80. (Romeo et al., 2018) performed texture analysis using 60 MR examinations, including 20 lipid-rich adenomas, 20 lipid-poor adenomas and 20 non-adenoma adrenal lesions. They achieved 0.80 classification accuracy with the J48 classifier. (Elmohr et al., 2019) performed a binary classification study from a dataset containing 54 CT images (25 adrenal adenomas, 29 adrenal carcinomas). In the study, they compared performance of logistic regression and random forest. The best results in studies performed with logistic regression were calculated as accuracy, specificity, sensitivity and AUC scores of 0.82, 0.83, 0.81 and 0.89, respectively. (Koyuncu, Ceylan, Asoglu, Cebeci, & Koplay, 2019) studied the subtype characterization of adrenal tumors in 114 abdominal CT images. In the study in which the performances of different feature extraction and classification algorithms were compared, the best results were found for accuracy, sensitivity, specificity, and area under curve (AUC) as 0.80, 0.75, 0.82 and 0.78, respectively. (Liu et al., 2022) used a dataset of 280 CT images to distinguish between lipid-poor adenoma and adrenal pheochromocytoma. They compared different machine learning algorithms for classification. In studies with logistic regression, the best results were obtained with accuracy, sensitivity, specificity, and AUC scores of 0.86, 0.81, 0.91 and 0.91, respectively.

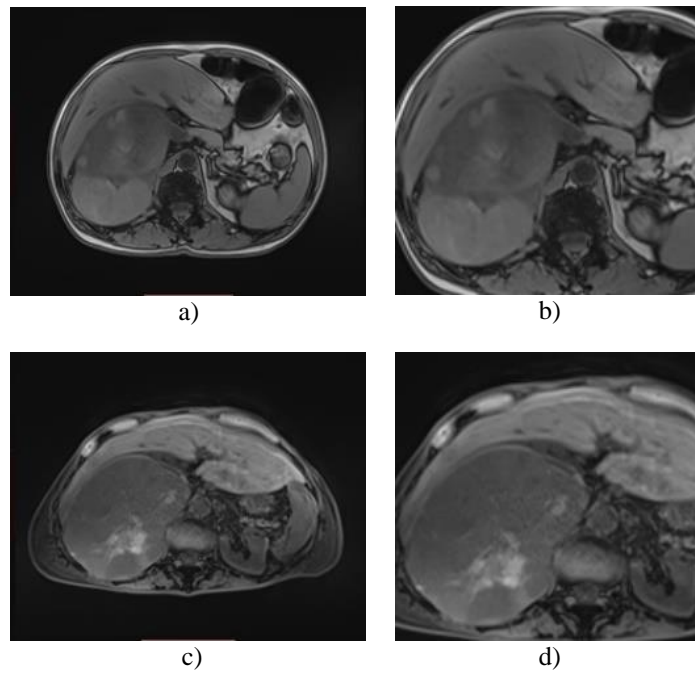
In this study, lesion characterization was performed using a single-block convolutional neural network (CNN) from T1-weighted MR abdomen images. ROIs were extracted from the dataset in order to increase the accuracy. First, the effect of the filter size and filter number selected in the CNN's convolution layer on the training performance was examined. Then, the effect of increasing or decreasing the number of convolution blocks used in CNN on training was observed. The contributions of the study are as follows:

- It has been observed that using ROI instead of raw images has a positive effect on study performance.
- It has been observed that continuously increasing the filter size and the number of filters used in the convolution layer is not directly proportional to the training performance, and determination of optimum values directly affects the accuracy.
- It has been determined that using more than one convolution block does not always give better results.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Data Set

The data set used in the study was obtained from Selcuk University, Faculty of Medicine, Radiology Department. The device from which the images were taken is SIEMENS AREA 1.5 T, 2013. Images have been converted from DICOM format to JPEG format and each image is 1160x942 pixels. The data set consists of T1-weighted abdominal MR images of 122 patients, 112 of whom are benign and 10 are malignant. In order to increase the study performance, a common frame was determined to include the adrenal lesions in all images and ROIs were extracted from the abdomen images with the help of this frame. T1-weighted abdominal image and examples of the extracted ROI are presented in Figure 1. In the final case, ROI images size is 600x400 pixels.

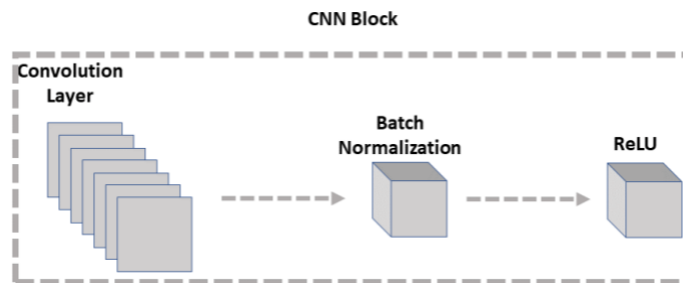


**Figure 1.** (a), (c) Original T1 Abdomen MR Images; (b), (d) Corresponding ROI Images

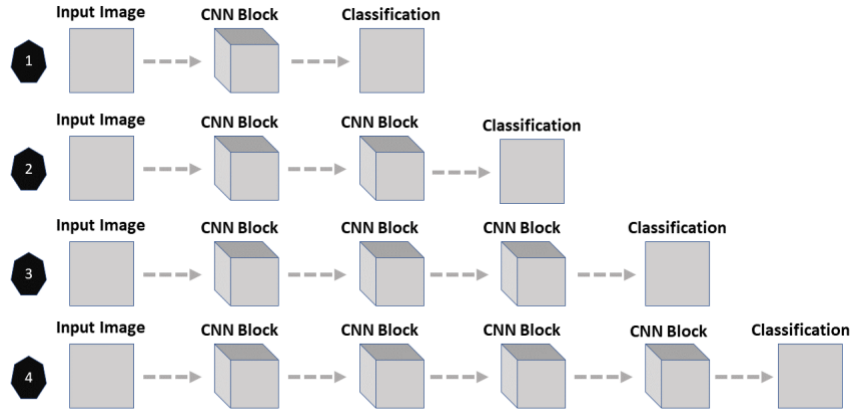
## 2.2 Convolutional Neural Network

Convolutional neural networks (CNN) became very popular a decade ago with the performance of AlexNet’s on ImageNet dataset (Krizhevsky, Sutskever, & Hinton, 2012). This has also paved the way for studies in the field of deep learning. The structure of CNN varies according to the study done and the desired properties. It basically consists of a convolution layer and an activation function layer.

The basic CNN block created for this study is given in Figure 2. Here, the structure consists of convolution, batch normalization and activation function layers. For this study, the pooling layer was not preferred because it reduced the data size. Instead, batch normalization is used, which normalizes the extracted feature maps. In Figure 3, structures consisting of one or more basic CNN blocks used in this study are given.



**Figure 2.** Basic CNN Block



**Figure 3.** CNN Network Structures Used in This Study

In the convolution layer, the effects of model parameters on the model’s classification performance were observed by using different filter sizes and filter numbers. In the batch normalization section, the feature maps extracted in the previous section are normalized according to the mean and standard deviation. In the last part, it is passed through the rectified linear unit (ReLU) activation function and the classification stage is started. In the classification phase, images are separated into related classes with the help of the Softmax activation function.

**2.3 Evaluation Metrics**

Evaluation metrics are quantitative characteristics used to interpret the performance of the study. The number of metrics used is important both in terms of evaluating the study from different aspects and comparing it with previous studies. In this study, accuracy, confusion matrix, specificity, sensitivity, precision, F1-score and AUC metrics were used, and their formulas are given in Equation 1-6, respectively. In the equations, TP, TN, FP, FN represent True Positive, True Negative, False Positive, False Negative, respectively. In this study, malignant lesions were determined as positive and benign lesions as negative.

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

$$Confusion\ Matrix = \begin{bmatrix} TP & FP \\ FN & TN \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \tag{3}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{5}$$

$$F - 1\ Score = \frac{2 * Precision * Sensitivity}{Precision + Sensitivity} \tag{6}$$

### 3. Experiments

Data augmentation was applied to the ROI images extracted primarily in the study to prevent overfitting. Here, methods such as height shift, width shift, rotation, which are suitable for medical images, are used. In this way, the data set was expanded by obtaining a total of 2000 images, 1000 for each class. At all stages of the study, 75% of this dataset was randomly reserved for training and 25% for validation. In addition, in order to test the performance of the models after the training, tests were performed with 59 benign and 10 malignant images that the network did not see during the training phase. The entire training and testing processes were carried out on MATLAB.

First, a fixed number of filters was determined, and network trainings were carried out for different kernel sizes. The goal here is to find the kernel size that gives the best results. The test results obtained in the test phase performed after the training process are given in Table 1. As can be seen in this table, when kernel sizes 5 and 9 are selected, the test accuracy reaches 0.97, and the most successful results are obtained. When compared with other metrics, they cannot provide a clear advantage over each other. Since training time is an important criterion along with accuracy in classification studies, it would be more accurate to compare these two parameters with the same accuracy values according to the training time. Therefore, the same accuracy was achieved in a shorter time when was selected 5 which had a smaller kernel size compared to the training times. Therefore, in the next part of the study, kernel size 5 will be selected and the process will continue. Accuracy, sensitivity, specificity, precision, F1-score, and AUC score for this kernel size were 0.97, 0.90, 0.98, 0.90, 0.90, 0.94, respectively.

**Table 1.** Test Results on Different Kernel Sizes for Single CNN Block

[Kernel Size Filter Numbers]	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1-Score	AUC	Training Time
[3 20]	0.91	0.70	0.95	0.70	0.70	0.82	3 min 5 s
[4 20]	0.54	1	0.46	0.24	0.38	0.73	3 min 14 s
<b>[5 20]</b>	<b>0.97</b>	<b>0.90</b>	<b>0.98</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.94</b>	<b>3 min 25 s</b>
[6 20]	0.85	0.80	0.86	0.50	0.62	0.83	3 min 33 s
[7 20]	0.55	1	0.47	0.24	0.39	0.74	3 min 48 s
[8 20]	0.83	0.90	0.81	0.45	0.60	0.86	4 min 48 s
<b>[9 20]</b>	<b>0.97</b>	<b>0.80</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.89</b>	<b>0.90</b>	<b>4 min 43 s</b>
[10 20]	0.90	0.70	0.93	0.64	0.67	0.82	5 min 7 s
[11 20]	0.83	0.90	0.81	0.45	0.60	0.86	6 min 24 s
[12 20]	0.75	0.80	0.75	0.35	0.45	0.77	6 min 49 s
[13 20]	0.88	0.70	0.92	0.58	0.64	0.81	7 min 16 s

After the kernel size to be used was decided, this time studies were carried out on the number of filters. The results obtained on the test images after the trainings with different filter numbers are shared in Table 2. This table shows that the best results are obtained for both 20 and 25 filter numbers. Since the metric results are the same for both filter number values, the training time will again play a decisive role. It is more appropriate to choose 20 as the number of filters since it achieves similar results in a shorter time.

**Table 2.** Test Results on Different Filter Numbers for Single CNN Block

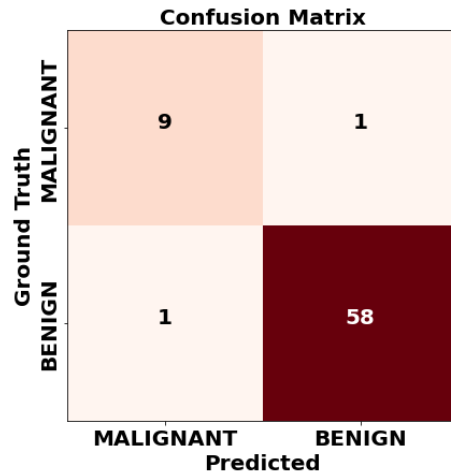
[Kernel Size Filter Numbers]	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1-Score	AUC	Training Time
[5 5]	0.95	1	0.95	0.77	0.87	0.97	1 min 14 s
[5 10]	0.90	0.90	0.90	0.60	0.72	0.90	1 min 46 s
[5 15]	0.90	0.80	0.91	0.62	0.70	0.86	2 min 27 s
<b>[5 20]</b>	<b>0.97</b>	<b>0.90</b>	<b>0.98</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.94</b>	<b>3 min 25 s</b>
<b>[5 25]</b>	<b>0.97</b>	<b>0.90</b>	<b>0.98</b>	<b>0.90</b>	<b>0.90</b>	<b>0.94</b>	<b>4 min 10 s</b>
[5 30]	0.93	0.60	0.98	0.86	0.71	0.79	4 min 38 s
[5 35]	0.90	0.80	0.92	0.62	0.70	0.86	5 min 25 s
[5 40]	0.88	0.90	0.88	0.56	0.69	0.89	6 min 18 s
[5 45]	0.88	0.70	0.92	0.58	0.64	0.81	8 min 16 s
[5 50]	0.913	0.60	0.97	0.75	0.67	0.78	8 min 43 s

As a result of the studies made with the single-block CNN, it has been seen that the best performance is obtained with the [5 20] filter. In the next section, the effect of using networks consisting of multiple CNN blocks instead of a single CNN block, as shown in Figure 3, on performance is assessed. For this purpose, network structures obtained by cascading two, three and four CNN blocks (Figure 3) were used. The test results obtained at this stage are given in Table 3. The model numbers in Table 3 represent the networks indicated in Figure 3. It is seen that the test accuracy is 0.94 when two CNN blocks are used, 0.91 when three CNN blocks are used, and 0.97 when four CNN blocks are used. When the two and three CNN blocks are used, it is observed that test accuracy decreased as %3 and %6, respectively. On the other hand, when four CNN blocks are used, the same result is obtained as when using a single CNN block. However, when compared in terms of training times, four CNN blocks are deeper and require more computation than a single CNN block, so they reach the same result with a larger training time. There is an approximately seven-fold difference between the two networks in terms of training time. This clearly shows that usage of a single CNN block is more advantageous between two networks with the same test accuracy.

**Table 3.** Test Results on Different CNN Blocks

Model Number	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1-Score	AUC	Training Time
1	0.97	0.90	0.98	0.90	0.90	0.94	3 min 25 s
2	0.94	0.60	1	1	0.75	0.80	9 min 27 s
3	0.91	0.80	0.93	0.67	0.72	0.87	15 min 39 s
4	0.97	0.80	1	1	0.89	0.90	22 min 46 s

All in all, it is clear from the tables that the best results among the three different scenarios applied are obtained with [5 20] filter when a single CNN block is used. Accuracy, sensitivity, specificity, precision, F1-score, and AUC scores acquired for these parameters were 0.97, 0.90, 0.98, 0.90, 0.90, and 0.94, respectively. In addition to these, the confusion matrix obtained on the test images is given in Figure 4. As seen in the confusion matrix, only one of 59 benign test images was misclassified, and only 1 of 10 malignant test images was misclassified. This supports the superiority of the model.



**Figure 4.** Confusion Matrix for [5 20] Filter

**4. Discussion**

In parallel with the developments in the field of artificial intelligence, the detection of adrenal masses from radiological sectional images using CAD has also increased. Both machine learning and deep learning methods lead these studies. Table 4 presents the results obtained in this study, as well as the results of previous studies on dual adrenal lesion classification from radiological images. In terms of the accuracy metric, which is considered primarily in the classification studies, the 0.97 accuracy achieved in this study was far superior to the others. When compared with other metrics, it is clearly seen that this study is superior in each metric. The difference of this study from previous studies is that CNN, one of the deep learning structures, was used instead of machine learning algorithms. This revealed the difference between the studies.

**Table 4.** Comparison With Previous Studies

Study	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	F1-Score	AUC
(X. LI ET AL., 2017)	0.80	---	---	---	---	---
(ROMEO ET AL., 2018)	0.80	0.79	0.80	---	---	0.79
(ELMOHR ET AL., 2019)	0.82	0.81	0.83	---	---	0.89
(KOYUNCU ET AL., 2019)	0.80	0.75	0.82	---	---	0.78
(LIU ET AL., 2022)	0.86	0.81	0.91	---	---	0.91
THIS STUDY	0.97	0.90	0.98	0.90	0.90	0.94

## 5. Conclusion

In this study, lesion characterization was performed from MR abdominal images using CNN. ROIs were extracted in the direction of the determined frame before the images were given to the network, and the images were augmented with data augmentation. First of all, different kernel sizes were investigated in a fixed number of filters. According to the best kernel size obtained from here, experiments were carried out with different filter numbers this time. Finally, the kernel size-filter numbers, where the best results were obtained, were tested with CNN networks at different depths. As a result of the studies, the best results were obtained when the kernel size was 5 and the number of filters was 20, and in a structure consisting of a single CNN block. The accuracy, sensitivity, specificity, precision, F1-score, and AUC score for these selected values were 0.97, 0.90, 0.98, 0.90, 0.90, and 0.94, respectively. Afterwards, the study was compared with the previous studies, and it was seen that the best results were obtained in all metrics compared to these studies.

The lack of a publicly available data set in the detection of adrenal lesion draws attention as the biggest limitation. In order to compare the studies with previous studies, comparisons could only be made according to the methods used in different data sets and the results obtained. On the other hand, since the image size and network depths were adjusted according to the hardware used in the study, certain limits could not be exceeded. With a stronger hardware infrastructure, it is possible to work on both deeper network structures and higher image sizes.

Future studies will focus on adrenal lesion detection in 3D images as opposed to 2D images and their performance in different network structures.

## Acknowledgment

This study was supported by Konya Technical University OYP Project No. 2018-OYP-033.

This study has been evaluated within the scope of the special issue of engineering sciences research and development applications.

## References

- Albarqouni, S., Baur, C., Achilles, F., Belagiannis, V., Demirci, S., & Navab, N. (2016). Aggnet: deep learning from crowds for mitosis detection in breast cancer histology images. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1313-1321.
- Alex, V., KP, M. S., Chennamsetty, S. S., & Krishnamurthi, G. (2017). *Generative adversarial networks for brain lesion detection*. Paper presented at the Medical Imaging 2017: Image Processing.
- Chen, H., Dou, Q., Yu, L., Qin, J., & Heng, P.-A. (2018). VoxResNet: Deep voxelwise residual networks for brain segmentation from 3D MR images. *NeuroImage*, 170, 446-455.
- Dhungel, N., Carneiro, G., & Bradley, A. P. (2015, 2015//). *Deep Learning and Structured Prediction for the Segmentation of Mass in Mammograms*. Paper presented at the Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention -- MICCAI 2015, Cham.
- Elmohr, M., Fuentes, D., Habra, M., Bhosale, P., Qayyum, A., Gates, E., . . . Elsayes, K. (2019). Machine learning-based texture analysis for differentiation of large adrenal cortical tumours on CT. *Clinical radiology*, 74(10), 818. e811-818. e817.
- Fassnacht, M., Arlt, W., Bancos, I., Dralle, H., Newell-Price, J., Sahdev, A., . . . Dekkers, O. M. (2016). Management of adrenal incidentalomas: European society of endocrinology clinical practice guideline in collaboration with the European network for the study of adrenal tumors. *European journal of endocrinology*, 175(2), G1-G34.
- Guan, S., & Loew, M. (2017). *Breast Cancer Detection Using Transfer Learning in Convolutional Neural Networks*. Paper presented at the 2017 IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR).

- Kang, J., & Gwak, J. (2019). Ensemble of instance segmentation models for polyp segmentation in colonoscopy images. *IEEE Access*, 7, 26440-26447.
- Koyuncu, H., Ceylan, R., Asoglu, S., Cebeci, H., & Koplay, M. (2019). An extensive study for binary characterisation of adrenal tumours. *Medical & biological engineering & computing*, 57(4), 849-862.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). *Imagenet classification with deep convolutional neural networks*. Paper presented at the Advances in neural information processing systems.
- Li, Q., Yang, G., Chen, Z., Huang, B., Chen, L., Xu, D., . . . Wang, T. (2017, 14-16 Oct. 2017). *Colorectal polyp segmentation using a fully convolutional neural network*. Paper presented at the 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI).
- Li, X., Guindani, M., Ng, C., & Hobbs, B. (2017). *Classification of adrenal lesions through spatial Bayesian modeling of GLCM*. Paper presented at the 2017 IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017).
- Liu, H., Guan, X., Xu, B., Zeng, F., Chen, C., Yin, H. L., . . . Chen, B. T. (2022). Computed Tomography-Based Machine Learning Differentiates Adrenal Pheochromocytoma From Lipid-Poor Adenoma. *Frontiers in endocrinology*, 13, 833413.
- Moeskops, P., Veta, M., Lafarge, M. W., Eppenhof, K. A., & Pluim, J. P. (2017). Adversarial training and dilated convolutions for brain MRI segmentation. In *Deep learning in medical image analysis and multimodal learning for clinical decision support* (pp. 56-64): Springer.
- Nguyen, Q., & Lee, S.-W. (2018). *Colorectal segmentation using multiple encoder-decoder network in colonoscopy images*. Paper presented at the 2018 IEEE first international conference on artificial intelligence and knowledge engineering (AIKE).
- Romeo, V., Maurea, S., Cuocolo, R., Petretta, M., Mainenti, P. P., Verde, F., . . . Brunetti, A. (2018). Characterization of adrenal lesions on unenhanced MRI using texture analysis: a machine-learning approach. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 48(1), 198-204.



## Electrochemical Synthesis of Polycarbazole Film in Nonacidic Medium and its Electrochromic Properties

Buket Bezgin Carbas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy Systems Engineering, Karamanoglu Mehmetbey University, 70100, Karaman, TURKEY

Başvuru/Received: 08/08/2022

Kabul / Accepted: 11/10/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

### Abstract

This study is about the electrochemical polymerization of carbazole in nonacidic medium. Although anodic polymerization of it is very common in the literature, the numbers of studies related electrochromic properties for polycarbazole is limited. In literature, there are three different classes (nonacidic, acidic and ionic liquid) of polymerization medium for carbazole. Basically, most of the scientists try to make experiments in nonacidic medium since the new structures obtained by derivatization of the aromatic structure are polymerized in this typed of medium. However, sometimes the polymerization of the monomer becomes difficult or the resulting polymer does not exhibit electrochemical and optical stability. In this case, medium solutions with acidic or ionic liquids are preferred. Although the polymers obtained in the ionic liquid and the acidic medium are stable electrochemically and fully adhered to the electrode surface, it is clear that these solutions also have some disadvantages, such as, the high cost of ionic liquid and the fact that the polymer obtained in an acidic medium may contain contamination particles at the end of polymerization. In this study, the electrochemical and optical properties of the obtained polymer were investigated by polymerizing the carbazole monomer on the electrode surface in a nonacidic medium. For this purpose, polycarbazole was coated on both glassy carbon and indium tin oxide (ITO) glass electrodes in 0.1 M tetrabutylammonium hexafluorophosphate /dichloromethane (TBAPF<sub>6</sub>/ DCM) medium using electroanalytical techniques. The polymer film synthesized showed reversible electrochemical oxidation process properties as well as electrochromic properties. Different colors of the polymer film were achieved under different applied potentials. In the neutral state, polycarbazole exhibits transparent color at -0.3 V. Upon oxidation its colors turns green and bluish green at 0.3 V and 1.3 V, respectively. The maximum difference of the UV-vis absorption of the film was found about 22 % at 390 nm and 15 % at 800 nm optical contrast ratio (for the first cycles). Considering that this study will form a basis for other studies, it is thought that the evaluation of carbazole polymer in terms of its electrochromic properties will provide a great deal to the literature.

### Key Words

“Carbazole; polycarbazole; electrochromism; conjugated polymer”



## 1. Introduction

There is probably no one who does not know the importance of conductive polymers in the field of materials, energy, technological and innovative medical science in our age and that they are open to development in every field (Shi et al.2015; Baughman et al. 1996). Conductive polymers have become materials that have the feature of a remedy, sometimes in the field where energy efficiency is needed, sometimes in the application area, where the materials used should be cheaper, flexible, lighter and more economical (Omar et al. 2019; Grancaric et al. 2018; Margolis et al. 2012) Especially alternative to inorganic materials, less waste, more environmentally friendly and recyclable polymers continue to attract the attention of scientists with all their features (Phan et al. 2019). It is very crucial to optimize and modify the optical and electronic properties of conjugated polymers and to modify the chemical structure of the material as a conductive polymer engineer. By designing the electronic and optical properties of conjugated polymers, conductive polymers can be used in organic light-emitting diodes (Carbas et al. 2014), capacitors (Carbas et al. 2018), dye-sensitized solar cells (Carbas et al. 2017), biological photovoltaic solar cells (Cevik et al. 2018), transistors (Sirringhaus et al. 2010), electrochromic (Carbas et al. 2022) and sensor (Azak et al. 2018), which enable the development of technological and engineering practice. Among these applications, electrochromic applications are the most remarkable and the application can be considered quite simple (Beaujuge et al. 2010). Electrochromism is a reversible color change of a polymer or other material by applying electrical energy (Rosseinsky et al. 2001). Electrochromic polymers are used for a variety of applications such as smart windows (Rauh et al. 1999), memory elements (Sonmez et al. 2006), electrochromic displays (Mortimer et al. 2006) and camouflage materials (Beaupré et al. 2009).Conductive polymers are a very large family and different derivatives of new conductive polymers are encountered day by day (Kumar et al. 1998). If conjugated monomers that can polymerize electrochemically are thought of as the root of a tree, there will be many new tree branches and leaves derived from this root. These conjugated monomers are generally thiophene, pyrrole, furan, fluorene, carbazole and indoles are just a few of them (Carbas et al. 2022, Cansu-Ergun et al. 2019). In its simplest form, this conjugated monomer can be homopolymerized in its bare state or functionalized from its active ends. Sometimes it can be combined with another structure (for example, various donor groups or processable units such as 3,4-ethylene dioxythiophene (EDOT), propylene dioxythiophene (Prodot), thiophene, carbazole and fluorene, etc.) with various sequences to make copolymers (Verheyen et al. 2017, Ergun et al. 2022, Bingol et al. 2017).

**Table 1.** A literature summary of polycarbazole film formations in different conditions

Reference	WE	Electropolymerization medium	Acidity	Electrochromism
Ambrose et al. 1968	a large Pt gauze	0.1 M TEAClO <sub>4</sub> /ACN	nonacidic	-
Desbene-Monverna et al. 1981-7	Pt/Au	BTPA/ACN or TMATFB /ACN	nonacidic	<i>dark green deposit</i>
O'Brien et al. 1985-4	Au plated glass disc electrode	0.1 M TBAClO <sub>4</sub> /DMF	nonacidic	-
Abe et al. 2002	SnO <sub>2</sub> coated glass substrate	0.1 M LiClO <sub>4</sub> /ACN	nonacidic	-
Ates et al. 2008-9	single carbon fiber microelectrode	0.1 M LiClO <sub>4</sub> /ACN	nonacidic	-
Taoudi et al. 2001-5	SnO <sub>2</sub> coated glass substrate	0.1 M TEAClO <sub>4</sub> / ACN:H <sub>2</sub> O (1:2) (by volume)	nonacidic	-
Taoudi et al. 1997-3	SnO <sub>2</sub> coated glass substrate	0.1 M TEAClO <sub>4</sub> / ACN:H <sub>2</sub> O (1:2) (by volume)	nonacidic	-
Mengoli et al. 1988-8	Au disc	CH <sub>3</sub> OH (75 vol.%) 5 M HClO <sub>4</sub> , in H <sub>2</sub> O (25 vol.%).	acidic	<i>transparent colorless (neutral) dark green (oxidized)</i>
Verghese, 1996	ITO	CH <sub>3</sub> OH (75%) 5M HClO <sub>4</sub> , in H <sub>2</sub> O (25%) (by volume)	acidic	<i>pale yellow (neutral) green (oxidized)</i>
Hua-Ming et al. 2008-6	ITO	CH <sub>3</sub> COOH containing 26% BFEE , 5% PEG400 (by volume)	acidic	<i>transparent colorless (neutral) dark green (oxidized)</i>
Zhuang, 2009	ITO	BMI-PF <sub>6</sub> BMP-TFSI	Ionic liquid	<i>pale green (neutral) deep green (oxidized) for (BMI-PF<sub>6</sub>), transparent green (neutral) dark green (oxidized) for (BMP-TFSI)</i>
Sezai Sarac et al. 2006-10	ITO	<i>No details</i>	nonacidic	<i>transparent colorless (neutral) dark green (oxidized)</i>
This work	GC and ITO	0.1 M TBAPF <sub>6</sub> /DCM	nonacidic	<i>transparent colorless (neutral) dark green (intermediate) bluish color (oxidized)</i>

(WE: working electrode, acetonitrile (ACN), tetraethylammonium perchlorate (TEAClO<sub>4</sub>), dimethylformamide (DMF), tetra-n-butyl ammonium perchlorate (TBAClO<sub>4</sub>), 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate (BMI-PF<sub>6</sub>), N-butyl-N-methylpyrrolidinium bis((trifluoromethyl)sulfonyl)imide (BMP-TFSI), tetramethylammonium tetrafluoroborate (TMATFB), Benzyltrimethylammonium perchlorate (BTPA), boron trifluoride diethyl etherate (BFEE))

Polymers containing carbazole in the main or side chain are of great interest today with their photoconductivity, electroluminescence and electrochromic properties (Yi et al. 2007, Carbas et al. 2016). Carbazoles can generally be electropolymerized at 3, 6 positions. The first studies related with the electrochemical oxidation of carbazole belong to Ambrose and Nelson (Ambrose et al. 1968). They electrochemically synthesized polycarbazole and discussed anodic oxidation pathways of carbazole during polymerization. There are also many publications in the literature on the electrochemical polymerization of carbazole monomer (Abe et al. 2002; Diamant et al. 2005; Zhuang et al. 2009; Miao et al. 2008; Ates et al. 2008; Desbene-Monverna et al. 1981; Hua-Ming et al. 2008; Mengoli et al. 1988; O'Brien et al. 1985; Sezai Sarac et al. 2006; Taoudi et al. 2001; Taoudi et al. 1997; Verghese et al. 1997). Synthesizing the polymer of carbazole via electrochemical method is quite challenging. Coating on a conductive substrate or forming a free standing film on the electrode substrate is not easy. Different electropolymerization solvent/electrolyte medium and working electrodes were used in order to get qualified polymer films on the electrode. Therefore, studies on different electropolymerization medium and different types of electrodes have still been ongoing by scientists (**Table 1**). Three types of medium were used in order to get polycarbazole films (nonacidic, acidic and ionic liquid medium) during electropolymerization. In nonacidic medium of electrolyte/solvent mixture for electropolymerization, related studies generally used tetra alkyl ammonium salts and some other organic salts. Among them, Desbene-Monverna et al. used Pt or Au working electrode in the medium of benzyltrimethylammonium perchlorate (BTPA) /ACN or tetramethylammonium tetrafluoroborate (TMATFB) /ACN in order to get polycarbazole. Experiments showed that the film inhomogeneously coated on the electrode surface and poorly adherent to the electrode surface (Desbene-Monverna et al. 1981). Sezai Sarac et al. also studied electropolymerized polycarbazole and used different nonacidic solution medium for polymerization. However they didn't give the details of polymerization medium and mention any other electrochromic properties apart from its color in the reduced and oxidized state of polymer. Acidic and ionic liquids electropolymerization media were also chosen for most of the studies in order to get more stable qualified polycarbazole films as seen in **Table 1**. Although ionic liquids are nonvolatile solvents, they, unfortunately suffer from toxicity, preparation and high cost during process (Shamsuri et al. 2010). Zhuang et al. studied with ionic liquids (1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate (BMI-PF<sub>6</sub>), N-butyl-N-methylpyrrolidinium bis((trifluoromethyl)sulfonyl)imide (BMP-TFSI)) in order to obtain electrochromic polycarbazole film. They showed electrochromic colors of each polymer film and did not give detailed information. Acidic media are most preferable ones for electropolymerization but they may have also some drawbacks, such as partly or non conjugated chains or contaminated particles in the chain (Sadki et al. 2000). Protic medium was first used by Mengoli in 1988 to electrochemically polymerize carbazole on Au disc (Mengoli et al., 1988). But the results showed that the film was fair conductivity and stability. Moreover it shows electrochromism between colorless (in the neutral state) and green color (in the oxidized state). The same medium for electropolymerization was used by Verghese et al. (Verghese et al. 1997) and it was written that polycarbazole was coated on the ITO surface in different acidic solution and changed color to yellow in the reduced state and green in the oxidized state. This study was the first study related with electrochromic polycarbazole in acidic medium. However they could not get one level higher about their studies because they could not get desired reversibility for various supporting electrolytes and postponed their work to a later date for better results. BFEE, the magic electrolyte and solvent of the conductive polymer world, came to mind to improve the unstable states of the polycarbazole film was used by Hua-Ming et al. They managed to get high quality film by mixing it with acetic acid (Hua-Ming et al. 2008). However, BFEE is a toxic, volatile material and not economical. Furthermore, they didn't mention too much detail in their work related electrochromic properties of polycarbazole film.

The electrochemical and optical properties of polycarbazole and its derivatives attract attention by the scientific world. The electrochromic behavior of conjugated polymer films containing carbazole and the contribution of the carbazole structure to the chain in this respect still arouses curiosity. Carbazole-containing polymer films are generally electrochemically polymerized in nonacidic medium. For this reason, it is more meaningful to compare the properties of films with electropolymerized structures in organic solvent and salt medium (non acidic medium). In the light of this information, the electrochromic behavior of polycarbazole synthesized in a nonacidic medium may be a reference when comparing the electrochromic properties of carbazole-containing conjugated polymers to be synthesized in the future. In this study, carbazole monomer was electropolymerized in the medium of 0.1 M TBAPF<sub>6</sub>/DCM. Electrochemical and spectroelectrochemical properties of its corresponding polymer were investigated in monomer free medium. Moreover, the electrochromic properties of polycarbazole have been tried to be detailed.

## 2. Experimental section

### 2.1. Materials and instrumentation

All chemicals were purchased from Sigma Aldrich without further purification. Carbazole as and tetrabutylammonium hexafluoro phosphate (TBAPF<sub>6</sub>) as organic electrolyte was dissolved in dichloromethane (DCM) and electrolyte medium was prepared for electropolymerization. As a potentiostat, an Ivium CompactStat brand device was used during electrochemical and spectroelectrochemical studies. For spectroelectrochemical studies, a Specord S600 spectrometer was used. The color space given by the International Commission of Illumination with luminance (L), hue (a), and intensity (b) was also analyzed. FTIR spectra were carried out with Bruker Equinox 55 with an attenuated total reflectance (ATR).

### 2.2. Electrochemical polymerization

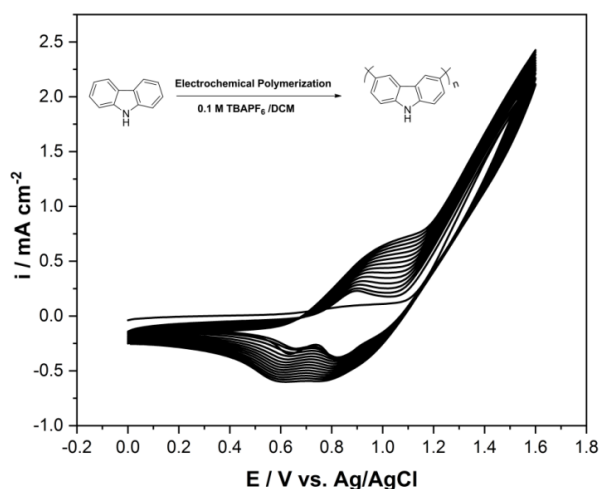
3.5 mM monomer and 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> electrolyte were dissolved in 3 ml DCM during electropolymerization. Three electrode systems, which consists of working electrode (Glassy carbon electrode (GC) (area 0.07 cm<sup>2</sup>), Indium tin oxide glassy electrode (ITO)), reference electrode (Ag/AgCl in 3 M NaCl solution, Ag wire) and counter electrode (Pt wire) were used. These electrodes were placed in a round Teflon wheel, which has three holes. This cape was put on a cyclic voltammetry (CV) cell, which contains polymerization medium or monomer free medium for electrochemical characterization experiments. For spectroelectrochemical experiments, a UV cuvette were

used as solution container. Again a square teflon cape with three holes on which three electrodes can be placed, was placed on this container together with the electrodes. CV and constant potential electrolysis methods were used during electrochemical polymerization and both electrochemical and spectroelectrochemical characterization. For kinetic spectroelectrochemical studies, transients at constant potential as an electroanalytical method was used and electrochromic polymer was switched. For FTIR analysis, ITO was coated with carbazole monomer until the total charge comes until 3C.

### 3. Results and Discussion

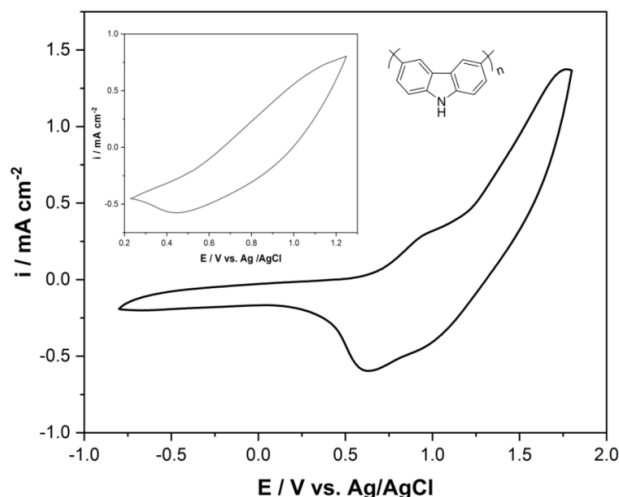
#### 3.1. Electrochemical polymerization of carbazole and characterization of its polymer

Electrochemical behavior of carbazole (3.5 mM) was investigated in the medium of 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> / DCM solution. Monomer had an onset (1.10 V vs. Ag/AgCl) and maximum (1.40 V vs. Ag/AgCl) oxidation potential. As seen from **Figure 1**, repetitive cyclic voltammogram experiment for monomer was performed in order to see whether monomer was electropolymerized or not on GC electrode. The potential range between 0.0 V and 1.6 V with a scan rate of 200 mV s<sup>-1</sup> was chosen for electropolymerization process of carbazole monomer in the medium of 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> / DCM. The results show that a new oxidation and reduction couple peaks were observed at about 1.0 V and 0.7 V, respectively during second and following cycles. Current density and charge of each cycles also increased when cycle number increase. This is a proof for a conductive coated polymer on working electrode.



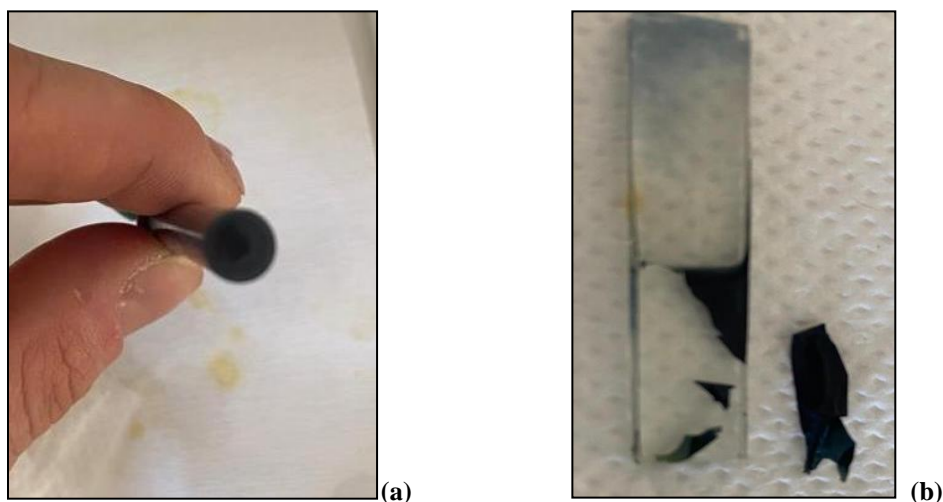
**Figure 1.** Repetitive cyclic voltammogram of carbazole in the medium of 3.5 mM monomer and 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> / DCM solution

GC coated (15 cycled) with polycarbazole film was taken out and washed with fresh DCM solvent in order to remove oligomeric and monomeric species. Electrochemical behavior of polycarbazole film was investigated in the monomer free medium with a scan rate of 200 mV s<sup>-1</sup>. Polymer has reversible two redox couple at about 0.95 V and 1.60 V vs. Ag/AgCl, indicating the formation of charge carriers on the main chain backbone. Two redox couple was observed during the scan the potentials between -0.7 V and 1.7 V as seen in **Figure 2**. The polymer was scanned between 0.2 V and 1.3 V in order to see the first redox couple as seen in the inset of **Figure 2**.



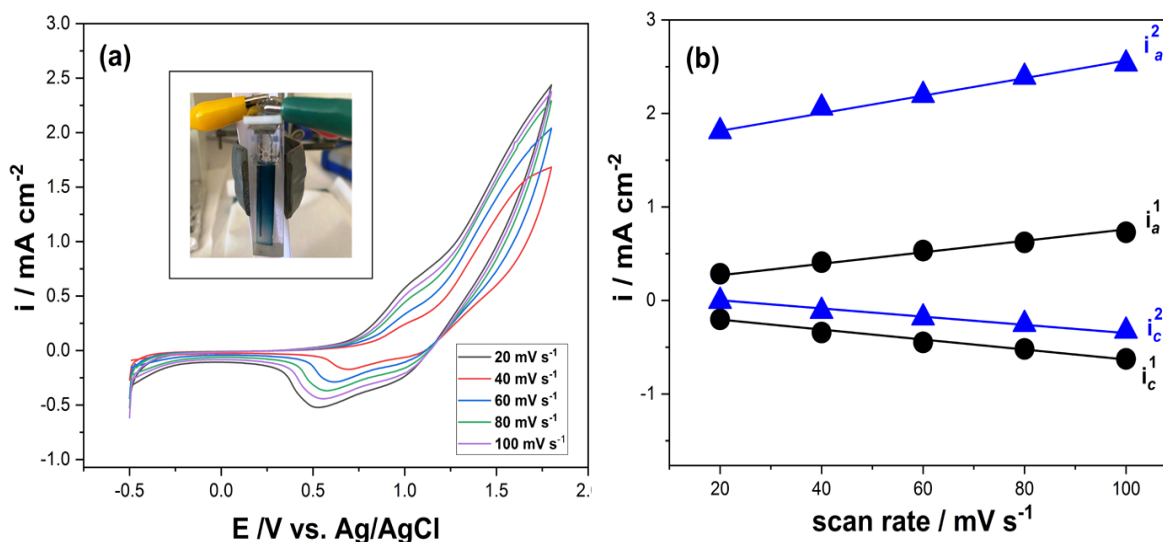
**Figure 2.** Electrochemical behavior of polycarbazole on GC electrode in the medium of 0.1 M TBAPF<sub>6</sub>/DCM solution via CV technique. (Figure inset: polymer was scanned the potentials between 0.2 V and 1.3 V with a scan rate of 200 mVs<sup>-1</sup>)

The polymer film was successfully coated on the GC electrode surface as seen in **Figure 3a**. Polymer film coated on the ITO electrode in a thicker thickness was used for FTIR analysis (**Figure 3b**). The film adhered very well to the ITO surface and was self-peeled from the electrode surface after the drying step.



**Figure 3.** The photos of polycarbazole film coated on (a) GC electrode (b) ITO electrode

After these preliminary studies, the polymer film was coated on ITO as the electrochromic properties of polycarbazole were to be investigated (the inset of **Figure 4a**). After the polymer film was washed in DCM solvent, the polymer film the behavior was examined in monomer free medium at different scan rates (from  $20 \text{ mV s}^{-1}$  to  $100 \text{ mV s}^{-1}$ ) via CV method (**Figure 4a**). The current density data depending on scan rates were depicted in **Figure 4b**. A linear increase in the peak currents as a function of the scan rates confirmed well-adhered electroactive polymer films on the electrode surface as well as a nondiffusional redox process

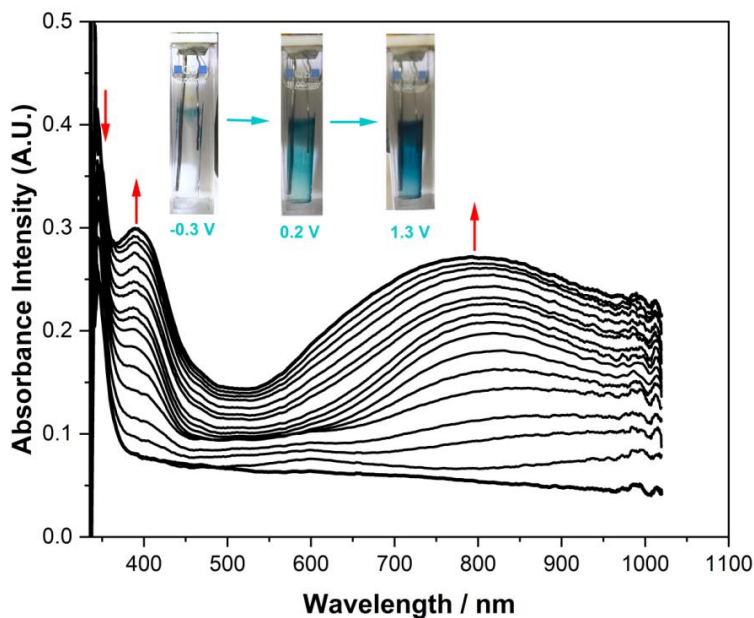


**Figure 4.** (a) Electrochemical behavior of polycarbazole on ITO electrode in the medium of  $0.1 \text{ M TBAPF}_6/\text{DCM}$  solution via CV technique at different scan rates. (Figure inset: the photo of polymer carbazole on ITO electrode) (b) The relationship of anodic ( $i_a^1$  and  $i_a^2$ ) and cathodic ( $i_c^1$  and  $i_c^2$ ) current peaks at various scan rates in  $0.1 \text{ M TBAPF}_6/\text{DCM}$  solution. (anodic ( $i_a^1$ ) and cathodic ( $i_c^1$ ) current for the first redox process; anodic ( $i_a^2$ ) and cathodic ( $i_c^2$ ) current for the second redox process.)

### 3.2. Spectroelectrochemical characterization of polycarbazole

In order to investigate spectroelectrochemical behavior of polycarbazole, carbazole was electropolymerized on ITO electrode at constant potential ( $1.4 \text{ V}$ ). As seen in the inset of **Figure 5**, a thin-film thick film was coated for easy color change detection. After electropolymerization procedure, ITO coated polymer film was cleaned with DCM solvent and a clean electrolyte medium were prepared in order to get electrochemical properties together with spectroelectrochemical properties. CV technique was used for this and polymer film was scanned between  $-0.3 \text{ V}$  to  $1.3 \text{ V}$ . As soon as the polymer film was scanned via CV method, UV-vis spectra of

film were taken and noted. Since ITO electrode in DCM solution has a cut off value at lower than 330 nm, the neutral polymer film has a  $\pi-\pi^*$  transition at lower than this value. The spectra of polycarbazole showed an absorption onset at about 360 nm. The optical band gap of polymer film was calculated from its low energy absorption edge and it was found as 3.41 eV. Upon oxidation at about 0.1 V, the absorption intensity of  $\pi-\pi^*$  transition decreases the polymer film showed new charge carriers at about 390 nm and 800 nm because the absorption intensities increase at these maximum wavelengths.



**Figure 5.** Spectroelectrochemical behavior of polymer film coated (with a thickness of 75  $\text{mC}/\text{cm}^2$ ) on ITO electrode in the medium of 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> / DCM solution. (Figure 5 inset: electrochromic colors of ITO coated polymer films at applied potentials)

### 3.3. Electrochromic behavior of polycarbazole

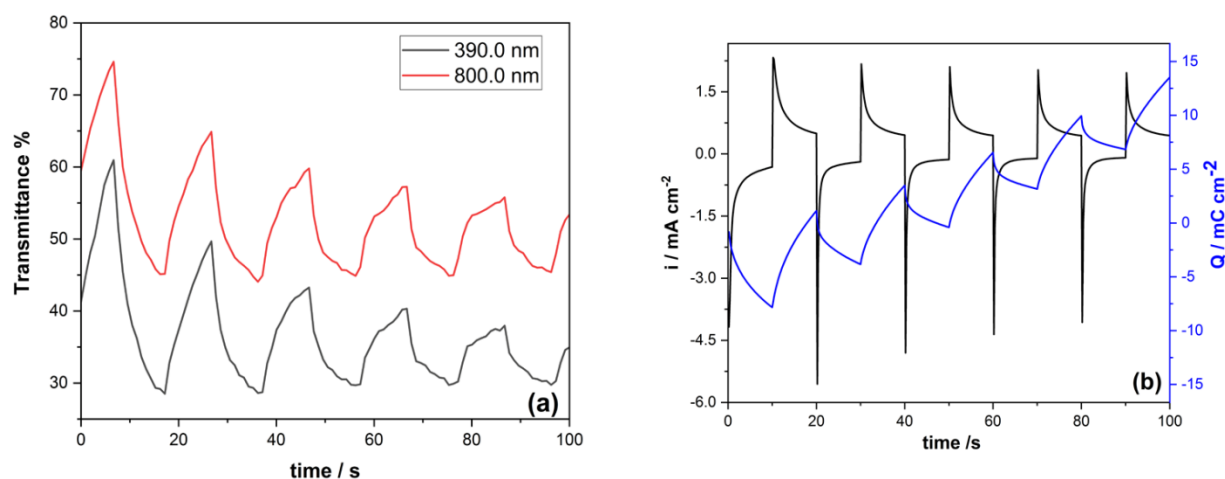
**Table 2.** Colorimetric values summary of polycarbazole ( Lab color analysis were done with respect to D65 and 10°) (with a thickness of 75  $\text{mC}/\text{cm}^2$  coated polymer film).

Applied Potetial	-0.3 V	0.2 V	0.8 V	1.0 V	1.3 V
<b>Color</b> (polycarbazole coated on ITO)					
<b>Color</b> (calculated from Lab data)					
<b>L</b>	97.87	89.0	85.28	81.88	79.55
<b>a</b>	-0.09	-9.72	-13.3	-15.2	-16.4
<b>b</b>	0.144	2.95	3.40	2.04	2.66

Polycarbazole shows different colors at different applied potentials as seen in the inset of **Figure 4** and **Table 2**. In the neutral state, polycarbazole exhibits transparent color (at -0.3 V). Green and bluish green colors were observed at 0.3 V and 1.3 V, respectively. The experimental studies showed that the bluish green color after the polymer film was coated becomes transparent over time when -0.3 V was applied, but it did not turn green again when higher potentials are applied than this potential. Most likely, the polymer film loses its electroactivity when this potential is reached. However, the polymer film exhibits reversible electrochromic properties when switched between 0.3 V and 1.3 V. The Lab values of the electrochromic properties of the polymer film and the corresponding colors are given in **Table 2**.

It is very important to switch an electrochromic film with a very fast response. Data regarding the keying property of the electrochromic polymer between 0.2 V and 1.3 V are given in **Figure 6a** (chronoabsortimetry data at 390 nm and 800 nm) and **Figure 6b** (current-time and charge-current data). Accordingly, the polymer film has 22 % at 390 nm and 15 % at 800 nm optical contrast ratio (for the

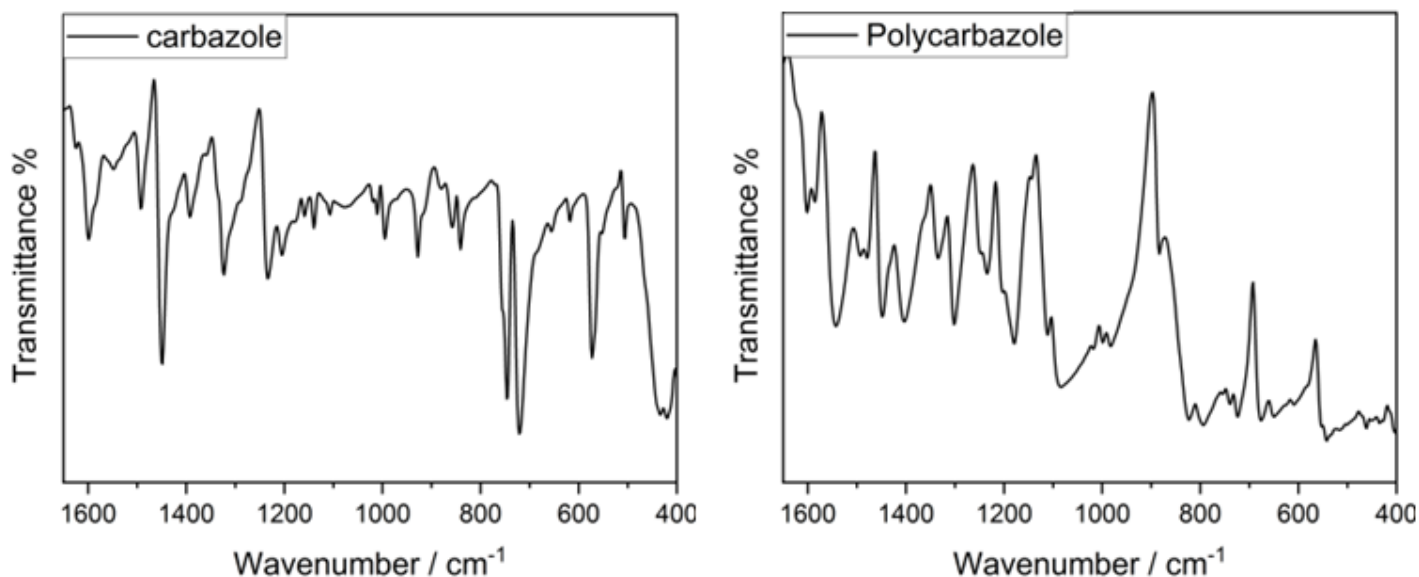
first switching data cycle received). However, as can be seen in the **Figure 6a**, polycarbazole film did not show a stable switching property. Because the percent transmittance difference ( $\% \Delta T$ ) decreased as the switching cycle increased. Looking at the electrochromic property of the polymer film in **Figure 6a**, it can be said that the response time is very slow. This is why many studies have worked with many scientists to improve its electrochromic properties by adding functional groups to various carbazole monomers or making it a copolymer (Cansu-Ergun et al. 2018, Hai et al. 2016).



**Figure 6.** (a) Electrochromic switching and optical absorbance change monitored during switching at 390 nm and 800 nm (b) chronoamperometry experiments for polycarbazole in 0.1 M TBAPF<sub>6</sub> / DCM (with a thickness of 75 mC/cm<sup>2</sup> coated polymer film).

### 3.4. FTIR analysis of carbazole and polycarbazole

The chemical structures of carbazole and polycarbazole were analyzed by means of FTIR spectra (**Figure 7**). The band at around 3500 cm<sup>-1</sup> for both structures was the stretching bond of -NH. The bands at 3022 cm<sup>-1</sup> can be ascribed to the C-H stretching vibration of benzene ring. The two strong bond at 1590 and 1495 cm<sup>-1</sup> were related with the stretching vibrations of the C=C bands and an absorption peak at 1230 cm<sup>-1</sup> were due to the C-N bond stretching. When both spectrums were compared, the peak at 746 cm<sup>-1</sup> for spectrum of carbazole does not appear in the FTIR spectrum of polymer. This indicates polymerization. The peaks between 800 and 830 cm<sup>-1</sup> in FTIR spectrum of polycarbazole are due to 1, 2 and 4 tri substituted benzene rings, which indicates polymerization proceeding from 3,6 position of carbazole ring (Zhou et al. 1999 ; Sezer et al. 1999).



**Figure 7.** FTIR spectra of carbazole and polycarbazole

#### 4. Conclusion

In this study, the electrochromic behavior of polycarbazole film, which is generally stated in the literature to be transparent in the reduced state and green in the oxidized state, has been investigated in detail. This study, which is considered as a building block for carbazole-based polymers with electrochromic properties, will form a basis for future studies. Moreover, in this study, the electrochemical behavior of the carbazole film synthesized in nonacidic medium was analyzed by first coating it on the GC electrode and then on the ITO working electrodes. Experimental studies have shown that the polymer film has two reversible redox couples and adheres well to the electrode surface. The polymer film was characterized by CV and FTIR techniques in order to prove polymer formation. Spectroelectrochemical experiments revealed that polycarbazole has electrochromic property ( transparent color at -0.3 V, green color at 0.2 V and bluish color at 1.3 V ) with moderate  $\Delta T$  values (22 % at 390 nm and 15 % at 800 nm) with low stability. Furthermore, polycarbazole has a large band gap of 3.41 eV. It is thought that it will serve as a reference for the scientific world when analyzing the behavior of new carbazole-based electrochromic polymers.

#### Acknowledgment

This study has been evaluated within the scope of the special issue of engineering sciences research and development applications.

#### References

- Abe, S. Y., Bernede, J. C., Delvalle, M. A., Tregouet, Y., Ragot, F., Diaz, F. R., Lefrant, S. (2002). Electroluminescent polycarbazole thin films obtained by electrochemical polymerization. *Synthetic metals*, 126 (1), 1-6.
- Ambrose, J. F., Nelson, R. F. (1968). Anodic oxidation pathways of carbazoles: I. carbazole and N-substituted derivatives. *Journal of the Electrochemical Society*, 115(11), 1159.
- Ates, M., Castillo, J., A. Sarac, S., Schuhmann W. (2008). Carbon fiber microelectrodes electrocoated with polycarbazole and poly(carbazole-co-p-tolylsulfonyl pyrrole) films for the detection of dopamine in presence of ascorbic acid *Microchim Acta*, 160, 247–251
- Azak, H., Yildiz, H. B., & Carbas, B. B. (2018). Synthesis and characterization of a new poly (dithieno (3, 2-b: 2', 3'-d) pyrrole) derivative conjugated polymer: its electrochromic and biosensing applications. *Polymer*, 134, 44-52.
- Baughman, R. H. (1996). Conducting polymer artificial muscles. *Synthetic metals*, 78(3), 339-353.
- Beaujuge, P. M., Reynolds, J. R. (2010). Color control in  $\pi$ -conjugated organic polymers for use in electrochromic devices. *Chemical reviews*, 110(1), 268-320.
- Beaupré, S., Breton, A.C., Dumas, J., Leclerc, M. (2009). Multicolored electrochromic cells based on poly (2, 7-carbazole) derivatives for adaptive camouflage. *Chemistry of Materials*, 21(8), 1504-1513.
- Bingol, B.E., Tekin, B., Carbas B. B. (2017). An investigation on electrochromic properties of new copolymers based on dithienylpyrrole and propylenedioxythiophene. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 806, 107-115.
- Cansu-Ergun, E. G., Önal, A. M. (2018). Carbazole based electrochromic polymers bearing ethylenedioxy and propylenedioxy scaffolds. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 815, 158-165.
- Carbas, B. B., Odabas, S., Türksoy, F., Tanyeli, C. (2016). Synthesis of a new electrochromic polymer based on tetraphenylethylene cored tetrakis carbazole complex and its electrochromic device application, *Electrochimica Acta*, 193, 72-79.
- Carbas, B. B. (2022). Fluorene based electrochromic conjugated polymers: A review. *Polymer*, 125040.
- Carbas, B. B., Tekin, B. (2018). Poly (3, 4-ethylenedioxythiophene) electrode grown in the presence of ionic liquid and its symmetrical electrochemical supercapacitor application. *Polymer Bulletin*, 75(4), 1547-1562.
- Carbas, B. B., Asil, D., Friend, R. H., Önal, A. M. (2014). A new blue light emitting and electrochromic polyfluorene derivative for display applications. *Organic Electronics*, 15(2), 500-508.
- Carbas, B. B., Gulen, M., Tolu, M. C., Sonmezoglu, S. (2017). Hydrogen sulphate-based ionic liquid-assisted electro-polymerization of PEDOT catalyst material for high-efficiency photoelectrochemical solar cells. *Scientific reports*, 7(1), 1-15.

- Cevik, E., Carbas, B. B., Senel, M., Yildiz, H. B. (2018). Construction of conducting polymer/cytochrome C/thylakoid membrane based photo-bioelectrochemical fuel cells generating high photocurrent via photosynthesis. *Biosensors and Bioelectronics*, 113, 25-31.
- Desbene-Monvernay, A., Lacaze, P. C., Dubois, J. E. (1981). Polarographic (PMT) and IR, ESCA, EPR spectroscopic study of colored radical films formed by the electrochemical oxidation of carbazoles: Part I. Carbazole and N-ethyl, N-phenyl and N-carbazyl derivatives. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 129(1-2), 229-241.
- Diamant, Y., Chen, J., Han, H., Kamenev, B., Tsybeskov, L., Grebel, H. (2005). Electrochemical polymerization, optical and electrical characterizations of polycarbazole on single wall carbon nanotubes. *Synthetic metals*, 151(3), 202-207.
- Ergun, E. G. C., Carbas B.B. (2022) Electrochromic copolymers of 2, 5-dithienyl-N-substituted-pyrrole (SNS) derivatives with EDOT: properties and electrochromic device applications. *Materials Today Communications* 103888.
- Grancarić, A. M., Jerković, I., Koncar, V., Cochrane, C., Kelly, F. M., Soulat, D., Legrand, X. (2018). Conductive polymers for smart textile applications. *Journal of Industrial Textiles*, 48(3), 612-642.
- Hai, T.A.P., Sugimoto, R. (2016). Conjugated carbazole-thiophene copolymer: synthesis, characterization and applications. *Synthetic Metals*, 220, 59-71.
- Kumar, D., Sharma, R.C. (1998). Advances in conductive polymers. *European polymer journal*, 34(8), 1053-1060.
- Macit, H., Sen, S., Sacak, M. (2005). Electrochemical synthesis and characterization of polycarbazole. *Journal of applied polymer science*, 96(3), 894-898.
- Margolis, J. (Ed.). (2012). *Conductive polymers and plastics*. Springer Science & Business Media.
- Mengoli, G., Musiani, M. M., Schreck, B., Zecchin, S. (1988). Electrochemical synthesis and properties of polycarbazole films in protic acid media. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 246(1), 73-86.
- Miao, H. M., Zhang, H. L., Xu, J. K., Fan, C. L., Dong, B., Zeng, L. Q., Zhao, F. (2008). Electrochemical polymerization of carbazole in acetic acid containing boron trifluoride diethyl etherate. *Chinese Journal of Chemistry*, 26(10), 1922-1928.
- Mortimer, R. J., Dyer, A. L., Reynolds, J.R. (2006). Electrochromic organic and polymeric materials for display applications. *Displays*, 27(1), 2-18.
- O'Brien, R. N., Santhanam, K. S. V. (1985). Laser interferometry of pulsed galvanostatic deposition of polycarbazole. *Journal of the Electrochemical Society*, 132(11), 2613.
- Omar, S. N. I., Ariffin, Z. Z., Akhir, R. A. M., Shri, D. N. A., Halim, M. I. A., Safian, M. F., Mahat, M. M. (2019). Polyaniline (PANI) fabric doped p-toluene sulfonic acid (pTSA) with anti-infection properties. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1994-2002.
- Phan, S., Luscombe, C. K. (2019). Recent advances in the green, sustainable synthesis of semiconducting polymers. *Trends in Chemistry*, 1(7), 670-681.
- Rauh, R. D. (1999). Electrochromic windows: an overview. *Electrochimica Acta*, 44(18), 3165-3176.
- Rosseinsky, D. R., Mortimer, R. J. (2001). Electrochromic systems and the prospects for devices. *Advanced Materials*, 13(11), 783-793.
- Sadki, S., Schottland, P., Brodie, N., Sabouraud, G. (2000). The mechanisms of pyrrole electropolymerization. *Chemical Society Reviews*, 29(5), 283-293.
- Sezai Sarac, A., Ates, M., & Parlak, E. A. (2006). Electrolyte and solvent effects of electrocoated polycarbazole thin films on carbon fiber microelectrodes. *Journal of Applied Electrochemistry*, 36(8), 889-898.
- Sezer, E., Ustamehmetoğlu, B., Sarac, A. S. (1999). Chemical and electrochemical polymerisation of pyrrole in the presence of N-substituted carbazoles. *Synthetic Metals*, 107(1), 7-17.
- Shamsuri, A. A., Abdullah D. K. (2010) Ionic liquids: preparations and limitations. *Makara Journal of Science* 14(2), 101-106
- Shi, Y., Peng, L., Ding, Y., Zhao, Y., Yu, G. (2015). Nanostructured conductive polymers for advanced energy storage. *Chemical Society Reviews*, 44(19), 6684-6696.



- Sirringhaus, H., Bird, M., Zhao, N. (2010). Charge transport physics of conjugated polymer field-effect transistors. *Advanced Materials*, 22(34), 3893-3898.
- Sonmez, G., Sonmez, H. B. (2006). Polymeric electrochromics for data storage. *Journal of Materials Chemistry*, 16(25), 2473-2477.
- Taoudi, H., Bernede, J. C., Del Valle, M. A., Bonnet, A., Morsli, M. (2001). Influence of the electrochemical conditions on the properties of polymerized carbazole. *Journal of Materials Science*, 36(3), 631-634.
- Taoudi, H., Bernede, J.C., Bonnet, A., Morsli, M., Godoy, A. (1997). Comparison of polycarbazole obtained by oxidation of carbazole either in solution or in thin film form. *Thin Solid Films*, 304, 48-55.
- Verghese, M. M., Ram, M. K., Vardhan, H., Malhotra, B. D., Ashraf, S. M. (1997). Electrochromic properties of polycarbazole films. *Polymer*, 38(7), 1625-1629.
- Verheyen, L., Leysen, P., Van Den Eede, M. P., Ceunen, W., Hardeman, T., Koeckelberghs, G. (2017). Advances in the controlled polymerization of conjugated polymers. *Polymer*, 108, 521-546.
- Yi, H., Iraqi, A., Stevenson, M., Elliott, C. J., Lidzey, D. G. (2007). A new class of blue-emitting materials for LED applications: triarylamine N-functionalised 2, 7-linked carbazole polymers. *Macromolecular Rapid Communications*, 28(10), 1155-1160.
- Zhou, M., Heinze, J. (1999). Electropolymerization of pyrrole and electrochemical study of polypyrrole: 1. Evidence for structural diversity of polypyrrole. *Electrochimica Acta*, 44(11), 1733-1748.
- Zhuang, D. X., Chen, P. Y. (2009). Electrochemical formation of polycarbazole films in air- and water-stable room-temperature ionic liquids. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 626(1-2), 197-200.



## Aluminyum Al 7075-T6 için Balistik Davranışın Sayısal Analizi

### Numerical Analysis of Ballistic Behavior for Aluminum Al 7075-T6

İbrahim Uzun<sup>2</sup> , Serhat Sözeri<sup>1</sup> , Selen Salihoğulları<sup>1</sup> , Dilek Durak<sup>1</sup> , Zühtü Onur Pehlivanlı<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>TG Savunma Sanayi Ve Elektronik, ASO 2. OSB 2014.Cd. No:20 06930 Ankara, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, 71100 Kırıkkale, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Kırıkkale Üniversitesi Metalurji Malzeme Mühendisliği Bölümü, 71100 Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 02/06/2022

Kabul / Accepted: 08/08/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Balistik amaçlı kullanılan malzemeler tek ve çok katmanlı olarak yer almaktadır. Çok katmanlı olarak kullanım nedeni, malzemelerin farklı özelliklerinin birleştirilerek toplamda balistik dayanımlarının iyileştirilmesidir. Birden çok katman kullanımı amaca yönelik olarak her zaman uygulanabilir değildir. Bu çalışmada Al 7075-T6 plaka için NIJ 0101.06 standardı seviye IIA, II ve III seviyelerinde sayısal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde farklı malzeme kalınlıklarında koruma gerçekleşip gerçekleşmediği ve deformasyon değerlerinin ne düzeyde olduğu gösterilmiştir. Alüminyum plaka kalınlığı 6, 8, 10, 12 mm alınarak yapılan analizlerde 9x19 mm ve 7,62x51 mm olmak üzere iki farklı mühimmat kullanılmıştır. İlgili standartta, bu mühimmatlar için belirtilen hızlar değerlendirilmiştir. Başlangıç değerleri olarak 9x19mm mühimmat için 373m/s ve 398m/s; 7,62x51 mühimmatı için ise 847 m/s hızlarında analizler tekrarlanmıştır. Her bir kalınlık için tekrarlanan analizler Ansys Workbench modüllerinden Explicit Dynamics kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada malzemelerdeki travma derinlikleri, mühimmat çekirdeğinin hız ve enerji değişimleri, elastik uzama değerleri tablo ve grafiklerle verilmiştir. Literatürdeki analitik hesaplamalar esas alınarak elde edilen sayısal değerlerle karşılaştırma yapılmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

“Balistik, Alüminyum 7075, Sayısal Analiz, Mühimmat”

#### Abstract

The materials utilized for ballistic purposes are available as single and multi-layered. The reason for use as multi-layers is to improve the ballistic resistance of the materials by combining different properties. The use of multiple layers is not always practical for the purpose. In this study, a numerical analysis has been performed for Al 7075-T6 plate at NIJ Standard 0101.06 level IIA, II and III protection levels. In these analyses, deformation rates have been indicated in addition to whether protection has occurred taking into account different material thickness. Two different ammunition, 9x19 mm and 7,62x51 mm, were used in the analyses made by taking the aluminum plate thickness of 6, 8, 10, 12 mm. In the relevant standard, the velocities specified for these ammunition have been evaluated. 373m/s and 398m/s for 9x19mm ammunition as initial values; for 7.62x51 ammunition, the analyses have been repeated at 847 m/s. Repeated analyses for each thickness have been performed by using Explicit Dynamics from Ansys Workbench modules. In the study, the trauma depths in the materials, the velocity and energy changes of the bullet core, the elastic elongation values are given in the tables and graphics. Comparisons have been made with the numerical values obtained based on the analytical calculations in the literature.

#### Key Words

“Ballistic, Aluminum 7075, Numerical Analysis, Ammunition”

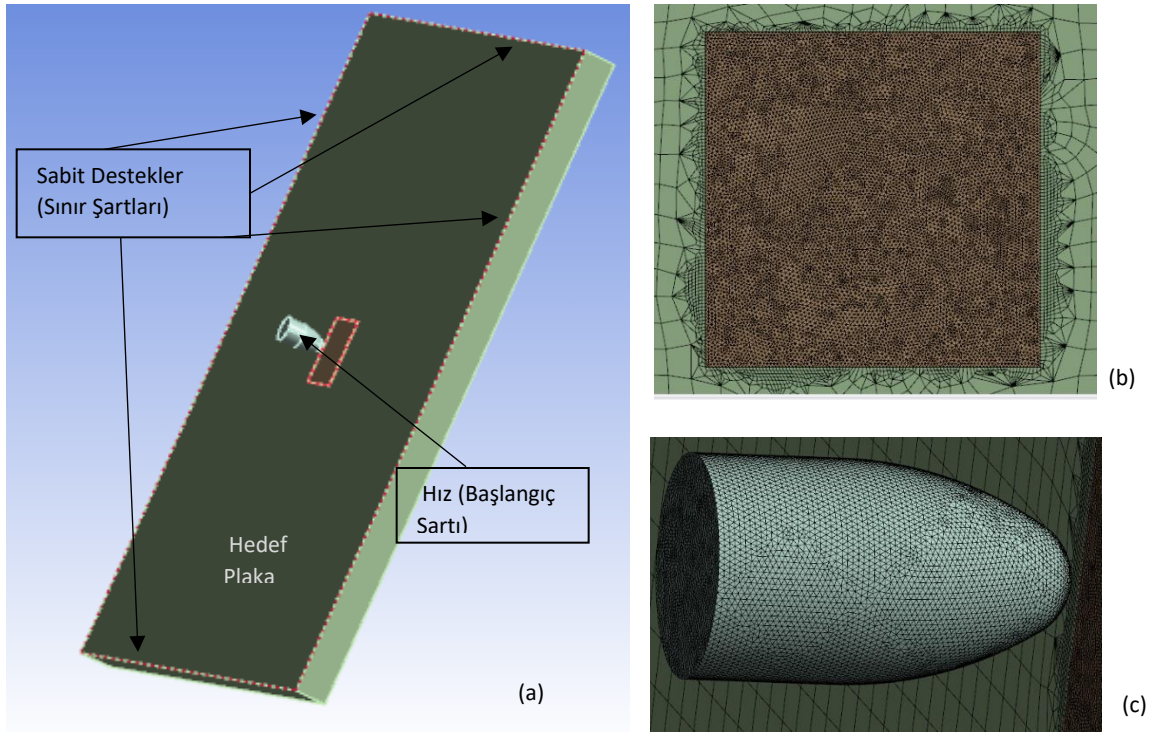
## 1. Giriş

Günümüz gelişen malzeme teknolojisi ile birlikte, savunma sanayisinde kullanılan kişisel koruyucu zırhlar da gelişmiştir. Bu gelişmeyle beraber koruyucu zırhlar; tekil malzemeler ve kompozit olarak çoklu bileşenlerle birlikte kullanılabilir. Malzemelerin koruma seviyelerinde hangi kalınlıklarda koruma yaptıkları, günümüzde de yoğun olarak araştırılmaktadır. Çalışmaların hem sayısal hem de analitik olarak gerçekleştirildiği görülmekle birlikte, literatürde bu doğrultuda hem malzemeler hem de koruma seviyeleri üzerine yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Geleneksel malzemelerin yerine metal matris kompozitlerin, performans istekleri nedeniyle kullanımları giderek artmaktadır. En iyi bilinen metal matris kompozitleri seramik parçacıklarla kuvvetlendirilmiş alüminyum alaşımlarıdır. Bu düşük maliyetli kompozitler, yüksek dayanım, sertlik ve yorulma direnci dayanımı ihtiva eder. Hibrit metal matris kompozitler; iki farklı metal parçacıktan oluşan ve metal matrise kuvvetlendirici olarak eklenen malzemelerdir. Bunlar ileri silah sistemlerinde örneğin uydu yatakları, lazer reflektörler ve inert navigasyon sistemleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Chen & Hoshi, 1992). SiC takviyeli metal matris kompozitler çok iyi sertlik, yüksek mukavemet ve termal özelliklere sahip olması sebebiyle silindir başlıkları, pistonlar, gömlek ve motor frenlerinde artarak kullanıldığı görülmektedir. Allison vd., (1993) ve Baradeswaran vd., (2013) bor karbür ile kuvvetlendirilmiş Al 7075 kompozitinin, aşınma direncinin artışıyla ilgili çalışma gerçekleştirmiş, Schneider vd.,(2011) ise, Al 6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> metal matris kompozitinin deneysel ve sayısal olarak düşük yorulma döngüsünde deformasyon davranışını incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda ise mikro yapıdaki basınç gerilim konsantrasyonlarının, ekstrüzyon ve çatlak oluşumu sebebiyle olduğunu tespit etmişlerdir. Otomotiv ve uzay sektöründe kullanılan parçaların komple performansını artırmaya yönelik ısrarlı talepler, kompozit malzemelerin geliştirilmesini mecbur kılmıştır. Alüminyum metal matris kompozitler endüstriyel gereklilikleri karşılamak üzere yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna yönelik Alüminyum 6061 alaşımıyla kuvvetlendirilmiş bor karbür ve silisyum karbürün çeşitli kompozisyonları için karıştırma döküm tekniği ile alüminyum metal matris kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürünün mekanik özellikleri incelenmiştir. Clyne & Withers (1993) tarafından ürüne çekme, eğilme, sertlik ve çarpma testleri yapılmış ve hibrit kompozitlerin saf alüminyumdan daha iyi özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ramnath vd., (2014) tarafından Al 6061-T6 ve SAE AISI 4340 çeliğin kombinasyonları üzerine yapılan çalışmalar, zırh yapısının ara yüzlerini epoksi reçine ile kaplayarak modellenen ve plakaların 7.62 mm balistik külahlı çelik mermi ile test edilen çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Bu çalışmanın ilk bölümünde arka plaka malzemesinin iki tabakalı seramik/metal konfigürasyonunun aynı kalınlık ve yüzey alanına sahip Al 6061-T6 ve SAE AISI 4340 çelik malzeme için; ikinci bölümde ise arka plaka kalınlığı yarıya indirilip ön tarafa aynı kalınlıkta yerleştirilerek hem Al6061-T6 hem de SAE AISI 4340 için etki analizi yapıldığı gözlemlenmiştir. Epoksi yapıştırıcı kalınlığının zırh yapılarında balistik performansa etkileri ve delinmeye karşı zırh yapısının verdiği tepki incelenmiştir. Benzer bir çalışma ise Arslan ve Güneş (2017) tarafından yapılan, seramik metal zırh yapılarının balistik performansları için kıyaslamalı sayısal incelemedir. Seramikler son yıllarda yüksek termal dirençleri, özgül dayanım ve sertlik özellikleri nedeniyle zırh yapılarında en önemli bileşen olarak kullanılmaktadır. Kırılgan yapıları nedeniyle, monolit zırh materyali olarak kullanımı tercih edilmemektedir. Mermi geometrisini deforme etmek, şok dalga enerjisini azaltmak ve çarpma yükü yayılımını düşürmek için, seramik yaygın olarak esnek malzemelerle ön plaka olarak kullanılır.

Sünek ve sert malzemeler, seramik yüzü zırh yapılarında yapısal bütünlük ve merminin atık kinetik enerjisini sönmek için genelde arka plaka olarak kullanılmaktadır. Bu konuda metaller ve fiber destekli polimer kompozitler şeklinde iki farklı malzeme kullanılmış ve FRP kompozitlerinin daha iyi performansa sahip olmasına rağmen, metallerin FRP kompozitlerden daha ekonomik olduğu ve daha iyi koruma fonksiyonu sağladıkları gösterilmiştir (Lopez-Puente vd.,(2005).Özşahin (2008) ise, alüminyum levhaların yüksek hızlı çarpma yükleri altındaki davranışları çalışmasında, alüminyum levhaların yüksek hızlı çarpma dayanımlarına mermi hızı, levha kalınlığı gibi girdilerle birlikte çeşitli performans artırıcı yöntemlerin etkilerini deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Sayısal çözümleme sonucunda, mermide deneysel sonuçlara benzer hasar biçimlerinin meydana geldiğini belirlemiştir. Çalışmada farklı kalınlıklarda tekil bir malzeme olarak ele alınan Al 7075-T6 üzerinde sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Literatürde farklı kalınlıklarda standarda uygun hızlarda atış yapılarak analiz yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Al 7075 matris malzemeye, farklı takviye oranlarında SiC ve B4C takviyesinin kompozit yapı üzerindeki mekanik etkileri ve üretilen kompozit numunelerin sonlu elemanlar yöntemi ile balistik performans analizleri üzerine çalışıldığı görülmüştür. Bu çalışmada farklı kalınlıklar için elde edilen sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla Baydaroğlu (2018) ve Özşahin (2008) ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Sayısal olarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen geometriler değişik kalınlıklarda hedef plakası ve iki farklı mermi çekirdeğidir. Hedef plaka iki parça olacak şekilde tasarlanmıştır. mermi çekirdeğinin isabet ettiği ve deformasyonun yüksek olduğu iç bölge (25x25mm) ve bu bölgeyi çevreleyen ve sınır şartlarının da tanımlandığı dış bölge (250mmx250mm) şeklinde oluşturulmuştur. Analiz zamana bağlı olduğundan başlangıç şartları ve diğer yanda sınır değer problemi olduğundan sınır şartları söz konusudur. Başlangıç şartı olarak mermi çekirdeğine NIJ0101-06 (Jully 2008) standart ile tanımlanan 9mm için 373m/s ve 398 m/s, 7,62 mm için ise 847 m/s tanımlanmıştır. Sınır şartları ise hedef plakanın çevresel olarak atış doğrultusuna dik olan yüzeylerinin hareketsiz ve sabit olduğu kabul edilmiştir. Başlangıç ve sınır şartları Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. a) Analizde tanımlanan başlangıç ve sınır şartları, b,c) İç Parça ve mermi çekirdeği ağ yapısından bir görüntü.

Ansys Explicit Dynamics analizlerinde çözülecek kısmi türevli diferansiyel denklemler kütle, momentum ve enerjinin korunumunu ifade etmektedirler. Bu denklemler bir malzeme model üzerinde başlangıç ve sınır koşullarıyla birlikte problemin tam çözümlerini tanımlamaktadırlar. Ansys Explicit Dynamics analizlerinde hesaplama düzlemindeki ağ yapısı, modellediği malzeme ile hareket eder ve bozulur böylece kütle korunumu otomatik olarak sağlanır. Herhangi bir anda yoğunluk, bölgenin mevcut hacminden ve ilk kütlelerinden belirlenebilir. Yoğunluk, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri eşitlik (1-3) ile verilmiştir (Ansys Explicit Dynamics Analysis Guide 2021).

$$\frac{\rho_0 V_0}{V} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

$$\rho \ddot{x} = b_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \quad (2a)$$

$$\rho \ddot{y} = b_y + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} \quad (2b)$$

$$\rho \ddot{z} = b_z + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \quad (2c)$$

$$\dot{\epsilon} = \frac{1}{\rho} (\sigma_{xx} \dot{\epsilon}_{xx} + \sigma_{yy} \dot{\epsilon}_{yy} + \sigma_{zz} \dot{\epsilon}_{zz} + 2\sigma_{xy} \dot{\epsilon}_{xy} + 2\sigma_{yz} \dot{\epsilon}_{yz} + 2\sigma_{zx} \dot{\epsilon}_{zx}) \quad (3)$$

Bu denklemler, zamana bağlı olduğundan her bir çözüm adımında bir önceki zaman adımının sonundaki girdileri kullanarak ilerlemektedir. Çözümün kararlılığını ve doğruluğunu sağlamak için analizde zaman artımları küçük alınır. Her bir çözüm adımında kütle, momentum ve enerji korunmaktadır. Bu çerçevede analizlerinde Johnson-Cook Mukavemeti büyük gerilmelere, yüksek gerilme oranlarına ve yüksek sıcaklıklara maruz kalan malzemelerin, tipik olarak metallerin mukavemet davranışını temsil etmek için bu model kullanılmıştır. Bu tür davranışlar, yüksek hız etkisinden kaynaklanan yoğun darbeli yüklemelerde ortaya çıkmaktadır.

$$D = \sum \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon f} \quad (4)$$

$$\epsilon^f = [D_1 + D_2 e^{D_3 \sigma^*}] [1 + D_4 \ln|\epsilon^*|] [1 + D_5 T^*] \quad (5)$$

$$\sigma = [A + B e_p^n] \left[ 1 + C \ln \frac{\epsilon_p}{\epsilon_0} \right] [1 - T_H^m] \quad (6)$$

Bu eşitliklerde kullanılan A, B, C, D, m, n malzeme sabitleri olup eşitlik (5) Johnson-Cook dayanım modeli eşitlik (6) ise kırılma modeli olarak bilinmektedir. Eşitlik (5) içerisindeki ilk terim basınç etkilerini, ikincisi uzama miktarı etkilerini ve üçüncüsü ise sıcaklık etkilerini göstermektedir. Bu model ile akma gerilmesi gerinim, gerinim hızı ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Burada plastik gerinim ve kırılma gerinimi eleman içerisindeki değişken parametre olan değer 1,0 değerini aşmaya kadar malzemenin bozulmadığı ve korunduğu bu değerden sonra elemanda bozulmanın başladığı varsayılır ((Ansys Explicit Dynamics Analysis Guide 2021, Kılıç, N., Tansel D. ve Yıldırım O. 2010 ).

Bu çalışmada, 6, 8, 10, 12 mm kalınlıklarındaki Al 7075-T6 malzemesinin balistik koruma durumları incelenmiştir. Sayısal analizde 250x250 mm plaka boyutları ve mühimmat olarak kurşun malzemenin yapılmış 9x19 mm mermi ve 7,62x51 mm (Ball, M80) mermi kullanılmıştır. Analizde mermi başlangıç hızları NIJ0101.06'a göre;

- Seviye IIA : 9x19 mm 373 m/s ±9.1 m/s
  - Seviye II : 9x19 mm 398 m/s ±9.1 m/s
  - Seviye III : 7,62x51 mm 847 m/s ±9.1 m/s
- olarak tanımlanmıştır.

## 2.1. Malzeme

Alüminyum ve alaşımları benzersiz özellik kombinasyonları sayesinde en zorlu mühendislik uygulamalarına kadar pek çok yerde kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımları sadece yapısal metal olarak kullanılan çeliklerden sonra ikinci sıradadır. Alüminyum yoğunluğunun çeliğin üçte biri kadar olması, alüminyum alaşımlarının normal çelik konstrüksiyonunun kuvvetine eşit veya daha fazla olması, şok yükleri altındaki yapılarda yüksek esnekliği ile avantaj sağlaması ve karbon çelikleri gibi kırılma hale gelmeden tokluğunu düşük sıcaklıklara kadar tutması gibi pek çok özelliği ile ön plandadır. 7000 serisi alaşımlarda ana alaşım elementi %1-8 çinko ve daha düşük bir magnezyum yüzdesi ile birleştirildiğinde, orta-çok yüksek mukavemetli, ısı işlem görebilen alaşımlarla sonuçlanır. Daha yüksek mukavemetli 7000 alaşımları, korozyon çatlağına karşı daha düşük direnç gösterir. Mukavemet, korozyon direnci ve kırılma tokluğu kombinasyonlarını sağlamak için genellikle kısa bir temperleme işlemi gerçekleştirilerek kullanıma alınmaktadır. Bu çalışmada atış yapılan plaka olarak alüminyum 7075-T6, mermi olarak 9x19 mm ve 7.62x51 mm iki tür ile çalışılmıştır. AA 7075 serisi alüminyum, yüksek yoğunluk/mukavemet özellikleri nedeniyle havacılık ve uzay sanayisinde oldukça geniş kullanım alanına sahiptir. T6 temper sıcaklığı Alüminyum 7075 alaşımları için optimum sıcaklık davranışı olarak kabul edilir. Sayısal çalışmada kullanılan AA7075-T651 serisi Alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşenleri (Ma, 2019) Tablo 1., mekanik özellikleri (Özşahin, 2008) Tablo 2.' de ve Johnson-Cook parametreleri Tablo 3.'de yer almaktadır. Sayısal çalışmalarda, mermi çekirdeği malzemesi her iki mermi türü için SAE AISI 4340 kullanılmış olup, özellikleri Tablo 4., Tablo 5. ve Tablo 6.'de sunulmuştur (Zhirafar vd., 2007) ve (İlhak, 2019).

**Tablo 1.** AA 7075-T6 Alüminyum Alaşımı Kimyasal Bileşenleri (%)

Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	S
Kalan	0.19	1.43	0.23	2.42	0.03	0.12	0.03	5.72	0.12

**Tablo 2.** AA 7075-T6 Alüminyum Alaşımı Mekanik Özellikleri

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Akma Mukavemeti (MPa)	Kopma Mukavemeti (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Kayma Mukavemeti (MPa)	Özgül Isı (J/g. °C)
2810	503	572	11	71.7	0.33	331	0.960

**Tablo 3.** AA 7075-T6 Johnson-Cook model parametreleri

Strain Hardening (Mpa)			Strain Rate Hardening		Temperature Softening(K)			Damage Parameters					
A	B	n	Ref.	C	Tr	Tm	m	D1	D2	D3	D4	D5	$u_{pl}^f$ (mm)
520	477	0,52	0,0005	0,001	293	893	1	0,096	0,049	-3,465	0,016	1,099	0,0009

**Tablo 4.** SAE AISI 4340 Çelik Kimyasal Bileşimi (%)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Fe
0.41	0.7	0.25	0.8	1.8	0.25	0.035	0.04	Kalan

**Tablo 5.** SAE AISI 4340 Çelik Malzeme Parametreleri

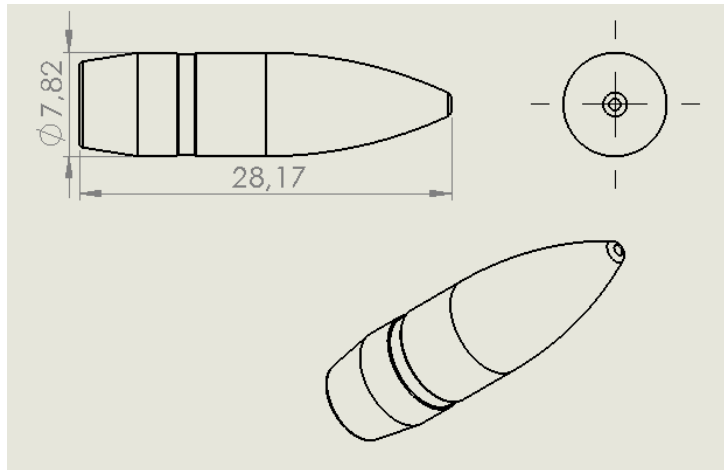
Yoğunluk	Özgül Isı Sabit Basıncı	Kayma Modülü
7830 kg.m <sup>-3</sup>	477 Jkg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>	8.18e+010 Pa

**Tablo 6.** SAE AISI 4340 Çelik Johnson-Cook Parametreleri

Başlangıç Akma Gerilmesi	Sertleşme Sabiti	Sertleşme Üsteli	Gerilme Oranı Sabiti	Termal Yumuşama Üsteli	Ergime Sıcaklığı	Referans Gerilme Oranı
7.92e+008 Pa	5.1e+008 Pa	0.26	1.4e-002	1.03	1519.8 °C	1s <sup>-1</sup>

## 2.2. Plaka ve mermiler

Plaka ve mermi çizimleri katı modelleme programları kullanılarak üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. AA 7075-T6 plaka kalınlıkları 6, 8, 10, 12 mm boyutları ise 250x250 mm olarak çizilmiştir. Plaka mermi çekirdeği temas bölgesi ayrıca tanımlanarak eleman ve düğüm sayılarının yüksek olması sağlanmıştır. Mermi türü olarak 9x19 mm ve 7.62x51 mm (Ball, M80) NATO standardı mermileri ele alınmıştır. Mermi çekirdeğine ait teknik çizimler sırasıyla 7,62x51 mm ve 9x19 mm için Şekil 2. ve Şekil 3.'de verilmiştir. Ayrıca bu standard mermilere ait karakteristik özellikler de Tablo 7. ve Tablo 8. de sunulmuştur (<http://www.mkek.gov.tr>). Mermi çekirdklerine ilişkin görseller ise Şekil 4.'de verilmiştir.

**Şekil 2.** 7.62 x 51 mm MOD 80 NATO Mermi çekirdeği



**Tablo 8.** 7.62x51 mm M80 NATO Mermisinin Özellikleri

Fişek Boyu	Fişek Ağırlığı	Mermi Ağırlığı	Hız	Kovan Malzemesi	Mermi Malzemesi	Kullanıldığı Bazı Silahlar	Barut
71.12 mm	~ 24g	9.65 - 0.20g	838 ±9.1 m.s <sup>-1</sup>	Pirinç (CuZn28 veya CuZn30)	Tombak, Kurşun Çekirdek	G3, FAL, MG3, M60	Küresel Barut

### 2.3. NIJ 0101.06 standardı

NIJ 0101.06 (National Institute of Justice / Ulusal Adalet Enstitüsü) standart 'Ballistic Resistance of Body Armor' (Vücut Zırhının Balistik Direnci) olarak adlandırılır. Bu standardın amacı, silah ateşine karşı koruma amaçlı kişisel vücut zırhının balistik direnci için minimum performans gerekliliklerini ve test yöntemlerini belirlemektir. Standardın kapsamı yalnızca balistik dirençle sınırlıdır; bu standart, farklı tehdit türleri olan ve NIJ-0115 Kişisel Vücut Zırhının Bıçak Direncinin güncel sürümünde ele alınan bıçaklardan ve keskin uçlu aletlerden kaynaklanan tehditleri ele almaz.

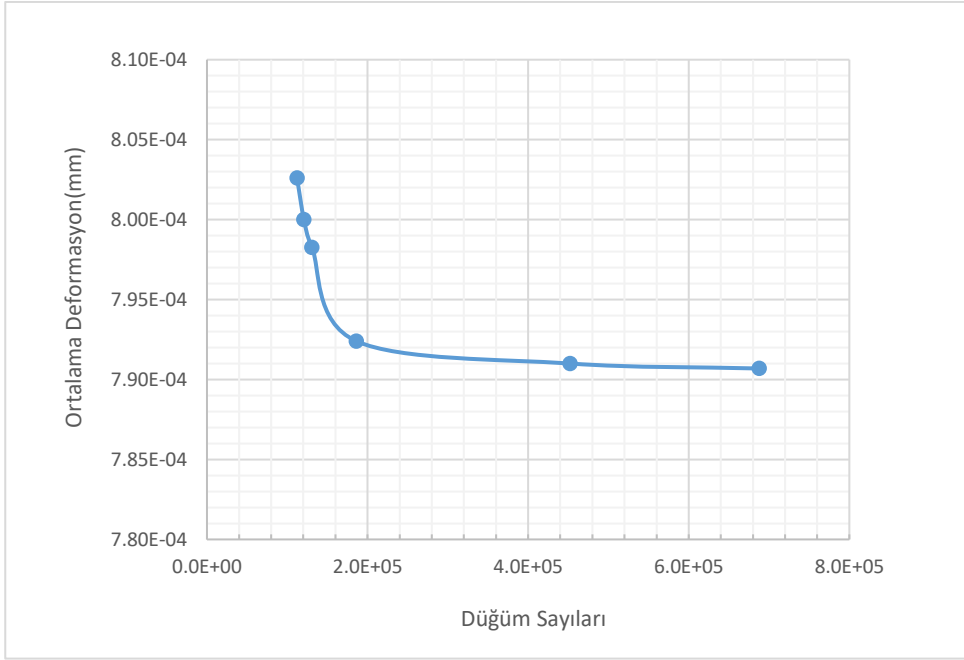
**Tablo 9.** NIJ 0101.06 Standart Tablosu

Armor Type (Zırh Tipi)	Test Round (Test turu)	Test Bullet (Test Mermisi)	Bullet Mass (Mermi Kütlesi)	Conditioned Armor Test Velocity (Şartlandırılmış Zırh Test Hızı)	New Armor Test Velocity (Yeni Zırh Test Hızı)	Hits Per Panel at 0° Angle (0° Açıda Panel Başına Çarpma Sayısı)	Maximum BFS Depth (Maksimum Travma Derinliği)
IIA	1	9 mm FMJ RN	8.0 g (124 gr)	355 m/s (1165 ft/s)	373 m/s (1225 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)
II	1	9 mm FMJ RN	8.0 g (124 gr)	355 m/s (1165 ft/s)	398 m/s (1305 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)
III	1	7.62 mm NATO FMJ	9.6 g (147 gr)	847 m/s (2790 ft/s)	-	6	44 mm (1.73n)

### 3. Sayısal Çalışma ve Sonuçlar

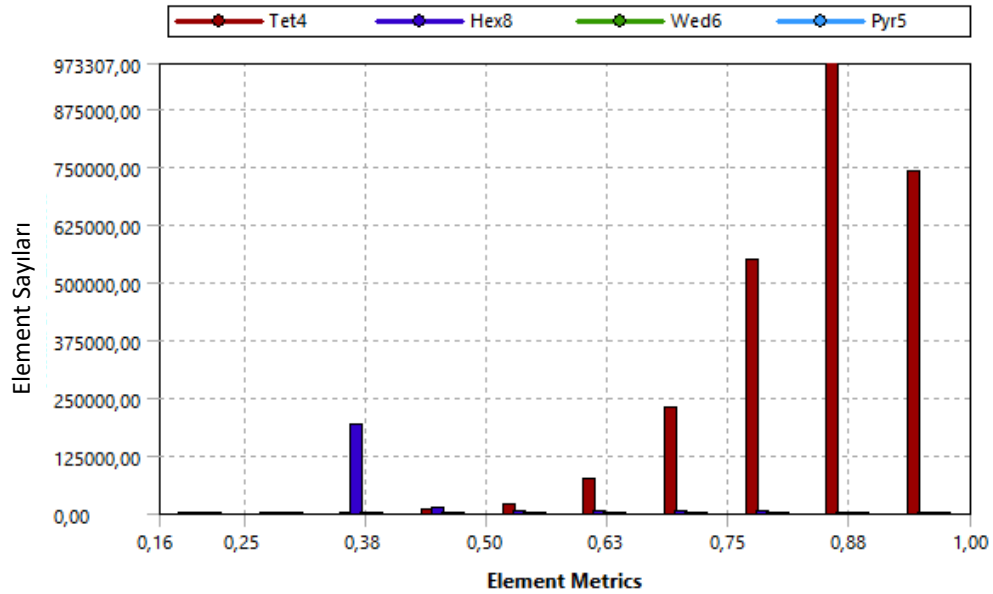
Sayısal çalışmada, metalik olarak yaygın kullanılan zırh malzemesi Al7075-T651 ile çalışılmıştır. Çalışmada, farklı kalınlıklardaki malzemenin iki farklı mühimmat için tanımlanan hız limitleri altında analizleri yapılmıştır. Belirlenen hız değerleri NIJ (National Institute of Justice) standartlarından NIJ0101.06 (Ballistic Resistance of Body Armor) Vücut Zırhının Balistik Direnci içerisinde tanımlanan hız değerleri ve mühimmatlarından seçilmiştir. Seçilen zırh tipi seviyeleri, mühimmat türleri ve hızları Tablo 9'da gösterilmiştir. Sayısal tanımlamalarda zamana bağlı başlangıç koşulları ve sınır şartları Explicit Dynamics tanımlamaları üzerinden yapılmıştır. Mermi çekirdeği ve çekirdeğin çarpması ile daha fazla deformasyona maruz kalan iç bölge daha yoğun düğüm olacak şekilde tanımlanmıştır. Düğüm sayılarının sonuca etkisi ise bu iç bölge ve mermi çekirdeğindeki düğüm sayıları değiştirilerek doğrulama yapılmıştır. Sayısal analizlerde toplam düğüm ve eleman sayılarına bağlı olarak hedef plaka üzerindeki deformasyondaki değişim Şekil 5.'de verilmiştir. Burada dikkate alınan düğüm sayıları analizdeki toplam düğüm sayıları ve deformasyon değerleri ise hedef plakanın arka yüzeyindeki değerlerdir. Bu yüzeyin seçilme nedeni atış sonrası arka yüzey izinin (BFS) standart içerisinde bu yüzeyin tanımlanmış olmasındandır. Ancak bu çalışmada hedef plaka tekil kullanıldığı için arka yüzey izi ve yumuşak kil üzerindeki derinliğine veya travmaya ilişkin bir değer hesaplanmamıştır. Bu derinliğin hesaplanabilmesi için hedef plaka ile yumuşak arka malzemenin beraber ikil olarak analizlerinin yapılması gerekmektedir.





Şekil 5. Deformasyon Değerlerinin Düğüm Sayıları ile değişimi.

Düğüm sayıları ile deformasyon değerlerinin 12mm kalınlığındaki hedef plaka, 9mm mermi çekirdeği ve 398 m/s hız verileri esas alınmıştır. Şekil 5’de görüldüğü üzere düğüm sayılarının 4,0E+5 civarında sabitlendiği görülmektedir. Hesaplamalar bu düğüm sayıları üzerinde olacak şekilde ızgaralama yapılmış ve sonuçlar bu düğüm sayıları üzerinden alınmıştır. Çalışmada ızgaralamada tek tip düğüm kullanılmamıştır. Geometrinin bazı bölümlerinin düzgün olmayışı buna neden olmuştur. Element tipi için ise Otomatik mesh seçilmiş olup element türlerine ilişkin dağılım Şekil 6..’da gösterilmiştir. Element boyutları ise plakanın dış bölgesi için 2,0E-03mm, iç bölge ve mermi çekirdeği için ise 2,5,0E-04mm tanımlanmıştır.



Şekil 6. Deformasyon Değerlerinin Düğüm Sayıları ile değişimi.

**Tablo 10.** Analizde tanımlanan mühimmat ve hız değerleri.

Zırh Tipi	Test Mühimmatı (mm)	Nominal Mermi Kütle (gr)	Maksimum BFS Derinliği (mm)	Test Hızı (m.s <sup>-1</sup> )
IIA	9 mm	8,0 gr	44	373 m/s
II	9 mm	8,0 gr	44	398 m/s
III	7,62 mm	9,6 gr	44	847 m/s

Çalışmada, malzemenin sadece kalınlıkları değiştirilerek belirlenen mühimmatlarla analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde mühimmatların çekirdekleri gerçek ölçülerinde çizilmiş ve katı modelleri kullanılarak atışlar yapılmıştır. 9 mm ve 7,62 mm mermi çekirdekleri için, analizlerin yapıldığı kalınlık ve çekirdeğe uygulanan başlangıç hız değerleri Tablo 10.'da verilmiştir. Bu tabloda gösterilen deformasyon değerleri, malzemenin arka yüzeyinde kullanılan ve detayları ilgili standartta tanımlanmış yumuşak kil malzemesindeki değerlerdir. Farklı kalınlıklardaki plakalara 9 mm ve 7,62 mm mermilerin çekirdekleri çarpıtıldığında, parça arka yüzeyindeki deformasyon derinlikleri sırasıyla Tablo 11. ve Tablo 12.'de gösterilmiştir. Analiz sonunda saçılmalar mevcut olduğunda ise, ortalama deformasyon değerleri alınmıştır. Deformasyon değeri, zamana bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Hatta çekirdeğin geri sekmesi söz konusu olabileceği için, pozitif yöndeki sonuçlar değerlendirilmeye alınmıştır. 9 mm çekirdek için, mermi çekirdeği deformasyon değerleri Tablo 13.'de verilmiştir. Mühimmat (9mm) çekirdeğinin 6mm kalınlığa sahip plaka içerisindeki zamana bağlı yer değiştirmelerine ilişkin görseller Şekil 7. ve Şekil 8.'de verilmiştir. Ayrıca 12 mm kalınlıktaki parça için 9 mm çekirdeğin iki farklı hız değerinde, hızlarının zamana bağlı değişimleri Şekil 9.'da gösterilmiştir.

**Tablo 11.** Farklı kalınlıklarda 9 mm mühimmat ile parça deformasyon değerleri

Sıra No	Kalınlık (mm)	Uygulanan Hızlar (m/s)		Sonuç
		373	398	
1	6.0	3.665E-4	3.598E-4	Başarısız
2	8.0	4.777E-4	4.905E-4	Başarısız
3	10.0	4.884E-4	5.264E-4	Başarılı
4	12.0	7.436E-4	8.026E-4	Başarılı

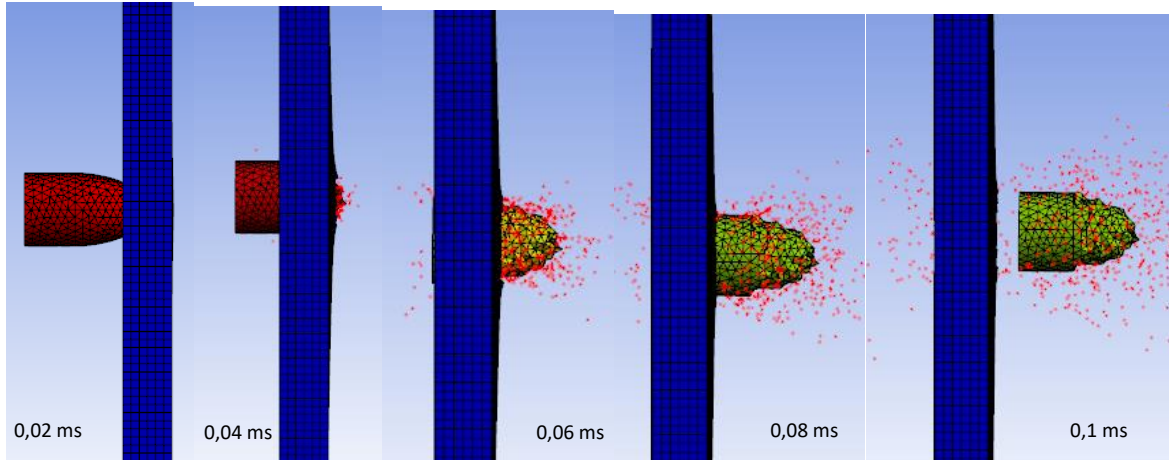
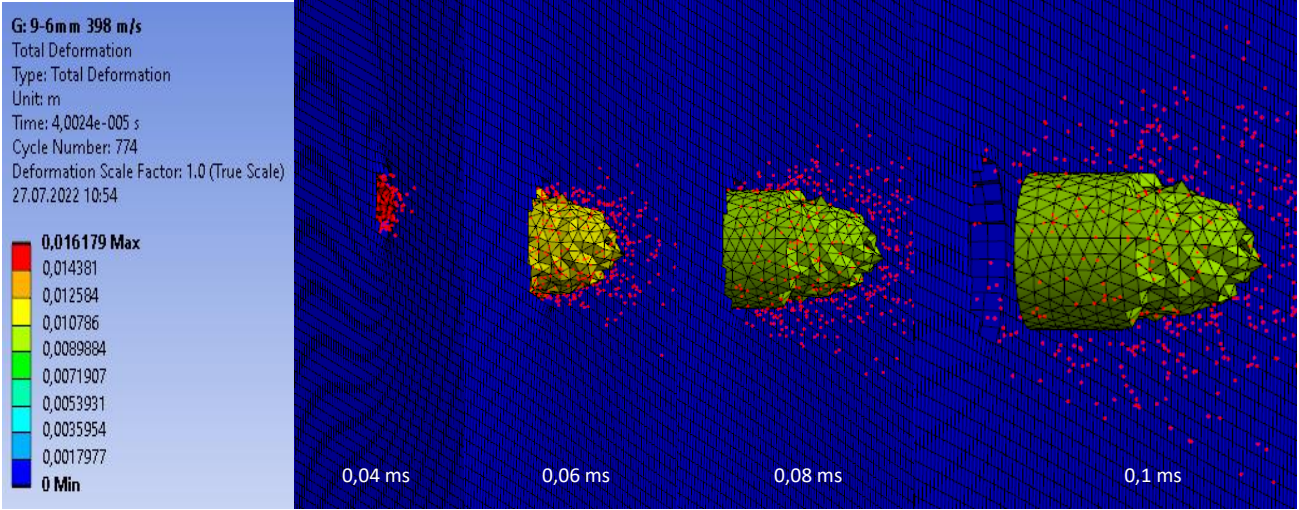
**Tablo 12.** Farklı kalınlıklarda 7,62 mm mühimmat ile parça deformasyon değerleri

Sıra No	Kalınlık (mm)	Uygulanan Hızlar (m/s)		Sonuç
		847		
1	6.0	1.728E-3		Başarısız
2	8.0	1.283E-3		Başarısız
3	10.0	1.452E-3		Başarısız
4	12.0	7.176E-4		Başarısız

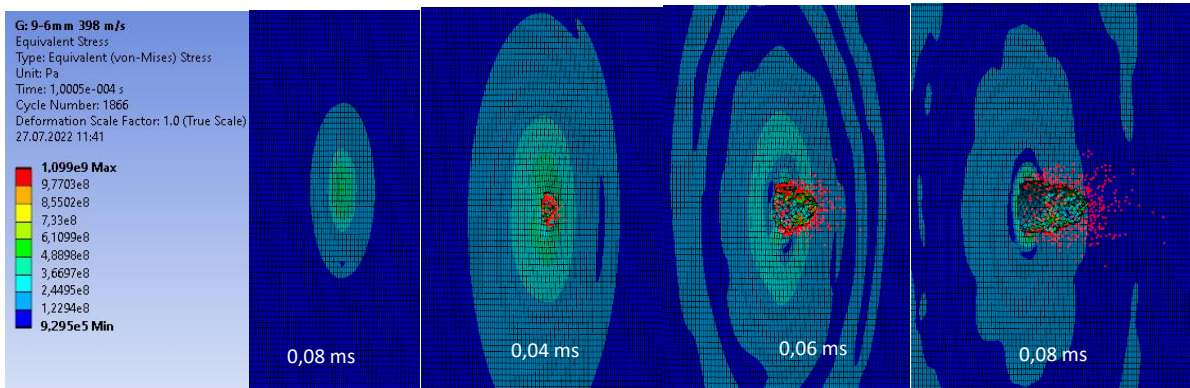
**Tablo 13.** Farklı kalınlıklarda 9 mm mühimmat çekirdeğinin deformasyon değerleri

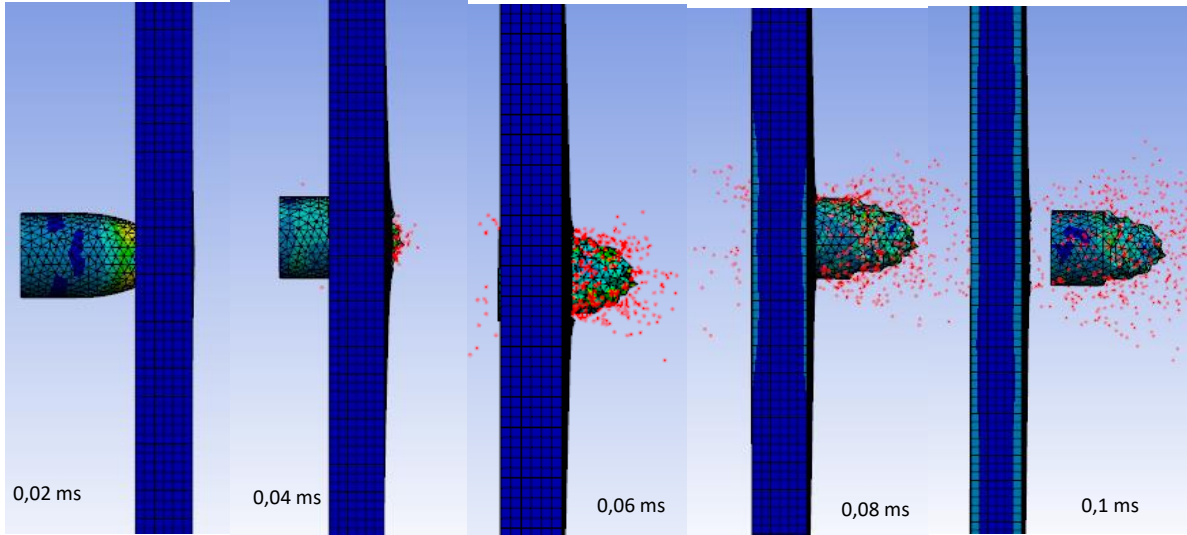
Sıra No	Kalınlık (mm)	Uygulanan Hızlar (m.s <sup>-1</sup> )		
		373	398	847
1	6.0	8.79E-02	9.82E-02	4.65E-02

2	8.0	3.69E-04	4.07E-04	4.57E-02
3	10.0	1.77E-02	1.94E-02	4.44E-02
4	12.0	1.57E-02	2.66E-02	4.32E-02



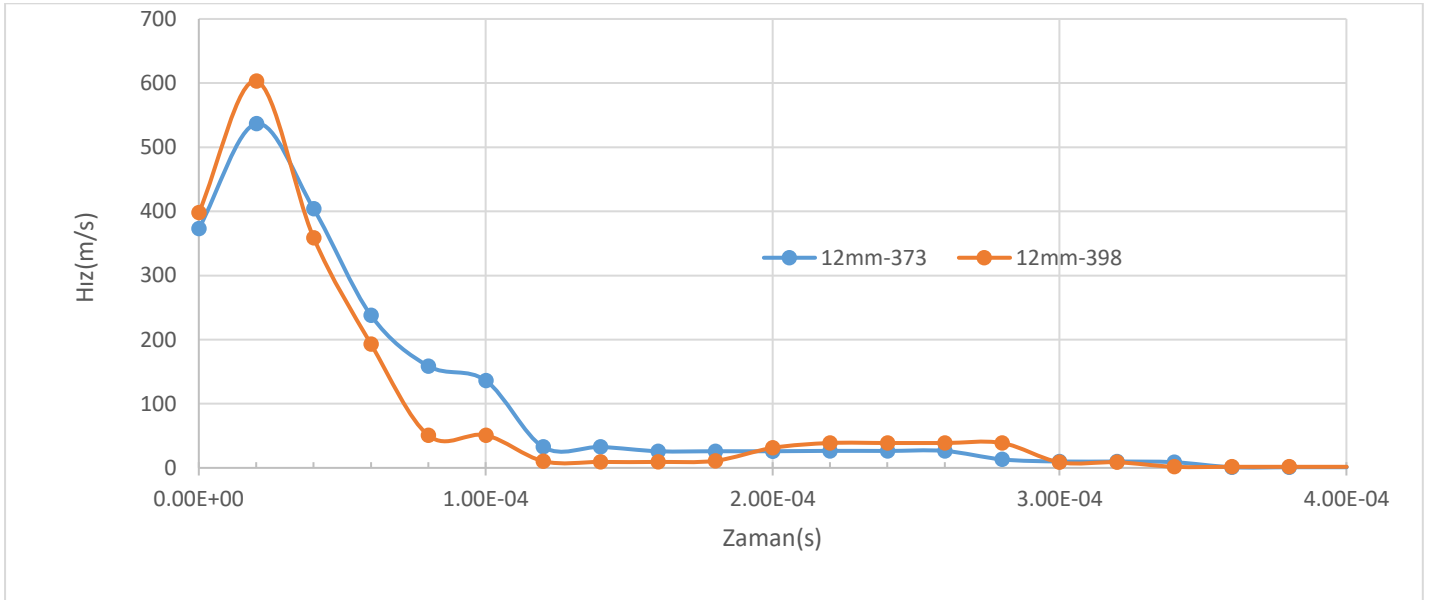
Şekil 7. 9mm mühimmat çekirdeği için zamana bağlı toplam deformasyon değerleri görselleri





Şekil 8. 9mm mühimmat çekirdeği için zamana bağlı gerilme değerleri görselleri

Sayısal çözümlemede kullanılan düğüm sayıları; sınırlı tutulmak durumunda olduğu için, sonuçlarda dalgalanmalar görülmektedir. Bazı çözümlerde çekirdek hızlarının sıfıra yaklaşmadığı görülmüştür. Bunun nedeni ise çekirdeğin parçalanarak saçılmasıdır. Şekil 9. delinme olmayan bir kalınlık için; farklı iki başlangıç hızlarında çekirdek hızının değişimini ve bu değişimin parça içerisinde çekirdek kütlelerinin sönümlenmesi sonucunu göstermektedir. Benzer şekilde farklı kalınlıklarda, arka yüzeyde oluşan deformasyon değerlerindeki düzensizliğin kaynağının da düğüm sayıları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.



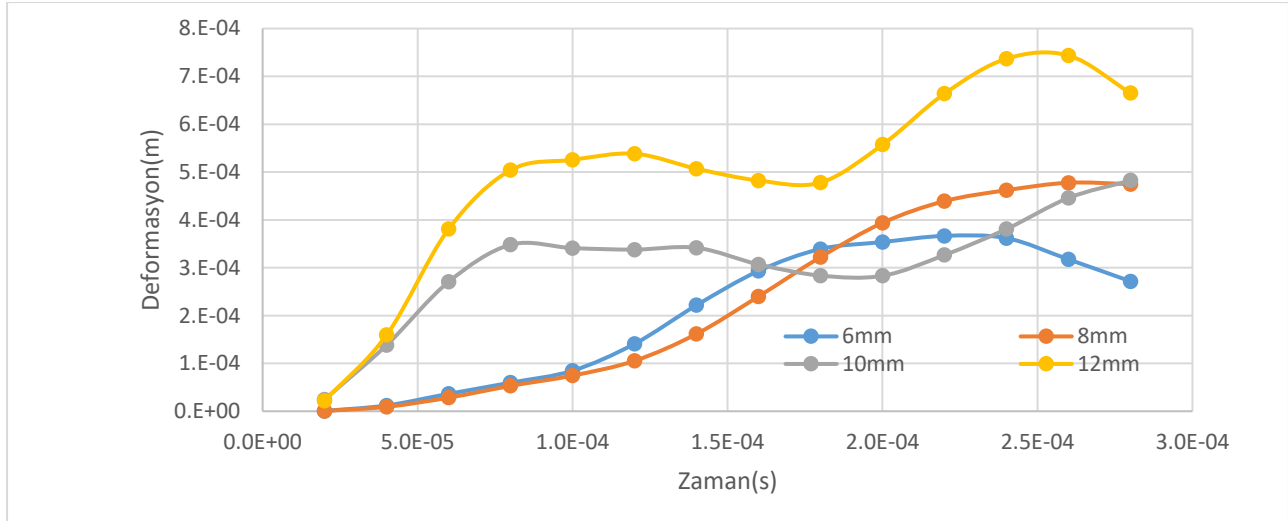
Şekil 9. Mühimmat çekirdeğinin zamana bağlı olarak hız değişimi

Parça üzerindeki enerji değişimleri için kinetik enerji değişimleri Şekil 11., Şekil 12. ve Şekil 13.'de gösterilmiştir. Burada çekirdeğin daha çarpma anında enerjisinin büyük bölümünü bütün kalınlıklar için kaybettiği söylenebilir. Parçanın korumadığı ve delindiği durumda ise, bu enerjinin bir kısmının harcandığı ve çekirdeğin parçayı terk ettiği tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 9'da, 6 mm kalınlıktaki parça üzerindeki 9 mm çekirdek için kinetik enerji değişiminden görülebilir. Çekirdeğin parçayı terk ettiği veya parçada kaldığı sürenin bütün kalınlıklar için yaklaşık olarak  $1 \times 10^{-4}$  sn olduğu görülmektedir. Farklı kalınlıklar için 9 mm çekirdek ile yapılan atışlarda, parça üzerindeki deformasyon derinliklerinin zamanla değişimi Şekil 10.'de gösterilmektedir. Bu şekil üzerinde koruma sağlayan 10 mm ve 12 mm'lik plakalarda, grafikteki eğilerde dalgalanmalar söz konusudur. Bu dalgalanmalar, parçanın basınç etkisiyle oluşan kuvvetleri yenmesi ve geri tepmelerin oluşması nedeniyledir. Ancak 6 mm ve 8 mm plakalarda delinme gerçekleştiği için bu dalgalanmalar görülmemektedir. Literatürde Özşahin (2008)'in çalışmalarından elde edilen performans verileri de kıyaslama

olması açısından Tablo 14. de sunulmuştur. Bu çalışmaya en yakın kalınlık 6mm plaka için arka malzeme deformasyon değeri 377 m/s hız için 0,3665mm ve 398 m/s hız için ise 0,3598mm deformasyon bulunmuştur. Malzemelerin bu hızlarda delinip delinmemesi durumundaki deformasyon değerleri ciddi farklar oluşturacağı açıktır. Özşahin (2008) çalışmasında parçaların delinmediği ve bu değerlerin şişme değerleri olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamındaki sayısal hesaplamalarda 6mm kalınlığındaki plaka delindiği için deformasyon değerlerinin farklılığının bundan kaynaklandığı açıktır.

**Tablo 14.** Kalınlığı 6,35mm olan AA 7075-T6 malzeme farklı hızlardaki deformasyon değerleri(Özşahin (2008))

Test no	Hız	Çökme (mm)
V-1	352	1.07
V-5	361	1.63
V-3	370	2.03
V-4	377	2.40
V-2	393	2.86



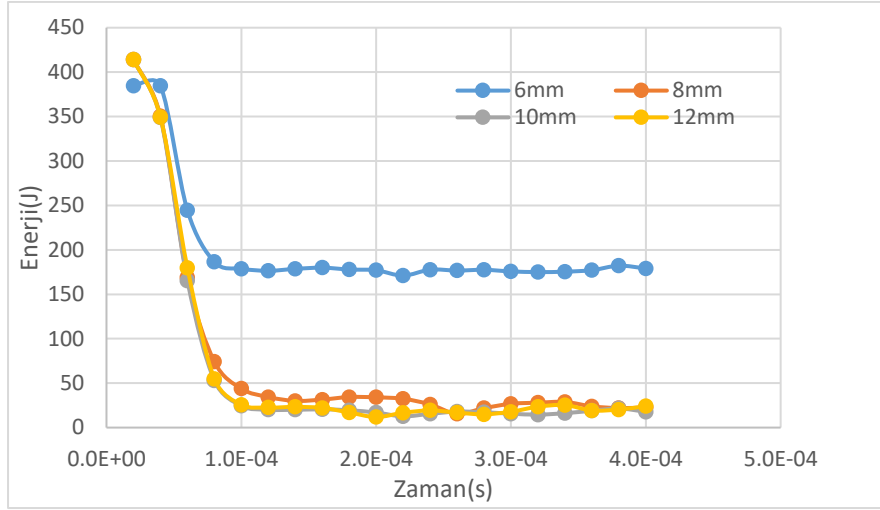
**Şekil 10.** Farklı kalınlıklardaki plakada Deformasyon Değerlerinin Zamanla Değişimleri (9mm mermi çekirdeği ile).

Enerjinin korunumu ilkesi dinamik analizin önemli bir kalite ölçüsüdür. Programdaki bu korunum ifadesindeki hata değerinin yüksek seçilmesi, analizde sapma değerine karşılık gelmektedir. Varsayım olarak %10 hata değerinin üstüne çıkılan durumlarda programın sonlanması sağlanmaktadır. Bu durum analizde çok hatalı sonuç vermesini sınırlandıran bir tanımlama değildir. Analizde bu değer 0.1 olarak tanımlanmıştır. Hata değerinin hesaplanmasında Eşitlik (1) kullanılmaktadır. Burada  $He$  (Enerji Hatası),  $Me$  (Anlık Enerji),  $Re$  (Referans Enerji),  $W$  (Yapılan İş) ve  $Ke$  (Kinetik Enerji) değerlerini göstermektedir.

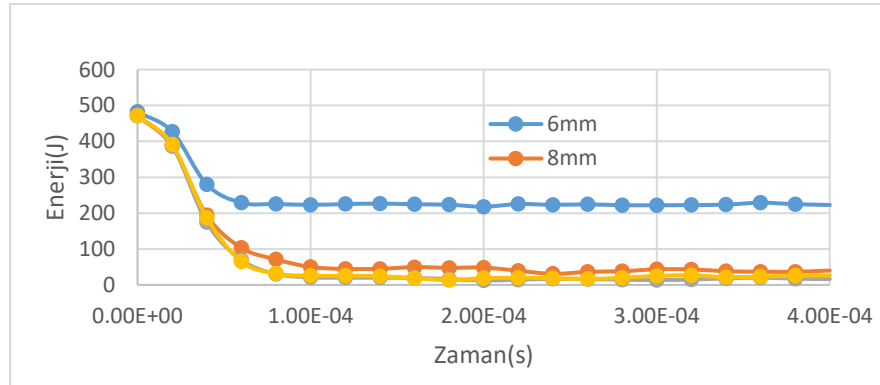
$$He = \frac{Me - Re - W}{\max(|Me|, |Re|, |Ke|)} \quad (7)$$

Çalışmada "On Geometric Strain Limit" seçeneği evet olarak işaretlenmiştir. Bu seçenek, geometrik gerinim değerinin belirtilen sınırı aştığında aşınmaya izin vermesini sağlamaktadır. Limiti aşarsa elemanlar otomatik olarak aşınmaktadır. Bu değer 0.75 ile 3.0 arasında bir değer olup varsayılan değer ise 1.5 olarak tanımlanmıştır. Element üzerinde aşırı deformasyon değerlerine ulaşıldığında bu seçenek çalışmaktadır. Düğümlerin elemanın geri kalanından anormal bir uzaklıkta yer değiştirmesini veya ağır deformasyon nedeniyle çözümün durmasını önlemektedir. Bir diğer önemli tanımlama ise "Erosion" tanımlamasıdır. Bu tanımlama da elementlerin ayrılmasına

ilişkin tanımlamalar olan maksimum gerilme, minimum zaman adımı ve malzeme kaynaklı kriterlerin devreye girmesini sağlamaktadır. Enerji değişimlerinde parça kalınlığının 8 mm olduğu durumun sınıra çok yakın ve kritik kalınlık civarında olduğu Şekil 7.'de görülmektedir. 10 mm ve 12 mm olan diğer iki kalınlık ise mermi çekirdeğini söndürmüştür. Enerjinin neredeyse tamamı, diğer enerji türlerine dönüşmüş ve hareketin durduğu gözlemlenmiştir. 6 mm kalınlığındaki parçanın ise, sahip olduğu enerjinin yaklaşık olarak yarısı kaybedilerek parçadan ayrıldığı sonucuna varılmıştır.

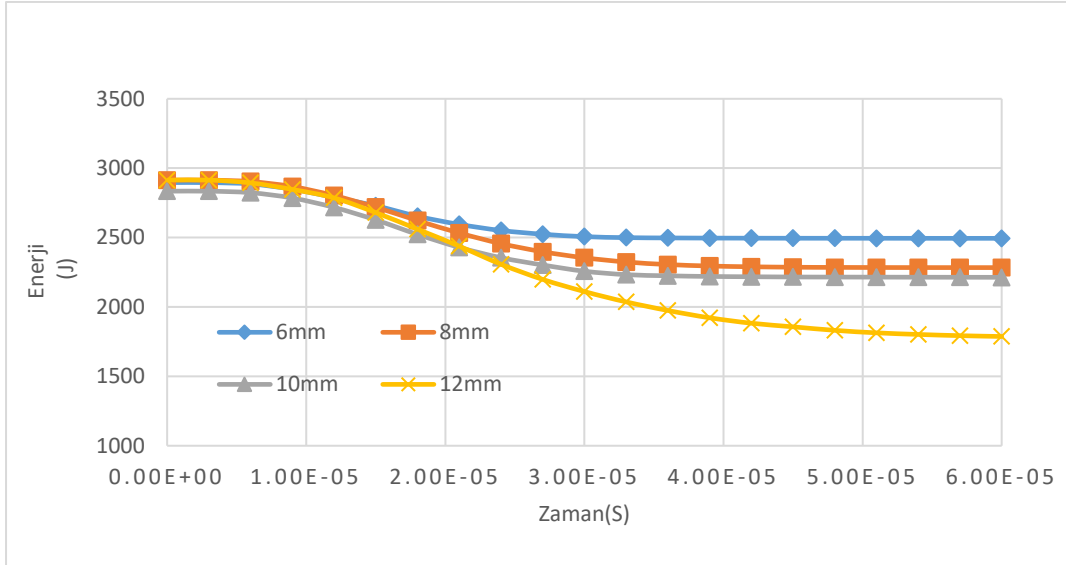


Şekil 11. Farklı kalınlıklardaki Plakada Kinetik Enerjinin Zamanla Değişimleri (9 mm mermi çekirdeği, 373 m.s<sup>-1</sup>)

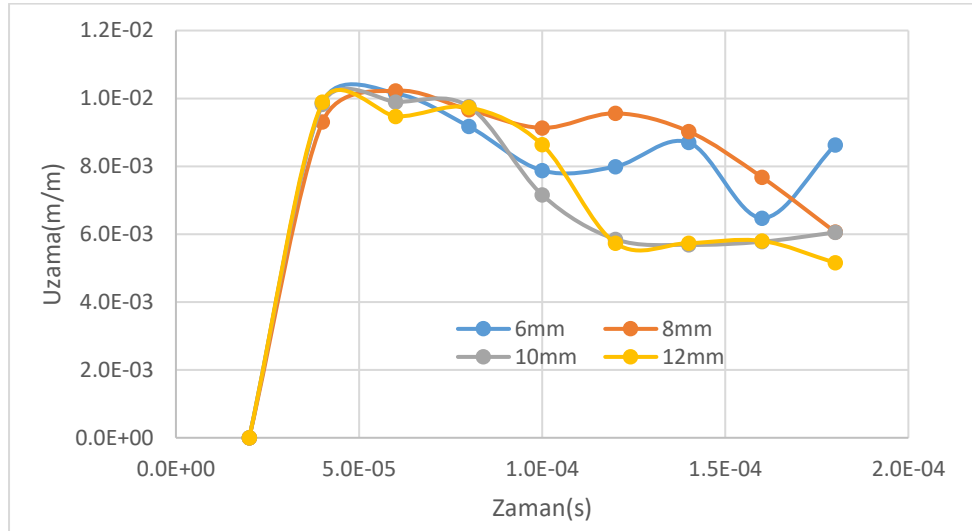


Şekil 12. Farklı Kalınlıklardaki Plakada Kinetik Enerjinin Zamanla Değişimleri (9 mm mermi çekirdeği, 398 m.s<sup>-1</sup>)

Parça kalınlıkları aynı kalarak (6 mm, 8 mm, 10 mm ve 12 mm) 7.62 mm mühimmat çekirdeği ile yapılan sayısal çözümlerlerde benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Ancak bu mühimmat hızı (847 m.s<sup>-1</sup>) yüksek olduğu için, bütün parçaların koruma sağlayamadığı Şekil 9.'da görülmektedir. Bu durum çekirdeklerin enerji değişimlerine bakılarak anlaşılmaktadır. Değişimlerin düzgün dağılımlı olması ise, parçanın çekirdeğinin oluşturduğu basınç ve buna bağlı oluşan kuvveti yenememesi nedeniyle. Çekirdeğin geri tepme zamanı görülmeden, parçadan ayrıldığı gözlemlenmiştir.

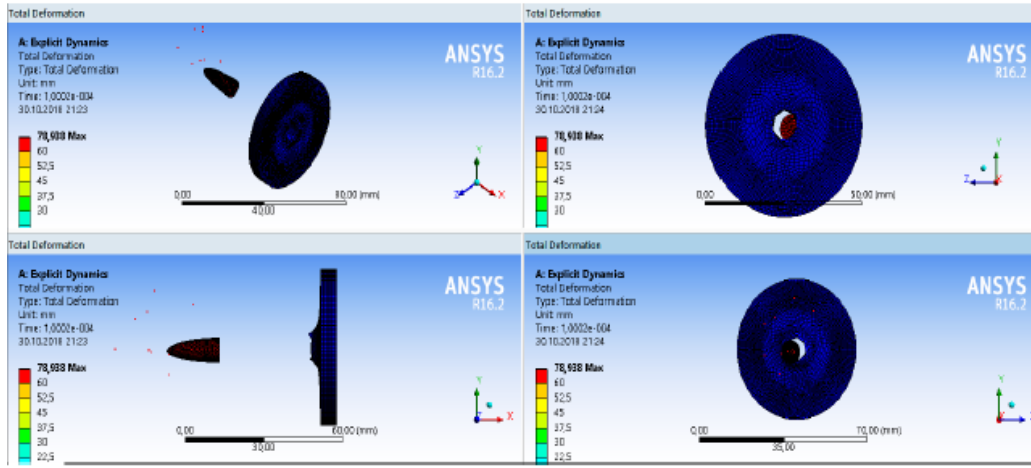


Şekil 13. Farklı Kalınlıklardaki Plakada Kinetik Enerjinin Zamanla Değişimleri (7.62 mm mühimmat, 847 m.s<sup>-1</sup>)



Şekil 14. Farklı Kalınlıklardaki Plakada Zamana Bağlı Elastik Uzama Değerleri (9mm mühimmat, 373 m.s<sup>-1</sup>)

Parçaların uzama değerlerine bakıldığında, düşük kalınlıklı parçalarda küçük dalgalanmaların olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise, çekirdeğin parçayı diğer kalınlıklara göre erken terk etmesi ve parça yüzeylerinde bir dalgalanmanın oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu durum eğrilerin 6 mm ve 8 mm için, yaklaşık aynı zaman ( $1.0E^{-4} - 1.0E^{-5}$ ) aralığında dönüşler gösterdiği Şekil 14.'de gösterilmiştir. Zaman değeri değiştirilerek, alınan sonuçların da değişeceği göz ardı edilmemelidir.



Şekil 15. AA 7075 Alüminyum Alaşım Hedef Plaka ile Mermi Etkileşimi

Parçanın koruma sağlamadığı bir durum için mermi çekirdeğinin parçayı terk ettiği ve parçadaki deformasyon görselleri Şekil 15.'de verilmiştir. Parça üzerinde çekirdeğin çıkış bölgesinde saçılmaların fazla olduğu ve bu durumun sayısal parametre tanımlamalarından ve düğüm sayılarındaki sınırlamalardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

- 9mm mühimmat çekirdeği için plaka kalınlıklarının 6mm ve 8mm için koruma sağlayamadığı buna karşılık 10 mm ve 12mm kalınlıklar için koruma sağladığı görülmüştür.
- 7.62 mm mühimmat ve 847m/s hızlarda bütün kalınlıkların koruma sağlamıştır.
- 9mm mühimmat için iki farklı hız söz konusu olduğundan çekirdek deformasyonlarının bu hızlara bağlı olarak yüksek hızda çekirdeğin daha fazla deformasyona uğradığı, benzer durumda 7.62 mm mühimmat çok daha yüksek hızda sahip olmasına rağmen aynı kalınlıklardaki plakalarda deformasyon değerleri 9mm'ye göre daha düşük çıkmış olması yüksek hız ve çekirdek geometrisinden kaynaklanmaktadır.
- Elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla karşılaştırılması ve sonuçların ne düzeyde yaklaştığının gösterilmesi önemlidir. Ancak literatürde AA 7075 üzerine yapılan balistik çalışmaların bir çoğu kompozit olarak gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında çalışmaların bir çoğunun balistik limit değerler üzerine yapıldığı ve NIJ standartlarını esas alan çalışmaların az olduğu ve karşılaştırılabilir olmadığı görülmektedir (Rahman N. A. ve diğ. 2016, Rodríguez-Millán M. ve diğ. 2014).
- Özşahin E. ve diğ. (2011), farklı iki kalınlıktaki (6,35mm ve 8,0mm) Al 6061 T651 plaka için 9mm mühimmat kullanarak yaptıkları çalışmada 8mm kalınlığındaki plakanın koruma sağladığı ve 6mm kalınlığındaki plakanın koruma sağlayamadığı görülmüştür. Bu çalışmada ise her iki kalınlıktaki (6mm ve 8mm) plakanın da koruma sağlamadığı görülmektedir.
- Suresh Kumar Sundaram, Bharath A. G. & Aravind B. (2020) çalışmalarında Al 6061-T6 ve Al 7075-T6 plakalara tekli ve çoklu mühimmat ile atış gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan mühimmat 7,62mm (APP) olup çekirdek hızları ise 330 ile 450 m/s arasında belirlenmiş, deformasyon derinlikleri 433.3m/s çekirdek hızında hedef plakanın arka yüzeyinde bulunan Al 1100 plaka ile ölçülmüştür. Bu çalışma hesaplanan deformasyon değerleri ise doğrudan plaka arka yüzeyindeki yer değiştirmelerinin sayısal ortalaması alınarak belirlenmiştir. Suresh Kumar Sundaram, Bharath A. G. & Aravind B. (2020) tarafından yapılan çalışmada 6mm kalınlığındaki yalın Al 7075-T6 plakanın delinmediği ve koruma sağladığı belirtilmektedir. Plaka kalınlığının düşürülmesi ile (3mm) delinmenin gerçekleştiği ifade edilmektedir. Hatta bu çalışmada NIJ standardından farklı olarak ilk hız değerinin 330 ile 450 m/s alınması ancak NIJ standardında Seviye III ve 7,62x51 mm mühimmat için hız değerinin 847 m/s olarak verildiği dünüldüğünde çalışmanın ilgili standarttan bağımsız olduğu görülmektedir.
- Çalışma sonuçları, literatürde incelenen bir birçok çalışmada hızların NIJ standardındaki değerlerden farklı olması, malzeme kalınlıklarının uyumsuzluğu, çoğu çalışmada hedef plakaların kompozit olarak oluşturulması ve malzeme kalınlıklarının uyumsuzluğu, mühimmatların ve dolayısıyla çekirdek malzemelerinin değişken olması gibi birçok nedenden dolayı sonuçlar doğrudan karşılaştırmalı olarak sunulamamıştır.

## Bilgilendirme

Bu çalışma mühendislik bilimleri araştırma ve geliştirme uygulamaları özel sayısı çağırısı kapsamında değerlendirilmiştir.



## Referanslar

Allison, J.E., & Cole, G.S. (1993). Metal matrix composites in the automotive industries. JOM, 45,19-24,

Ansyes 2021/R2, Ansyes Explicit Dynamics Analysis Guide, July 2021.

Arslan, K., & Güneş, R. (2017). Ballistic Impact Simulation of Ceramic/Metal Armor Structures. International Journal of Engineering Research and Development, 9(3),12-20. doi.org/10.29137/umagd.371100.

Baradeswaran, A., Elaya Perumal, A. (2013). Influence of B<sub>4</sub>C on The Tribological And Mechanical Properties of Al 7075–B<sub>4</sub>C composites. Composites B, 54, 146-152 <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.05.012>.

Baydaroglu, V. (2018). Balistik malzeme üretimine yönelik B<sub>4</sub>C+SiC takviyeli Al 7075 kompozitlerde optimum katkı oranının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, TÜRKİYE.

Chen, P.,& Hoshi, T. (1992). High-Performance machining of SiC Whisker-Reinforced Aluminum Composite by Self-Propelled rotary tools. CIRP Annals, 41(1), 59-62. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)61152-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61152-4).

Clyne, T.W., Withers, P.J. (1993). An introduction to metal matrix composites. Cambridge Solid State Science Series, ISBN: 0521418089, Cambridge University Press. [https://books.google.com.tr/books?printsec=frontcover&vid=LCCN92024679&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?printsec=frontcover&vid=LCCN92024679&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

National Institute of Justice, NIJ Standard-0101.06 Ballistic Resistance of Body Armor, [www.ojp.usdoj.gov/nij](http://www.ojp.usdoj.gov/nij), July 2008.

İlhak, B. (2019). Tungsten Alaşımli Kinetik Enerjili Mühimmatın Bor Karpit Takviyeli 4340 Çelik Plakalar Üzerindeki Balistik Etkisinin Sayısal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Giresun, TÜRKİYE.

Lopez-Puente, J., Arias, A., Zaera, R.,& Navarro, C. (2005). The effect of the thickness of the adhesive layer on the ballistic limit of ceramic/metal armours. An experimental and numerical study. International Journal of Impact Engineering, 32(1-4), 321-336. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2005.07.014>.

Ma, Y.W., Li, Y.B.,& Lin, Z.Q.(2019). Joint formation and mechanical performance of friction self-piercing riveted aluminum alloy AA7075-T6 joints. Journal of manufacturing Science and Engineering, 141(041005), 1-11.

[https://urunler.mke.gov.tr/Urunler/7.62-mm-x-51-\(Normal\)/30/259](https://urunler.mke.gov.tr/Urunler/7.62-mm-x-51-(Normal)/30/259).

Özşahin, E. (2008). Alüminyum levhaların yüksek hızlı çarpma yükleri altındaki davranışları, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE.

Ramnath, B. V., Elanchezian, C., Annamalai, RM., Aravind, S., Atreya, T. S. A., Vignesh, V., Subramanian C. (2014). Aluminium metal matrix Composites- a review. Rev. Adv. Mater. Sci., 38, 55-60.

Schneider, Y., Soppa, E., Kohler, C., Mokso, R., Roos, E. (2011). Numerical and experimental investigations of the global and local behaviour of an Al(6061)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> metal matrix composite under low cycle fatigue. Procedia Engineering, 10, 1515-1520.

Suresh, S., Mortensen, A, Needleman A. (1993). Fundamentals of Metal Matrix composites. Boston, Butterworth- Heinemann.

Zhirafar, S., Rezaeian, A.,& Pugh,M. (2007). Effect of Cryogenic Treatment on the mechanical properties of 4340 steel. Journal of Materials Processing Technology, 186, 298-303. doi:10.1016/j.jmatprotec.2006.12.046.

Kılıç, N., Tansel D. ve Yıldırım O. (2010), Balistik penetrasyon benzetimlerinde Johnson-Cook malzeme modeli sabitlerinin etkisinin incelenmesi, SAVTEK 2010 Savunma Teknolojileri Kongresi, Vol.1, Ankara/Turkey.

Ansyes Explicit Dynamics Anaysis Guide (2021), Ansyes 2021 R2, Ansyes Inc., [ansysinfo@ansys.com](mailto:ansysinfo@ansys.com), <http://www.ansys.com> .

Yeter E.(2019), “investigation of ballistic impact response of aluminum alloys hybridized with kevlar/epoxy composites”, Politeknik Dergisi, 22(1): 219-227, Issn: 1302-0900 (Print), Issn: 2147-9429 (Online).

Rahman N. A., Abdullah S., Zamri W.F. H., Abdullah M. F., Omar M. Z. And Sajuri Z.(2016). Ballistic Limit of High-Strength Steel and Al7075-T6 Multi-Layered Plates Under 7.62-mm Armour Piercing Projectile Impact,nLatin American Journal of Solids and Structures (13),1658-1676,[www.lajss.org](http://www.lajss.org).

Rodríguez-Millán, M., Vaz-Romero, A., Rusinek, A., Rodríguez- Martínez, J. A. y Arias, A. (2014). Experimental Study on the Perforation Process of 5754-H111 and 6082-T6 Aluminium Plates Subjected to Normal Impact by Conical, Hemispherical and Blunt Projectiles. *Experimental Mechanics*, 54, pp. 729–742.

Kurtuluş T.(20219), Çok Katmanli Kompozit Zirh Malzemesi Üretimi Ve Balistik Özelliklerinin İncelenmesi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.Yüksek Lisans tezi.

Andersen, C. and Dannemann, K. (2001). Deformation and damage of two aluminum alloys from ballistic impact, Proceedings of the 12th Biennial International Conference of the APS Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter, Atlanta, June 24–9.



Özşahin E., Diltemiz F., Tolun S.(2011), Characterization of 6061 T651 Aluminum Plates Subjected To High-Velocity Impact Loads, Applied Sciences and Engineering Cilt/Vol.:12-Sayı/No: 1 : 65-74.

Suresh Kumar Sundaram, Bharath A. G. & Aravind B. (2020): Influence of target dynamics and number of impacts on ballistic performance of 6061-T6 and 7075- T6 aluminum alloy targets, Mechanics Based Design of Structures and Machines, DOI: 10.1080/15397734.2020.1738245.



# Mamdani ve Sugeno-tip Bulanık Çıkarım Sistemleri ile Sosyal Medya Haber Popülerliğinin Tahmini

## Prediction of Social Media News Popularity with Mamdani and Sugeno Type Fuzzy Inference Systems

İsmail Atacak<sup>\*1</sup> , Ömer Ayberk Şencan<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 06560, Ankara, Türkiye

**Başvuru/Received:** 01/09/2022

**Kabul / Accepted:** 14/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

### Öz

Haber popülerliği, internet ya da sosyal ağ sitelerinde yayınlanmış haberlere gösterilen ilgi düzeyinin bir göstergesidir. Haber sağlayıcıları, bu göstergenin kendi lehlerine değişmesini sağlamak adına, rekabetçi ve kullanıcılar açısından okunurluğu yüksek haberler yapmak zorundadır. Bu durum hem haber servislerinin sürekliliğine hem de haber kalitesinin artırılmasına önemli katkılar sağlar. Bu yüzden, haber popülerliğini otomatik olarak tespit eden sistemlerin varlığı günümüzde kaçınılmaz haline gelmiştir. Bu çalışmada, Kaliforniya Üniversitesi (KU)-Irvine Makine Öğrenmesi Deposu veri tabanından indirilen veriler bileştirilerek oluşturulmuş dengeli veri seti ve bu veri setinden Sentetik Azınlık Örnekleme Tekniği (Synthetic Minority Oversampling Technique-(SMOTE)) ile üretilen dengeli veri setine Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi temelli modeller uygulanarak haber popülerliği tahmini yapılmıştır. Haber popülerliği tahmini için, farklı çıkarım ve durulaştırma yöntemleri kullanılarak oluşturulan 8 farklı bulanık mantık temelli model oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerden 6 tanesi Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi ile yapılandırılırken, 2 tanesinde Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Karışıklık matrisi metrikleri ve  $R^2$  eğrileri ile performansları değerlendirilen tahmin modellerinin deneysel sonuçları, dengersiz ve dengeli veri setlerinin her ikisinde de tüm metrikler açısından en iyi performansı mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin sağladığını göstermiştir. Ayrıca, burada geliştirilen modellerin deneysel sonuçları literatürde yer alan benzer çalışmalarınki ile kıyaslandığında, ağırlıklı ortalama yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi dışındaki tüm bulanık mantık temelli modellerin benzer çalışmalardaki modellerin en iyileri kadar rekabetçi bir performans sergilemiş olduklarını da ispatlamıştır.

### Anahtar Kelimeler:

*“Sosyal Ağlar, Mamdani-tip Bulanık Çıkarım Sistemi, Sugeno-tip Bulanık Çıkarım Sistemi, Makine Öğrenmesi, Haber Popülerliği”*

### Abstract

News popularity is an indicator that measures the relevance of news published on the internet or social networking sites. News providers have to deliver competitive and user-readable news to ensure this indicator changes in their favour. This contributes to both the continuity of news services and the improvement of news quality. Therefore, it has become a necessity nowadays to have systems that automatically detect news popularity. In this study, news popularity prediction is made by applying Mamdani and Sugeno type fuzzy inference-based models to the unbalanced data set created by combining data downloaded from the University of California (UC)-Irvine Machine Learning Repository database and the balanced data set produced from this dataset by Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE). For news popularity prediction, 8 different fuzzy logic-based configurations were created using different inference and defuzzification methods. Of these configurations, 6 are Mamdani-type fuzzy inference system and 2 are Sugeno-type fuzzy inference system. Experimental results of prediction models, whose performances are evaluated with confusion matrix metrics and  $R^2$  curves, showed that the best performance in terms of all metrics in both unbalanced and balanced datasets was provided by the Mamdani type fuzzy inference system using the max-min inference method and the centroid defuzzification method. In addition, when the experimental results of the models developed here were compared with those of similar studies in the literature, it was proven that all fuzzy logic-based models, except for the Sugeno type fuzzy inference system, which uses the wtaver method, performed as competitive as the best models in similar studies.

### Key Words:

*“Social Networks, Mamdani Type Fuzzy Inference System, Sugeno Type Fuzzy Inference System, Machine Learning, News Popularity”*

## Terminoloji

OSM	Çevrimiçi Sosyal Medya (Online Social Media)	SMOTE	Sentetik Azınlık Örnekleme Tekniği (Synthetic Minority Over-Sampling Technique)
KU	Kaliforniya Üniversitesi (University of California)	FS	Fischer Score
NLP	Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing)	TP	Doğru Pozitif (True Positive)
ANN	Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)	TN	Doğru Negatif (True Negative)
DL	Derin Öğrenme (Deep Learning)	FP	Yanlış Pozitif (False Positive)
NB	Naïve Bayes	FN	Yanlış Negatif (False Negative)
SVM	Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)	Acc	Doğruluk (Accuracy)
DT	Karar Ağacı (Decision Tree)	Rec	Duyarlılık (Recall)
MTL	Çok-Görevli Öğrenme (Multi-Task Learning)	Prec	Kesinlik (Precision)
AdaBoost	Adaptif Yükseltme (Adaptive Boosting)	Fscr	F-score
RF	Rasgele Orman (Random Forest)		

## 1. Giriş

Çevrimiçi Sosyal Medya platformlarının (Online Social Media (OSM)) günlük yaşantımızdaki etkisi her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bu konu üzerinde yapılan araştırmalara göre (Statista, 2022), aylık aktif sosyal medya kullanıcı sayısının 2023 yılında 3.43 milyara erişmesi beklenmektedir. Bu değer yaklaşık olarak dünya nüfusunun üçte birine denk gelmektedir. Teknolojideki gelişmeler sonucunda, herkes için erişilebilirliği artan bu platformlar, Web 2.0 sayesinde kullanıcılara diğer kullanıcılar ile etkileşime girmek ve içerik oluşturmak gibi imkanlar sunmanın yanı sıra (Dhawan et al., 2022), haberlere ve bilgilere de ulaşma fırsatı yaratmıştır (Luo & Hancock, 2020). Sosyal medya platformlarının kullanım sıklığının bu şekilde artması, neredeyse bütün bilinir kişilerin ve kurumların sosyal medyayı düzenli şekilde kullanması ve hatta kendileri ile ilgili yeni bilgileri geleneksel medya araçlarından önce sosyal medya platformlarından duyurmasına yol açmıştır. Doğal olarak bu haberleri takip etmek isteyen kullanıcıların da sosyal medyaya katılımı ile, kullanıcılar tarafından oluşturulan içerik sayısının da katlanarak arttığı görülmektedir (Zaman et al., 2014).

Sosyal medyanın kullanım oranının bu denli artması, aynı zamanda haberlere erişim için kullanılan kaynakların da çoğalmasına neden olmuştur. Popüler haber ajansları, günlük bazda onlarca haberi sosyal medya platformları aracılığıyla okurlarına aktarmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak, editörler kendi kurumlarına ait haberlerin, popülerlik açısından diğer kurumların haberlerinin önüne geçebilmesi için bir rekabet durumuna girmişlerdir. Dolayısı ile bu noktada, paylaşılan haberlerin popülerliğinin analizi ve performans takibi ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Saeed et al., 2022). Bu ihtiyaç sonucunda haber siteleri okurlarına günün popüler haberlerini önermek için sistemler ve mekanizmalar oluşturmuştur (B. Wu & Shen, 2015). Ancak bu sistemler incelendiğinde, oluşturulan mekanizmaların haberlerin anlık görüntülenme sayısını baz aldığı görülmektedir (Xiong et al., 2021). Bu durum, anlık olarak popüler olan haberin zaman çerçevesi içerisinde en çok görüntülenen haberden daha popüler haberler olarak kullanıcılara sunulmasına neden olabilmektedir. Haberlerin zaman bazlı olarak da popülerliğinin incelenmesi, ilgili haber kaynaklarının kullanıcılarına hem zaman açısından hem de görüntülenme sayısı olarak popüler olan haberlerin sunulabilmesine olanak sağlaması açısından daha verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Hem sayısal hem de içerik anlamında bu kadar çok verinin ise sadece insan gücü kullanılarak incelenmesinin imkânsız olduğu ortadadır. Bu noktada araştırmacılar sıklıkla bilgisayarların hesaplama gücünden faydalanarak ilgili verileri incelemekte ve çıkarımları da bilgisayar üzerinde çalışan modeller kullanarak yapmaktadır (Whelan et al., 2020). Makine öğrenmesini kullanan modellerin dışarıdan sürekli programlama ihtiyacı duymadan öğrenebilmeleri, onları çalışma zamanı ve verimliliği açısından insan gücünün kullanıldığı sistemlerin önüne taşımıştır (T.K. et al., 2021). Sosyal medya verilerinin analizi noktasında farklı tipte makine öğrenmesi temelli yöntemler kullanılmaktadır. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network-(ANN)) (Chew et al., 2021), Naïve Bayes (NB) (Liu et al., 2020), Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-(SVM)) (Xia et al., 2017) ve Doğrusal Regresyon (Lineer Regresyon-(LR)) (H. Wu et al., 2016) sosyal medya analizi konusunda sıklıkla kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinden bazılarıdır. Yukarıda verilen metotların yanı sıra, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic-(FL)) temelli modeller de günümüzde sosyal medya analizi konusunda kullanılmakta ve popülerliği her geçen gün artmaktadır (Vashishtha & Susan, 2019).

Bu çalışmada, Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemleri kullanılarak Facebook sosyal medya platformundaki haberlerin popülerlik tahmini yapılmıştır. Haber verisi olarak, KU-Irvine Makine Öğrenmesi Deposu veri tabanında bulunan Multi-Source Social Feedback of Online News Feeds isimli veri setinden (Moniz & Torgo, 2018) yararlanılmıştır. Bu veri setinde bulunan "Economy, Microsoft, Obama & Palestine" konu başlıklarından oluşan haberleri içeren 4 ayrı veri seti KU-Irvine Makine Öğrenmesi Deposundan indirilerek birleştirilmiş ve tek bir veri seti haline getirilmiştir. Haberlerin gelecekteki popülerliği, zamana bağlı olarak geçmişteki haberlerin görüntülenme sayıları göz önünde bulundurularak tahmin edilmiştir. Tahmin Süreci, farklı çıkarım ve durulaştırma metotlarına sahip bulanık çıkarım sistemlerini içeren 8 farklı model üzerinden test edilmiştir. Çalışmanın geriye kalanı şu şekilde organize edilmiştir: Literatür Taraması Bölüm 2'de verilmiştir. Bölüm 3'te kullanılan Materyal ve Metotlar ile seçilmiş veri setinin

özniteliklerinden ve bu veri setine uygulanan ön işleme aşamalarından bahsedilir. Oluşturulan modeller kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar Bölüm 5’te sunulur. Son bölümde ise çalışmanın genel sonuçları tartışılarak değerlendirilir.

## 2. Literatür Taraması

Daha önce yapılan çalışmalar sosyal medya platformlarının, popüler birer kullanıcılar arası etkileşim aracı olmalarının yanı sıra, haber kaynağı olarak da kullanılabilirliklerini göstermiştir (Kwak et al., 2010). Bu platformlarda popüler olan konuların çoğu toplumun o zaman diliminde odaklandığı başlıklar olduğundan, geçmişten günümüze haber popülerliğinin değerlendirilmesi üzerine çok sayıda bilimsel araştırma ortaya konmuştur (Beştaş, 2020). Bu bilimsel çalışmalar incelendiğinde, araştırmacıların haberlerin popülerliği konusunda farklı yaklaşımlar izledikleri ve farklı metotlardan yararlanarak sonuçları elde ettikleri görülmektedir.

Naseri & Zamani (2019) Çok-Görevli Öğrenme (Multi-task Learning (MTL)) yöntemini (Caruana et al., 1997) kullanarak Telegram platformundaki farklı haber ajanslarının haberlerinin popülerliğini analiz etmişler ve bu haber ajanslarının her biri için %5 ve %25’lik dilimdeki en popüler haberleri tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarında maksimum %93,99 doğruluk ve %81,32 F-score değeri elde edilmiştir.

Deshpande (2018) KU-Irvine Makine Öğrenmesi Deposu veri tabanından elde edilen veri setini kullanarak sosyal medyada paylaşılan haberlerin gelecekteki popülerliğini tespit etmiştir. Bu bağlamda öncelikle Lineer Diskriminant Analiz yöntemi kullanılarak veri setinde öznitelik azaltma işlemi gerçekleştirilmiş, sonrasında ise Adaptif Yükseltme (Adaptive Boosting-(AdaBoost)) yöntemi ile geliştirilen model kullanılarak popüler haberlerin tespiti yapılmıştır. Araştırmacı bu çalışmada %69 doğruluk ve %73 F-score değerlerine ulaşmıştır.

Fernandes ve arkadaşları (2015) bir makale yayınlanmadan önce popüler olup olmayacağını tespitini yapmak amacıyla Akıllı Karar Destek Sistemi (Intelligent Decision Support System-(IDSS)) adı verilen bir modeli geliştirmiştir. Bu çalışmada bir online haber sitesi olan Mashable’dan elde edilen veriler kullanılmış ve beş çok bilindik makine öğrenmesi modelinin elde ettiği performanslar test edilmiştir. Test edilen algoritmalar içerisinde en başarılı sonuç %67 doğruluk oranı ve %69 F-score ile Rastgele Orman (Random Forest-(RF)) algoritması ile elde edilmiştir.

Ren & Yang (2015) ise gerçekleştirdikleri çalışma ile Fernandes ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmayı daha da geliştirerek 10 çok bilindik makine öğrenmesi algoritmasını aynı veri seti ile test etmişler ve bu algoritmalar içerisinde en başarılı sonucu veren modelin %69 doğruluk ve %71 duyarlılık ile RF algoritması olduğunu ortaya koymuşlardır.

Arapakis ve arkadaşları (2014) bir sisteme yeni bir nesnenin dahil edilme durumu anlamına gelen “Cold-start” haber popülerliğinin tespitini gerçekleştirmiştir. Sisteme yeni bir öğenin dahil olması ile kullanıcıların buna nasıl tepki verecekleri bilinmediği için tahmin süreci zorlaşır. Bu problemin üstesinden gelmek için Yahoo sosyal medya platformundan elde edilen veri setini kullanan araştırmacılar SVM yönteminden %79,7’lik doğruluk değerine ulaşmışlardır.

AL-Mutairi & Khan (2015) Wikipedia sitesindeki Arapça makalelerin popülerliğini tespit etmek amacıyla veri madenciliği yöntemlerinden faydalanarak bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, Wikipedia makalesinin diğer kullanıcılar (ziyaretçiler) tarafından görüntülenme sayısına etki eden, daha önce gerçekleşmiş olan özel etkinlikler, sosyal medya platformlarındaki mesaj ve paylaşımlar gibi dış etkenler ile bu dış etkenlerin görüntülenme sayısına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmalarında Karar Ağacı (Decision Forest-(DF)), NB ve W-Jrip algoritmalarından yararlanan araştırmacılar en iyi performansı %62,62’lik doğruluk oranı ile DF algoritmasından elde etmişlerdir.

Ahmed ve arkadaşları (2013) Seçimli Perseptron (Voted Perceptron-(VP)) algoritmasının genişletilmiş bir versiyonu olan Benzerlik Öğretimi (Similarity Learning-(SiLA)) algoritmasını kullanarak, Twitter sosyal medya platformundaki paylaşımların popülerliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada ilgili tweetlerin re-tweet sayılarından faydalanılmıştır. İkili sınıflandırma ve çoklu sınıflandırmanın kullanıldığı çalışmada %85’lik doğruluk değeri ile en yüksek başarımın ikili sınıflandırma ile elde edildiği görülmüştür. Ayrıca, SiLA ve K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbors-(KNN)) metotları karşılaştırılmış ve SiLA metodunun KNN metoduna göre daha başarılı sonuçlar elde ettiği belirtilmiştir.

Szabo & Huberman (2008) YouTube ve Digg sosyal medya platformlarından elde edilen verileri kullanmış ve kullanıcıların erişimine sunulan içeriklerin elde ettikleri ilk görüntüleme değerlerini kullanarak, bu içeriklerin ne kadar popüler olma potansiyeli olduğunu hesaplamışlardır.

Phuvipadawat & Murata (2010) Hotstream adını verdikleri modeli geliştirerek, bu modeli Twitter’dan haberleri toplamak, gruplamak, sıralamak ve takip etmek için kullanmışlardır.

Sosyal medyada haber tespiti alanında kullanılan bir başka metot Bulanık Mantıktır. Bulanık mantığın sosyal medya üzerine uygulanması alanında farklı çalışmalar göze çarpar. Morente-Molinera ve arkadaşları (2019) kullanıcıların fikirlerinden bilgi elde

etmek için duygu analizi prosedürlerini kullanabilen yeni bir yöntem sunmuşlardır. Alınan bilgiler, bulanık ontoloji üzerinde organize bir şekilde saklanmaktadır. Bu sayede, diğer kullanıcıların oluşturulan bulanık ontolojilerden yararlanarak burada depolanan bilgileri alması ve bu bilgilerden yararlanması sağlanır.

Augusto ve arkadaşları (2019) havayolu şirketleri hakkındaki kötü haberlerin, sosyal medya kullanıcılarının şirket hakkındaki görüşlerini ne kadar etkilediğini bulanık mantığı kullanarak tespit etmeye çalışmıştır. Sosyal-kimlik üzerine inşa edilen bu çalışma ile müşteri-marka ilişkisi incelenerek kullanıcıların negatif haberlere olan tepkisinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

Aghasian ve arkadaşları (2020) yapılandırılmamış bilgilerin gizliliğini sağlamak için otomatik bir model sunmuşlardır. Bu çalışmada, çevrimiçi sosyal ağlarda yapılandırılmamış veriler için gizlilik ölçümünün zorluklarını vurgulamanın yanı sıra, bu verilerdeki gizlilik riskini değerlendirmiştir. Parçalanmış verilerle ilgili gizlilik riskini ortaya çıkarmak için bir makine öğrenmesi modeli ve bulanık tabanlı sistemi bileştiren bir model ortaya koymuşlardır.

Howells & Ertugan (2017) sosyal medya verilerinin pazarlama anlamında incelenmesi amacı ile sosyal ağ verilerinin bulanık mantık yöntemleri kullanılarak duygu analizinin yapılmasını sağlayan bir model önermişlerdir. Geliştirilen model, bir mikroblogun içeriğini (Twitter platformundaki tweet gibi) ve müşteri geribildirimlerini veya algısını analiz edebilecek düzeyde bir yapı sunmaktadır. Elde edilen bu yapı bir kuruluşun bir ürün veya hizmet üzerinde müşterilerinin algılarını temsil etmek için geliştirilen bir bilgisayar uygulamasının temelini oluşturur.

Tavana ve arkadaşları (2013) sosyal medyadaki kullanıcıların, toplulukların ya da paylaşımların incelenmesi yerine pazarlama kârı düşünülerek sosyal medya platformu seçimi problemi üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Francisco & Castro (2020) özellikle Twitter gibi mikroblog siteleri ile benzer etkileşim mekanizmaları sosyal ağlarda, kullanıcı profillerini tamamlamak, değiştirmek ve zenginleştirmek için bulanık bir model sunmuşlardır. Araştırmacılar, kullanıcı profillerine karmaşık öznitelikler (belirli konulara yönelik ilgi ve fikirler) eklemek için sosyal ağ sitelerinde gerçekleştirilen eylemlerin gerçek anlamına dayanan bulanık bir çerçeve tasarlamışlardır.

Karyotis ve arkadaşları (2015) insan duygularını akıllı bilgisayar sistemlerine dahil etmek için yeni bir duygu modelleme metodolojisi sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım, kullanıcılardan duygu bilgilerini ortaya çıkarmak için bir yöntem, genetik olarak optimize edilmiş uyarlanabilir bulanık mantık tekniği kullanılarak modellenmiş yeni bir duygu temsili (AV-AT modeli) ve kullanıcının zaman içinde duygusal yörüngesini tahmin etmek ve izlemek için bir çerçeve içermektedir. Bu çalışmada, aynı zamanda bulanık mantık tekniği, mevcut diğer makine öğrenme yaklaşımlarına göre duygusal durumları modelleme yeteneği açısından karşılaştırılmıştır. Duygu kavramı ve yapısal unsurları doğal olarak bulanık yapıdadır ve belirsizlik içerirler. D. Wu (2012)'nin belirttiği gibi, duygular kişisel ve kişiler arası belirsizliğe tabidir. Kişiler arası belirsizlik, bireylerin aynı duygu hakkında sahip olduğu farklı algı ve ifadeleri ilgilendirirken, kişisel belirsizlik farklı zamanlarda veya bağlamlarda kendi duyguları hakkında sahip olduğu belirsizliktir. Bulanık mantık sistemleri bu belirsizlikleri, ilişkileri temsil etmek ve modellemek için bir araç olarak kullanır (Kazemzadeh et al., 2013). Bu çalışmada, duygu temsili yani AV-AT modeli geliştirilmiştir. Bu model, bir takım çevrimiçi ve çevrimdışı testlere tabi tutularak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan performans değerlendirmesi sonucunda, geliştirilmiş olan bu modelin Popüler Uyarılma Değeri (AV) Temsili (Russell, 2003) veya Duygusal Yörüğe Hipotezi (Kirkland & Cunningham, 2012) ile karşılaştırıldığında daha etkili sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

İncelenen bir diğer çalışmada Appel ve arkadaşları (2016) cümle düzeyinde duygu analizi sorununa hibrit bir yaklaşım sunarak çözüm aramışlardır. Bu yöntem, Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing-(NLP)) temel tekniklerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. SentiWordNet kullanılarak geliştirilmiş olan bir duygu sözlüğü, duygusal yönelim kutupluluğunu ve yoğunluğunu tahmin ederek, duygularla işlem yapabilmek adına bir temel oluşturmaktadır. Önerilen hibrit yöntem, üç farklı veri setine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar, NB ve Maximum Entropy yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Miller (1956)'a göre,  $7 \mp 2$  kategori bir alan için efektif kategori sayısı olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da bu durum göz önünde bulundurularak 5 (7-2) simetrik etki alanında dağıtılmış etiket bulunmuştur (0,1). Bu çalışmanın Twitter verileri ile yapılan performans değerlendirmesi sonucunda elde edilen değerler verilmiştir.

Her ne kadar bulanık mantığın sosyal medyaya uygulanmasına dair birçok çalışma incelenmiş olsa da karşılaştırmanın daha doğru ve efektif bir şekilde yapılabilmesi için sosyal medyada farklı metotlar ile haber popülerliğinin tespiti alanında yapılan çalışmalar da karşılaştırmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan metotlar ve elde edilen performans değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntemin klasik makine öğrenmesi temelli yöntemlerden farklı olarak bulanık mantığı, sosyal medyadaki haberlerin popülerliğini ölçmek için kullanması en belirgin akademik katkısı olarak verilebilir.

**Tablo 1.** Sosyal Medyada haber popülerliği tespiti yapan çalışmalar ve performans metrikleri

Çalışma	Yıl	Platform	Metot	Performans
(Naseri & Zamani, 2019)	2019	Telegram	MTL	81,3% F-score
(Deshpande, 2018)	2018	UCI MLR	LDA & AdaBoost	73% F-score
(Fernandes et al., 2015)	2015	Mashable	RF	69% F-score
(Ren & Yang, 2015)	2015	Mashable	RF	69% Doğruluk
(Arapakis et al., 2014)	2014	Yahoo	SVM	70,7% Doğruluk
(AL-Mutairi & Khan, 2015)	2015	Wikipedia	DT	62,6% Doğruluk
(Ahmed et al., 2013)	2013	Twitter	SiLA & k-NN	85% Doğruluk

### 3. Materyal ve Metotlar

Bu bölümde, yapılmış olan çalışmada kullanılan yöntem ve metotlardan detaylı bir şekilde bahsedilmektedir. İlk olarak haber başlığı formundaki ham veri setine ön işlem basamakları uygulanarak çalışmada kullanılan dengeli ve dengesiz veri setinin nasıl oluşturulduğu açıklanmıştır. Sonrasında bulanık mantık temelli modellerin girişlerinin belirlenmesini sağlayan öznitelik seçim süreci anlatılmıştır. Daha sonra ise, tahmin sürecinde kullanılan bulanık mantık temelli modellerin tasarım süreci sunulmuştur.

#### 3.1. Veri setinin oluşturulması

Bu çalışmada kullanılan veri setinin ham hali, KU-Irvine Makine Öğrenmesi Deposu veri tabanından elde edilen farklı haber başlıklarına ait veri setlerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş birleşik bir veri setidir. Konuyla ilgili Makine Öğrenmesi Deposunda bulunan veri setleri, Kasım 2015 ile Haziran 2016 tarihleri arasında 8 aylık süreçte Facebook, Google+ ve LinkedIn platformlarından toplanmış yorumları içeren bir takım haber başlığı verilerden oluşur. Ancak, bu çalışmada, sadece Facebook platformunda bulunan “Microsoft, Economy, Obama & Palestine” konu başlıklarını hakkındaki yorumları içeren veri setlerini birleştirilerek ham veri seti oluşturulmuştur. Birleştirme işlemi öncesi konu başlıklarına ait veri sayılarını içeren bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Veri birleştirme işlemi öncesi konu başlıklarına ait veri sayıları

Konu Başlığı	Veri Sayısı
Microsoft	29928
Economy	18531
Obama	27015
Palestine	7687
<b>Toplam</b>	<b>83161</b>

Birleştirme işlemi sonucunda oluşturulan veri seti toplamda 83161 veri içermektedir. Ayrıca, veri setinde haber etiketi ve IDLink indeksleri de dâhil olmak üzere 146 öznitelik bulunmaktadır. Bu özniteliklerden her biri, ilgili haberin 20 dakikalık periyotlar halinde aldığı görüntülenme sayısını belirtmektedir. Örneğin, TS1 isimli öznitelik paylaşılan haberin ilk 20 dakika içerisindeki görüntülenme sayısını tutarken, TS144 ise paylaşımından iki gün sonraki son yirmi dakikanın verisini tutar. Eğer ilgili haber hakkında Facebook üzerinde paylaşım yapılmamış ise veya ilgili zaman diliminde bu haberin popülerlik değeri hesaplanamıyorsa, bu özniteliklere otomatik olarak “-1” değeri atanmıştır. Birleştirme işlemi sonucunda oluşturulan veri setinin ham haline ait bir kesit Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Oluşturulan ham veri setine ait bir kesit

Haber Konusu	IDLink	TS1	TS2	TS3	...	TS144
Microsoft	98809	105	200	279	...	13543
Economy	31272	-1	184	389	...	15250
Obama	90905	99	117	131	...	1164
Palestine	6922	-1	304	352	...	802

### 3.2. Veri ön işleme aşamaları

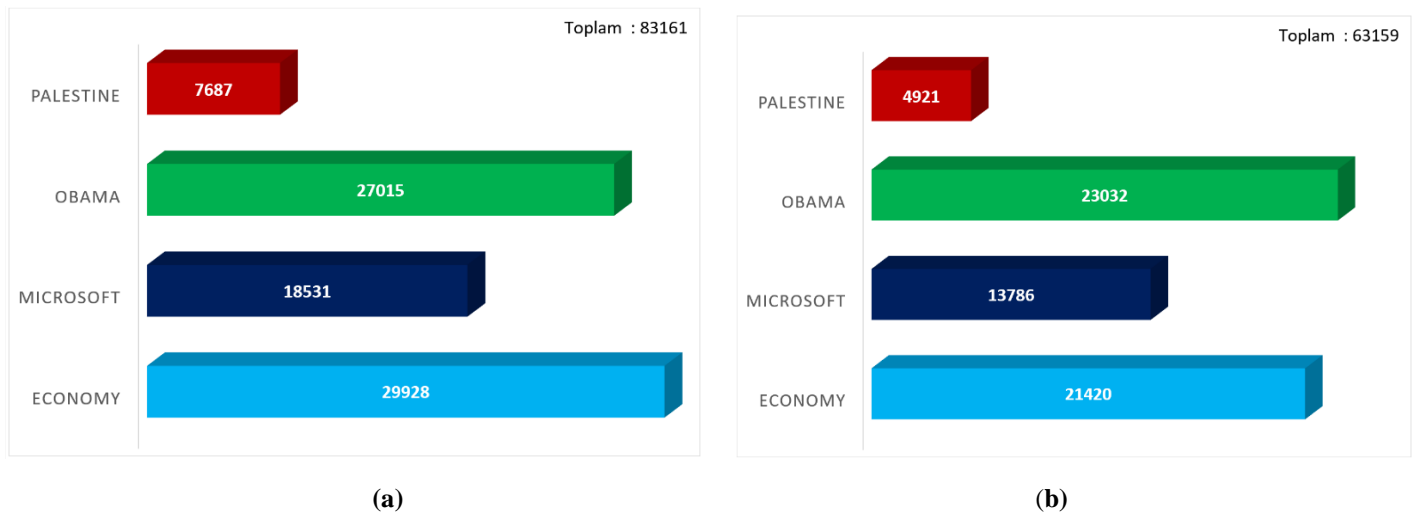
Deneysel çalışmalarda dengesiz ve dengeli olmak üzere iki tip veri seti kullanılmıştır. İlk ön işleme aşamasında ham veri setinden yararlanarak dengesiz veri seti oluşturulurken, ikinci ön işleme aşamasında dengesiz veri setine istatistiksel bir veri çoklama metodu olan SMOTE uygulanarak dengeli veri seti elde edilmiştir. Ham veri setindeki 20 dakikalık periyotlar halindeki görüntüleme sayısı çoğu zaman dilsel değerlendirme için yeterli bir örneklem sağlamaz. Bu yüzden, bu çalışmada dört saatlik periyotlar halindeki verilerden yararlanarak TS144 yani haberlerin son popülerlik düzeyinin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda ön işleme aşamasının ilk basamağında veri seti dört saatlik periyotlar halinde yeniden düzenlenmiştir. Buna göre, TS144 etiketi ile belirlenmiş olan popülerlik değerleri ilgili haberin gerçek popülerlik değeri olarak kabul edilmiş ve TS144 sınıfı kullanılarak haberler ÖNEMLİ ve ÖNEMSİZ olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. TS144 periyodu içerisindeki en yüksek değerlerin %10'u eşik değeri kabul edilerek,

- TS144 Max değerinin %10'undan daha küçük değere sahip olan haberler ÖNEMSİZ haber,
- TS144 Max değerinin %10'undan daha büyük değere sahip olan haberler ÖNEMLİ haber,

olarak sınıflandırılmıştır. ÖNEMSİZ haber sınıfı sayısal olarak "0" ile etiketlenirken, ÖNEMLİ haber sınıfı ise sayısal olarak "1" ile etiketlenmiştir. Bunun yanı sıra, veri setinde bulunan ancak yorumlanması mümkün olmayan ya da kendini tekrar eden veriler de mevcuttur. Bu kapsamda, TS1-TS144 arası tüm özniteliklerinin sayısal değeri "-1" olan veriler ve bu aralıkta sayısal değerleri aynı olan veriler veri setinden silinmiştir. Sonuçta 83161 verinin 20.002' ü silinerek 63159 satırlı ve Konu ve IDlink başlıkları ile birlikte 14 sütunlu (öznitelikli) bir veri seti elde edilmiştir. İlgili veri seti, içerisinde 247 ÖNEMLİ haber ve 62912 ÖNEMSİZ haber bulunduğundan dengesiz bir veri seti yapısı ihtiva eder.

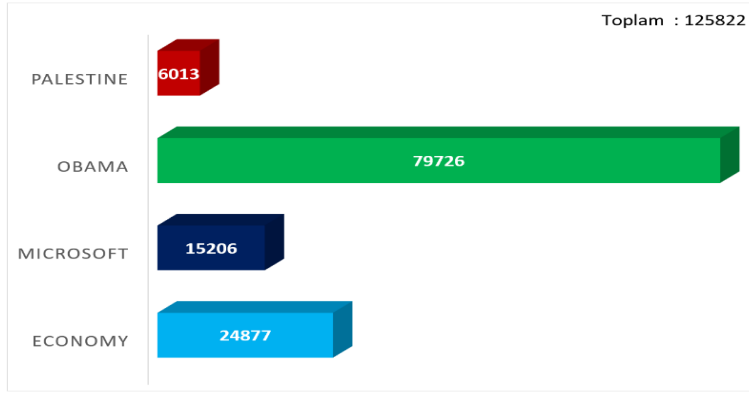
Dengesiz veri setlerinin kullanıldığı tahmin modellerinde birçok performans metriği modelin performansını ölçmede yetersiz kalır. Bu yüzden yaptığımız çalışmada kullanılan bulanık mantık temelli modellerin performansının doğru bir şekilde ölçülebilmek için bu veri setine ek, yapay veri oluşturma yöntemlerinden faydalanılarak yeni bir veri setinin oluşturulma gereksinimi duyulmuştur. Yapay verilerin oluşturulması ve veri setinin dengeli hale getirilmesi için ise ikinci ön işlem aşaması olarak SMOTE (Chawla et al., 2002) uygulanmıştır. SMOTE veri dengesizliği problemlerinde en yaygın kullanılan çözüm yöntemidir. Bu yöntemde, azınlıkta olan veri sınıfından bir örneklem alt kümesi oluşturulur (Garcia, 2022). Sonrasında bu veriler göz önünde bulundurularak, yeni sentetik veriler üretilir. SMOTE doğrusal enterpolasyonu kullandığı için (Fernandez et al., 2018) yeni üretilen verilerin örneklem olarak alınan verilere yakın olduğu söylenebilir. İlgili yöntem sayesinde, rastgele aşırı örnekleme nedeniyle oluşan aşırı öğrenme ve rastgele yetersiz örnekleme nedeniyle oluşan bilgi kaybı gibi istenmeyen durumların (Zhang et al., 2022) çözülebilmesi için yapay veriler oluşturularak veri setinin dengelenmesi sağlanır. SMOTE'nin kullanılmasındaki neden onun rastgele örnekleme yöntemlerine kıyasla sahip olduğu avantajlarıdır. Öyle ki, SMOTE ile hem aşırı öğrenme problemine çözüm bulunabilir, hem de azınlık veri sınıfının öngörülebilirliği artışı için (Fernandez et al., 2018) modellerin daha verimli çalışması sağlanabilir.

SMOTE ile yapılan işlemin sonucunda, veri seti 62910 ÖNEMLİ ve 62912 ÖNEMSİZ veri olmak üzere, toplamda 125822 veri içeren dengeli bir veri seti elde edilmiştir. Ham veri setine, birinci ön işlem aşamasının uygulanması sonucunda elde edilen dengesiz veri seti ve ikinci ön işlem aşaması olan SMOTE'un uygulanması sonucunda elde edilen dengeli veri setlerinin konu başlıklarına göre haber dağılımları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ham, dengesiz ve dengeli veri setlerinin konu başlıklarına göre haber dağılımları: (a) Ham veri seti; (b) İlk ön işlem aşaması sonrası elde edilen dengesiz veri seti; (c) İkinci ön işlem aşaması (SMOTE işlemi) sonrası elde edilen dengeli veri seti





(c)

**Şekil 1 (devam).** Ham, dengesiz ve dengeli veri setlerinin konu başlıklarına göre haber dağılımları: (a) Ham veri seti; (b) İlk ön işlem aşaması sonrası elde edilen dengesiz veri seti; (c) İkinci ön işlem aşaması (SMOTE işlemi) sonrası elde edilen dengeli veri seti

### 3.3. Öznitelik seçimi

Bulanık mantık temelli sistemlerde giriş sayısı arttıkça giriş/çıkış arasındaki ilişkiyi temsil eden kuralların oluşması çok daha karmaşık hale gelmektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak bu çalışmada giriş sayısı üç ile sınırlandırılmıştır. Bu noktada, mevcut veri setindeki özniteliklere öznitelik seçim süreci uygulanarak sonuca en çok etki eden üç öznitelik belirlenmiş ve bulanık mantık temelli modellerin giriş verisi olarak bu öznitelikler kullanılmıştır. Yapılan çalışmada öznitelikleri seçmek için, istatistiksel fonksiyonlar üzerinden elde edilen kazanç sıralamasına göre seçim sürecini yürüten filtre temelli bir öznitelik seçim metodu olan Fisher skor metodu (Fischer et al., 1999) kullanılmıştır. Bu metod özniteliklere ait sütunların ortalama ve standart sapma değerlerini kullanarak kazanç skorunu belirler ve seçim sürecini en yüksek değerli kazanç skoruna sahip öznitelikten başlayarak sıralı bir şekilde gerçekleştirir. Şekil 2’ de dengesiz veri setindeki TS12-TS96 aralığındaki 8 öznitelige sahip veriye Fisher skor metodu uygulanarak elde edilmiş kazanç değerlerine göre öznitelik derecelendirmesi gösterilmiştir.

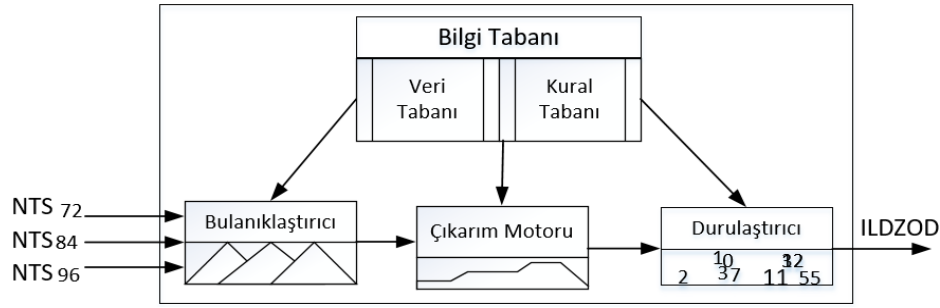


**Şekil 2.** Fisher skorlarına göre özniteliklerin derecelenmesi

Kazanç değerlerine göre ilk üç öznitelik sırası ile TS96, TS84 ve TS72 olup, bu öznitelikler oluşturulan tahmin modellerine giriş olarak uygulanmıştır.

### 3.4. Bulanık mantık temelli modellerin oluşturulması

Bu çalışmada kullanılan bulanık mantık temelli modeller, dengesiz ve dengeli veri setinden öznitelik seçim süreci ile belirlenmiş TS96, TS84 ve TS72 periyotlarındaki haberlerin görüntülenme sayılarına bağlı olarak, bu haberlerin gelecekteki (TS144 periyodundaki) ilgi düzeyinin önem derecelerini (ILDZOD) hesaplamak için kullanılır. Üç giriş ve tek çıkış bulanık mantık sistemi yapısında kurgulanmış olan bu modeller, Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemleri ile oluşturulmuştur. Veri setleri; Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminde çıkarım metodolojisi olarak maksimum-minimum (mak-min) ve maksimum-çarpım (mak-çarp) yöntemlerini, durulaştırma metodolojisi olarak ağırlık merkezi (centroid of area), alan açıortayı (bisector of area) ve en büyüklerin ortası (mean of maximum) yöntemlerini birleştiren 6 farklı model üzerinden test edilirken, Sugeno-tip bulanık çıkarım sisteminde metodolojik olarak ağırlıklı ortalama (wtaver) ve ağırlıklı toplam (wtsum) yöntemlerini birleştiren 2 farklı model ile test edilmiştir. Sugeno bulanık çıkarım sisteminde çıkış üyelik fonksiyonlarının sabit ya da doğrusal olması, bu sistemlerin çıkarım süreci sonunda sayısal sonucu doğrudan elde etmesine olanak sağlar. Bu durum, Mamdani çıkarım sisteminde olduğu gibi ek bir durulaştırma gereksinimini ortadan kaldırır. Bunun dışında her iki bulanık çıkarım sisteminde de işlem süreçleri birbiri ile aynıdır. Bu yüzden burada bulanık mantık temelli modellerin oluşturulması, Mamdani-tip bulanık çıkarım modeli üzerinden anlatılmıştır. Haber popülerliği tahmini için oluşturulan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin temel bileşenlerini gösteren blok diyagram Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Haber popülerliği tahmini için oluşturulan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi

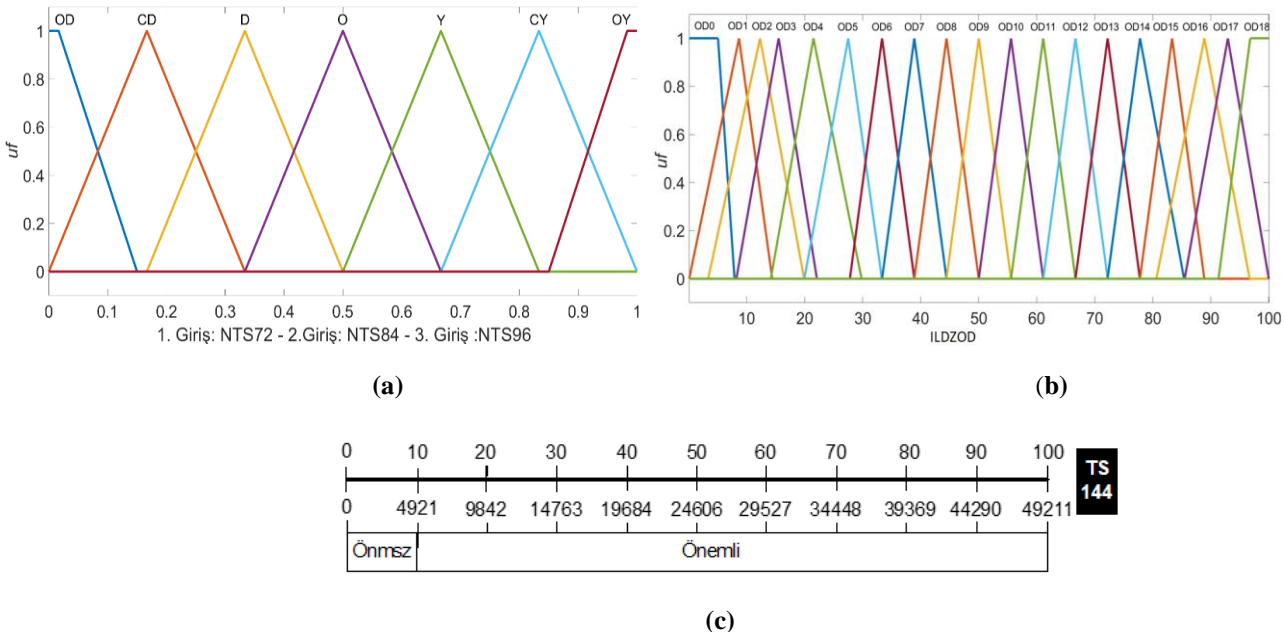
Önerilen bulanık mantık temelli modellerde, giriş olarak kullanılan TS72, TS84 ve TS96 periyotlarındaki haberlerin görüntülenme sayıları ait oldukları sütunlarındaki en yüksek değere bölünerek 0-1 aralığında normalize edilmiştir. Buna göre, bulanık mantık temelli modellerin normalize edilmiş formdaki girdileri Denklem 1'de verilen formül kullanılarak elde edilebilir.

$$NTS_X(i) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \quad \text{Eğer } 1 \leq \frac{TS_X(i)}{TS_XMAK} \\ \frac{TS_X(i)}{TS_XMAK} \quad \text{Değilse} \end{array} \right\} \quad (1)$$

Burada  $NTS_X(i)$  X'inci periyottaki i'inci haber verisinin 0-1 aralığında normalize edilmiş değerini,  $TS_X(i)$  X'inci periyottaki i'inci haber verisinin görüntülenme sayısını ve  $TS_XMAK$  X'inci periyottaki haber verisinin en yüksek değerini gösterir. Her bir giriş 0-1 aralığında tanımlanan bir bulanık evrende üçgen tip üyelik fonksiyonları üzerinden isimleri,

- Oldukça Düşük: OD
- Düşük: D
- Yüksek: Y
- Oldukça Yüksek: OY
- Çok Düşük: CD
- Orta: O
- Çok Yüksek: CY

olan 7 bulanık küme ile tanımlanmıştır. Bulanık mantık temelli modellerin çıktıları olarak, haberlere olan ILDZOD'i alınmıştır. ILDZOD günlük yaşantımızda yüzde cinsinden oransal değerler ile değerlendirildiği için bulanık mantık temelli modellerin çıkış evreni 0-100 aralığında ölçeklenmiş ve üçgen tipi üyelik fonksiyonları kullanılarak isimleri OD0, OD1...OD18 olan 19 bulanık küme ile tanımlanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda oluşturulan bulanık mantık temelli modellere ait giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları ile sınıflandırma ölçeği sırası ile Şekil 4(a), Şekil 4(b) ve Şekil 4(c)'de gösterilmiştir. Şekil 4(c)'deki sınıflandırma ölçeğinden anlaşılacağı üzere, 10%'luk ilgi düzeyinin altında kalan haberler ÖNEMSİZ, bu oranın üzerinde ilgi düzeyine sahip olan haberler ise ÖNEMLİ haber sınıfı olarak etiketlenmiştir.



Şekil 4. Giriş-çıkış üyelik fonksiyonları ve sınıflandırma ölçeği: (a) Giriş üyelik fonksiyonları; (b) Çıkış üyelik fonksiyonları; (c) Sınıflandırma Ölçeği

Önerilen bulanık mantık temelli modeller için kural tabanı, her bir giriş değişkeni 7 farklı düzeyde popülerlik seviyesine (7 bulanık kümeye) sahip olduğu için toplamda 343 adet tanımlanmış kuraldan oluşur. Kuralların oluşturulması sırasında, her bir girişin, çıkışa eşit düzeyde etki ettiği göz önünde bulundurulmuştur. Bulanık mantık temelli modellerde haber popülerliği tespiti için oluşturulan kurallara ait bir kesit, Şekil 5'te verilmiştir.

1. Giriş: NTS72

		OD	CD	D	O	Y	CY	OY		
2.Giriş: NTS84	OD	OD0	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD	3.Giriş: NTS96
	CD	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7		
	...	...	...	...	...	...	...	...		
	OY	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	OD11	OD12	CD	
	OD	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7		
	CD	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8		
	...	...	...	...	...	...	...	...	OY	
	OY	OD7	OD8	OD9	OD10	OD11	OD12	OD13		
	...	...	...	...	...	...	...	...		
	OD	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	OD11	OD12	OY	
CD	OD7	OD8	OD9	OD10	OD11	OD12	OD13			
...	...	...	...	...	...	...	...			
OY	OD12	OD13	OD14	OD15	OD16	OD17	OD18			

Şekil 5. Bulanık mantık temelli modeller için oluşturulan kural tablolarının yapısı

### 3.5. Performans Metrikleri

Birçok sınıflandırma probleminde modellerin performanslarını test etmek için farklı ölçüm metrikleri kullanılır. Bu metriklerin bir kısmı model ile kullanılan veri seti arasındaki ilişkinin derecesini veren katsayılar şeklinde karşımıza çıkarken, diğerleri bir modelin tahmin ettiği değerler ile gerçek değerlerini karşılaştıran ve karışıklık (hata) matrisi olarak isimlendirilen bir matrise dayalı hesaplanmış değerler olarak kendini gösterir. Model ve veri seti arasındaki bağıntının gücünü ölçen katsayılar, bir değişkenin diğer bir değişkeni tanımlarken ne kadar öngörülebilir olduğunu gösterir. Bu tip bir performans ölçümünde katsayılar, değişkenlerin gerçek ve tahmini sınıflar üzerindeki örnek dağılımları üzerinden doğruluk değerlendirmesi yapılarak elde edilir. Bu çalışmada kullanılan  $R^2$  performans metriği (Determinasyon Katsayısı) de yukarıda bahsedilen tanımlamaya dahildir. Buna göre, en başarılı durumda, modelin çıktısı olarak elde edilen değerler ile veri setindeki etiketlenmiş olan değerler tamamen birbirine eşit olur ve bu durum  $R^2 = 1$  sonucunu ortaya koyar.

Ancak, (Goodman & Kruskal, 2012) önerilmiş olan modellerin değerlendirilebilmesi için sadece determinasyon katsayısının kullanılmasının yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Çünkü, determinasyon katsayısı gibi ilişkisel ölçütlerin verdiği sonuçlar yalnızca, doğru şekilde sınıflandırılmış olan verilerin mevcut olması halinde henüz sınıflandırılmamış olan verilerin de doğru bir şekilde sınıflandırılabilceği anlamına gelir. Bununla birlikte, bazı durumlarda önerilen modeller performans açısından yüksek determinasyon katsayısı elde etseler de aynı performansını karışıklık matrisinin bazı metrikler açısından sağlamayabilirler. Bu yüzden bu çalışmada önerilen modellerin performansını tam olarak tespit edebilmek için  $R^2$  metriğine ek olarak karışıklık matrisi temelli metrikler de kullanılmıştır.

Karışıklık matrisi temelli metriklerin hesaplanmasında, isimleri Doğru Pozitif (True Positive-(TP)), Doğru Negatif (True Negative-(TN)), Yanlış Pozitif (False Positive-(FP)) ve Yanlış Negatif (False Negative-(FN)) olan bu matrise ait dört temel parametreden yararlanır. Burada TP model tarafından doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısını, TN model tarafından doğru tahmin edilen negatif örnek sayısını, FP model tarafından yanlış tahmin edilen negatif örnek sayısını ve FN model tarafından yanlış tahmin edilen pozitif örnek sayısını tanımlar. Bu çalışmada önerdiğimiz modellerin performansını ölçmek için karışıklık matrisi temelli metrikler olarak yaygın kullanılan doğruluk (accuracy), duyarlılık (recall) ve F-score (F-score) metrikleri kullanılmıştır.

Doğruluk (Acc) modelin genel performansını yansıtan bir metrik olup, elde ettiği değer modelin ürettiği doğru örnek sayısının toplam örnek sayısına oranlanması ile elde edilebilir. Bu metriğin hesaplanmasında kullanılan formül Eşitlik 2' de verilmiştir.

$$Acc = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2)$$

Duyarlılık(Rec), modelin pozitif örnekleri sınıflandırmadaki başarısını ölçen bir metrik olup, onun değeri modelin doğru olarak sınıflandırdığı pozitif örnek sayısının tüm pozitif örnekler oranlanması ile bulunabilir. Eşitlik 3'te bu metriğe ait formül gösterilmiştir.

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

Kesinlik (Prec), modelin pozitif olarak tahmin ettiği örneklerin gerçekten pozitif olma olasılığın ölçen bir metriktir. Bu metriğin değeri Eşitlik 4'te verilen formül kullanılarak hesaplanabilir.

$$Prec = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

F-Score (Fscr) diğer adıyla F-ölçümü (F-Measure), (Caruana & Niculescu-Mizil, 2004) Kesinlik ve Duyarlılık metriklerinin harmonik ortalamasıdır. Eşitlik 5'te bu metriğin değerini hesaplayan genel formül verilmiştir.

$$Fscr = 2 \times \frac{Prec \times Rec}{Prec + Rec} \quad (5)$$

F-score metriği, (Labatut & Cherifi, 2011) tarafından etiketlenmiş gerçek veriler ile tahmin edilen sınıfların arasındaki benzerliğin bir ölçüsü olarak tanımlanır ve 0 (hiç örtüşme yok) ile 1 (tamamen örtüşme var) aralığında değerler alır. Elde edilen değer 1'e ne kadar yakınsa modelin de o kadar başarılı olduğu söylenebilir.

#### 4. Deneysel Sonuçlar

Deneysel çalışmalar, "Materyal ve Metotlar" bölümünde detayları sunulan Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemlerinin çıkarım işlemleri ve durulaştırma işlemlerinde kullanılan yöntemlerin farklı şekilde yapılandırılmasından oluşan 8 farklı bulanık mantık temelli modelin dengesiz ve dengeli veri setlerine uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin çıkarım işlemleri mak-min ve mak-çarp yöntemleri ve durulaştırma işlemleri ağırlık merkezi, alan açortayı ve en büyüklerin ortası yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilirken, Sugeno-tip bulanık çıkarım sisteminde metodolojik olarak bu işlemler için ağırlıklı ortalama ve ağırlıklı toplam yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu yüzden yöntemlerin farklı şekilde yapılandırılmasına bağlı olarak Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi kullanılarak 6, Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi kullanılarak 2 model olmak üzere toplamda 8 model geliştirilmiş ve veri setlerine uygulanmıştır. Modellerin performansları  $R^2$  metriği ile karışıklık matrisi temelli doğruluk, duyarlılık ve F-Score metrikleri üzerinden test edilmiştir. Dengesiz ve dengeli veri setlerinde her bir model için  $R^2$  eğrileri ve bu metriğin değeri, 0-100 aralığında bulanık mantık modelinin ürettiği tahmin edilen ilgi düzeyinin önem derecesi (TAHMİN-ILDZOD) sonuçları ile TS144 periyodu için 0-100 aralığına ölçeklenmiş gerçek ilgi düzeyinin önem derecesi (GERÇEK-ILDZOD) sonuçları kullanılarak elde edilmiştir. Benzer şekilde karışıklık matrisi temelli metriklerin elde edilmesinde her bir model için bulanık çıkarım sisteminin ürettiği değerler ve TS144 periyodunun değerleri %10'dan küçükse ÖNEMSİZ (0) ve %10'dan büyükse ÖNEMLİ (1) sınıfına dahil olacak şekilde yeniden yapılandırılarak gerçek ve tahmin edilen sınıflar oluşturulmuştur. Bu sınıflara göre karışıklık matrisi parametre (TP, TN, FP ve FN) değerleri elde edilerek doğruluk, duyarlılık ve F-Score metrikleri hesaplanmıştır. Dengesiz ve dengeli veri setleri için deneysel çalışmalarda elde edilen performans sonuçları ve değerlendirmeleri aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

##### 4.1. Dengesiz veri seti için deneysel sonuçlar

Bulanık mantık temelli modellerin dengesiz veri setine uygulanması ile elde edilen karışıklık matrisi parametrelerini ve bu matris parametrelerine göre hesaplanmış doğruluk, duyarlılık ve F-score metriklerine ait değerleri gösteren tablolar sırası ile Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Performans metrikleri dışında sadece karışıklık matrisi parametreleri üzerinden modelin performansı, onun doğru tahmin ettiği örnek sayısı (TP+TN) ve yanlış tahmin ettiği örnek sayısı (FN+FP) kullanılarak da doğrudan değerlendirilebilir. Bu kapsamda Tablo 4 incelendiğinde en iyi performansı, 63112 doğru tahmin edilen örnek sayısı ve 47 yanlış tahmin edilen örnek sayısı ile çıkarım sürecinde mak-min yöntemini ve durulaştırma sürecinde ağırlık merkezi yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi göstermiştir. Bununla birlikte mak-çarp çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin de 63111 doğru tahmin edilen örnek sayısı ve 48 yanlış tahmin edilen örnek sayısı ile bu performansa oldukça yakın bir sonuç ürettiği tablodaki sonuçlardan net bir şekilde anlaşılmaktadır. En kötü performans ise 62205 doğru tahmin edilen örnek sayısı ve 954 yanlış tahmin edilen örnek sayısı ile ağırlıklı toplam yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi tarafından sergilenmiştir.

Tablo 5'te verilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere doğruluk, duyarlılık ve F-Score metrikleri açısından en iyi performansı sırası ile 0.9993, 0.9028 ve 0.9047 değerleri ile mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi elde etmiştir. Sonuçlardan dengesiz veri setinde modellerin doğruluk değerleri birbirine oldukça yakın olduğu için, karışıklık matrisi temelli metriklerden duyarlılık ve F-Score metriklerinin doğruluk metriğinden daha ayırt edici olduğu sonucuna da ulaşılabilir.

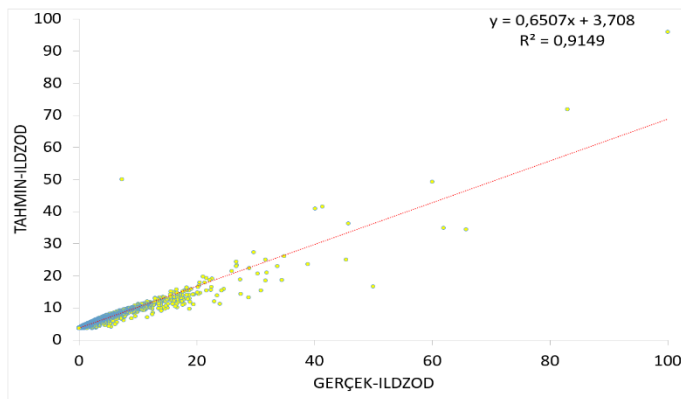
**Tablo 4.** Dengesiz veri seti için bulanık mantık temelli modellerin karışıklık matrisi parametreleri

Çıkarım Metodu	Çıkarım Süreci	Durulaştırma Süreci	TP	FN	FP	TN	TP+TN	FP+FN
Mamdani	Mak-Min	Ağırlık merkezi	223	24	23	62889	63112	47
		Alan Açıortayı	202	45	5	62907	63109	50
		En Büyüklerin Ortası	211	36	17	62895	63106	53
	Mak-Çarp	Ağırlık merkezi	203	44	4	62908	63111	48
		Alan Açıortayı	197	50	4	62908	63105	54
		En Büyüklerin Ortası	213	34	23	62889	63102	57
Sugeno	Sugeno Çıkarımı	Ağırlıklı ortalama	124	123	1	62911	63035	124
		Ağırlıklı toplam	218	29	925	61987	62205	954

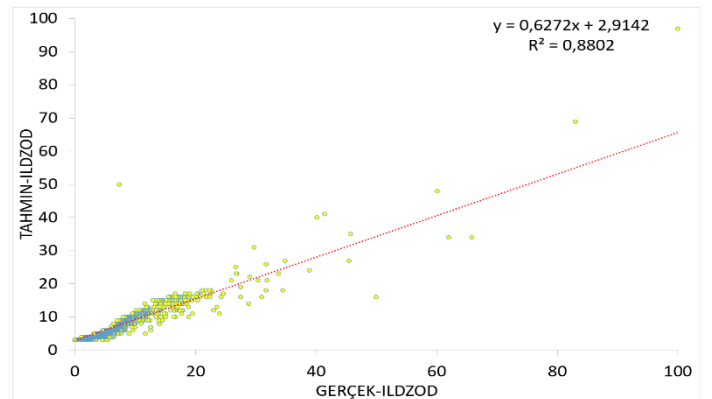
**Tablo 5.** Dengesiz veri seti için bulanık mantık temelli modellerin karışıklık matrisi performans metrikleri

Çıkarım Metodu	Çıkarım Süreci	Durulaştırma Süreci	Doğruluk	Duyarlılık	F-Score
Mamdani	Mak-Min	Ağırlık merkezi	0.9993	0.9028	0.9047
		Alan Açıortayı	0.9992	0.8178	0.8899
		En Büyüklerin Ortası	0.9992	0.8543	0.8884
	Mak-Çarp	Ağırlık merkezi	0.9992	0.8219	0.8943
		Alan Açıortayı	0.9991	0.7976	0.8795
		En Büyüklerin Ortası	0.9991	0.8623	0.8820
Sugeno	Sugeno Çıkarımı	Ağırlıklı ortalama	0.9980	0.5020	0.6667
		Ağırlıklı toplam	0.9849	0.8826	0.3137

Dengesiz veri seti için bulanık mantık temelli modellerin  $R^2$  performans değerlerini içeren grafikler Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemleri için Şekil 6'da ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemleri için Şekil 7'de gösterilmiştir.  $R^2$  eğrileri genellikle doğrusal regresyon modellerinde kullanılan bir uyum iyiliği ölçüsü (Colin Cameron & Windmeijer, 1997) olarak tanımlanır. Dolayısı ile bu değer yüksek olması, kullanılan modelin, eldeki veriye uygunluğunun bir göstergesidir. Şekil 6'da ve Şekil 7'de verilen sonuçlar incelendiğinde,  $R^2$  metriği açısından en iyi performansın 0.9149 değeri ile mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin sergilediği görülebilir. Bu metrik açısından en kötü performansı ise 0.6260 değeri ile mak-çarp çıkarım yöntemi ve en büyüklerin ortası durulaştırma yöntemlerini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi göstermiştir.

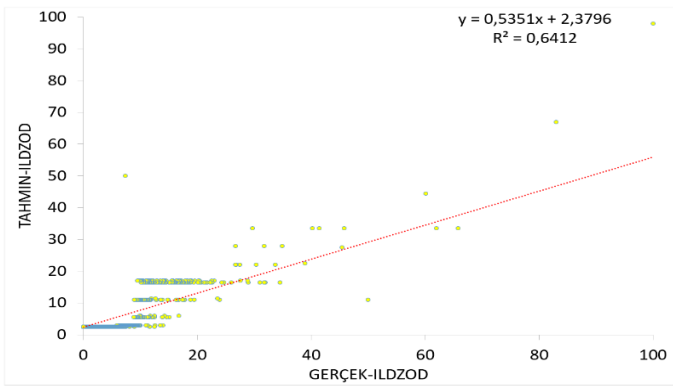


(a)

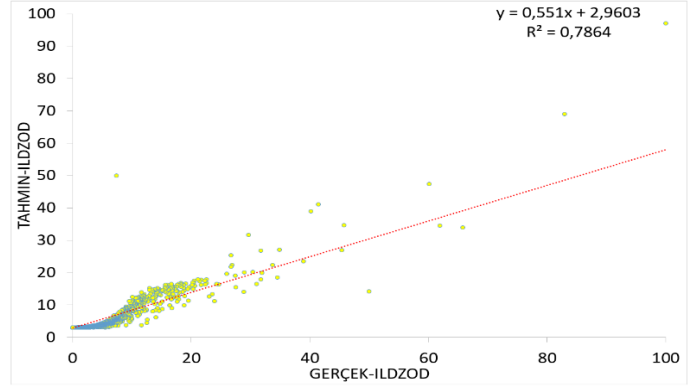


(b)

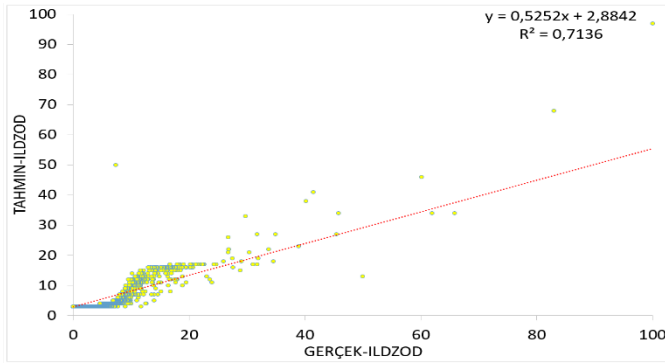
**Şekil 6.** Dengesiz veri seti için, Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemlerine ait  $R^2$  eğrileri (a) Mamdani – Mak-Min, Ağırlık merkezi; (b) Mamdani – Mak-Min, Alan Açıortayı; (c) Mamdani – Mak-Min, En Büyüklerin Ortası; (d) Mamdani – Mak-Çarp, Ağırlık merkezi; (e) Mamdani – Mak-Çarp, Alan Açıortayı; (f) Mamdani – Mak-Çarp, En Büyüklerin Ortası



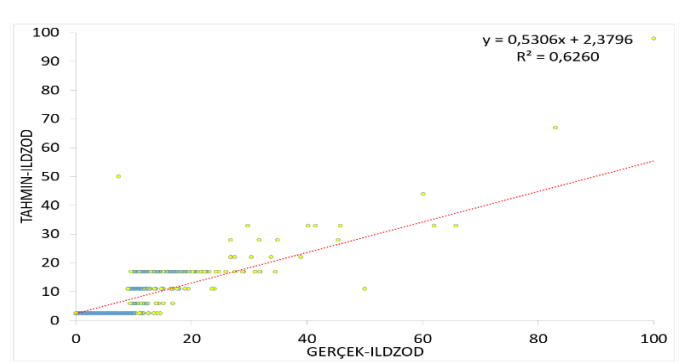
(c)



(d)

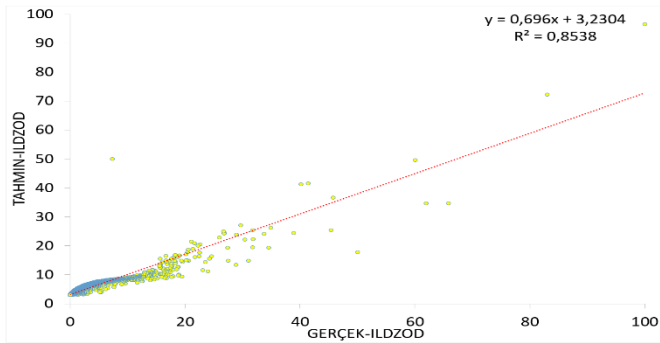


(e)

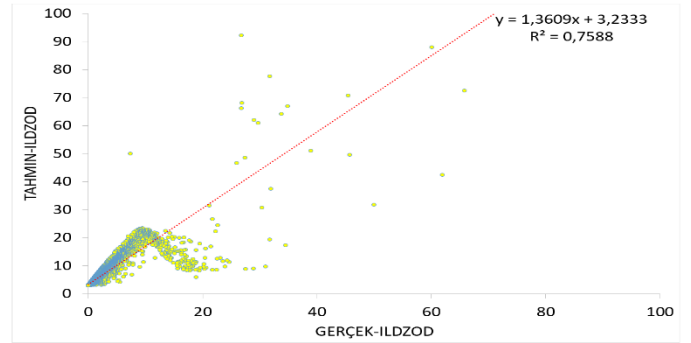


(f)

**Şekil 6 (devam).** Dengesiz veri seti için, Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemlerine ait  $R^2$  eğrileri (a) Mamdani – Mak-Min, Ağırlık merkezi; (b) Mamdani – Mak-Min, Alan Açığırtay; (c) Mamdani – Mak-Min, En Büyüklerin Ortası; (d) Mamdani – Mak-Çarp, Ağırlık merkezi; (e) Mamdani – Mak-Çarp, Alan Açığırtay; (f) Mamdani – Mak-Çarp, En Büyüklerin Ortası



(a)



(b)

**Şekil 7.** Dengesiz veri seti için, Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemlerine ait  $R^2$  eğrileri (a) Sugeno-Ağırlıklı ortalama; (b) Sugeno-Ağırlıklı toplam

Bulanık mantık temelli modellerin dengesiz veri setine uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirilirse, tüm metrikler açısından en iyi performansın mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin sergilediği sonucuna varılabilir.

#### 4.2. Dengeli veri seti için deneysel sonuçlar

Bulanık mantık temelli modellerin SMOTE ile elde edilen dengeli veri setine uygulanması sonucu ulaşılan karışıklık matrisi parametrelerinin değerleri ve bu matrisin parametrelerine bağlı olarak hesaplanmış doğruluk, duyarlılık ve F-Score metriklerinin değerleri sırası ile Tablo 6 ve Tablo 7'de sunulmuştur. Tablo 6'daki sonuçlardan mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin doğru tahmin ettiği 121689 örnek sayısı ve yanlış tahmin

ettiği 4133 örnek sayısı ile en iyi performansı sergilediği net bir şekilde görülmektedir. Bu sonuca en yakın performansı veren model 120240 doğru tahmin edilen örnek sayısı ve 5582 yanlış tahmin edilen örnek sayısı ile mak-çarp çıkarım yöntemi ve en büyüklerin ortası durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemidir. Karışıklık parametreleri açısından en kötü performansı ise 94410 doğru tahmin edilen örnek sayısı ve 31412 yanlış tahmin edilen örnek sayısı ile ağırlıklı ortalama yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi vermiştir.

Tablo 7’de verilmiş olan dengeli veri seti için elde edilen performans sonuçları, bütün performans metrikleri açısından en iyi sonucun mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi tarafından elde edildiğini göstermektedir. Bu model, en iyi performans sonucuna 0.9672’lik doğruluk, 0.9347’lik duyarlılık ve 0.9660’lık F-Score değerleri ile ulaşmıştır. Dengeli veri seti için karışıklık matrisinin parametre temelli performans sonuçlarında olduğu gibi; doğruluk, duyarlılık ve F-Score metrikleri açısından bu sonuca en yakın değerleri sırası ile 0.9556, 0.9116 ve 0.9536 değerleri ile mak-çarp çıkarım yöntemi ve en büyüklerin ortası durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi sağlamıştır. Benzer şekilde, karışıklık parametreleri temelli performans sonuçlarında olduğu gibi dengeli veri seti için doğruluk, duyarlılık ve F-Score metrikleri açısından en kötü performans sırası ile 0.7503, 0.5007 ve 0.6673 değerleri ile ağırlıklı ortalama yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi tarafından elde edilmiştir.

Dengeli ve dengesiz veri setlerinde modellerin performansı karışıklık matrisi temelli metrikler açısından Tablo 5 ve Tablo 7’ de verilen değerler üzerinden karşılaştırılırsa; dengesiz veri setinde modellerin performansı açısından hemen hemen hiç belirleyiciliği olmayan doğruluk metriğinin, dengeli veri setinde duyarlılık ve F-Score metriği ile performans açısından oldukça belirleyici olduğu görülmektedir. Diğer taraftan dengeli veri setinde ağırlıklı ortalama yöntemine sahip Sugeno-tip bulanık çıkarım modeli dışındaki tüm modellerin duyarlılık ve F-Score metriklerinin dengesiz veri setindeki değerlerine göre sayısal olarak daha yüksek bir performans değerine sahip oldukları gözlemlenmiştir.

**Tablo 6.** Dengeli veri seti için bulanık mantık temelli modellerin karışıklık matrisi parametreleri

Çıkarım Metodu	Çıkarım Süreci	Durulaştırma Süreci	TP	FN	FP	TN	TP+TN	FP+FN
Mamdani	_____	Ağırlık merkezi	58801	4109	24	62888	121689	4133
		Mak-Min	53102	9808	5	62907	116009	9813
		En Büyüklerin Ortası	56242	6668	17	62895	119137	6685
		Ağırlık merkezi	53267	9643	5	62907	116174	9648
		Mak-Çarp	51967	10943	5	62907	114874	10948
		En Büyüklerin Ortası	57351	5559	23	62889	120240	5582
Sugeno	Sugeno Çıkarımı	Ağırlıklı ortalama	31499	31411	1	62911	94410	31412
		Ağırlıklı toplam	55153	7757	925	61987	117140	8682

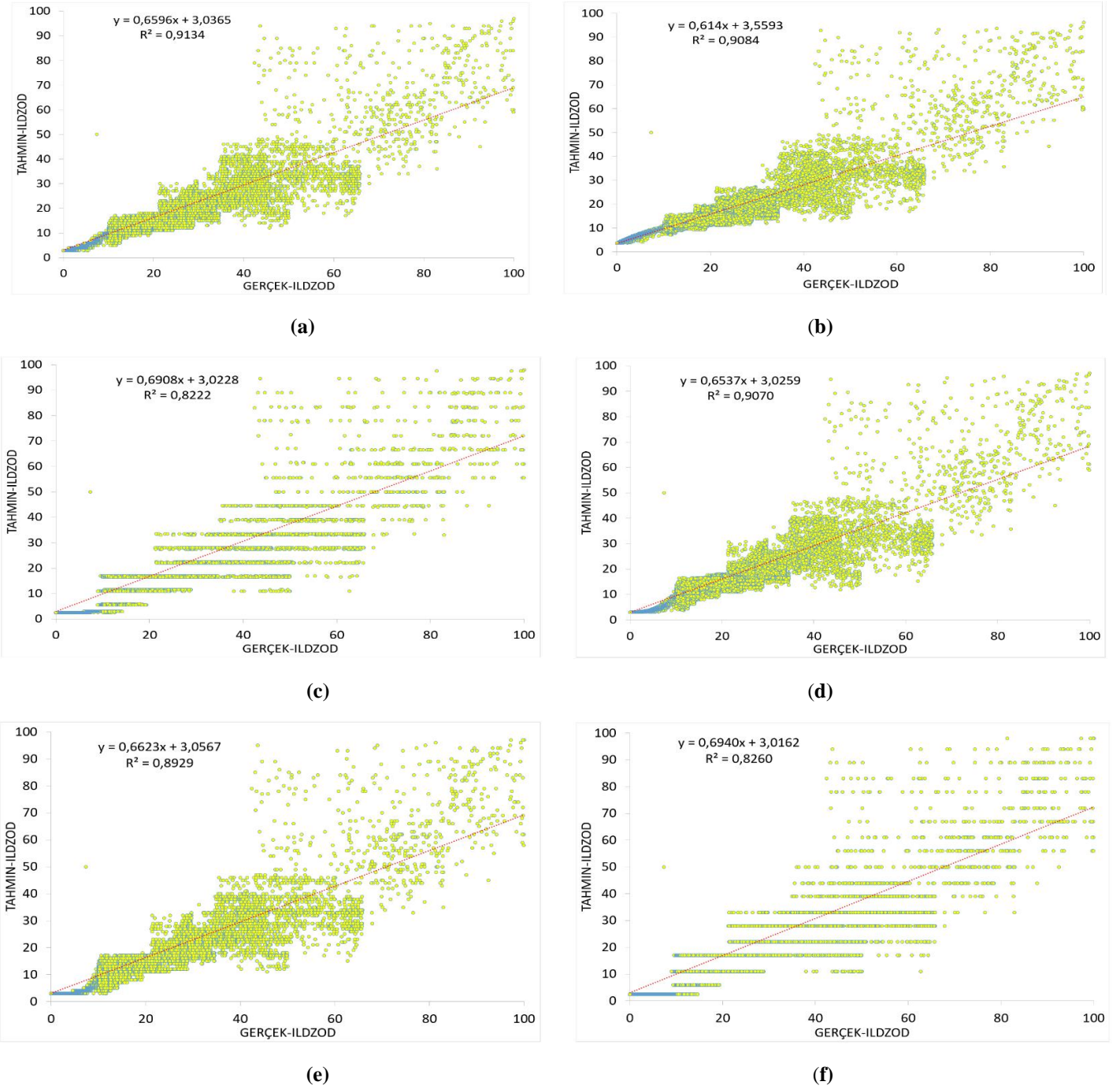
**Tablo 7.** Dengeli veri seti için bulanık mantık temelli modellerin karışıklık matrisi performans metrikleri

Çıkarım Metodu	Çıkarım Süreci	Durulaştırma Süreci	Doğruluk	Duyarlılık	F-score
Mamdani	_____	Ağırlık merkezi	0.9672	0.9347	0.9660
		Mak-Min	0.9220	0.8441	0.9154
		En Büyüklerin Ortası	0.9469	0.8940	0.9439
		Ağırlık merkezi	0.9233	0.8467	0.9170
		Mak-Çarp	0.9130	0.8261	0.9047
		En Büyüklerin Ortası	0.9556	0.9116	0.9536
Sugeno	Sugeno Çıkarımı	Ağırlıklı ortalama	0.7503	0.5007	0.6673
		Ağırlıklı toplam	0.9310	0.8767	0.9270

Dengeli veri seti için bulanık mantık temelli modellerin  $R^2$  performans değerlerini içeren grafikler Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemleri için Şekil 8’de ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemleri için ise Şekil 9’da verilmiştir. Bu şekillerde resmedilen sonuçlar,  $R^2$  metriği açısından en iyi performansın 0.9134 değeri ile mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi tarafından elde edildiğini göstermiştir. Bununla birlikte mak-min çıkarım yöntemi ve alan açıcı ortası durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi de 0.9084’lük  $R^2$  değeri ile en iyi performansa oldukça

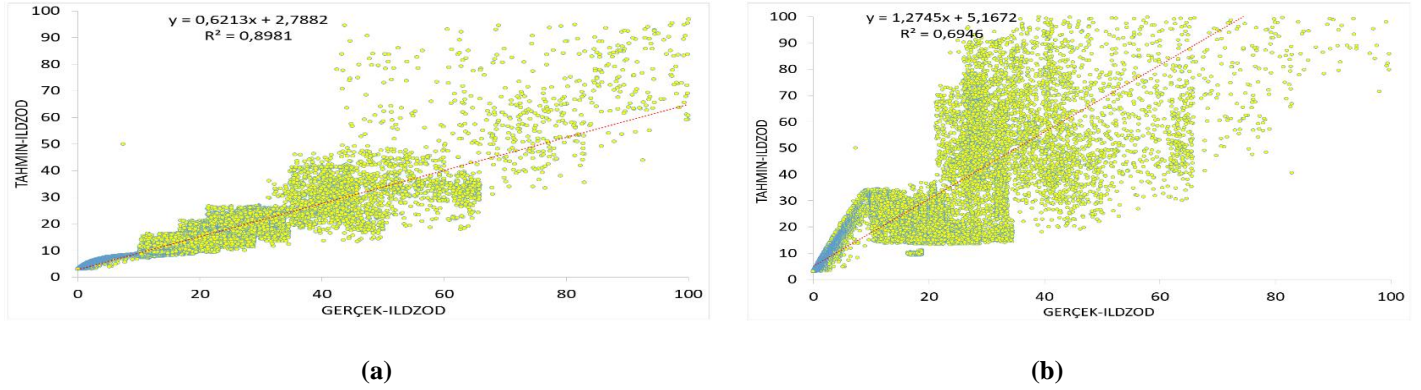
yakın bir sonuç üretmiştir.  $R^2$  metriği açısından en kötü performansı ise 0.6946 değeri ile ağırlıklı toplam yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemi sergilemiştir.

Modellerin dengesiz ve dengeli veri setlerinde elde ettikleri  $R^2$  değerleri karşılaştırıldığında, mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma metodunu kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım yöntemi haricindeki tüm modellerin, dengeli veri seti için daha yüksek  $R^2$  değerleri elde ettikleri gözlemlenmiştir. Sugeno-tip bulanık çıkarım sisteminde dengeli veri setinde ağırlıklı ortalamama yöntemini kullanan modelin  $R^2$  değeri dengesiz veri setine göre artarken, ağırlıklı toplam yöntemini kullanan modelin  $R^2$  değerinde bir düşüş olduğu görülmüştür.



**Şekil 8.** Dengeli veri seti için, Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemlerine ait  $R^2$  eğrileri (a) Mamdani – Mak-Min, Ağırlık merkezi; (b) Mamdani – Mak-Min, Alan Açığırtay; (c) Mamdani – Mak-Min, En Büyüklerin Ortası; (d) Mamdani – Mak-Çarp, Ağırlık Merkezi; (e) Mamdani – Mak-Çarp, Alan Açığırtay; (f) Mamdani – Mak-Çarp, En Büyüklerin Ortası





**Şekil 9.** Dengeli veri seti için, Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemlerine ait  $R^2$  eğrileri (a) Sugeno-Ağırlıklı ortalama; (b) Sugeno-Ağırlıklı toplam

Elde edilen sonuçlar hem dengeli hem de dengesiz veri setlerinde  $R^2$ , doğruluk, duyarlılık ve F-Score performans metrikleri açısından mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım modelinin en yüksek performansı sergilediğini göstermiştir. Ayrıca, bu sonuçlar dengesiz veri setinde ÖNEMLİ sınıfta bulunan örneklem sayısının az olması sebebi ile modellerin doğruluk metriği açısından ortaya çıkan ölçüm belirsizliğinin, SMOTE yönteminin kullanılması ile dengeli hale getirilen veri setinde ortadan kalktığı ve bu yöntemin belirleyicilik açısından duyarlılık ve F-Score metrikleri ile modellerin performansının ölçülmesinde önemli bir role sahip olduğunu da ortaya koymuştur.

Bu çalışmada kullanılan Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarımı temelli modeller literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında, bu modellerin bir kısmının literatürdeki çalışmalara göre oldukça başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Oluşturulan modeller arasında en başarılı sonucu elde eden çıkarım yöntemi olarak mak-min ve durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemini içeren Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin literatürdeki çalışmalar ile performans açısından karşılaştırılmasını gösteren bilgiler Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Sosyal Medyada haber popülerliği tespiti için Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin literatürdeki çalışmalar ile performans açısından karşılaştırılması

Çalışma	Yıl	Platform	Metot	Performans
(Naseri & Zamani, 2019)	2019	Telegram	MTL	81,3% F-score
(Deshpande, 2018)	2018	UCI MLR	LDA & AB	73% F-score
(Fernandes et al., 2015)	2015	Mashable	RF	69% F-score
(Ren & Yang, 2015)	2015	Mashable	RF	69% Doğruluk
(Arapakis et al., 2014)	2014	Yahoo	SVM	70,7% Doğruluk
(AL-Mutairi & Khan, 2015)	2015	Wikipedia	DT	62,6% Doğruluk
(Ahmed et al., 2013)	2013	Twitter	SiLA & k-NN	85% Doğruluk
<b>Geliştirilen Mantık Temelli Model</b>	<b>Bulanık</b> 2022	Facebook	Mamdani-tip bulanık çıkarım sistemi: Çıkarım yöntemi-->mak-min, Durulaştırma yöntemi-->ağırlıklı ortalama	96.72 % Doğruluk, 96.60 % F-score

Tablo 8’den bu çalışmada önerilen modeller arasında en iyi performansa sahip modelin, daha önce literatürde haber popülerliği alanında yapılan çalışmalara kıyasla hem doğruluk hem de F-Score metrikleri açısından daha başarılı sonuçlar elde ettiği açık bir şekilde görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, sosyal medyada haber popülerliği analizinde makine öğrenmesi temelli metotların yanı sıra, bulanık mantık temelli metotların da efektif bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılabilir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada Facebook platformunda paylaşılan “Economy, Microsoft, Obama & Palestine” konu başlıklarının bir araya getirilmesi ile oluşturulan veri setine; Mamdani ve Sugeno-tip bulanık çıkarım sistemlerinin çıkarım ve durulaştırma yöntemlerine göre yapılandırılmasından oluşan 8 tahmin modeli uygulanarak, bulanık mantık temelli tahmin modellerinin sosyal medya haber popülerliğinin tespitindeki kullanılabilirliği literatürdeki çalışmaların performansları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma veri setinin oluşturulması, model girdilerinin belirlenmesi ve modellerin yürürlüğe konması üzere üç aşamadan oluşur. İlk aşamada “Economy, Microsoft, Obama & Palestine” konu başlıklarından oluşan haberleri içeren 4 ayrı veri seti KU-Irvine Makine Öğrenmesi Deposundan indirilerek birleştirilmiş ve tek bir veri seti haline getirilmiştir. Bu veri setinde

görsütülenmeyen haberleri içeren veriler silinmiş ve 20 dakikalık görüntülenme periyodu şeklinde verilen öznelikler 4 saatlik görüntülenme sayılarını yansıyacak şekilde yeniden düzenlenerek, veri setinin hem öznelik sayısı azaltılmış hem de haberin görüntülenme sayısının periyodik olarak yorumlanması daha kolay hale getirilmiştir. Elde edilen veri setinde ÖNEMLİ haber sınıfında 247 örneklem ve ÖNEMSİZ haber sınıfında 62912 örneklem olduğu için dengesiz bir veri setidir. Dengesiz veri setlerinde sınıflardan birindeki örneklem sayısı az olduğu için bazı metrikler açısından performans ölçümleri doğru bir şekilde ölçülemez. Bu yüzden dengesiz veri setine SMOTE'nin uygulanması sonucunda ÖNEMLİ sınıfında 62910 ve ÖNEMSİZ sınıfında 62912 örneklem içeren dengeli bir veri seti oluşturulmuştur. Modellerin performansı her iki veri setinde de test edilmiştir. İkinci aşamada filtre temelli öznelik seçim metodlarından Fisher skor metodu uygulanarak en yüksek kazançla sahip üç öznelik model girdileri olarak belirlenmiştir. Son aşamada yapılandırılmış 8 farklı bulanık mantık modeli yürürlüğe konarak veri setinde haberlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Modellerin performansının test edilmesinde R<sup>2</sup> metriği ile karışıklık matrisi temelli ölçümlerden doğruluk, duyarlılık ve F-Score metriklerinden yararlanılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar hem dengesiz veri setinde hem de dengeli veri setinde mak-min çıkarım yöntemi ve ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanan Mamdani-tip bulanık çıkarım sisteminin tüm performans metrikleri açısından en yüksek performansı sağladığını göstermiştir. Bu çalışmada önerilen modellerin dengeli veri setindeki doğruluk ve F-Score metrikleri açısından literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılması sonucunda, ağırlıklı ortalama yöntemini kullanan Sugeno-tip bulanık çıkarım yöntemi dışındaki bulanık mantık temelli modellerin, çoğunluğu makine öğrenmesi temelli modellerden oluşan, literatürdeki çalışmalardan daha yüksek bir performansa sahip olduğu görülmüştür. Bu durum aynı zamanda, önerilen bulanık mantık temelli modellerin, diğer birçok alanda olduğu gibi haber popülerliğinin tespiti için de efektif bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma mühendislik bilimleri araştırma ve geliştirme uygulamaları özel sayısı çağırısı kapsamında değerlendirilmiştir.

## Referanslar

- Aghasian, E., Garg, S., & Montgomery, J. (2020). An automated model to score the privacy of unstructured information—Social media case. *Computers & Security*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101778>
- Ahmed, H., Razzaq, M. A., & Qamar, A. M. (2013). Prediction of popular tweets using Similarity Learning. *ICET 2013 - 2013 IEEE 9th International Conference on Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1109/ICET.2013.6743524>
- AL-Mutairi, H. M., & Khan, M. B. (2015). Predicting the Popularity of Trending Arabic Wikipedia Articles Based on External Stimulants Using Data/Text Mining Techniques. *2015 International Conference on Cloud Computing, ICC3 2015*. <https://doi.org/10.1109/CLOUDCOMP.2015.7149651>
- Appel, O., Chiclana, F., Carter, J., & Fujita, H. (2016). A hybrid approach to the sentiment analysis problem at the sentence level. *Knowledge-Based Systems*, 108, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2016.05.040>
- Arapakis, I., Barla Cambazoglu, B., & Lalmas, M. (2014). On the feasibility of predicting news popularity at cold start. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8851, 290–299. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13734-6\\_21/COVER/](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13734-6_21/COVER/)
- Augusto, M., Godinho, P., & Torres, P. (2019). Building customers' resilience to negative information in the airline industry. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50, 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.05.015>
- Beştaş, M. (2020). SOSYAL MEDYADA HABER POPÜLERLİĞİNİN TAHMİNİ: LİTERATÜR İNCELEMESİ. *International Journal of Social Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 7(61), 3140–3155. <https://doi.org/10.26450/jshsr.2144>
- Caruana, R., & Niculescu-Mizil, A. (2004). *Data mining in metric space*. 69. <https://doi.org/10.1145/1014052.1014063>
- Caruana, R., Pratt, L., & Thrun, S. (1997). Multitask Learning. *Machine Learning 1997 28:1*, 28(1), 41–75. <https://doi.org/10.1023/A:1007379606734>
- Chawla, N. v., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic Minority Over-Sampling Technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16(1), 321–357.
- Chew, A. W. Z., Pan, Y., Wang, Y., & Zhang, L. (2021). Hybrid deep learning of social media big data for predicting the evolution of COVID-19 transmission. *Knowledge-Based Systems*, 233. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2021.107417>
- Colin Cameron, A., & Windmeijer, F. A. G. (1997). An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models. *Journal of Econometrics*, 77(2), 329–342. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(96\)01818-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(96)01818-0)

- Deshpande, D. (2018). Prediction Evaluation of Online News Popularity Using Machine Intelligence. *2017 International Conference on Computing, Communication, Control and Automation, ICCUBEA 2017*. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2017.8463790>
- Dhawan, A., Bhalla, M., Arora, D., Kaushal, R., & Kumaraguru, P. (2022). FakeNewsIndia: A benchmark dataset of fake news incidents in India, collection methodology and impact assessment in social media. *Computer Communications*, *185*, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.01.003>
- Fernandes, K., Vinagre, P., & Cortez, P. (2015). A proactive intelligent decision support system for predicting the popularity of online news. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *9273*, 535–546. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23485-4\\_53](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23485-4_53)
- Fernandez, A., Garcia, S., Herrera, F., & Chawla, N. v. (2018). SMOTE for Learning from Imbalanced Data: Progress and Challenges, Marking the 15-year Anniversary. *Journal of Artificial Intelligence Research*, *61*, 863–905. <https://doi.org/10.1613/jair.1.11192>
- Fischer, U., Kopka, L., & Grabbe, E. (1999). Breast Carcinoma: Effect of Preoperative Contrast-enhanced MR Imaging on the Therapeutic Approach. *Radiology*, *213*(3), 881–888. <https://doi.org/10.1148/radiology.213.3.r99dc01881>
- Francisco, M., & Castro, J. L. (2020). A fuzzy model to enhance user profiles in microblogging sites using deep relations. *Fuzzy Sets and Systems*, *401*, 133–149. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2020.05.006>
- Garcia, J. (2022). Bankruptcy prediction using synthetic sampling. *Machine Learning with Applications*, *9*, 100343. <https://doi.org/10.1016/J.MLWA.2022.100343>
- Goodman, L. A., & Kruskal, W. H. (2012). Measures of Association for Cross Classifications\*. <https://doi.org/10.1080/01621459.1954.10501231>, *49*(268), 732–764. <https://doi.org/10.1080/01621459.1954.10501231>
- Howells, K., & Ertugan, A. (2017). Applying fuzzy logic for sentiment analysis of social media network data in marketing. *Procedia Computer Science*, *120*, 664–670. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.293>
- Karyotis, C., Doctor, F., Iqbal, R., & James, A. (2015). An intelligent framework for monitoring students Affective Trajectories using adaptive fuzzy systems. *2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2015.7338001>
- Kazemzadeh, A., Lee, S., & Narayanan, S. (2013). Fuzzy Logic Models for the Meaning of Emotion Words. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, *8*(2), 34–49. <https://doi.org/10.1109/MCI.2013.2247824>
- Kirkland, T., & Cunningham, W. A. (2012). Mapping emotions through time: How affective trajectories inform the language of emotion. *Emotion*, *12*(2), 268–282. <https://doi.org/10.1037/a0024218>
- Kwak, H., Lee, C., Park, H., & Moon, S. (2010). What is Twitter, a social network or a news media? *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web - WWW '10*, 591–600. <https://doi.org/10.1145/1772690.1772751>
- Labatut, V., & Cherifi, H. (2011). Evaluation of Performance Measures for Classifiers Comparison. *Ubiquitous Computing and Communication Journal*, *6*, 21–34.
- Liu, S.-Y., Xiao, J., & Xu, X.-K. (2020). Sign prediction by motif naive Bayes model in social networks. *Information Sciences*, *541*, 316–331. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.128>
- Luo, M., & Hancock, J. T. (2020). Self-disclosure and social media: motivations, mechanisms and psychological well-being. *Current Opinion in Psychology*, *31*, 110–115. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.08.019>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Moniz, N., & Torgo, L. (2018). *Multi-Source Social Feedback of Online News Feeds*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1801.07055>
- Morente-Molinera, J. A., Kou, G., Pang, C., Cabrerizo, F. J., & Herrera-Viedma, E. (2019). An automatic procedure to create fuzzy ontologies from users' opinions using sentiment analysis procedures and multi-granular fuzzy linguistic modelling methods. *Information Sciences*, *476*, 222–238. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.10.022>
- Naseri, M., & Zamani, H. (2019). Analyzing and Predicting News Popularity in an Instant Messaging Service. *Proceedings of the 42nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 1053–1056. <https://doi.org/10.1145/3331184.3331301>

- Phuvipadawat, S., & Murata, T. (2010). Breaking News Detection and Tracking in Twitter. *2010 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, 120–123. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2010.205>
- Ren, H., & Yang, Q. (2015). *Predicting and Evaluating the Popularity of Online News*.
- Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, *110*(1), 145–172. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.110.1.145>
- Saeed, R., Abbas, H., Asif, S., Rubab, S., Khan, M. M., Iltaf, N., & Mussiraliyeva, S. (2022). A framework to predict early news popularity using deep temporal propagation patterns. *Expert Systems with Applications*, *195*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116496>
- Statista. (2022, June 15). *Social Meia - Statistics & Facts*. Statista.
- Szabo, G., & Huberman, B. A. (2008). Predicting the Popularity of Online Content. *SSRN Electronic Journal*, *53*(8). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1295610>
- Tavana, M., Momeni, E., Rezaeiniya, N., Mirhedayatian, S. M., & Rezaeiniya, H. (2013). A novel hybrid social media platform selection model using fuzzy ANP and COPRAS-G. *Expert Systems with Applications*, *40*(14), 5694–5702. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.05.015>
- T.K., B., Annavarapu, C. S. R., & Bablani, A. (2021). Machine learning algorithms for social media analysis: A survey. *Computer Science Review*, *40*. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100395>
- Vashishtha, S., & Susan, S. (2019). Fuzzy rule based unsupervised sentiment analysis from social media posts. *Expert Systems with Applications*, *138*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112834>
- Whelan, E., Islam, A. K. M. N., & Brooks, S. (2020). Applying the SOBC paradigm to explain how social media overload affects academic performance. *Computers & Education*, *143*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103692>
- Wu, B., & Shen, H. (2015). Analyzing and predicting news popularity on Twitter. *International Journal of Information Management*, *35*(6), 702–711. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.07.003>
- Wu, D. (2012). Fuzzy sets and systems in building closed-loop affective computing systems for human-computer interaction: Advances and new research directions. *2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2012.6250779>
- Wu, H., Yue, K., Pei, Y., Li, B., Zhao, Y., & Dong, F. (2016). Collaborative Topic Regression with social trust ensemble for recommendation in social media systems. *Knowledge-Based Systems*, *97*, 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.01.011>
- Xia, B., Ni, Z., Li, T., Li, Q., & Zhou, Q. (2017). VRer: Context-Based V enue R ecommendation using e mbedded space r anking SVM in location-based social network. *Expert Systems with Applications*, *83*, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.020>
- Xiong, J., Yu, L., Zhang, D., & Leng, Y. (2021). DNCP: An attention-based deep learning approach enhanced with attractiveness and timeliness of News for online news click prediction. *Information & Management*, *58*(2). <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103428>
- Zaman, T., Fox, E. B., & Bradlow, E. T. (2014). A Bayesian approach for predicting the popularity of tweets. *The Annals of Applied Statistics*, *8*(3), 1583–1611. <https://doi.org/10.1214/14-AOAS741>
- Zhang, Z., Liu, H., Chen, D., Zhang, J., Li, H., Shen, M., Pu, Y., Zhang, Z., Zhao, J., & Hu, J. (2022). SMOTE-based method for balanced spectral nondestructive detection of moldy apple core. *Food Control*, *141*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109100>



## PID ve Bulanık Mantık Denetleyiciyle Kollektif Kanat Hatve Açısı Kontrolü

### Collective Blade Pitch Angle Control with PID and Fuzzy Logic Controller

Murat Lüy<sup>1</sup>, Nuri Alper Metin<sup>\*2</sup>, Zafer Civelek<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kırıkkale Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, 71100, Kırıkkale, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadırlı Meslek Yüksekokulu, 807060, Osmaniye, TÜRKİYE

<sup>3</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, 18100, Çankırı, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 08/11/2022

Kabul / Accepted: 30/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Değişken hızlı rüzgâr türbini jeneratörleri, sabit hızlı rüzgâr türbinlerine göre daha güçlüdür. Ancak kararsız rüzgâr hızı, değişken hızlı makinenin gerilim ve frekansında değişimlere neden olmaktadır. Uygun bir kontrol tekniği ile gücün kalitesi iyileştirilebilir. Sistemde kullanıldığında, dalgalanan rüzgâr jeneratörü çıkışının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kombine rüzgâr jeneratörü sisteminin dinamik özelliklerinin incelenmesi ve daha dinamik performans için daha iyi denetleyici tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada, MATLAB/Simulink ortamında rüzgâr türbini tasarlanmış ve hatve açısı denetim işlemi gerçekleştirilmiştir. Hatve açısı denetimi için PID ve Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) kullanılmıştır. Bu denetim algoritmaları referans güç değerinde salınım miktarı, referans değere ulaşım süreleri ve kanat hatve açısındaki değişimler benzetim çalışmasında incelenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“Kanat Hatve Açısı Denetimi, PID Denetleyici, Bulanık Mantık Denetleyici (BMD), Rüzgâr Türbini”

#### Abstract

Generators for wind turbines with variable speeds are more potent than those with set speeds. However, the variable speed machine's voltage and frequency shift as a result of erratic wind speed. A proper control method raises the power's quality. The dynamic properties of the combined wind generator system must be researched in order to regulate the fluctuating wind generator output when it is employed in the system. More dynamic performance can be achieved by designing better controllers. Pitch angle control was carried out in this study's wind turbine design using the MATLAB/Simulink environment Pitch angle control is accomplished using PID and a fuzzy logic controller (FLC). The simulation research looked at these control techniques, the amount of oscillation in the reference power value, the duration to achieve the reference value, and the variations in blade pitch angle.

#### Key Words

“Blade Pitch Angle Control, PID Controller, Fuzzy Logic Controller (FLC), Wind Turbine”

## 1. Giriş

Rüzgâr enerjisi, kamu elektrik şebekesine sağlanan enerjinin artan bir yüzdesidir. Son on yılda kurulu rüzgâr gücü kapasitesinde yıllık ortalama %30'un üzerinde bir büyüme oranı gözlenmiştir. Artan büyüme oranı, enerji üretiminde çeşitli ulusal hükümetlerin çevre politikaları ve vergi teşviklerini düzenlemesinde etkili olmuştur. Bu duruma ek olarak rüzgâr enerjisinin düşen üretim maliyeti de teşvik için belirleyici bir faktör olmuştur. Rüzgâr enerjisi artık kömür, gaz ve nükleer üretim gibi diğer daha geleneksel elektrik enerjisi kaynaklarıyla rekabet haline girmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle, rüzgâr enerjisi elektrik enerjisi üretiminde daha uygun maliyetli hale gelmeye devam etmektedir (BTM, (2001), EWE (1999)).

European Green Deal, Avrupa Birliği'nin elektrik üretimini 2050 yılına kadar iklim açısından etkisiz hale getirmeyi hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşmak için karadan ve denizden gelen rüzgâr önemli bir rol oynamaktadır. Avrupa Birliği, son yıllarda, özellikle açık denizden olmak üzere, rüzgâr enerjisi teknolojisini geliştirmesinde ön saflarda yer almıştır; Avrupalı enerji şirketleri, açık deniz küresel pazarının etkileyici bir şekilde %90'ını temsil etmektedir. Gelecekteki elektrik talebinin %30'unun, (yaklaşık 450 GW) açık deniz rüzgarlarından sağlanması hedeflenen AB'de, tüm Avrupalılar için Temiz Enerji paketinde açık deniz rüzgâr gelişimine özel bir odaklanma vardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, rüzgâr enerjisi santrallerinin 2050 yılına kadar denizdeki kurulu gücünün 86 GW'a ulaşması ile ABD elektrik talebinin %35'ini karşılayabileceği tahmin edilmektedir. Kara tabanlı türbinlerden açık deniz türbinlerine geçiş, rüzgâr türbini ve santralının boyutunu ve gücünü artırma olasılıklarını da beraberinde getirmiştir. Açık denizdeki daha derin su konumları, 2017'den beri faaliyette olan ilk yüzer rüzgâr santrali ile yüzer türbinler tarafından da kullanılmaktadır. Bu tür gelişmeler, endüstrinin teknolojik sınırlarını ve mevcut bilgi tabanını zorlamaktadır. İnsanoğlu değişken çevre koşullarında bu kadar büyük makinelerle ilgili sınırlı deneyime sahiptir. Bu nedenle en iyi uygulamalar ve standartlar henüz tam olarak olgunlaşmamıştır (Nejad, vd (2022)).

Rüzgâr türbinleri, sabit hızlı veya değişken hızlı mekanik girdi ile yapılabilir. Son yıllarda teknolojik gelişmelerin önemli rol oynadığı alanlardan biri de yenilikçi değişken hızlı rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesidir. Değişken hızlı rüzgâr türbini, rüzgârdan daha yüksek enerji çıkışı, düşük rüzgâr hızında daha düşük gürültü ve şebekeye daha temiz güç aktarımı gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Bu nedenlerle, değişken hızlı rüzgâr türbininin günümüzde artan bir eğilimi vardır. Değişken hız birkaç yolla elde edilebilir. Bununla birlikte, günümüzde değişken hızlı elektromekanik dönüştürücülerin iki konfigürasyonu dikkat çekmektedir: Güç elektroniği doğrudan tahrikli senkron jeneratör ve çift beslemeli endüksiyon jeneratördür (Ahmad (2009), Nejad vd (2022)).

Bir rüzgâr türbini tarafından üretilen elektrik enerjisi esas olarak rüzgârın hızına bağlıdır. Rüzgâr hızının nominal rüzgâr hızından düşük olduğu durumlarda maksimum güç aktarım yöntemleri tercih edilirken, rüzgâr hızının nominal rüzgâr hızından düşük olması durumunda hatve açısı kontrol edilerek rüzgâr türbini çıkışından nominal güç değerine yakın değerler elde edilebilir. Rüzgâr türbininin uzun yıllar dayanıklılığını ve sürdürülebilir elektrik enerjisi üretimini sağlamak için hatve açı kontrolü uygulanmaktadır (Ahmad, (2009), Nejad, vd (2022)).

Bu çalışmada rüzgâr türbininde hatve açısı kontrolü, doğru akım servo makine ve rüzgâr türbini matematiksel modelleri oluşturularak tasarlanmıştır. Denetim algoritması olarak geleneksel PID denetleyici ve Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) kullanılmıştır. PID denetleyici yapısal olarak basit, düşük maliyet ve tasarım kolaylığı açısından tercih edilmiştir. PID parametreleri Ziegler-Nichols teoremiyle hesaplanmıştır. Tasarım esnasında PID denetleyicileri sistem parametreleri açısından yetersiz kalmakta ve çıkışından alınan değerler bozulmalardan yüksek oranda etkilenmektedir. Buna ek olarak tasarlanan BMD, sistem parametrelerinden etkilenmeyen kararlı bir denetleyici olduğu gözlenmiştir. BMD tasarımının gerçekleştirilmesiyle kolektif hatve açısı kontrolü için literatüre katkı sağlanmıştır. PID ve BMD ile rüzgâr türbinin kolektif hatve açısı kontrolü işlemi MATLAB/ Simulink ortamında simülasyonu yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi tasarlanan rüzgâr türbini ve değişken rüzgâr hızlarında, hatve açısı ve rüzgâr türbini güç kontrolü için gerçekleştirilmiştir.

### 1.1. Literatür Taraması

Poureh ve arkadaşları, kazanç çizelgeleme yönteminin endüstriyel uygulamalardaki çalışma noktası değişimlerine karşı rüzgâr türbini denetleyici performansını ayarlamak için geleneksel bir yaklaşım haline geldiğini vurgulamışlardır. Programlama fikri karmaşık görünmese de araştırma makalelerinde ve teknik raporlarda bulunan çeşitli konfigürasyonlar yanlışlık göstermektedir. Bu makale, literatürde bulunan rüzgâr türbini olan NREL 5-MW'yi seçerek ve literatürde mevcut çeşitli kontrolör konfigürasyonlarına atıfta bulunarak hatalı kontrolör gerçekleştirmenin etkisini anlatmaktadır. Doğrusal olmayan bir analiz gerçekleştirerek, denetleyici performansını bozabilecek veya orijinal tasarımdan farklı performans indekslerine sahip denetleyici yapılarına yol açabilecek yanlış gerçekleştirmelerden gizli terimlerin ortaya çıktığı gösterilmiştir. Bu sorunu çözmek için, kazanç programlı denetleyicinin amaçlanan performansını korumak için dört uygulama değişikliği sunulmuştur. Makale temel kazanç programlı PI denetleyicisine odaklanmış olsa da modifikasyonlar keyfi adım kontrol sistemlerine genelleştirilmiştir. Hatve açısı tabanlı ve rüzgâr hızı tabanlı kazanç programlı temel kontrolörler için FAST kodunun tam sıralı dinamikleri ile simülasyonlar ve daha karmaşık kazanç programlı kesirli sıralı PI kontrolörü sunulan analiz sonuçları elde edilmiştir (Poureh, vd (2023)).

Jiang ve arkadaşları, Arşimet Optimizasyon Algoritması (AOA) isimli, birkaç parametre, anlaşılması kolay bir arayüz ve kolay uygulama dahil olmak üzere çeşitli avantajlar sunan yeni bir meta sezgisel algoritma sunmuşlardır. Yine de bazı dezavantajlar mevcuttur, keşif kapasitesi için çeşitlilik eksikliği, yerel optimum noktası bulunmasında zorluk bunlara örnek verilebilir. Bu çalışma,

küresel optimizasyon problemleri ve rüzgâr türbini parametre ayarlama- değişken hatve kontrolör problemi için paralel ve Taguchi yöntemine (TPAOA) dayalı yeni bir AOA varyantı önermektedir. İletişim stratejisine sahip paralel mekanizma ve Taguchi ortogonal kombinasyonu, AOA'nın dezavantajlarıyla ilgilendir. Deneysel sonuçlar, önerilen algoritmanın CEC2017 test takımı altındaki diğer algoritmalarından daha rekabetçi olduğunu göstermektedir. Değişken hatveli kontrolörün parametre ayarlama zorluğunun rüzgâr türbini problemi TPAOA uygulanarak çözülmüştür. Karşılaştırılan çözüm sonuçları, TPAOA'nın fizibilitesinin, rüzgâr türbinlerinin çıkış gücünü pürüzsüz hale getirdiğini ve rüzgâr hızı dalgalanmalarının yüksek fizibiliteye sahip elektrik şebekesi üzerindeki etkisini azalttığını kanıtladığını göstermektedir (Jiang, vd (2023)).

Shen ve arkadaşları, değişen rüzgâr ortamında küçük kaldırma tahrikli dikey eksenli rüzgâr türbinleri için yüksek güç üretiminin sürdürülmesi, öngörülemeyen türbülanslı akış-kanat etkileşiminden ve karmaşık kanat müdahalelerinden miras alınan zorluklar nedeniyle henüz iyi çalışılmadığı belirtmişlerdir. Burada, etkin bir programlanabilir dört çubuk bağlantı mekanizması kullanılan hızlı bir çevrimiçi takviye öğrenme adım kontrolü önerilmiştir, bu da türbinlerin rüzgâr değişikliklerine hızlı bir şekilde uyum sağlamasını ve operasyonda yüksek güç çıkışını korumasını mümkün kılmaktadır. Atış mekanizmasını, değişken çerçeve bağlantı uzunluğuna sahip bir sürüküle-bağlantı konfigürasyonu kullanarak bir optimizasyon problemine formüle edilmiş ve bunu geniş bir uç hız oranları aralığında iç nokta algoritması ile çözülmüştür. Ardından, türbinin çerçeve bağlantı uzunluğunu uyarlamalı olarak ayarlaması için bir parametre keşfedicisiyle gradyan takviye öğrenme yöntemi tasarlanmıştır. Tasarım, bütün bir eğim yörüngesini tasvir etmek için gereken parametre sayısını önemli ölçüde azalttığından, önerilen çevrimiçi öğrenme süreci hızlı bir şekilde birleşebilir ve bu da onu kentsel bir ortamda karmaşık rüzgâr koşullarının üstesinden gelebilecek hale getirebilir. Yapılan karşılaştırmalarda, önerilen sistemimizin üstün bir performansa sahip olduğunu göstermiştir (Shen, vd (2023)).

Yuan ve arkadaşları, büyük ölçekli rüzgâr türbinlerinin sürdürülebilir operasyonlarına yönelik talep, kanat açısı kontrolü yoluyla güç düzenlemesi ve yük azaltmanın eşzamanlı olarak ilerlemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Geleneksel toplu adım kontrolü (CPC) mekanizmaları yalnızca simetrik bozulmalarla başa çıkabilir. Bireysel hatve kontrolünün (IPC) ortaya çıkışı, kanatlar üzerindeki asimetrik veya periyodik yükleri azaltmak için yeni fırsatlar sunar. Bununla birlikte, kontrol sentezindeki zorluklar devam etmektedir. IPC'nin gerçekten etkili olması için türbin bileşenleri arasındaki karmaşık dinamik bağlantının hesaba katılması gerekir. Ayrıca, rüzgâr türbini dinamiği oldukça doğrusal değildir ve önemli modelleme belirsizlikleri mevcuttur. Bu çalışmada, periyodik yükleri reddetmeyi amaçlayan çok değişkenli sağlam bir IPC çerçevesi geliştirilmiştir. Bıçaklar arası kuplaj, frekans alanında yanıt özellikleri sağlamak için açıkça modellenmiştir. Daha sonra, periyodik yüklerle başa çıkma konusunda belirgin yetenek gösterdiği için yapılandırılmış tekil değerler (m)-sentez stratejisi benimsenmiştir. Özellikle, moment işlevleri, garantili sağlamlık ile periyodik frekanslarda yanıt zirvelerini bastırmak için uyarlanabilir. Sistematik vaka incelemeleri, önerilen IPC stratejisiyle, hızla değişen rüzgâr alanlarında önemli periyodik yük azaltmanın yanı sıra yorulma azaltmanın sağlanabileceğini göstermektedir (Yuan, vd (2020)).

Civelek, son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin arttığını ve popüler bir çalışma alanı haline geldiğini ifade etmiştir. Nominal rüzgâr hızlarının üzerindeki rüzgâr hızlarında, rüzgâr türbinlerinin güvenli çalışmasını ve çıkış gücünün sabit olmasını sağlamak için kanat hatve açısı kontrolü önermektedir. Rüzgâr türbinleri doğrusal olmayan sistemler olduğundan, kanat hatve açısı denetleyicisi de bu gibi durumlar için uygun olmalıdır. Bu açıdan, bulanık mantık denetleyicisi bu tür doğrusal olmayan sistemleri denetleyebilir ve rüzgâr türbini kanat kontrolleri için uygun bir denetleyici sistemidir. Bu çalışmada, rüzgâr türbini kanatlarını kontrol etmek için tasarlanmış bulanık mantık denetleyicisi geliştirilmiş bir genetik algoritma ile optimize edilmiştir. Gelişmiş Akıllı Genetik Algoritma'nın (AIGA) performansını artırmak için yeni özellikler eklenmiştir. Bunlardan biri kabul edilebilir hata kavramının (AEC) eklenmesidir. İkiliden ondalık ve ondalıktan ikiliye dönüştürme, bu kabul edilebilir hatanın miktarına göre gerçekleştirilir. Yaklaşık bir değer elde edilebilse de, ondalıktan ikiliye dönüştürme, özellikle ondalık değeri izleyen basamaklar için doğru bir şekilde gerçekleştirilmeyebilir. Bu yanlışlıklar, özellikle ikili geri IGA'da ondalıktan ondalık dönüştürme sırasında küçük hatalara neden olabilir. Bu, AIGA'da uygulanan AEC tarafından kaldırılır. Ayrıca, AIGA'daki maksimum geçiş noktası sayısı kromozom uzunluğunun bir fonksiyonu olarak belirlenir. Simülasyon sonuçları, optimizasyonun çıkış gücünü daha da iyi hale getirdiği gözlemlenmiştir (Civelek, vd (2020)).

Chang ve arkadaşları bütünlük bir tahmine dayalı ileri ve geri bildirim kontrol stratejisi önermiş ve tahmin edilen değeri ileri yönde kontrol cihazının referans değeri olarak kullanmıştır. Rüzgâr koşullarında büyük değişikliklere sahip rüzgâr türbininde, hatve açısı gerçek zamanlı olarak değişmemiş ve geri bildirim kontrol sinyali sorunu oluşmuştur. Tasarlanan denetleyici stratejisi, dağıtılmış paralel ateş böceği algoritması (DPFA) tarafından optimize edilen geri bildirim denetleyicisi ile birlikte tahmine dayalı bir denetleyici sistemidir. Değişken hatve açısı, rüzgâr türbininin düşük dalgalanma seviyesinde güç çıkışına ulaşmak için hatve açısını değiştirmiştir. Son olarak, bu makalede önerilen algoritmalar ve kontrol stratejileri Megawatt seviyesindeki rüzgâr türbinlerine uygulanmış ve geleneksel kontrol stratejileri ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları, tahmine dayalı ileri ve geri yönde kontrol stratejisinin daha iyi bir denetim etkisine sahip olduğunu göstermektedir (Chang vd, (2021)).

Elsisi ve arkadaşları, rüzgâr hızı dalgalanmaları ve yük talebi değişimlerinin rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemlerine (WECS) büyük zorluklar çıkardığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, verimsiz ölçüm cihazları ve çevresel etkiler (örneğin sıcaklık, nem ve gürültü sinyalleri) sistem ekipmanlarını etkiler ve sistem belirsizliği sorunlarının artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, iletişim kanalları nedeniyle zaman gecikmesi, iletilen kontrol sinyali ile WECS işlemi için kararsızlığa neden olan sistem ve WECS arasında bir iletişimsizlik problemi oluşturabilmektedir. Bu sorunları çözmek için makalede geleneksel denetleyiciler yerine WECS'in hatve açısı kontrolü için etkili bir denetleyici tekniği olarak uyarlanabilir bir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) önermektedir. Bununla birlikte, ANFIS

etkili performans sağlaması için üyelik işlevlerini ayarlamak, eğitim ve test için uygun bir veri kümesi gerektirmektedir. Bu bağlamda, makale çalışması ayrıca ANFIS denetleyicisinin eğitimi ve testinin gerçekleştirilmesi amacıyla yeterli bir veri kümesi hazırlamak için etkili bir strateji önermiştir (Elsisi vd, (2021)).

## 2. Rüzgâr Türbini

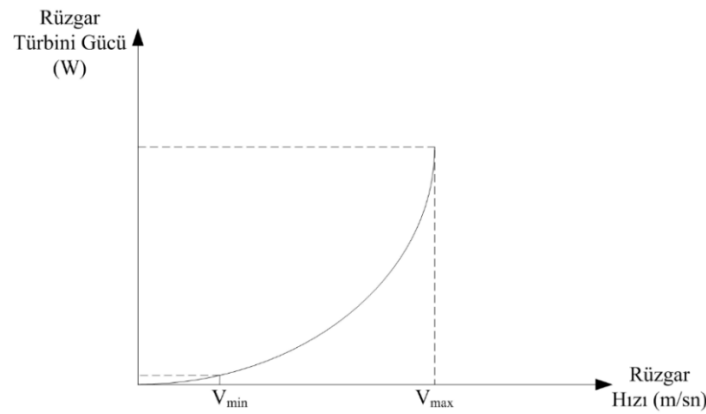
Bir rüzgâr türbini tarafından elde edilen güç oranı, rüzgâr türbini kanatları ile rüzgârın etkileşimine bağlıdır. Bu nedenle, bir rüzgâr türbininden elde edilen güç, rüzgâr hızındaki değişimlere değil, sabit rüzgâr hızına bağlıdır. Rüzgâr türbinin gücünün performansının hava yoğunluğuna, rüzgâr hızına ve kanat tarafından süpürülen alana bağlı olduğu Eşitlik (1)'de verilmiştir. Literatür taramaları, maksimum performans katsayısının %50'den yüksek olduğunu göstermektedir. Güç faktörü ( $C_p$ ) olarak ifade edilir. Kanat hızı, kanat ucunun doğrusal hızı ile rüzgâr hızı arasındaki ilişki olarak tanımlanır (Phasa vd., (2016), Lüy vd., (2022)).

$$P_{max} = \frac{1}{2} * C_p(\lambda, \beta) * \rho * A * v_m^3 \quad (1)$$

$$C_p(\lambda, \beta) = c_1(\beta) * \lambda^2 + c_2(\beta) * \lambda^3 + c_3(\beta) * \lambda^4 \quad (2)$$

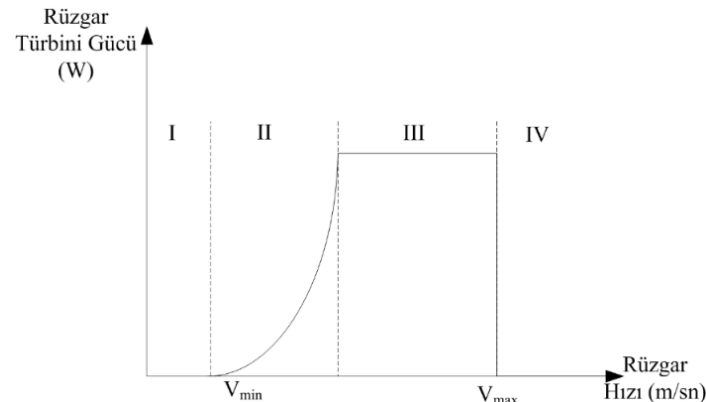
$$\lambda(\omega, V_w) = \frac{R * \omega}{V_w} \quad (3)$$

Eşitlik (2) ve Eşitlik (3)'te  $V_w$  rüzgâr hızı,  $\rho$  hava yoğunluğu,  $A$  rüzgâr türbinin rotorun kesiti,  $\beta$  hatve açısı,  $\lambda$  ise uç hız oranı,  $C_p$  güç katsayısıdır,  $R$  rüzgâr türbinin kanadının yarıçapı,  $\omega$  rüzgâr türbini için açısal rotor hızı olarak tanımlanır. Hatve açısı kontrolü olmadan rüzgâr hızına göre rüzgâr türbinin güç değişimi Şekil-1'de gösterilmiştir (Phasa vd., (2016), Lüy vd., (2022)).



Şekil 1. Hatve Açısı Kontrolü Olmadan Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Türbini Güç Eğrisi

Rüzgâr türbini güç üretimi dört bölge ile karakterize edilir. Birinci bölgede rüzgâr hızı başlangıç hızından düşük olduğu için türbin güç üretmez. Türbin tarafından ikinci bölgede üretilen güç, kanatların yakaladığı rüzgâr hızına bağlıdır; bu bölge maksimum rüzgâr gücünü üretmek için türbinin kontrol edilmesi gereken alandır. Üçüncü bölgede, türbin tarafından sağlanan gücün nominal güce eşit olması için şaftın dönüş hızı sabit kalmalıdır. Türbin 4. bölgeye ulaşırsa koruma koşulları için durdurulmalıdır. Rüzgâr türbinin çalışma bölgeleri Şekil-2'de gösterilmiştir (Bakdi vd., (2019), Lüy vd., (2022)).



Şekil 2. Rüzgâr Türbini Çalışma Bölgeleri



## 2.1. Hatve Açısı Denetimi

Değişken rüzgâr hızı türbin jeneratörünün çıkış gücü rüzgâr hızına göre değişir, bu nedenle çıkış voltajı ve frekansı değişir. Değişken hızlı rüzgâr jeneratörü çıkışının var olan yükü beslemeye uygun hale getirilmesi için kontrol edilmesi gerekmektedir. Yüksek rüzgâr hızlarının sık olmadığı yerlerde, rüzgâr türbininin çıkış gücünü sabit olarak tutmak sürdürülebilir enerji için oldukça önemlidir. Bu gücü sınırlandırmak ve istenen seviyede tutmak için hareketlendirici sistemler için doğru akım servo makine tercih edilir. Doğru akım servo motorun transfer fonksiyonu Eşitlik (4)'te verilmiştir (Lüy vd., (2022), Civelek., (2014)).

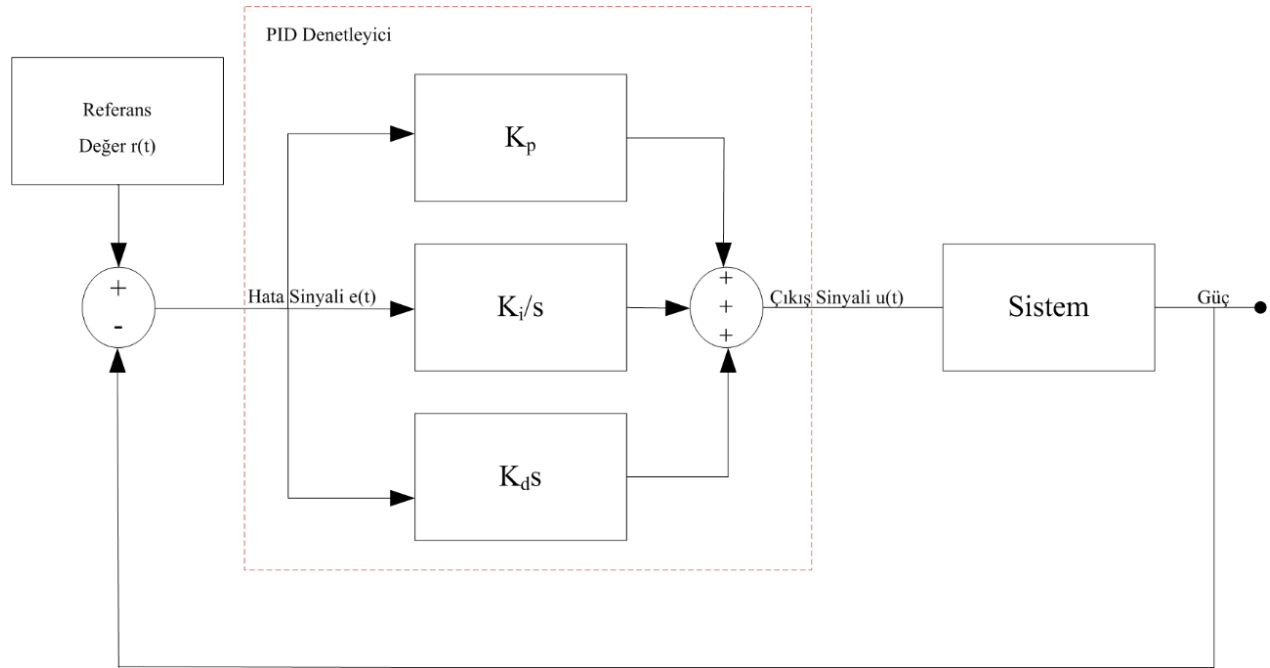
$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad (4)$$

## 3. PID Denetleyici

PID kontrolör endüstriyel alanlarda ve enerji üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir denetleyici yöntemidir. Bu yöntem, sistemde çıkışından devamlı olarak geri bildirim sinyali almaktadır. Tasarlanan denetleyici belirlenen süre zarfında referans değer ile kontrol edilen değer arasındaki hata değeri ( $e(t)$ ) hesaplanır ve hatayı sıfıra indirmek için çıkış sinyali üretir. Genel olarak, bir kapalı döngü denetleyici yapısında, sistem çıkış sinyalinin ( $u(t)$ ), minimum yükselme ile mümkün olan en kısa zaman zarfında bir referans değerine ( $r(t)$ ) çıkması amaçlanır. Ayrıca çıkış sinyali ( $u(t)$ ) bu referans değerinde ( $r(t)$ ) harici bozulmalara rağmen dayanabilmelidir. Bu durum denetleyicinin dayanıklılığı olarak tanımlanır. PID denetleyicisi hata değerini girdi olarak alır ve oransal (P), integral (I) ve türev (D) operatörlerini kullanarak elde edilen sonuçları toplayarak denetleyici sinyalini ( $u(t)$ ) bulur. Son olarak, denetleyici sinyali sisteme uygulanır. Böylece hata değerinin sıfıra yaklaşması amaçlanmaktadır. PID denetleyicinin transfer fonksiyonu Eşitlik (5)'te verilmiştir (Lüy vd., (2022), Civelek., (2014)).

$$K(s) = K_p * \left[ 1 + \frac{1}{T_i(s)} + T_d(s) \right] \quad (5)$$

Şekil 3, bir kapalı döngü PID denetleyici blok şemasını göstermektedir.



Şekil 3. PID Denetleyici Blok Şeması

### 3.1. Ziegler-Nichols PID Katsayısı Ayarlama Yöntemi

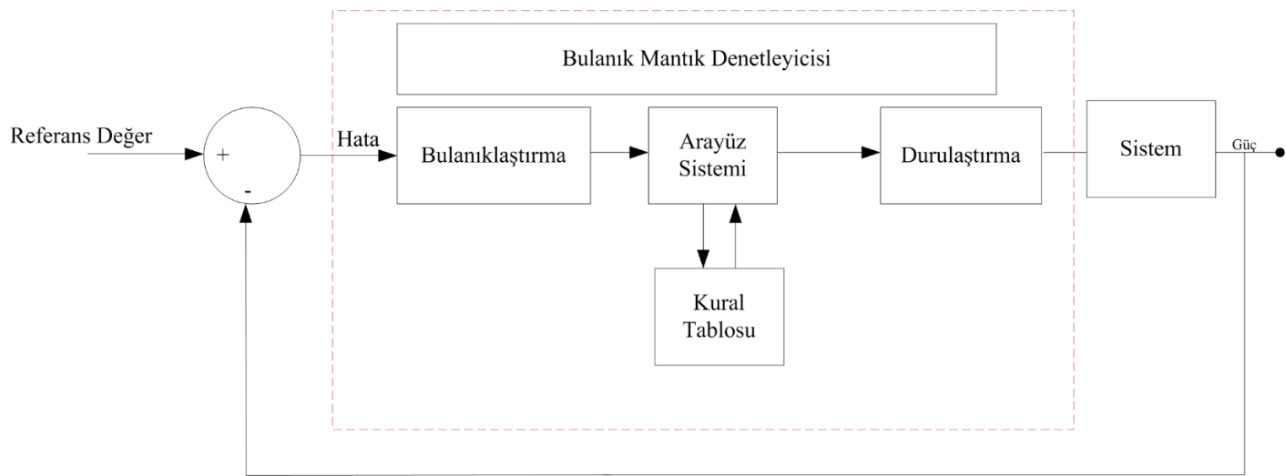
Ziegler ve Nichols tarafından sunulan yöntem, çarpışma testlerinden alınan açık döngü adım yanıtları biçimindeki süreç bilgilerine dayanmaktadır. Bu yöntem, modelleme ve kontrole dayalı geleneksel bir yöntem olarak kabul edilir. Ziegler-Nichols denetleyici katsayı ayarlama kuralı, kapalı döngü sistem referans değerine göre sistem yükü bozulmalarını ve varyasyonlarını optimum şekilde ayarlamak için geliştirilmiştir. Bir sistem modeli fiziksel olarak türetilmiyorsa, yaklaşım modelinin parametrelerini ayarlamayı deneyebilirsiniz. Sistemin birim adım yanıtı deneysel olarak ölçülebiliyorsa, k, sağlama süresi (L) ve geçiş süresi (T) parametreleri kullanılarak PID katsayıları ayarlanmaktadır. Tablo 1, Ziegler-Nichols katsayı ayarlama yöntemi için denetim parametrelerinin belirlenmesini göstermektedir (Lüy vd., (2022), Civelek., (2014)).

**Tablo 1.** Ziegler Nichols yöntemiyle P-PI-PID Parametre Ayarlama

Kontrolcü Seçimi	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	T/L	-	-
PI	0.9T/L	L/0.3	-
PID	1.2T/L	2L	0.5L

#### 4. Bulanık Mantık Denetleyici (BMD)

Bulanık mantık ilk olarak 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Bulanık sistem, insanın muhakemesine benzer bir yaklaşımı olan bulanık mantığa dayanmaktadır. Temel özelliği, denetimli sistem için karmaşık bir matematiksel model gerektirmemesidir. BMD'nin endüstride kullanılması geleneksel denetleyicilere göre faydalı olmuştur. BMD geleneksel denetleyicilere göre benzer sonuçları verebilir. BMD'nin özellik değiştirme kapasitesi, onu geleneksel kontrol tekniklerine bir alternatif olarak kapsamlı bir denetleyici yapısı sunmaktadır. Şekil 4'te gösterildiği gibi, bulanık denetleyici dört bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler bulanıklaştırma, bulanık kurallar, ara yüz ve durulaştırma olarak adlandırılır. Bulanıklaştırma alınan dijital sinyali dilbilimsel işaretlere dönüştürür. BMD sistemlerinde üyelik fonksiyonlarının belirlendiği kısım bulanıklaştırma kısmı olarak tanımlanır. Kural tablosu giriş ve çıkış için belirlenen üyelik fonksiyonları arasında ilişki kurmaya yarar. Ara yüz giriş ve çıkışların arasında kurulan bağlantının tek bir davranış yapısına ait olmasını sağlayan yapıya denir. Ara yüze örnek olarak Mamdani ve Tagaki-Sugeno tipleri örnek verilebilir. Durulaştırma ise sistemden alınan dilbilimsel işaretlerin sistemin denetlenebilmesi için dijital sinyallere dönüştürüldüğü kısımdır (Mastacan vd., (2018), Saihi vd., (2019), Elfergani vd., (2018), Kharchouf vd., (2018)).

**Şekil 4.** BMD Blok Şeması

##### 4.1 Mamdani Bulanık Ara Yüzü

Birincil olarak Mamdani bulanık ara yüzü kullanım açısından diğer ara yüzlere göre kolay tasarlanır. Tasarım kolaylığından BMD kullanımı yaygındır. Bu kullanım yaygınlığı diğer ara yüzlere göre avantaj sağlamaktadır. İkincisi göz önüne alındığında, Mamdani tipi bulanık ara yüzlerin yapısının birkaç ilginç özellik gösterdiği açıkça fark edilmektedir. Bir yandan, dilbilimsel işaretli bulanık kurallar belirlenmesine uzman bilgisini dahil etmek için olanak sağlar. Bu bilgi, sistem girişi ve çıkışı arasındaki ilişkiyi tanımlayan veri kümelerinden otomatik olarak oluşturulan kurullarla kolayca birleştirilebilir. Öte yandan, tek ve basitleştirilmiş bir tür bulanık çıkarım uygulayan Tagaki-Sugeno bulanık ara yüzünün aksine, bulanık mantık temelli muhakemenin gücünden tam olarak yararlanan bulanık çıkarım mekanizması için birçok farklı tasarım sorunu vardır. Ayrıca, Mamdani tipi bulanık ara yüzler bilgiyi formüle etmek için oldukça esnek bir araç sağlarken, aynı zamanda uygun bir tasarım geliştirildiği sürece yorumlanabilir kalırlar. Bununla birlikte, Mamdani bulanık ara yüzler çeşitli avantajlara sahip olsalar da bazı dezavantajlara da sahiptirler. Ana dezavantajlarından biri, bazı karmaşık, yüksek boyutlu sistemleri modellerken doğruluk eksikliğidir. Bu, bulanık kural yapısına katı kısıtlamalar getiren dilbilimsel değişken kavramının esnek olmamasından kaynaklanmaktadır. Tanımlayıcı, artan model karmaşıklığı pahasına elde edilir. Bu, girdi ve çıktı uzaylarının katı bir şekilde bölünmesinin bir sonucu olarak, bir sistemi belirli bir doğruluk derecesine (özellikle birçok girdi değişkeni ile) yaklaşmak için birçok kuralın gerekebileceği anlamına gelir (Mastacan vd., (2018), Saihi vd., (2019), Elfergani vd., (2018), Kharchouf vd., (2018)).

İkinci nedenlerden dolayı, Mamdani tipi bulanık ara yüzlerin doğruluğunu artırmak amacıyla klasik dilbilimsel bulanık kural yapısında onu esnetmek için bazı uzantılar düşünülmüştür. En aşırı genişleme, klasik ızgara tabanlı olanlar yerine dağınık bulanık bölümlerin kullanımını içerir, öyle ki her bir kuralın kendi anlamı vardır (kendi bulanık kümeleriyle ilişkilidir). Dağılımlı bulanık bölümler, ızgara tabanlı olanların katı girdi alanı bölümlenmelerine tabi olmadıklarından, doğru bulanık modeller oluşturmak için elbette daha uygundur. Bu nedenle, gerçek bir sistemi istenen doğruluk derecesine yaklaştırmak için gereken bulanık kuralların sayısı daha az olabilir. Bununla birlikte, her kuraldaki her bulanık kümeye farklı bir dilsel terim atanması gerektiğinden, güçlü bir yorumlanabilirlik azalması taşır,lar,

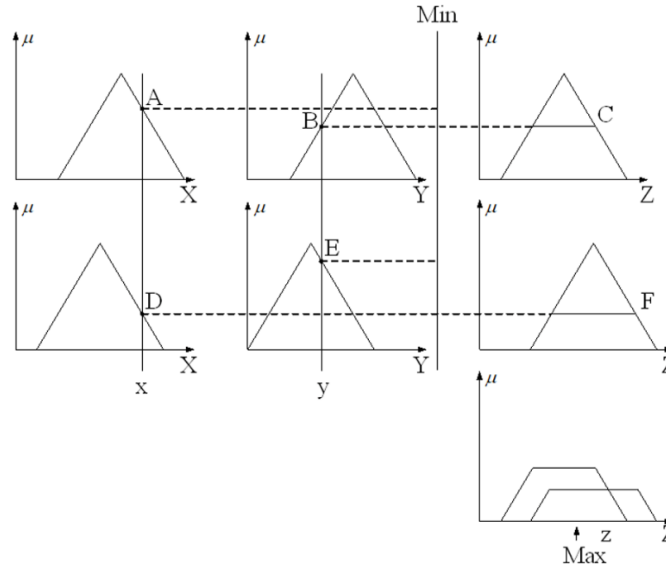
böylece klasik Mamdani bulanık ara yüzler küresel anlamını kaybederler. Bu nedenle, okunabilir ve ayırt edilebilir kurallar ancak kompakt bulanık kurallar göz önüne alındığında ve onları oluşturan çok sayıda benzer bulanık küme olmadığında elde edilebilir. Mamdani tipi bulanık kural yapısının bazı diğer uzantıları, küresel anlambilimini koruyarak ve dolayısıyla genel anlamda daha yorumlanabilir olarak önerilmiştir. Bunlar çift sonuçlu kurallar, ağırlıklı kurallar ve dilsel korumalara sahip kurallar içerir. Tüm durumlarda, dilsel değişken kısıtlamaları, elde edilen dilsel bulanık işlemlerin doğruluğunu artırmak için daha yüksek serbestlik dereceleri elde edilerek esnetilebilirler. Eşitlik (6) ve Eşitlik (7)' de iki kurallı Mamdani bulanık ara yüzü eşitlik çıkış denklemi verilmiştir (Mastacan vd., (2018), Saihi vd., (2019), Elfergani vd., (2018), Kharchouf vd., (2018)).

$$\text{Eğer } X = A \text{ ve } Y = B, \quad f_1 = C \quad (6)$$

$$\text{Eğer } X = D \text{ ve } Y = E, \quad f_1 = F \quad (7)$$

Kural tablosu Eşitlik (6) ve Eşitlik (7)' deki gibi tanımlanırsa

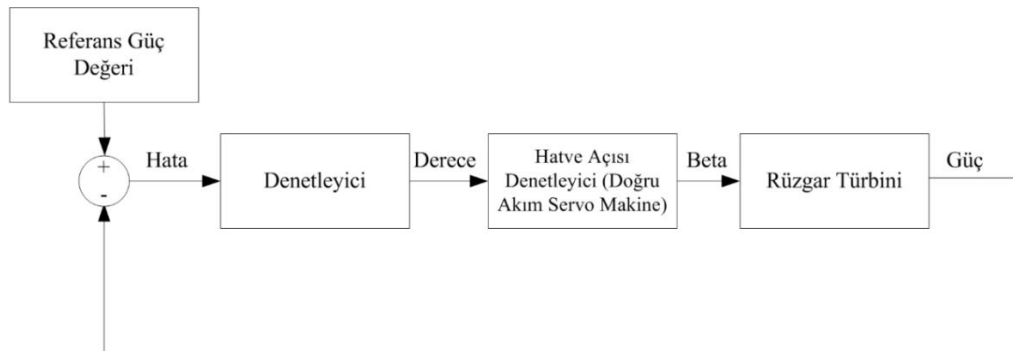
İki girişli Mamdani bulanık arayüzü kullanılarak maksimum ve minimum işlemlerinin gerçekleştirilmesi Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. İki girişli Mamdani bulanık arayüzü kullanılarak maksimum ve minimum işlemlerinin gerçekleştirilmesi

## 5. Sistem Tasarımı

Sistem temel olarak 3 ana bölgeden oluşmaktadır. Bunlar Denetleyici, Hatve Açısı Denetimi ve Rüzgâr Türbini olarak adlandırılmaktadır. Sistemde rüzgâr türbininden alınan çıkış gücü referans değeri ile karşılaştırılarak hata sinyali elde edilir. Elde edilen bu hata sinyali denetleyiciye iletilerek derece elde edilir. Elde edilen derece servo motora iletilerek hatve açısı denetim işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemler sonucunda Rüzgâr Türbini 3. Bölgede çalıştırılması amaçlanmaktadır. Sistem tasarımı blok şeması Şekil 6'da gösterilmiştir.

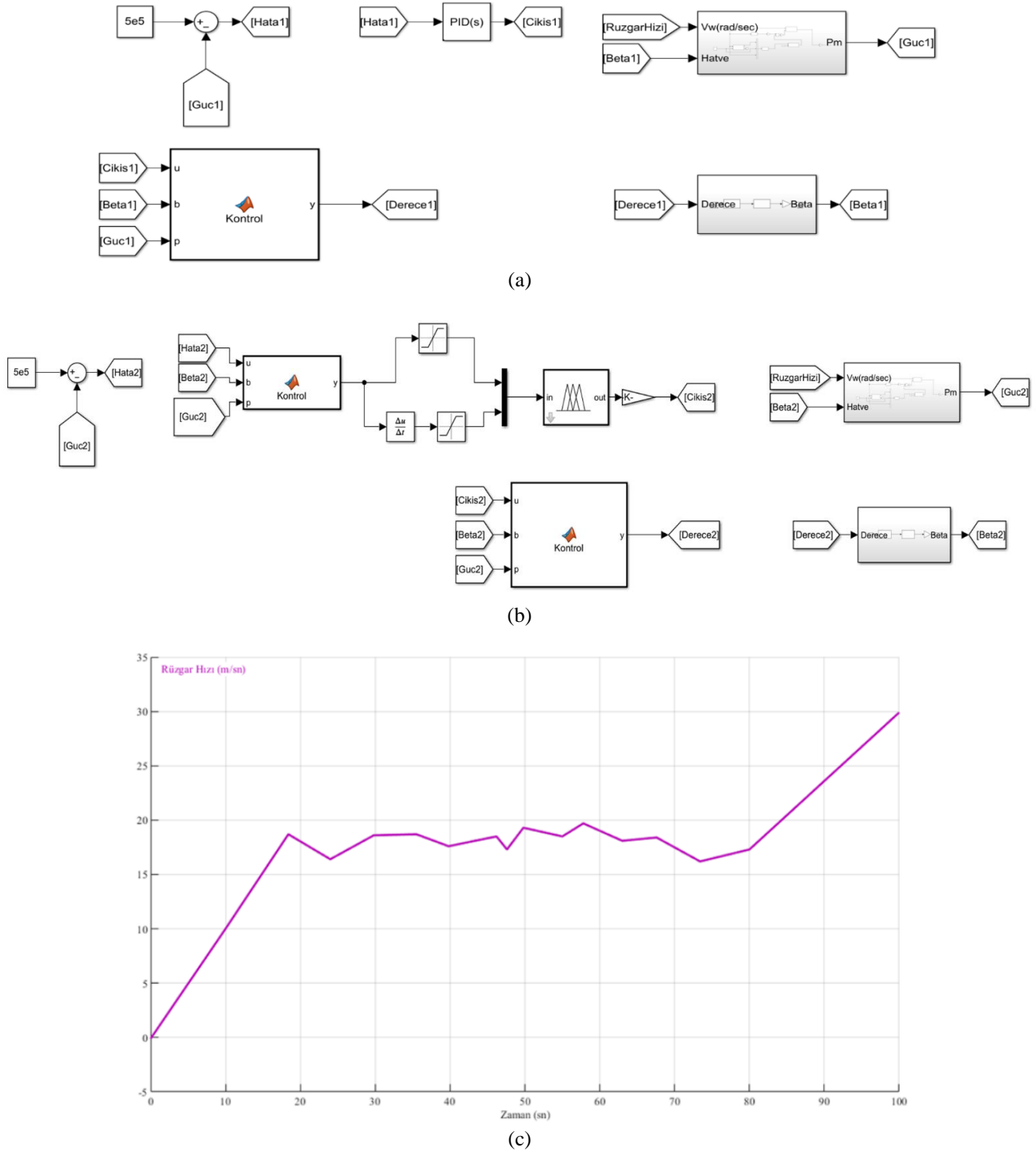


Şekil 6. Sistem Tasarımı Blok Şeması

## 6. Benzetim Sonuçları

Bu çalışmada değişken rüzgâr hızı uygulanan rüzgâr türbinin çıkışından istenen referans değerinde güç elde edilmesi amaçlanmaktadır. Değişken rüzgâr hızının istenen değere ulaşma süresi, değer üzerindeki dalgalanma miktarı Ziegler-Nichols ile katsayısı ayarlanan PID

ve BMD için alınarak MATLAB/ Simulink ortamında karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 7’de sistemlerin ve sistemlere uygulanan rüzgâr hızı MATLAB/Simulink şemaları gösterilmektedir.



Şekil 7. a) PID MATLAB/Simulink Şeması b) BMD MATLAB/Simulink Şeması c) Rüzgâr Hızı

Ziegler Nichols tablosundan hesaplanan PID denetleyici katsayıları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. PID Denetleyici Katsayıları

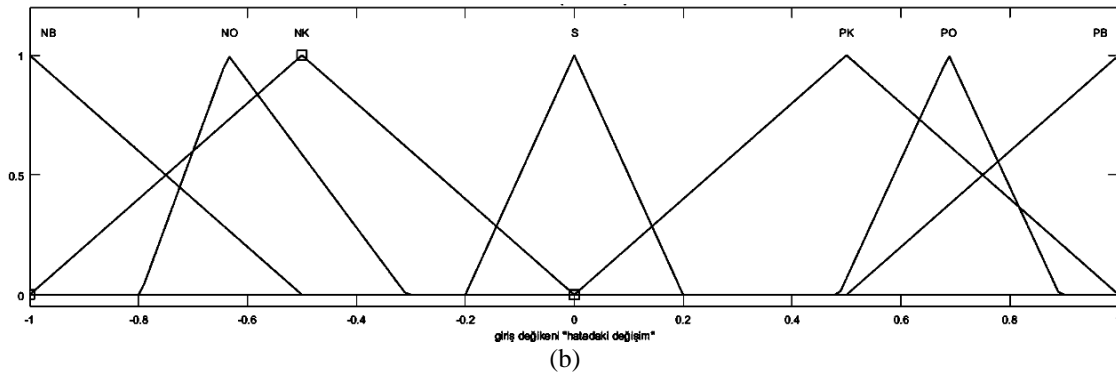
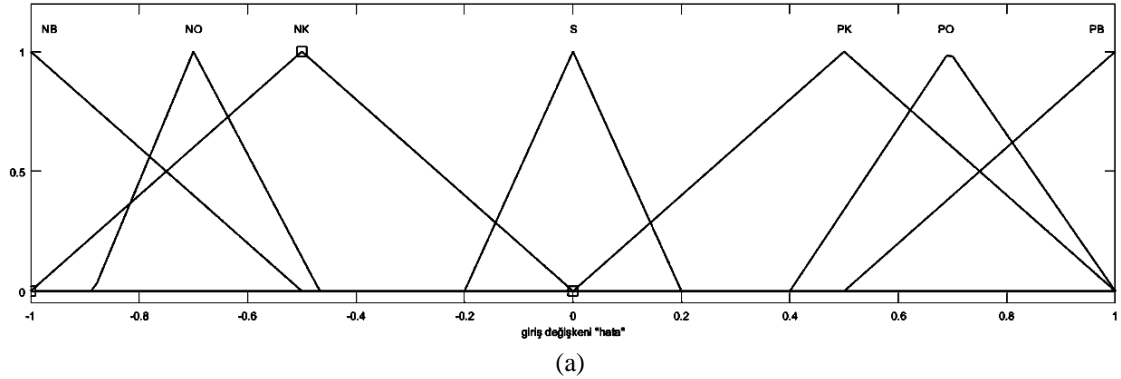
Kontrolcü Seçimi	$K_p$	$K_i$	$K_d$
PID	-1	-0.000001	-0.000001

Rüzgâr türbini matematiksel ifadeler yardımıyla MATLAB/Simulink ortamında oluşturulmuştur. Rüzgâr Türbinine giriş olarak belirlenen rüzgâr hızı ve hatve açısı, çıkış olarak belirlenen rüzgâr türbininin güç değeri belirlenmiştir. MATLAB/Simlink ortamında tasarlanan rüzgâr türbininin özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

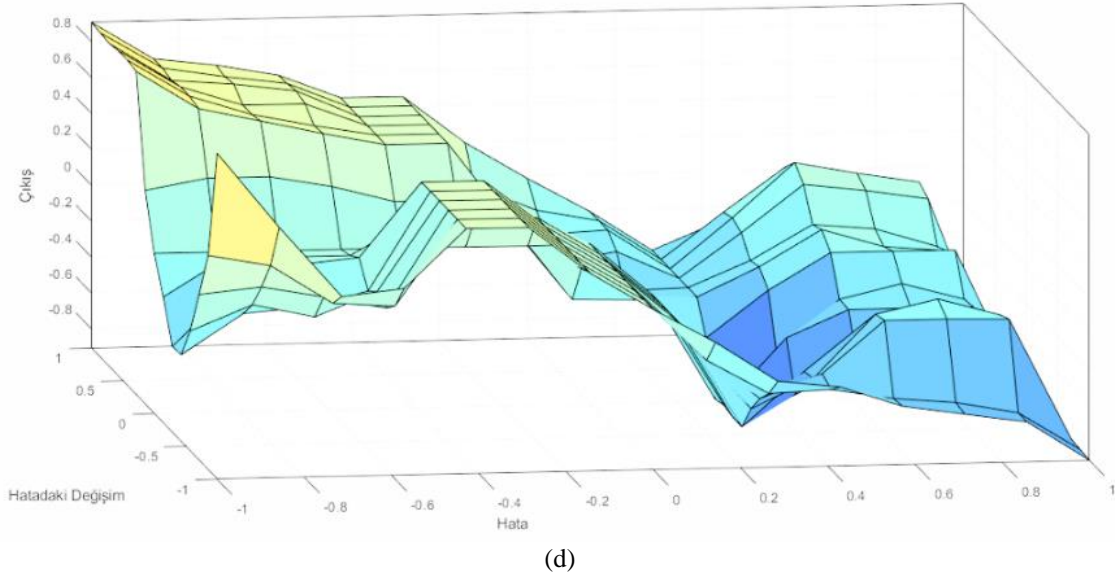
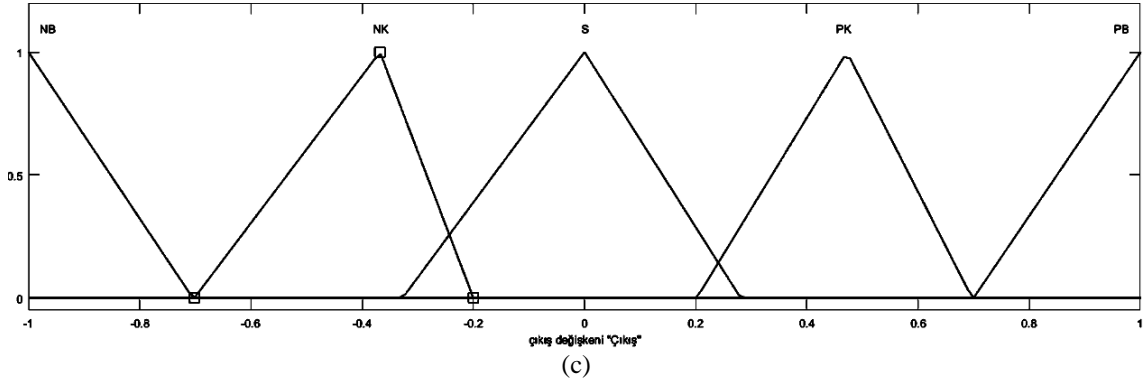
**Tablo 3. Tasarlanan Rüzgâr Türbini Özellikleri**

Tasarlanan Rüzgâr Türbini Özellikleri	
Nominal Çıkış Gücü	500 kW
Çalışma Durumu	Şebekeye entegreli
Rüzgâr türbinin çalışması için gerekli minimum rüzgâr hız	3 m/sn
Nominal rüzgâr hızı	12 m/sn
Rüzgâr türbinin çalışması için gerekli maksimum rüzgâr hız	25 m/sn
Rotor yarı çapı	24 m
Süpürme alanı	1810 m <sup>2</sup>
Kanat Sayısı	3
Nominal rotor hızı	30 rpm
Rotor hızı aralığı	10-30 rpm
Dişli kutusu oranı	1:50
Jeneratör sayısı	2
Jeneratör Tipi	Kalıcı Mıknatıslı Senkron Jeneratör
Jeneratör nominal çıkış gücü	250 kW
Jeneratör nominal devri	1500 rpm
Jeneratör gerilimi	690 V

Bu giriş işlevleri, üçgen üyelik fonksiyonları kullanılarak dilsel ifadelerle dönüştürülür. Sistem hatası ve hata değişimi -1 ile 1 arasında değişir. Çıkış değeri 0 ile 1 arasında değişir. Giriş üyelik fonksiyonları değişken aralıklarla 7 üyelik fonksiyonuna ayrılırken, çıkış üyelik fonksiyonları değişken aralıklarla 5 parçaya bölünmüştür. Bu üyelik fonksiyonları NB (Negatif Büyük), NO (Negatif Orta), NK (Negatif Küçük), S (Sıfır), PK (Pozitif Küçük), PO (Pozitif Orta), PB (Pozitif Büyük) olarak adlandırılır. Üyelik fonksiyonları ve BMD kural yüzeyi Şekil 8'de gösterilmiştir.



**Şekil 8. a) Hata b) Hatadaki Değişim c) Yüzey**



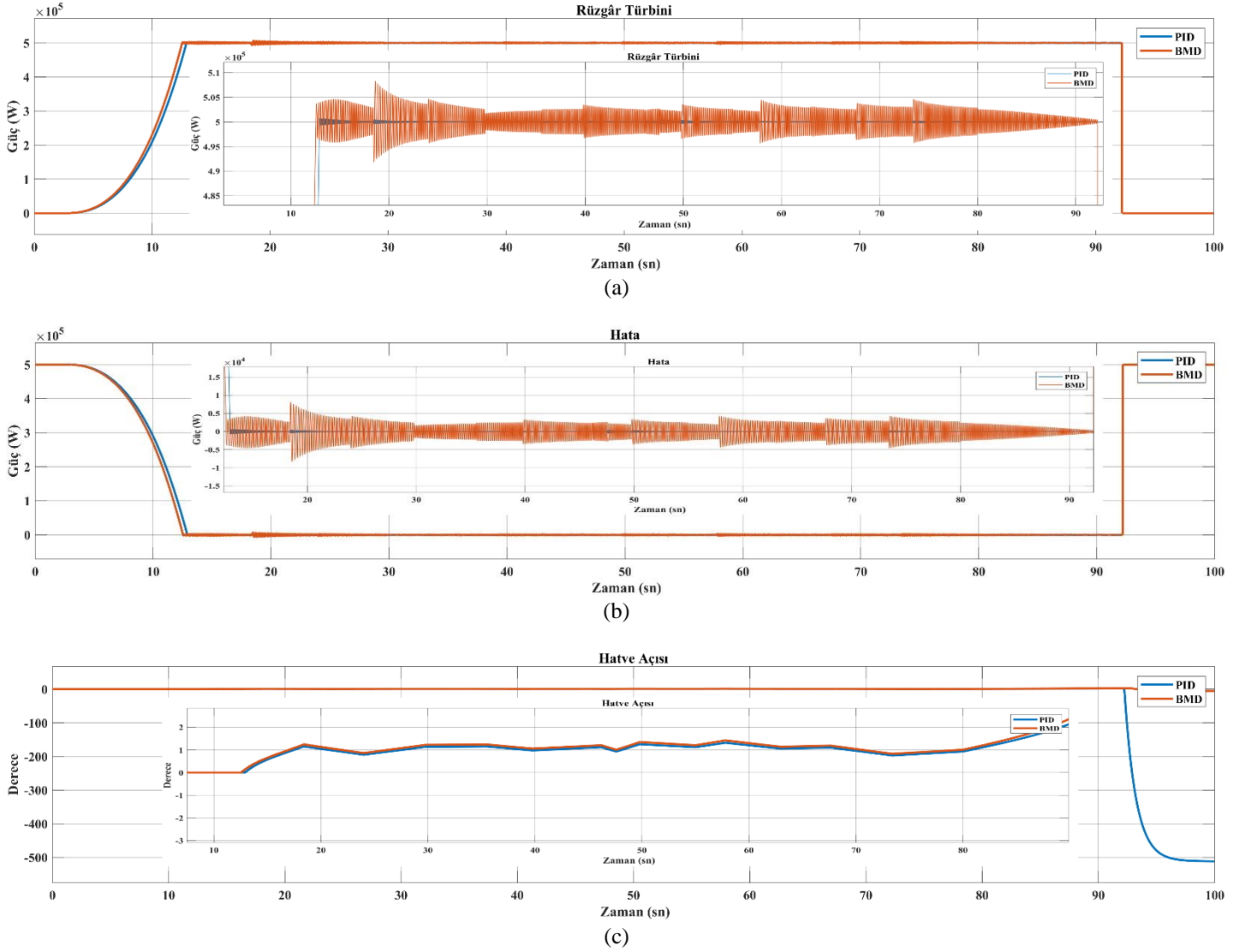
Şekil 9 (devam). a) Hata b) Hatadaki Değişim c) Yüzey

BMD kural tablosu Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. BMD kural tablosu

Error/Change of error	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NO	-	S	PB	-	PB
NO	PK	PK	-	S	PK	-	PK
NK	NB	NO	NK	S	PK	PB	PB
S	S	S	-	S	NO	NO	S
PK	NO	NB	-	NB	NO	-	NO
PO	NB	NO	PB	S	PK	PB	PB
PB	NB	NB	-	NB	NB	-	NB

Benzetim sonuçlarında, rüzgâr türbini gücünden elde edilen güç değeri ile referans değeri ile karşılaştırıldığında hata değeri oluşmaktadır. Bu hata değeri denetleyicilere gönderilir ve denetleyicilerin çıktısından gerekli ölçümler elde edilir. Elde edilen bu ölçüm doğru akım servo motora gönderilir. Bu işlemin sonucunda kanat hatve açısı oluşur. Kanat Hatve açısının değiştirilmesi, rüzgâra maruz kalan kanatların yüzeyini ayarlar ve rüzgâr türbininin güç çıkışını kontrol eder. Rüzgâr hızı, rüzgâr türbini gücü, hata değerleri ve hatve açıları Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 10. a) Rüzgâr Türbini Gücü b) Hata Değeri c) Kanat Hatve Açısı

## 7. Sonuç

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji alanlarında güç çıkış kontrolünde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir PID denetleyici ve kanat hatve açısı kontrolünde uzmanlık gerektiren BMD tasarımı gerçekleştirilmiştir. PID denetleyicide katsayıların değerlerinin ayarlanması, sistem çıkışının referans değerine yaklaştırılmasında önemli rol oynar. Birincil olarak, PID katsayı parametreleri Ziegler Nichols kullanılarak belirlenmiştir. İkincil olarak, BMD giriş ve çıkışları belirlenip üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Benzetim çalışması sonucunda rüzgâr türbini kanat açısı kontrol edilerek rüzgâr türbininden istenilen güç seviyesi elde edilmiştir. Tasarlanan rüzgâr türbini, rüzgâr hızı 3 m/s olduğunda herhangi bir güç üretimi gözlenmez. Rüzgâr 3m/s ile 25m/s arasında olduğu sürece 500kW elektrik üretir, 25m/sn üzerinde olduğunda denetleyici sistemler türbinin çalışmasını engelleyerek rüzgâr türbinini güç üretimini durduğu benzetim sonuçlarında gözlemlenmektedir. BMD, PID denetleyiciye göre referans güç değerinde yüksek salımlı değeri göstermektedir. Ancak referans güç değerine ulaşma süresinde daha kısa sürede ulaştığı benzetim sonuçlarından elde edilmiştir. BMD kanat hatve açısındaki değişimin PID denetleyiciye göre yüksek olması kanatların rüzgâra olan yönelimini artırarak rüzgâr türbinin sürdürülebilir güç üretimini artırdığı benzetim sonuçlarında gözlemlenmiştir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma mühendislik bilimleri araştırma ve geliştirme uygulamaları özel sayısı çağırısı kapsamında değerlendirilmiştir.

## Kaynaklar

Ahmed, R. T. (2009). "Design a position control of the blade pitch angle for variable speed wind turbine generators. Engineering and Technology Journal", 27(1681-6900).

- Bakdi, A., Kouadri, A., & Mekhilef, S. (2019). A data-driven algorithm for online detection of component and system faults in modern wind turbines at different operating zones. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 546-555, 10.1016/j.rser.2019.01.013.
- BTM Consult, (2001) "International Wind Energy Development; World Market Update 2000,".
- C. -K. Chang and S. -G. Zheng, (2021) "Combined Predictive Feedforward and Feedback Control for Blade Pitch of Wind Turbine," International Automatic Control Conference (CACCS), 2021, pp. 1-6, 10.1109/CACCS52606.2021.9639044.
- Civelek Z., Lüy M., Çam E., Barışçı N. (2014) "PI Kontrolör ile Rüzgâr Türbininin Hatve Açısının Kontrolü" ISEM2014, , Akademik Platform.
- Civelek, Z. (2020). "Optimization of fuzzy logic (Takagi-Sugeno) blade pitch angle controller in wind turbines by genetic algorithm. *Engineering Science and Technology, an International Journal*", 23(1), 1-9, 201904010.
- Elfergani, A., Elsharif, M. A., Hamd, R. H., Saad, S. M., El Nailly, N., & Mohamed, F. A. (2018). Advanced self-tuned pitch angle control based on fuzzy logic for grid connected variable-speed wind turbine system. In 2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC) (pp. 1-6). IEEE.
- EWE, (1999) "Wind energy - The Facts. "European Wind Energy Association, Brussels, Belgium".
- Jiang, S. J., Chu, S. C., Zou, F. M., Shan, J., Zheng, S. G., & Pan, J. S. (2023). A parallel Archimedes optimization algorithm based on Taguchi method for application in the control of variable pitch wind turbine. *Mathematics and Computers in Simulation*, 203, 306-327.
- Kharchouf, I., Essadki, A., Fdaili, M., & Nasser, T. (2018). Comparative study of MPPT and pitch angle using PI and fuzzy logic controllers. In 2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC) (pp. 1-6). IEEE.
- Lüy, M. & Metin, N. A. (2022). PID Control Medium Size Wind Turbine Control with Integrated Blade Pitch Angle . *International Scientific and Vocational Studies Journal* , 6 (1) , 22-31, 10.47897/bilmes.1091968.
- M. Elsisı, M.-Q. Tran, K. Mahmoud, M. Lehtonen and M. M. F. Darwish, (2021) "Robust Design of ANFIS-Based Blade Pitch Controller for Wind Energy Conversion Systems Against Wind Speed Fluctuations," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 37894-37904, 10.1109/ACCESS.2021.3063053.
- Mastacan, L., & Dosoftei, C. C. (2018). Temperature fuzzy control system with Mamdani controller. In 2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE) (pp. 0352-0356). IEEE, ICEPE.2018.8559861.
- Nejad, A. R., Keller, J., Guo, Y., Sheng, S., Polinder, H., Watson, S., ... & Helsen, J. (2022). "Wind turbine drivetrains: state-of-the-art technologies and future development trends". *Wind Energy Science*, 7(1), 387-411.
- Pahasa, J., & Ngamroo, I. (2016). Coordinated control of wind turbine blade pitch angle and PHEVs using MPCs for load frequency control of microgrid. *IEEE Systems Journal*, 10(1), 97-105, 10.1109/JSYST.2014.2313810.
- Poureh, A., Chamani, M., & Bahri, A. (2023). "Nonlinear analysis of gain scheduled controllers for the NREL 5-MW turbine blade pitch control system." *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 145, 108578.
- Saihi, L., Bakou, Y., Ferroudji, F., Berbaoui, B., & Djilali, L. (2019). MPPTF & pitch fuzzy controller of a wind turbine system using DFIG. In 2019 1st International Conference on Sustainable Renewable Energy Systems and Applications (ICSRESA) (pp. 1-6). IEEE.
- Shen, H., Ruiz, A., & Li, N. (2023). Fast online reinforcement learning control of small lift-driven vertical axis wind turbines with an active programmable four bar linkage mechanism. *Energy*, 262, 125350.
- Yuan, Y., Chen, X., & Tang, J. (2020). Multivariable robust blade pitch control design to reject periodic loads on wind turbines. *Renewable Energy*, 146, 329-341.





MÜHENDİSLİK  
FAKÜLTESİ

Uluslararası Mühendislik  
Araştırma ve Geliştirme Dergisi  
International Journal of  
Engineering Research and  
Development

UMAGD, (2022) 14(3), s333-s342.



10.29137/umagd.1100957

Cilt/Volume:14 Sayı/Issue:3 Aralık/December 2022 Özel Sayı / Special Issue

Araştırma Makalesi / Research Article

## Solar Power Prediction using Regression Models

Mustafa Yasin Erten<sup>\*1</sup> , Hüseyin Aydılek<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale University, Faculty of Engineering & Architecture, Department of Electrical & Electronics Engineering, 71450 Kırıkkale, TURKEY

**Başyuru/Received:** 09/04/2022

**Kabul / Accepted:** 26/12/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/12/2022

### Abstract

Solar power prediction is an important problem that has gained significant attention recently due to the increasing demand for renewable energy sources. In this paper, we present the results of using four different regression models for solar power prediction: linear regression, logistic regression, Lasso regression, and elastic regression. Our results show that all four models are able to predict solar power accurately. However, the Elastic regression outperforms Linear, Ridge, and Lasso regressions in terms of predicting the maximum solar power output. In addition, PCA was applied to the dataset within the scope of the study, and better results were obtained in the elastic regression model. Within the scope of the study, the contribution of the feature extraction method to the study was examined. We also discuss the advantages and disadvantages of each model in the context of solar power prediction.

### Key Words

“Solar power prediction, regression models, lasso regression, machine learning”

## 1. Introduction

Solar power is a form of renewable energy generated by converting sunlight into electricity (Bagher et al., 2015). Solar power is a clean and renewable source of electricity. Unlike fossil fuels, which release greenhouse gases and other pollutants when burned, solar power is generated without causing environmental pollution or emissions (Shahsavari & Akbari, 2018). As a result, solar power is a sustainable and eco-friendly source of energy that can help reduce our environmental impact and combat climate change. Moreover, solar power is increasingly becoming more affordable and accessible. As the technology for generating solar power has improved, the cost of solar panels and other equipment has decreased, making it more affordable for individuals and businesses to install solar systems. In addition, solar power can be generated in various locations, from rooftops to open fields, making it accessible to a wide range of users. Also, solar power can help reduce our reliance on fossil fuels and improve energy security. By generating electricity from the sun, we can reduce our need for fossil fuels and finite resources subject to price fluctuations and other market forces. Thus, it can help increase energy security and reduce our vulnerability to energy market disruptions (Nwaigwe, 2019).

In recent years, there has been a significant expansion in the use of solar power worldwide. As the cost of Photovoltaic (PV) technology has decreased and its efficiency has increased, many individuals, businesses, and governments are turning to solar power to meet their energy needs. This trend is expected to continue, with considerable experts predicting that solar power will play a significant role in the transition to a clean energy future (Gielen, 2019).

Expanding solar power and developing PV generation technology is essential to achieving a sustainable and renewable energy future. By reducing our reliance on fossil fuels and minimizing our environmental impact, we can help create a cleaner, healthier, and more sustainable world for future generations.

For several reasons, estimating the amount of electricity produced by a PV system is essential. First, accurate PV power estimates ensure that a solar installation is correctly sized to meet users' energy needs. Therefore, it helps prevent over- or under-sizing of a PV system, which can be costly and inefficient. In addition, planning and scheduling electricity generation and use are done through PV power forecasts. By knowing how much power a PV system is expected to produce, power grid operators can better manage electricity supply and demand and ensure that enough power is available to meet users' needs. In this way, power outages and other malfunctions that may occur in the power grid are prevented. PV power estimates are also used to determine the financial viability of a solar project. Accurate estimates of the electricity production of a PV system help investors, lenders, and other financial stakeholders make informed decisions about investing in a particular solar project. As a result, this causes solar projects to be economically viable and provide a good return on investment (Sharadga, 2020).

In addition, accurate and reliable estimates of PV electricity generation support the growth and development of solar energy as a clean and renewable energy source.

There are various studies on the power generation prediction of PV. Considering machine learning, especially with processors that have achieved high computing power due to developments in silicon technology, is one issue that attracts attention when estimating the generated power. Several machine-learning algorithms can be used for solar photovoltaic (PV) power prediction. These algorithms use data and mathematical models to predict the amount of electricity a PV system is expected to generate (Jebli, 2021, Munawar, 2020). Some common types of machine learning algorithms that are used for PV power prediction include:

Regression algorithms use training data to build a mathematical model that can predict the output of a PV system based on input variables such as solar radiation and temperature. Regression algorithms can make short-term and long-term predictions of PV electricity generation (He, 2019). Neural network algorithms are composed of multiple interconnected nodes, or "neurons," that can process and analyze data to make predictions. Neural networks are often used for PV power prediction because they can learn and adapt over time, allowing them to make increasingly accurate predictions as more data is collected (Pazikadin, 2020). Support vector machine algorithms use training data to build a model that can classify PV electricity generation data into different categories. In addition, support vector machines are often used for short-term PV power prediction, as they can quickly and accurately predict the output of a PV system based on the current weather conditions (Buwei, 2018). Finally, decision tree algorithms use a set of rules to predict PV electricity generation. Decision trees can be used to make both short-term and long-term predictions of PV power and are often used in conjunction with other machine-learning algorithms to improve the accuracy of PV power predictions (Wang, 2018).

Different machine-learning algorithms can be used for PV power prediction. The specific algorithm will depend on the type of data available, the time frame of the predictions, and the desired level of accuracy. Literature review of solar power prediction with machine learning algorithms are given in Table 1.

**Table 1.** Literature Review of Solar Power Prediction with Machine Learning Algorithms

Paper	Prediction Method	Compared Method	Database	Inputs	Forecasting Horizon	Metric
Didavi, 2021	XGBoost	DT, RF, XGBoost	PVGIS database for the city of Natitingou (Benin) for 12 years	Wind speed, sun position, temperature, direct irradiation, diffuse irradiation and reflected irradiation	3-days	MSE, R
Khandakar, 2019	ANN	LR, M5P DT, GPR	Own acquired data (Rooftop) in Qatar	Irradiance, relative humidity, ambient temperature, wind speed, PV surface temperature and accumulated dust	Day-ahead	RMSE, MSE, MAE, R
Massaoudi, 2020	Hybrid (BRR, CWT, Catboost)	-	The Australian weather data	temperature, relative humidity, horizontal irradiation, previous PV power, wind direction, and diffuse horizontal radiation.	24h	RMSE, MSE, MdAE, MAE, R
Li, 2022	XGBoost	ELM, RF, SVR	The NRELhourly weather and solar irradiance data for ten years	Dew point temp, Total Cloud Cover, Wind Speed, Sea-level pressure, solar irradiance	Day-ahead	MAE, RMSE
Carneiro, 2022	Ensemble with Ridge Regression	CFBP, SOM, RBF and MLP	Algeciras, Spain, obtained by European Commission for Energy and Transport (IET) PV Geographical Information System			RMSE, MAE, MAPE, R
Kumar, 2020	Hybrid (ANN with GWO)	PSO, LM, ANF	Own acquired data - 5 kWp grid-connected rooftop PV	solar irradiance (W/m <sup>2</sup> ) incident on the PV panel, cell temperature (°C), Linke turbidity, and wind speed (m/s).		NE, NSE, NRMSE, NMBE, NMAE, MSE
Munawar, 2020	XGBoost + PCA	Random forest, ANN and XGBoost	Kaggle database, Hawaii, collected by NASA	UNIX time, date, time, radiation, temperature, pressure, humidity, wind speed, wind direction, sun rise time and sun set time	Day-ahead	RMSE, R
Cervone, 2017	ANN + AnEn	ANN and AnEn combination	Threesolar power plant in Italy	Global horizontal irradiance, percent cloud cover and air temperature, solar azimuth and elevation	72h	RMSE, MRE, CORR, BIAS
Yang, 2020	complete-history persistence ensemble, OLS, AnEn, quantile regression	Markov-chain mixture	PLC Dataset	clear sky index, image	Intra-hour, Day-ahead	PICP, CRPS,PIAW, Pinball, Skill
Mohana, 2021	LASSO, Rain Forest, Linear Regression, XGBoost, SVM, DL	Polynomial Regression,	Own Data, Saudi Arabia, Abha City, King Khalid Univ.	Ambient Temp Sensor, Relative Humidity Sensor, Wind Speed Sensor, Wind Direction Sensor, Sollar Irradiation Sensor, Precipitation Sensor, Pyronometer, PV Sensor,	5 min	MSE
Perveen, 2018	Fuzzy logic	Empirical models	Own Data, photovoltaic module of 210 W power output, Delhi India	Global solar radiation, Sunshine hours, Ambient temperature, Relative humidity, Wind speed, Dewpoint	Day-ahead	MPE, MBE

**Table 1** (cont). Literature Review of Solar Power Prediction with Machine Learning Algorithms

Paper	Prediction Method	Compared Method	Database	Inputs	Forecasting Horizon	Metric
Yang, 2015	Lasso	OLS, ARIMA, ETS	Own Data, Hawaii Oahu Island,	Horizontal irradiance, direct normal irradiance, diffuse horizontal irradiance, global tilt, air temperature, relative humidity, barometric pressure, wind speed, wind direction	5 min	MAE, RMSE
Zazoum, 2021	SVM and GPR	SVM and GPR	PV modules in Port Harcourt	PV panel temperature, ambient temperature, solar flux, time of the day and relative humidity	Day-ahead	RMSE, MAE, R2
Chiteka, 2020	ANN and MLR	ANN and MLR	Harare Institute of Technology, Harare, Zimbabwe, Three 100Wp PV	PM10, relative humidity, precipitation, wind speed, wind direction, ambient temperature, air pressure, maximum and minimum temperature, dew point, and clearness index	Day-ahead	RMSE, R2
Alfadda, 2017	SVR	Ploynomial Regression and Lasso	Rooftop of Virginia Tech Research Center,	Temperature, Dew Point, Relative Humidity, Visibility, Wind Speed, Wind Direction, Cloud Cover	Hourly	RMSE
Jebli, 2021	ANN and RF	LR and SVR	Errachiddia, Morroco, semi desert climate	Solar radiation, temperature, wind direction, wind speed, humidity, and pressure	Day-ahead	MAE, RMSE, MSE, R2, NRMSE, ME
VanDeventer, 2019	GASVM	SVM	Own acquired data- Local weather station on 3kW PV in Deaken University	Air temperature and solar irradiance	Hourly	RMSE, MAPE

## 2. Material and Methods

In a prediction model, the properties of the feature vectors used as input directly affect the forecasting performance. While some features reduce the estimation achievement, overused features increase computational costs. Before the data is used in the prediction model, the PCA approach reduces the dimensionality of the data, thus providing a more accurate and faster result of the prediction model.

The main purpose of PCA is to describe features with fewer data without excessive loss of information. For this purpose, PCA extracts reduced features using the tendencies of the original data, the covariance matrix, the eigenvalue of the covariance matrix, and the eigenvectors. The eigenvalues describe the total amount of variance, and the eigenvectors represent the direction of the new feature space. As a result of this operation, its components are converted into a small set of new uncorrelated variables as the length of a large set of arguments. The newly formed uncorrelated new variables are called principal components.

*Linear regression* is a statistical method used to model the linear relationship between a dependent variable and one or more independent variables. It is called simple regression if the dependent variable is modeled with only one independent variable. The relationship between the dependent variable  $Y$  and the independent variable  $X$  is calculated by Equation 1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (1)$$

Here,  $\beta_0$  is the constant (the point where it intersects the y-axis),  $\beta_1$  is the regression coefficient (the slope of the regression line), and  $\epsilon$  is the error term.

If the dependent variable is modeled with more than one independent variable, it is called multivariate linear regression. The linear relationship between the dependent variable  $Y$  and more than one independent variable is calculated by Equation 2.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \epsilon \tag{2}$$

Here,  $X_n$  denotes independent variables  $\beta_0$  is the constant,  $\beta_n$  are the regression coefficients, and  $\epsilon$  is the error term.

In the context of solar power prediction, the dependent variable is the solar power output, and the independent variables are factors such as weather conditions, time of day, and solar panel characteristics. In linear regression, the relationship between the predictor variables and the response variable is modeled as a linear equation. The goal is to find the values of the coefficients in the equation that best fit the data.

Linear regression has some advantages that is listed as: linear regression is relatively simple to understand and implement, it can be used to model the relationship between a continuous outcome variable and one or more predictor variables. Moreover, it is widely used and well-understood, so there is a wealth of resources available for learning about it and using it effectively. Although linear regression has some advantages, it also has disadvantages. Linear regression assumes that the relationship between the predictor variables and the response variable is linear, which may not always be the case. It can be sensitive to outliers, which can affect the estimated coefficients and the predictions made by the model.

*Logistic regression* is a statistical method used to model the relationship between a dependent variable and one or more independent variables when the dependent variable is binary (i.e., it can take on only two values, such as "yes" or "no", "1" or "0", etc.). It is used to predict the probability that an event will occur, based on the values of the predictor variables. The predicted probability is transformed into a binary outcome using a threshold value. Logistic regression is commonly used in classification problems, where the goal is to predict the class label of an observation based on the values of the predictor variables. In the context of solar power prediction, logistic regression can be used to predict the probability that the solar power output will exceed a certain threshold value. The predicted probability is transformed into a binary outcome using a threshold value. The logistic function is given in Equation 3.

$$p(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{(x-\mu)}{s}}} \tag{3}$$

where  $\mu$  is a location parameter and  $s$  is a scale parameter. This expression is rewritten as in Equation 4:

$$p(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x)}} \tag{4}$$

Logistic regression has some advantages that is listed as: Logistic can be used to predict the probability of an event occurring, which can be useful in many real-world applications. It is relatively simple to understand and implement. Furthermore, it is widely used and well-understood, so there is a wealth of resources available for learning about it and using it effectively. While linear regression has some advantages, Logistic regression also has disadvantages. It assumes that the relationship between the predictor variables and the response variable is linear, which may not always be the case. It can be sensitive to outliers, which can affect the predicted probabilities and the class labels predicted by the model.

*Lasso regression* is a type of linear regression that uses a regularization term in the optimization process. The regularization term is a penalty applied to the coefficients of the predictor variables in the model, which helps to prevent overfitting by reducing the complexity of the model. Lasso regression is particularly useful for selecting important features in a dataset since it tends to drive the coefficients of unimportant features to zero. In the context of solar power prediction, Lasso regression can be used to select the most important features in the dataset, which can improve the accuracy of the predictions. Lasso regression has some powerful side. Lasso regression can be used to select important features in a dataset, since it drives the coefficients of unimportant features to zero. Also, it can help to prevent overfitting by reducing the complexity of the model. Lasso regression formula is given in Equation 5.

$$\hat{\beta} = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \left\{ \sum_{i=1}^n \left( y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^P \beta_j x_{ij} \right)^2 \right\}, \quad \text{s.t. } \sum_{j=1}^P |\beta_j| \leq t \tag{5}$$

where  $t \geq 0$  is a tuning parameter which controls the amount of shrinkage. Equation 6 is equivalent to the  $\ell_1$ -penalized regression problem of finding:

$$\hat{\beta} = \operatorname{argmin}_{\beta} \left\{ \sum_{i=1}^n \left( y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^P \beta_j x_{ij} \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^P |\beta_j| \leq t \right\} \tag{6}$$

Elastic regression is a type of linear regression that combines the strengths of both Lasso and Ridge regression. Like Lasso regression, it uses a regularization term in the optimization process to prevent overfitting. However, unlike Lasso regression, which uses the L1 norm as the regularization term, elastic regression uses a combination of the L1 and L2 norms. This allows elastic regression to balance the trade-off between model complexity and goodness of fit, which can be beneficial in some situations. Elastic regression formula is given in Equation 7.

$$\hat{\beta} = \operatorname{argmin}_{\beta} \left\{ \sum_{i=1}^n \left( y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^P \beta_j x_{ij} \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^P |\beta_j|^2 + \lambda \sum_{j=1}^P |\beta_j| \right\} \tag{7}$$

### 3. Experiments

#### 3.1. Dataset

The solar energy power generation dataset from Kaggle was used to compare the performance of the regression models in power generation from solar panels. The data set consists of 4213 data in 21 different dimensions. The dimensions included in the dataset are given in Table 2 with mean and standard deviation values.

**Table 2.** Dimensions of Dataset

Name of the Value	Mean	Standard Deviation
Temperature 2m above ground	15.1	8.85
Relative humidity 2m above ground	51.4	23.5
Mean sea level pressure	1.02k	7.02
Total precipitation	0.03	0.17
Snowfall amount	0	0.04
Total cloud cover	34.1	42.8
High cloud cover	14.5	30.7
Medium cloud cover	20	36.4
Low cloud cover	21.4	38
Shortwave radiation backwards	388	278
Wind speed 10m above ground	16.2	9.88
Wind direction 10m above ground	195	107
Wind speed 80m above ground	19	12
Wind direction 80m above ground	191	109
Wind speed 900 m	16.4	9.88
Wind direction 900 m	192	107
Wind gust 10m above ground	20.6	12.6
Angle of incidence	50.8	26.6
Zenith	60	19.9
Azimuth	169	64.6
Generated power kW	1.13k	938

#### 3.2. Performance evaluation criteria

To quantitatively evaluate the energy estimation results produced in solar panels, some metrics were used within the scope of the study. Metrics calculate performance by comparing forecast data with actual values to determine accuracy. It is also necessary to use these metrics to decide which model should be the most accurate.

Root mean square error (RMSE) and R-squared metrics were used to constrain the estimation of these variable models. The RMSE value is calculated by Equation 8 and the R squared value by Equation 9.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{\tau=1}^m (y_{\tau} - \widehat{\lambda}y_{\tau})^2}{n}} \tag{8}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_{\tau} - \hat{y}_{\tau})^2}{\sum (y_{\tau} - \bar{y}_{\tau})^2} \tag{9}$$

Here,  $y_{\tau}$  denotes actual values,  $\hat{y}_{\tau}$  denotes predicted values,  $\bar{y}_{\tau}$  denotes mean values, and m is the number of data points.

### 3.3. Experimental results

Within the scope of this study, four different models were developed with Linear, Ridge, Lasso, and Elastic Regression algorithms and applied to the dataset. In the framework of the developed model Ridge Regression Model and Lasso Regression Model coefficients are given in Table 3 and Table 4, respectively, in matrix form.

**Table 3.** Coefficient matrix of Ridge Regression Model

-9,25E+00	-4,27E+00	1,62E+01	-3,58E+00
5,55E+02	-1,47E+00	-1,24E+00	-1,15E+00
-1,37E+00	1,24E+00	1,67E+01	3,02E-01
9,13E+00	1,59E-01	-3,05E+01	-2,63E-01
-3,07E+00	-1,51E+01	-7,73E+00	-6,18E+00

**Table 4.** Coefficient matrix of Lasso Regression Model

-9,32E+00	-4,28E+00	1,61E+01	0,00E+00
3,54E+02	-1,45E+00	-1,24E+00	-1,17E+00
-1,37E+00	1,24E+00	1,67E+01	3,03E-01
9,04E+00	1,60E-01	-3,04E+01	-2,62E-01
-3,08E+00	-1,51E+01	-7,71E+00	-6,19E+00

The Lasso regression model gives better results than the Ridge regression model because, in the Lasso regression model, one of the coefficients is penalized and given a value of 0. In addition, the most suitable alpha values were selected in the Ridge and Lasso regression models, and the most optimum results were obtained. In this study, the alpha value for Ridge regression was 616,423 and the alpha value for Lasso regression was found to be 143,434.

Firstly, four different regression models were applied to the data set to evaluate the performance. The performance outputs of the regression models performed with the raw dataset are given in Table 5.

**Table 5.** Performance Evaluation Results of Four Different Regression Models to Raw Data

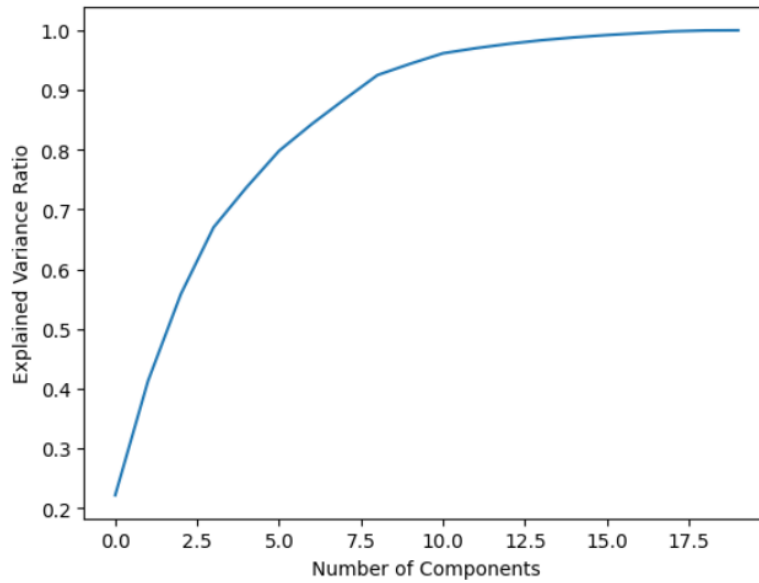
	RMSE	R- Squared
<b>Linear Regression</b>	507,532322	0,718008
<b>Ridge Regression</b>	507,379842	0,718178
<b>Lasso Regression</b>	506,864894	0,718750
<b>Elastic Regression</b>	506,796370	0,718826

When the results in Table 5 are examined, it is seen that the four regression models give similar results, and the Elastic model produces better results than the others.

Principal component analysis was applied to our 20-component dataset to examine the effect of reducing some dimensions on data analysis; it was found that 99,5% of the variance was explained with 16 components. The variance result matrix is given in Table 6, and the number of components / expected variance graph is given in Figure 1.

**Table 6.** Explained Variance Ratio Matrix

22,1379	41,2584	55,7907	66,9964	73,6667
79,8258	84,3156	88,4635	92,5043	94,3980
96,1544	97,0091	97,7361	98,3392	98,8200
99,2069	99,5242	99,8251	99,9758	100,0000



**Figure 1.** Explained Variance Ratio per Number of Components

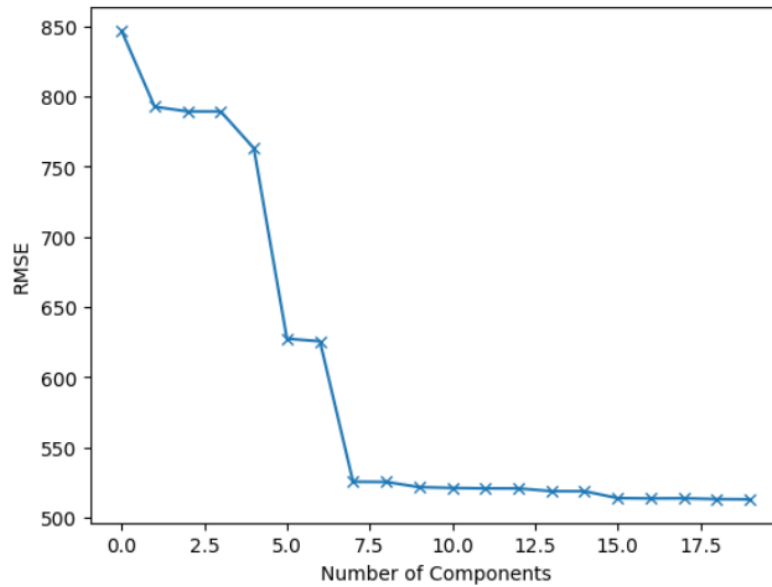
On the reduced data set, the model developed with four different regression algorithms was applied again, and the results were obtained and given in Table 7.

**Table 7.** Performance Evaluation Results of Four Different Regression Models with PCA

	<b>RMSE</b>	<b>R- Squared</b>
<b>Linear Regression</b>	507,532321	0,718008
<b>Ridge Regression</b>	507,523041	0,718019
<b>Lasso Regression</b>	507,368822	0,71819
<b>Elastic Regression</b>	<b>506,718803</b>	0,718912

When the results in Table 7 are examined, it is seen that the four regression models give similar results, while the Elastic model produces better results than the others. While it is seen that the elastic regression model with PCA produces better results than the raw data, the Lasso regression model produces worst results than the raw data. The RMSE values per number of components in the Elastic regression model are given in Figure 2.





**Figure 2.** RMSE values per Number of Components

#### 4. Conclusion

Fossil energy sources are rapidly depleting, renewable energy sources are an essential energy production alternative as an environmentally friendly and economical solution despite the increasing energy demand. However, electricity generation with renewable energy sources has its limitations. For example, production efficiency depends on environmental and meteorological data in generating electrical energy from solar energy with photovoltaic panels. For this reason, the electrical energy produced during the day constantly changes. Enabling healthy energy planning with the most realistically estimated production data; will ensure both uninterrupted meetings of energy demand and grid efficiency. With the PCA applied, 4 dimensions were reduced in the dataset consisting of 20 dimensions and a new data set with 0.5% sensitivity was created. After extracting the features with PCA, the RMSE values with the elastic model is increased. Due to the data set's low  $R^2$  values, the estimations' accuracy was limited. However, it is considered to show higher accuracy prediction performance when applied to better datasets. In addition, the differences between the regression models will be better examined.

This study aims to investigate the performance effect of four different regression models on solar power prediction. In addition, the performance of these four different regression models was measured after reducing the dimensions that may affect the result in large data sets negligibly from the data set and reducing the size. When the results were evaluated with the general evaluation metrics RMSE and R square, it was seen that the Elastic model produced better results than the other models. In addition, principal component analysis and dimension reduction affect the results positively.

#### Acknowledgment

This study has been evaluated within the scope of the special issue of engineering sciences research and development applications.

#### References

- Alfadda, A., Adhikari, R., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2017, April). Hour-ahead solar PV power forecasting using SVR based approach. In 2017 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT) (pp. 1-5). IEEE.
- Bagher, A. M., Vahid, M. M. A., & Mohsen, M. (2015). Types of solar cells and application. *American Journal of optics and Photonics*, 3(5), 94-113.
- Buwei, W., Jianfeng, C., Bo, W., & Shuanglei, F. (2018, November). A solar power prediction using support vector machines based on multi-source data fusion. In 2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON) (pp. 4573-4577). IEEE.
- Carneiro, T. C., Rocha, P. A., Carvalho, P. C., & Fernández-Ramírez, L. M. (2022). Ridge regression ensemble of machine learning models applied to solar and wind forecasting in Brazil and Spain. *Applied Energy*, 314, 118936.
- Cervone, G., Clemente-Harding, L., Alessandrini, S., & Delle Monache, L. (2017). Short-term photovoltaic power forecasting using Artificial Neural Networks and an Analog Ensemble. *Renewable Energy*, 108, 274-286.

- Chiteka, K., Arora, R., & Sridhara, S. N. (2020). A method to predict solar photovoltaic soiling using artificial neural networks and multiple linear regression models. *Energy Systems*, 11(4), 981-1002.
- Didavi, A. B., Agbokpanzo, R. G., & Agbomahena, M. (2021, December). Comparative study of Decision Tree, Random Forest and XGBoost performance in forecasting the power output of a photovoltaic system. In *2021 4th International Conference on Bio-Engineering for Smart Technologies (BioSMART)* (pp. 1-5). IEEE.
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50.
- He, Y., Yan, Y., & Xu, Q. (2019). Wind and solar power probability density prediction via fuzzy information granulation and support vector quantile regression. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 113, 515-527.
- Jebli, I., Belouadha, F. Z., Kabbaj, M. I., & Tilioua, A. (2021). Prediction of solar energy guided by pearson correlation using machine learning. *Energy*, 224, 120109.
- Khandakar, A., EH Chowdhury, M., Khoda Kazi, M., Benhmed, K., Touati, F., Al-Hitmi, M., & Jr SP Gonzales, A. (2019). Machine learning based photovoltaics (PV) power prediction using different environmental parameters of Qatar. *Energies*, 12(14), 2782.
- Kumar, A., Rizwan, M., & Nangia, U. (2020). A hybrid intelligent approach for solar photovoltaic power forecasting: impact of aerosol data. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(3), 1715-1732.
- Li, X., Ma, L., Chen, P., Xu, H., Xing, Q., Yan, J., ... & Cheng, Y. (2022). Probabilistic solar irradiance forecasting based on XGBoost. *Energy Reports*, 8, 1087-1095.
- Massaoudi, M., Refaat, S. S., Abu-Rub, H., Chihi, I., & Wesleti, F. S. (2020, July). A hybrid Bayesian ridge regression-CWT-catboost model for PV power forecasting. In *2020 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Mohana, M., Saidi, A. S., Alelyani, S., Alshayeb, M. J., Basha, S., & Anqi, A. E. (2021). Small-scale solar photovoltaic power prediction for residential load in Saudi Arabia using machine learning. *Energies*, 14(20), 6759.
- Munawar, U., & Wang, Z. (2020). A framework of using machine learning approaches for short-term solar power forecasting. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 15(2), 561-569.
- Nwaigwe, K. N., Mutabilwa, P., & Dintwa, E. (2019). An overview of solar power (PV systems) integration into electricity grids. *Materials Science for Energy Technologies*, 2(3), 629-633.
- Pazikadin, A. R., Rifai, D., Ali, K., Malik, M. Z., Abdalla, A. N., & Faraj, M. A. (2020). Solar irradiance measurement instrumentation and power solar generation forecasting based on Artificial Neural Networks (ANN): A review of five years research trend. *Science of The Total Environment*, 715, 136848.
- Perveen, G., Rizwan, M., & Goel, N. (2018). Intelligent model for solar energy forecasting and its implementation for solar photovoltaic applications. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10(6), 063702.
- Shahsavari, A., & Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291.
- Sharadga, H., Hajimirza, S., & Balog, R. S. (2020). Time series forecasting of solar power generation for large-scale photovoltaic plants. *Renewable Energy*, 150, 797-807.
- VanDeventer, W., Jamei, E., Thirunavukkarasu, G. S., Seyedmahmoudian, M., Soon, T. K., Horan, B., & Stojcevski, A. (2019). Short-term PV power forecasting using hybrid GASVM technique. *Renewable energy*, 140, 367-379.
- Wang, J., Li, P., Ran, R., Che, Y., & Zhou, Y. (2018). A short-term photovoltaic power prediction model based on the gradient boost decision tree. *Applied Sciences*, 8(5), 689.
- Yang, D., van der Meer, D., & Munkhammar, J. (2020). Probabilistic solar forecasting benchmarks on a standardized dataset at Folsom, California. *Solar Energy*, 206, 628-639.
- Yang, D., Ye, Z., Lim, L. H. I., & Dong, Z. (2015). Very short term irradiance forecasting using the lasso. *Solar Energy*, 114, 314-326.
- Zazoum, B. (2022). Solar photovoltaic power prediction using different machine learning methods. *Energy Reports*, 8, 19-25.



## Threshold Based Image Enhancement Method for Low Contrast X-Ray Images Using CLAHE

Buğra Hatipoğlu<sup>\*1</sup>, İrfan Karagöz<sup>2</sup>, Mikail İnal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical-Electronic Engineering, 06500 Ankara, TURKEY

<sup>2</sup>Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering, 06560 Ankara, TURKEY

<sup>3</sup>Kırıkkale University, Faculty of Medicine, Department of Radiology, 71450 Kırıkkale, TURKEY

*Başvuru/Received:* 13/11/2022

*Kabul / Accepted:* 12/12/2022

*Çevrimiçi Basım / Published Online:* 31/12/2022

*Son Versiyon/Final Version:* 31/12/2022

### Abstract

While a large dataset in deep learning may seem like a positive factor, it may not always produce good results. Image quality is one of the factors that directly affects model performance, which in turn affects the quality of training. In this study, the effect of low contrast X-ray images on the detection of pneumonia and COVID-19 was investigated. Because the details are extremely important in the detection of these diseases. If the images are low contrast, it can cause some details to be missed in the detection of the disease. This issue can be solved applying adaptive histogram methods such as CLAHE. The CLAHE method can apply various filters to low contrast images to bring them to the desired levels. The data set contains 8849 human chest X-ray images. The Vgg16 model was used for training. Vgg16 is a well-known model architecture in deep learning. The image dimensions are 150x150. Classification performed before low-contrast images were filtered achieved 95.22% accuracy. After filtering based on the threshold value, accuracy increased to 97.35%. In the next stage, by searching for the best values for the parameters, accuracy was increased to 97.86%.

### Key Words

“Low Contrast, Image Processing, X-Ray Images, Deep Learning, CLAHE”

## 1. Introduction

Deep learning is a subfield of ML (Machine Learning) that involves the use of multi-layered neural networks. Weight and threshold values updated based on the characteristics of the data learned during learning are used (LeCun et al., 2015). It enables learning in a highly automated manner using what is learned from the data sets. In particular, deep learning methods are used to create high-performance models that produce significantly good results for a large number of input data. After training these models, classification, object detection, and segmentation can be performed. However, there are various factors that affect the success of this learning process. The size and quality of the data are extremely important. Therefore, the primary goal is to try to increase and improve the data as much as possible. One way to improve the data is to use image processing methods before training.

The effect of low contrast on classification in deep learning is that it can make it difficult for the model to classify the input data correctly (Dodge & Karam, 2016). This is because low contrast reduces the difference between pixels in an image, which makes it difficult for the model to define the features that are important for correct classification. It causes the visibility of details to decrease. As a result, the model may make more errors or have lower accuracy when classifying low contrast images compared to high contrast images. Therefore, it will be helpful to balance the amount of contrast in the images. Contrast balancing is a technique used in image processing to improve the visual appearance of an image by adjusting its contrast. There are various methods for contrast balancing, including histogram equalization, adaptive histogram equalization, and gamma correction.

In their study, Rahman et al. (2021) examined the effect of various contrast enhancement methods on the detection of COVID-19. They used a data set of 18479 images. The U-Net architecture was used for training the data set and they achieved 96.29% accuracy. In their study, Maurya et al. (2022) developed a fusion algorithm based on Cuckoo Search to adjust the brightness and contrast balance of images. Cuckoo Search is an optimization algorithm. The proposed method offers a new way to improve conflicting features in a balanced manner. In the study, two sets of parameters were produced, one with high sharpness and contrast and the other with high brightness and detail level. These parameter sets are combined to achieve a balanced output. In their study to improve clinical studies, Qiu et al. (2017) used the CLAHE optimization function. CLAHE is an image processing technique that aims to improve contrast in images. In their study, Survarachakan et al. (2021) combined gamma correction with various enhancement filters to perform segmentation on different vessel types. As a result of this study, better results have been obtained using the image processing methods currently used in clinics compared to the results of previous studies. Munadi et al. (2020) used the CLAHE method to improve the images in the dataset for tuberculosis disease. Successful results have been obtained in this study.

In previous contrast improvement studies, various filters and methods were applied to data sets using image processing before classification. It is generally seen that filtering operations are applied to the entire data set. However, not every image in the data set may need the filtering operation. Therefore, in the study, filters were applied to images below a certain threshold value. The most suitable threshold value was selected based on the classification results. This improvement process was tested on X-ray images. The general contrast of the images was normalized with a maximum value of 1 and a minimum value of 0. This process was carried out using the CLAHE method. The best threshold value was found based on the model performance. After the threshold value was determined, tests were conducted to find the appropriate parameter values and successful results were obtained.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Dataset

The study includes COVID-19, lobar pneumonia, and healthy chest X-ray images obtained from two different data sets (Chowdhury et al., 2020; Daniel Kermany et al., 2018). There are a total of 8849 chest X-ray images in the data set. Of these, 3616 are COVID-19, pneumonia, 3884 are lobar pneumonia, and 1349 are healthy human chest X-rays. The data set was selected in a way that would not create classification imbalance. Examples of classification imbalances include oversampling and undersampling (Buda et al., 2018). In this data set, the test set is 75% and the training set is 25%.

### 2.2 Convolutional Neural Networks (CNN)

CNN is a widely preferred deep learning method because of its successes in pattern recognition and classification. CNNs use a process called convolution to separate different parts of images. Through this process, the location of features in the images is determined and classification is performed using these features. These types of artificial neural networks are used in image recognition, speech recognition, and other similar applications.

This model consists of multiple layers, such as the convolutional layer, activation function, pooling layer, and fully connected layer. There are parameters that affect these layers, and by changing these parameters, the performance of the model can be influenced. Changes in these parameters directly affect the efficiency of the CNN. Figure 1 shows an example of a CNN architecture (Albawi et al., 2017).

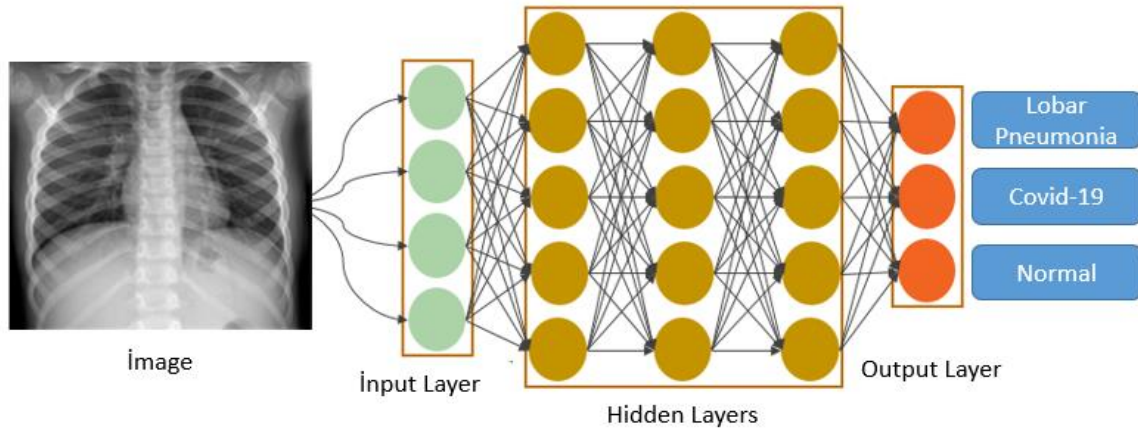


Figure 1. Architecture of the CNN

### 2.2. Histogram equalization

Histogram equalization is a technique used in image processing and aims to regularize the tonal characteristics of the image. Histogram equalization orders the distribution of brightness values in the image, reducing the differences between the brightness values of the image. This reduces the contrast in the image because as the differences between the brightness values decrease, the contrast of the image also decreases. Firstly, the histogram of the brightness values of the image is plotted. This histogram shows the number of all pixel values in the image. The ratio of brightness values to the image is calculated and redistributed, reducing the differences between the brightness values (Yu Wang et al., 1999).

### 2.3. Adaptive histogram equalization

Adaptive histogram equalization is an image processing technique that aims to improve the tonality of an image. This technique analyzes the distribution of tones in the image, adjusting the bright and dark areas of the image to increase contrast. Adaptive histogram equalization, unlike standard histogram equalization technique, examines the image in small blocks and equalizes the histograms of these blocks. This allows separate contrast enhancement processes to be performed in each region of the image. This provides a more natural appearance compared to standard histogram equalization technique and increases contrast without degrading the details of the image (Pizer et al., 1987).

### 2.4. Gamma correction

Gamma correction is a method used to adjust the brilliance and contrast of images by using a "gamma" value as a parameter. The gamma value is a measure used to adjust the brilliance and contrast of images and generally ranges from 0.1 to 10. As the gamma value changes, contrast and brightness are inversely proportional. For example, when gamma is reduced, the brightness of the images decreases but the contrast increases. In general, the gamma correction method is used to adjust the brightness and contrast of images and reduce the tonal difference between the light and dark areas of the images. This makes the images appear more balanced and clear (Rahman et al., 2021).

### 2.5. Vgg16

Vgg16 is one of the leading convolutional neural network architectures in deep learning. This architecture gained attention by achieving successful results in classification and localization in ILSVRC 2014 VGG models have achieved the best scores in terms of classification accuracy on the ImageNet dataset. Deep models were produced using traditional CNN architecture. VGG16 has 13 convolutional layers and 3 fully connected layers. There are 5 pooling layers between the convolutional layers. The type of pooling layers is maximum pooling method. ReLU is used as the activation function. The softmax function is used in the classification layer. The architecture is shown in Figure 2 (Wang et al., 2020).

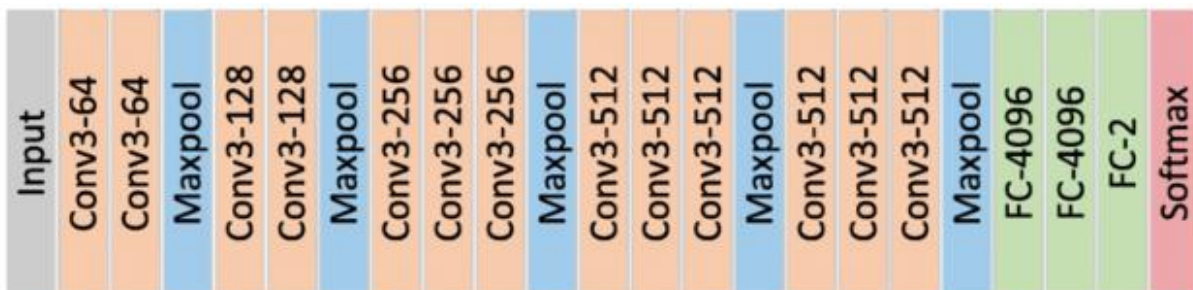


Figure 2. Architecture of the Vgg16 Model

**2.6. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Method (CLAHE)**

CLAHE is a technique used to increase the contrast in images (Reza, 2004). This technique divides the image into certain regions and performs histogram equalization in each region, thus reducing lighting changes in the image. It produces a clearer image by preserving details in the same way as the adaptive histogram equalization method. There are two important parameters in this method. It is important to choose these parameters correctly.

The clipLimit parameter specifies the limit value used when performing histogram equalization. This parameter limits the distribution of brightness values in the image and thus increases the contrast in the image. The "tileGridSize" parameter determines how many equal parts we will divide the image into. This parameter enables an adaptive histogram equalization process by dividing the image into small regions. The values of these parameters vary depending on the data sets.

**2.7. Evaluation metrics**

To test the performance of the model, some parameters and evaluation metrics are used. For this purpose, the confusion matrix is used. The confusion matrix includes True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), False Negative (FN) parameters. TP is the case where the model predicts an example as positive and it is actually positive. For example, correctly predicting a COVID-19 chest X-Ray images. TN is the case where the model predicts an example as negative and it is actually negative. For example, correctly predicting a non-COVID-19 chest X-Ray image. FP is the case where the model predicts an example as negative but it is actually positive. For example, incorrectly predicting a COVID-19 chest X-Ray image as lobar pneumonia. FN is the case where the model predicts an example as positive but it is actually negative. For example, incorrectly predicting a COVID-19 chest X-Ray images as COVID-19 pneumonia. The confusion matrix containing these parameters is shown in Figure 3. The real class in Figure 3 is the actual labels of our images in the class. The predicted class contains the model's predictions for the images.

There are evaluation metrics calculated with the TP, TN, FP, FN parameters to evaluate the performance of the model. These metrics are precision, recall, F1-value, and accuracy metrics. These metrics provide us with information about whether there is a problem of class imbalance in our data set (Luque et al., 2019). Four different combinations based on the positive or negative labels of these classes are given in Figure 3.

		Predicted Class	
		Positive	Negative
Actual Class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN)
	Negative	False Positive (FP)	True Negative (TN)

**Figure 3.** Confusion Matrix

Precision, one of our evaluation metrics, gives the ratio of images that are actually COVID-19 to those we predict as COVID-19. The value obtained should be close to 1. It is defined mathematically as in Equation 1.

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{1}$$

Recall shows how many images we need to predict as COVID-19 we are able to predict. The value obtained should be close to 1. It is defined mathematically as in Equation 2.

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2}$$

The F1-score gives the harmonic mean of recall and precision. If the model is perfect, the F score is equal to 1. It is defined mathematically as in Equation 3.

$$F1 - Score = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3)$$

Accuracy is the percentage of images that are correctly classified. The closer the value obtained to 1, the more successful our model is. However, a value of 100% indicates overfitting. It is defined mathematically as in Equation 4.

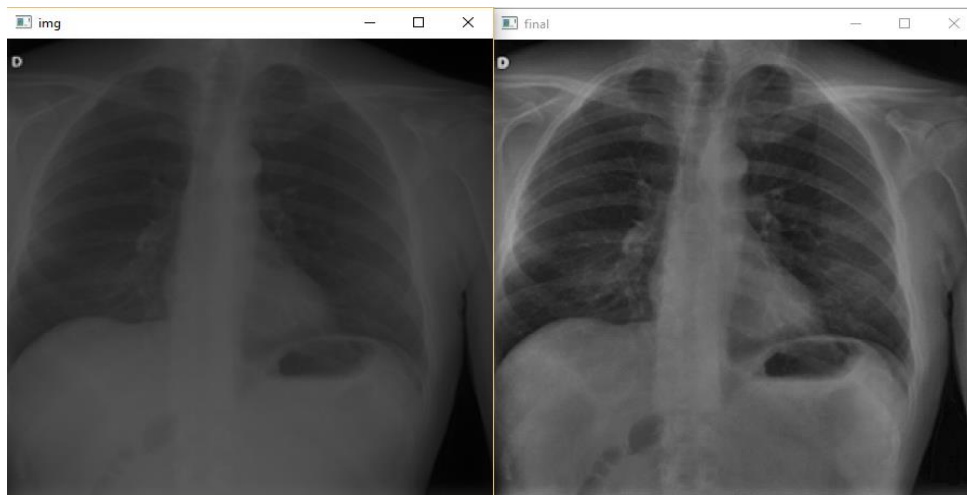
$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (4)$$

### 3. Results

In this study, chest X-ray images of individuals with pneumonia, COVID-19, and healthy individuals were classified. In this section, the action of the number of layers and some parameters of the model on the classification accuracy time was examined. First, Vgg16 and Vgg19 models were used to classify 64x64 images. The reason for selecting these sizes is that the training process would take too long with higher pixels. Then, a model with fewer layers was designed in order to decrease the number of parameters. This model has 4 convolutional layers, 4 maximum pooling layers, and 1 fully connected layer. The ReLU function was used as the activation function. The softmax function was preferred in the last layer before the classification stage.

In this study, image improvement was performed for low contrast images at different thresholds. These operations were applied on a dataset containing X-ray images of COVID-19, pneumonia, and healthy individuals. First, the overall contrast of the images must be found. Then, these contrast values are normalized between 0 and 1. Images with an overall contrast value lower than the defined threshold are considered low contrast images. For example, if the overall contrast of the image is 0.35 and the threshold value is 0.40, the image will be filtered. However, if the threshold is 0.30, the filter will not be applied.

After low contrast images were found, the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) method was used. There are two different parameters that we need to decide when using this method. The value of the "clipLimit" parameter was initially selected as 2. The results for different values were also observed in later stages. The "tileGridSize" parameter determines how many equal regions we will divide the image into. This parameter was initially selected as 8x8 in size. The improvement results in a low contrast image based on the parameter values are given in Figure 4 below.



**Figure 4.** Comparison of Original Image and Filtered Image (cLipLimit=2.0 tileGridSize=8x8)

In the training process, images with 150x150 pixel dimensions were used. The Vgg16 model was used as the training model. This model is a multi-layered convolutional neural network model. During the training process, images with 150x150 pixel dimensions were used. COVID-19 classification was performed with the "clipLimit" parameter set to 2. The results obtained are given in the Table 1.

**Table 1.** Classification Results for Filtered Images Based on Different Threshold Values

Threshold Value	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Number of Filtered Images
0.75-1	0,96	0,96	0,96	%96,47	8849
0.70	0,96	0,96	0,96	%96,34	660
0.65	0,97	0,97	0,97	%96,88	538
0.60	0,97	0,97	0,97	%97,35	389
0.55	0,97	0,97	0,97	<b>%97,15</b>	87
0.50	0,96	0,96	0,96	%96,56	55
0.45	0,96	0,96	0,96	%96,43	47
0.40	0,95	0,95	0,95	%95,39	10
0.35	0,96	0,96	0,96	%96,11	10
0-0.30	0,94	0,95	0,95	%95,22	0

Upon examining the results in Table 1, we see that the best results are obtained when the threshold value is 0.60. When the threshold value is 0.60, the accuracy is 97.35%. There are 389 images that pass through the filter at this threshold value, which is 4.39% of the dataset. When classification is performed without filtering, 95.22% accuracy is obtained.

**Table 2.** Classification Results According to Changes in clipLimit Parameters

clipLimit	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
2	0,97	0,97	0,97	%97,35
3	0,97	0,97	0,97	%97,11
4	0,97	0,97	0,97	%97,15
5	0,96	0,96	0,96	%96,11
6	0,95	0,95	0,95	%95,25
7	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>%97,86</b>
8	0,95	0,95	0,95	%95,23
9	0,97	0,97	0,97	%96,84
10	0,97	0,97	0,97	%96,84

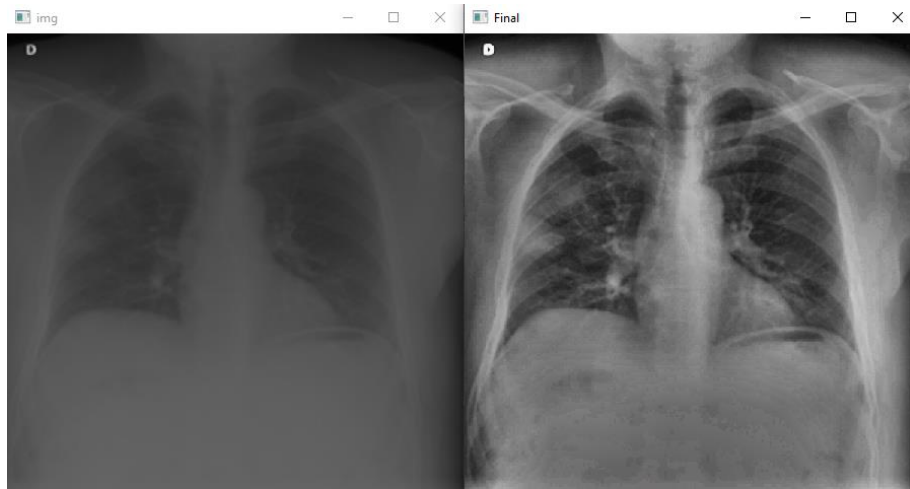
In Table 2, the optimal clipLimit parameter value for the model is searched. Accuracy, F1-score, Recall, Precision, etc. are taken into consideration for this parameter. According to the results obtained here, accuracy has reached up to 97.86%.

**Table 3.** Classification Results According to Changes in tileGridSize Parameters

tileGridSize	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
2x2	0,96	0,96	0,96	%96,16
3x3	0,96	0,96	0,96	%96,25
4x4	0,95	0,95	0,96	%95,75
5x5	0,97	0,97	0,97	%96,88
6x6	0,96	0,96	0,96	%96,02
7x7	0,97	0,97	0,97	%97,24
8x8	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>%97,86</b>
9x9	0,97	0,97	0,97	%96,56
10x10	0,96	0,96	0,96	%95,98

In Table 3, the optimal tileGridSize parameter value for the model is searched. The results of the changes in this parameter are examined according to the Accuracy, F1-score, Recall, and Precision metrics. When the tileGridSize parameter is selected at 8x8 dimensions, the best result of 97.86% is obtained. The visual result of the parameter values that give the best results in the contrast improvement process is given in Figure 5.





**Figure 5.** Comparison of Original Image and Filtered Image (cLipLimit=7.0 tileGridSize=8x8)

#### 4. Discussions

In this study, the purpose was to detect low contrast images in the preprocessing stage and apply improvement to these images. Generally, these operations are applied using filters in the preprocessing stage. However, previous studies have applied these filters to the entire dataset. In this study, image improvement was performed based on a threshold. The reason for this is that not all images are low contrast. Therefore, it was thought that contrast balance should be performed adaptively. When we examine Table 1, we can see that the performance of the model is compared by training it with different threshold values. It has been proven that the filtering process is unsuccessful when applied to all images. This result indicates that the threshold-based system has been successful. The performance of the model has been compared by training it with different threshold values. The best threshold value of 0.60 has been selected. The accuracy value here is 97.35%. The number of filtered images is 4.39% of the dataset. However, there has been a significant improvement in the performance of the model. From this, we can conclude that low contrast images reduce the performance of the model. Afterwards, the optimal values of the parameters have been searched for and the accuracy has been increased to 97.86%. After these processes have been performed, the model architecture that we have created has been tested. In addition, successful results have been obtained visually in the study. In Figure 4 and Figure 5, it can be said that the image before and after applying the filter is more detailed visually. This can be helpful during the examination by the experts.

#### Acknowledgment

This study has been evaluated within the scope of the special issue of engineering sciences research and development applications.

#### References

- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), 2018-Janua*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>
- Buda, M., Maki, A., & Mazurowski, M. A. (2018). A systematic study of the class imbalance problem in convolutional neural networks. *Neural Networks, 106*, 249–259. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2018.07.011>
- Chowdhury, M. E. H., Rahman, T., Khandakar, A., Mazhar, R., Kadir, M. A., Mahbub, Z. Bin, Islam, K. R., Khan, M. S., Iqbal, A., Emadi, N. Al, Reaz, M. B. I., & Islam, M. T. (2020). Can AI Help in Screening Viral and COVID-19 Pneumonia? *IEEE Access, 8*, 132665–132676. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010287>
- Daniel Kermany, Kang Zhang, & Michael Goldbaum. (2018). *Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) and Chest X-Ray Images for Classification - Mendeley Data*. <https://data.mendeley.com/datasets/rsbjbr9sj/2>
- Dodge, S., & Karam, L. (2016). Understanding how image quality affects deep neural networks. *2016 Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), 1–6*. <https://doi.org/10.1109/QoMEX.2016.7498955>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521(7553)*, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>

- Luque, A., Carrasco, A., Martín, A., & de las Heras, A. (2019). The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix. *Pattern Recognition*, 91, 216–231. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.02.023>
- Maurya, L., Lohchab, V., Kumar Mahapatra, P., & Abonyi, J. (2022). Contrast and brightness balance in image enhancement using Cuckoo Search-optimized image fusion. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(9), 7247–7258. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2021.07.008>
- Munadi, K., Muchtar, K., Maulina, N., & Pradhan, B. (2020). Image Enhancement for Tuberculosis Detection Using Deep Learning. *IEEE Access*, 8, 217897–217907. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041867>
- Pizer, S. M., Amburn, E. P., Austin, J. D., Cromartie, R., Geselowitz, A., Greer, T., ter Haar Romeny, B., Zimmerman, J. B., & Zuiderveld, K. (1987). Adaptive histogram equalization and its variations. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 39(3), 355–368. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(87\)80186-X](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80186-X)
- Qiu, J., Harold Li, H., Zhang, T., Ma, F., & Yang, D. (2017). Automatic x-ray image contrast enhancement based on parameter auto-optimization. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 18(6), 218–223. <https://doi.org/10.1002/ACM2.12172>
- Rahman, T., Khandakar, A., Qiblawey, Y., Tahir, A., Kiranyaz, S., Abul Kashem, S. Bin, Islam, M. T., Al Maadeed, S., Zughair, S. M., Khan, M. S., & Chowdhury, M. E. H. (2021). Exploring the effect of image enhancement techniques on COVID-19 detection using chest X-ray images. *Computers in Biology and Medicine*, 132, 104319. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104319>
- Reza, A. M. (2004). Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement. *Journal of VLSI Signal Processing*, 38, 35–44.
- Survarachakan, S., Pelanis, E., Khan, Z. A., Kumar, R. P., Edwin, B., & Lindseth, F. (2021). Effects of Enhancement on Deep Learning Based Hepatic Vessel Segmentation. *Electronics*, 10(10), 1165. <https://doi.org/10.3390/electronics10101165>
- Wang, W., Tian, J., Zhang, C., Luo, Y., Wang, X., & Li, J. (2020). An improved deep learning approach and its applications on colonic polyp images detection. *BMC Medical Imaging*, 20(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s12880-020-00482-3>
- Yu Wang, Qian Chen, & Baeomin Zhang. (1999). Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 45(1), 68–75. <https://doi.org/10.1109/30.754419>



# Optimum PID Kazançları Genetik Algoritma İle Hesaplanan Otomatik Gerilim Regülatörü

## Automatic Voltage Regulator with Optimum PID Gains Calculated by Genetic Algorithm

İbrahim Eke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 71450 Kırıkkale, TURKEY

Başvuru/Received: 18/09/2022

Kabul / Accepted: 30/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

### Öz

Elektrik güç sistemlerinin en önemli parametrelerinden biri olan gerilim değerinin korunması modern güç sistemleri için hayati önem taşımaktadır. Otomatik gerilim regülatörleri güç sistemlerinde gerilim değerinin istenilen değerde korunmasını sağlarlar. Bu çalışmada, otomatik gerilim regülatör sisteminde kontrolör yapısı olarak literatürde en yaygın kullanılan kazanç güncellemeli oran integral-türev (PID) kontrolör yapısı kullanılmıştır. Bu çalışmada, kontrolör parametre değerlerini ayarlamak için Genetik algoritma (GA) tekniği kullanılmıştır. Kullanılan tekniğin başarısı literatürde PID kontrolör kazanç değerlerini ayarlama en yaygın kullanılan tekniklerden biri olan Ziegler-Nichols yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Sunulan tekniğin başarısını göstermek için hem zaman domeni analiz yöntemleri hem de frekans domeni analiz yöntemleri bu çalışmada kullanılmıştır.

### Anahtar Kelimeler

“Otomatik gerilim regülatörü, Genetik Algoritma, Zaman domeni analizi, Frekans domeni analizi”

### Abstract

Voltage level protection, which is one of the most important parameters of electrical power systems, is critical for modern power systems. Automatic voltage regulators make ensure that power systems' desired voltage level is maintained. The automatic voltage regulator system's controller structure in this study is based on the PID controller structure that has been utilized the most extensively in the literature. In this research, the controller parameter values are modified using a genetic algorithm technique. The Ziegler-Nichols approach, one of the most popular methods in the literature for modifying PID controller gain levels, is utilized to compare the effectiveness of the strategy used. Both time domain analysis methods and frequency domain analysis methods are employed in this study to show the effectiveness of the proposed strategy.

### Key Words

“Automatic voltage regulator, Genetic Algorithm, Time domain analysis, Frequency domain analysis”

## 1. Giriş

Güç sistemi dağıtıcıları, kârlarını optimize ederken kesintisiz elektrik enerjisi tedarikini garanti etmek için gerilim ve frekans dalgalanmalarını her zaman belirli sınırlar içinde tutmalıdırlar. Bu belirtilen amacı gerçekleştirmek için sisteme bağlı donanım ve cihazlar, belirli nominal değerler içinde çalışacak şekilde tasarlanırlar (Moschos & Parisses, 2022). Teorik olarak, bir elektrik şebekesinin aktif gücü frekansa, reaktif gücü ise gerilime bağlıdır. Bu yüzden güç sisteminde gerilim kontrolü önemli konulardan biridir. Senkron bir jeneratörün terminal gerilimini belirli bir seviyede tutmak için kullanılan otomatik gerilim regülatör (OGR) sistemi bu kontrol problemlerinin üstesinden gelmek için güç sistemine uygulanır (Chatterjee & Mukherjee, 2016; Gözde, Taplamacioglu, & Ari, 2017).

Gerilim kararlılığı, bir güç sisteminin normal çalışma sürelerinde ve bir arıza ile karşılaştıktan sonra tüm baralardaki gerilim değerlerini verilen sınırlar içinde tutma yeteneğidir (Shankar & Kundur, 1994; YILDIRIM, 2017; YILDIRIM & GENÇOĞLU, 2017a, 2017b). Güç sisteminin gerilim kararlılığı, yükler tarafından talep edilen reaktif güç ve senkron jeneratör tarafından sağlanan reaktif güç dengesine bağlıdır. Gerçekte, modern güç sistemi teknolojisinde bu dengeyi sağlamak için şönt kapasitörler, şönt/seri reaktörler ve esnek alternatif akım iletim sistemi (FACTS) cihazları gibi birçok gelişmiş yöntem bulunmaktadır. Ancak literatürde belirtilen en etkili teknik halen OGR kullanımınıdır (Eke, Saka, Gozde, Arya, & Taplamacioglu, 2021; Mosaad, Abdelaziz, & Attia, 2017). OGR' nin birincil amacı, reaktif yüklerde meydana gelen nominal, küçük ve yavaş değişimlerde uyarı akımını kontrol ederek çıkış geriliminin veya reaktif gücün mutlak değerde tutulmasını sağlamaktır. OGR, jeneratörün çıkış gerilimindeki değişiklikleri tespit eden ve kontrol eden bir uyarma akımı sağlayan kontrol mekanizmasıdır. Güç sisteminin güvenliği ve güvenilirliği, OGR sisteminin kararlılığından ciddi şekilde etkilenecektir. Bu nedenle, OGR sisteminin düzgün çalışması için uygun kontrol mekanizması gereklidir (Balu & Maratukulam, 1994; Dembicki & Chi, 1989; Özdemir & Çelik, 2017; Shankar & Kundur, 1994).

OGR'lerin tepki hızı kararlılık için kritik öneme sahiptir. Çünkü OGR'lerin elektrik sistemlerinde meydana gelen geçici olaylar üzerinde önemli etkileri vardır (Özdemir & Çelik, 2017). Basit yapısı ve kolay uygulanması nedeniyle günümüzde gerçek OGR sistemlerinin çoğu PID kontrolör içermektedir. Bu nedenle, sağlam ve güvenilir OGR sistemi elde etmek için daha karmaşık teknikler kullanarak PID kontrolörünün parametrelerinin ayarlanması da halen güncel bir araştırma ve uygulama alanıdır. Sezgisel optimizasyon teknikleri, optimum kendi kendine ayarlama sağlayan önemli ve nispeten basit araçlardır. Aslında OGR için öz ayarlamalı PID kontrolörünün popülaritesindeki ivmenin 2000'li yılların başında sezgisel algoritmalar kullanılarak başladığı ve bugüne kadar bu konuda birçok uygulama önerildiği söylenebilir (Eke et al., 2021).

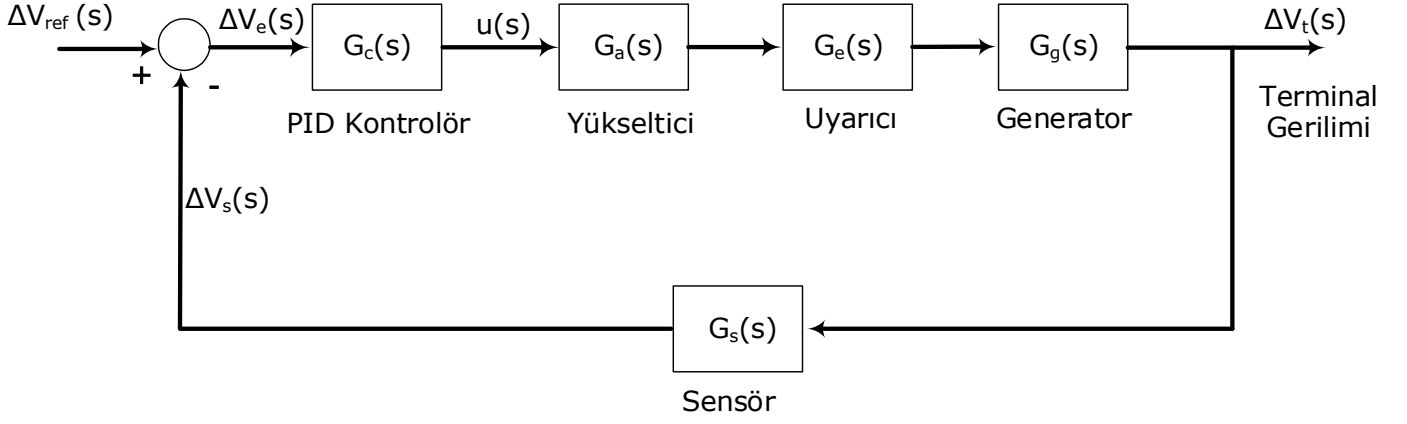
2004 yılında parçacık sürüsü optimizasyonu-PID (PSO-PID) denetleyicisine yeni zaman alanlı performans kriteri eklenerek parametre ayarı PSO algoritması ile sağlanmıştır (Gaing, 2004). 2007 yılında önerilen geliştirilmiş GA algoritması, bozulma reddetme fonksiyonu ile OGR sisteminin PID kontrolörünün ayarlanması için kullanılmıştır (Kim & Abraham, 2007). Aynı yıl içerisinde OGR sistemi kontrolü için çilgin tabanlı parçacık sürüsü optimizasyonu ve ikili kodlanmış genetik algoritma ile PID kontrolörünün optimum ayarı yapılmıştır (Mukherjee & Ghoshal, 2007). Birkaç yıl sonraki çalışmada, kaotik karınca sürüsü (CAS) algoritmasını kullanarak otomatik gerilim regülatörü sisteminin optimal PID denetleyici parametrelerini belirlemek için yeni bir tasarım yöntemi sunulmuştur (Zhu, Li, Zhao, Guo, & Yang, 2009). 2010 yıllarda OGR sisteminde PID parametre ayarı için yapay arı kolonisi kullanılmıştır. Bu çalışmada, bode ve geçici tepki analizleri de yapılmıştır (Gozde & Taplamacioglu, 2011). Benzer yıllarda otonom bir güç üretim sisteminde gerilimin akıllı kontrolü için verimli birçok optimizasyon bağlantısı olan PID kontrolörü tasarlanmış ve uygulanmıştır (Panda, Sahu, & Mohanty, 2012). Son yıllarda ise OGR sisteminde en uygun PID parametrelerinin belirlenmesi için çoklu amaç fonksiyonunu kullanmışlardır (Kılıç & Özdemir, 2019).

Sezgisel algoritmaların kolay uygulama ve kararlı yakınsama özelliği gibi avantajları nedeniyle bu çalışmada da PID kontrolör parametreleri genetik algoritma ile hesaplanmıştır. Bu çalışmada, Genetik algoritma ile parametreleri ayarlanmış PID sistemi denetleyicisi OGR sistemine dahil edilerek kararlı durum hatasının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de OGR sistem modeli de PID hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 3'te, makalede önerilen genetik optimizasyon algoritmasının çalışma prensibi anlatılmıştır. Bölüm 4'te zaman ve frekans bölgesi analizleri incelenmiştir. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. Otomatik Gerilim Regülatör Sistemi

Otomatik Gerilim Regülatörünün (OGR) amacı, uyarma sistemini kontrol ederek senkron jeneratörün terminal gerilimini sabit tutmaktır (Güngör, OZTURK, Selim, & Kenan). OGR'ler senkron jeneratörün terminal gerilimini düzenlemek için alan akımını kullanırlar ve bu yöntemle çıkış gerilimini istenilen değerde korunmasını sağlarlar. Bir OGR sistemini terminal gerilimini belirlenen değerde tutmaya çalışan kapalı bir kontrol sistemi olarak ifade edilebilir (Kılıç & Özdemir, 2019).

Bir OGR sistemi yükseltici, uyarıcı, jeneratör ve sensör olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Her bileşen, Şekil 1'de gösterildiği gibi sırasıyla  $K_a$ ,  $K_e$ ,  $K_g$  ve  $K_s$  kazançları ve  $\tau_a$ ,  $\tau_e$ ,  $\tau_g$  ve  $\tau_s$  zaman sabitleri ile birinci dereceden bir sistem olarak temsil edilir (Munagala & Jatoh, 2022). OGR sistemine bir PID kontrolör bulunduran OGR sisteme ait diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Bu blok diyagramı oluşturan elemanlara ait bilgiler aşağıda verilmiştir (Gaing, 2004; Gozde & Taplamacioglu, 2011; Özdemir & Çelik, 2017; Shankar & Kundur, 1994; Yildirim, ÖZDEMİR, & İbrahim, 2019; Zamani, Karimi-Ghartemani, Sadati, & Parniani, 2009).



Şekil 1. PID kontrolöre sahip OGR sistemi

### 2.1. Yükseltici modeli

Denklem 1’de verilen yükseltici transfer fonksiyonu bir kazanç  $K_a$  ve bir zaman sabiti  $\tau_a$  ile modellenir. Denklem 1’de,  $K_a$  kazancının tipik değerleri 10-500 arasında değişir iken yükseltici zaman sabiti  $\tau_a$ , genellikle 0.02-0.1 sn arasında değişir.

$$G_a(s) = \frac{K_a}{\tau_a \cdot s + 1} \quad (1)$$

### 2.2. Uyarıcı modeli

Denklem 2’de verilen uyarıcı transfer fonksiyonu bir kazanç  $K_e$  ve bir zaman sabiti  $\tau_e$  ile modellenir. Denklem 1’de,  $K_e$  kazancının tipik değerleri 1-10 arasında değişir iken uyarıcı zaman sabiti  $\tau_e$ , genellikle 0.4-1.0 sn arasında değişir.

$$G_e(s) = \frac{K_e}{\tau_e \cdot s + 1} \quad (2)$$

### 2.3. Jeneratör modeli

Denklem 3’te verilen jeneratör transfer fonksiyonu bir kazanç  $K_g$  ve bir zaman sabiti  $\tau_g$  ile modellenir. Denklem 1’de,  $K_g$  kazancının tipik değerleri 0.7-1.0 arasında değişir iken jeneratör zaman sabiti  $\tau_g$ , genellikle 1.0-2.0 sn arasında değişir.

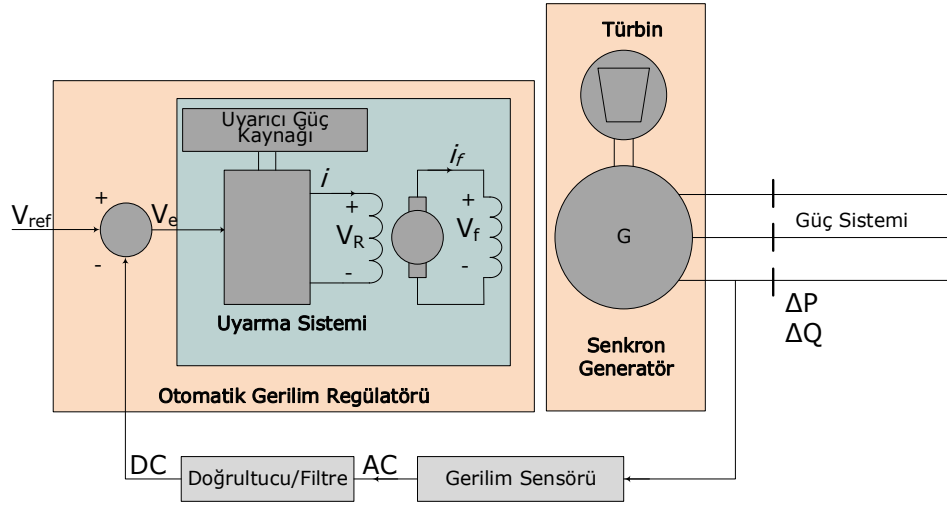
$$G_g(s) = \frac{K_g}{\tau_g \cdot s + 1} \quad (3)$$

### 2.4. Sensör modeli

Denklem 4’te verilen sensör transfer fonksiyonu bir kazanç  $K_s$  ve bir zaman sabiti  $\tau_s$  ile modellenir. Denklem 1’de,  $K_s$  kazancının tipik değeri yaklaşık 1 iken sensör zaman sabiti  $\tau_s$ , genellikle 0,001-0,06 sn arasında değişir.

$$G_s(s) = \frac{K_s}{\tau_s \cdot s + 1} \quad (4)$$

Şekil 2’de bir OGR sisteminin şematik diyagramı gösterilmektedir.



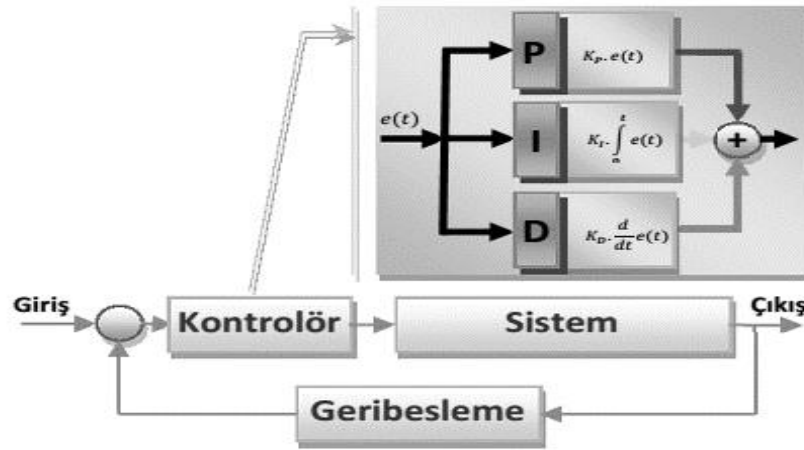
Şekil 2. OGR sisteminin şematik modeli [13]

### 2.5. PID Denetleyici

PID kontrolör, basit yapıları nedeniyle endüstriyel kontrol sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. PID kontrolün transfer fonksiyonu Denklem 5'te gösterilmektedir (GÜVENÇ, IŞIK, YİĞİT, & Akkaya, 2016). Ayrıca geri beslemeli bir kontrol sistemi için PID kontrolör yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.

$$G(S) = \frac{U_S}{E_S} = K_p + \frac{K_i}{S} + K_D S \quad (5)$$

Denklem 5'de  $K_p$  oransal kazancı,  $K_i$  integral kazancını ve  $K_d$  ise diferansiyel kazancı gösterir.  $K_p$  kazancı, kontrol sisteminde döngü kazancını artırır.  $K_d$  diferansiyel kazanç değeri ise sistemin geçici yanıtı geliştirir. Son olarak  $K_i$  integral kazancı sistemin kararlı durum (steady-state) hatasını azaltır.



Şekil 3. Geribeslemeli kontrol sistemi ve PID kontrolör (VATANSEVER &amp; Deniz, 2013).

Oransal integral türev (PID) denetleyici OGR sistemde dinamik yanıtı iyileştirmek ve azaltmak için kullanılır ve sabit durum hatasını ortadan kaldırır. PID kontrolöre sahip OGR sistem için transfer fonksiyonu Denklem 6'da verilmiştir (GÜVENÇ et al., 2016).

$$\frac{\Delta V_e(S)}{\Delta V_{ref}(S)} = \frac{(S^2 K_d + S K_p + K_i)(K_a K_e K_g)(1 + S T_s)}{S(1 + S T_s)(1 + S T_e)(1 + S T_g)(1 + S T_s) + (S^2 K_d + S K_p + K_i)(K_a K_e K_g)} \quad (6)$$

### 3. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar (GA) yapay zekanın bir araştırma alanıdır ve birçok alanda kullanılmaktadır. Bu optimizasyon ve araştırma yöntemi Darwin'in doğal seçim ve evrim kuramı prensibine dayanmaktadır. Genetik algoritmaların temelleri 1970'li yıllarda John Holland tarafından ortaya atılmıştır (Yıldız, Çiftçi, Ayan, & Türkay). Doğada yaşayanlar, hayatta kalmak için savaşır ve savaşı güçlü olan kazanır. Burada çocuklar yeni bir nesillerden türetilir. Bunu yapabilmek için nesillerden en iyi bireyler seçilir. Anne ve babalarına benzeyen çocuklar kesinlikle ebeveynleri ile aynı değillerdir. Bu sebeple, baba ve annelerinden iyi ya da kötü olabilirler. Burada amaç daha iyi bir kuşak elde etmektir.

Genetik Algoritma'nın her zaman optimum çözümü bulamadığını da hatırlatmak gerekir. Güncel problemler için en iyiye yakın çözümleri bulmada klasik hesaplama yöntemleri ile çözülemeyen problemler genetik algoritma ile saniyeler içinde çözülebilir. Ayrıca rastgelelik bu algoritmanın en önemli hususudur. Genetik algoritmalar birçok alanda uygulanabilir: biyogenetik, bilgisayar bilimi, mühendislik uygulamaları ekonomi, kimya, imalat, matematik, fizik ve diğer alanlar. Aşağıdaki adımlar uygulanarak genetik algoritma kısa kodu oluşturulur (Şahin & Çoklar):

1. Rastgele olarak başlangıç popülasyonunu oluştur.
2. Amaç fonksiyonunun tüm popülasyon için hesaplanması.
3. Operatörlerin (Tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon) uygulanması.
4. Üretilen her yeni kromozomun amaç fonksiyonu değerinin belirlenmesi.
5. Popülasyondan amaç fonksiyonu değerine göre uygun olmayan kromozomların çıkarılması.
6. Hedefe ulaşan kadar 3-5 arasındaki basamakları tekrar et.

#### 3.1. Genetik algoritma ayarlama yöntemi

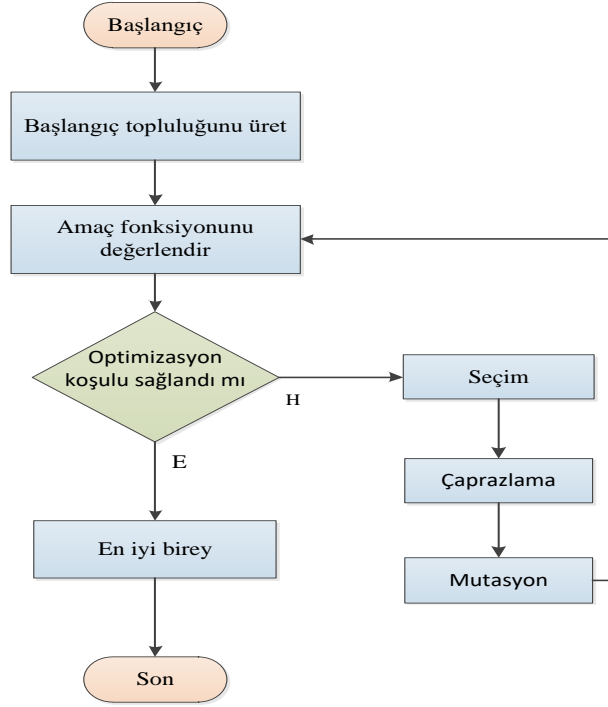
Uygunluk (Fitness) fonksiyonu, GA'yı kullanmak için en iyi yaklaşımdır. Uygunluk değeri, yeni popülasyona taşınacak kromozomların belirlenmesinde kullanılan bir araçtır. Bu nedenle, algoritmanın her iterasyonunda popülasyondaki kromozomların uygunluk değeri hesaplanır. Yüksek uygunluk değerine sahip bireyler daha büyük olasılıkla seçilmelidir. Hedef fonksiyonu şu şekilde verilir:

$$U = \int_0^T t \cdot |e(t)| dt \quad (7)$$

Kromozomların seçim işlemi için aritmetik değeri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$A = (1 - U) \quad (8)$$

İlk popülasyon oluşmasından sonra, her kromozom için hedef fonksiyonu hesaplanır ve çoğunlukla sonuçlar sonlandırma kriterlerini sağlamaz. Bundan dolayı yeni bir popülasyon (yeni nesil) oluşturmak için bir ihtiyaç doğar. Şekil 4 'deki akış şemasında bu adımlar gösterilmektedir.



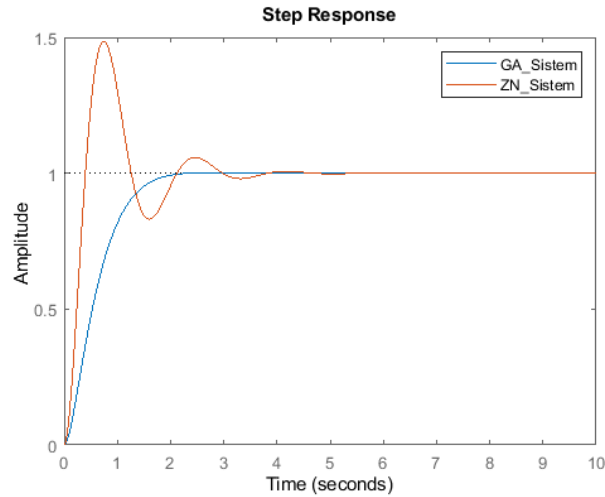
Şekil 4. Genetik Algoritma programı akış şeması

#### 4. Analiz Sonuçları

Bu bölümde Genetik algoritma ile ayarlanmış PID parametrelerinin OGR'deki etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarında genetik algoritma için elde edilen sonuçlar literatürde PID kontrolörlerin parametre değerlerini ayarlama için yaygın olarak kullanılan Ziegler-Nichols (Z-N) yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Analiz işlemleri hem zaman domeni hem de frekans domeniinde gerçekleştirilmiştir. Sistem parametre değerleri  $K_a = 10$ ,  $\tau_a = 0.1s$ ,  $K_e = 1$ ,  $\tau_e = 0.4s$ ,  $K_g = 1$ ,  $\tau_g = 1s$ ,  $K_s = 1$  ve  $\tau_s = 0.05s$  olarak seçilmiştir [7], [12], [13], [15]–[17].

##### 4.1. Zaman domeni analiz sonuçları

Bu bölümde OGR sistemi için elde edilen zaman analiz sonuçları verilmiştir. Analiz çalışmalarında sisteme birim basamak giriş uygulayarak gerilimin zamana göre değişimi elde edilmiştir. Gerilimin zamana göre değişimi Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5'te verilen zaman yanıtı cevabına ait değerler ayrıca Tablo 1'de verilmiştir.



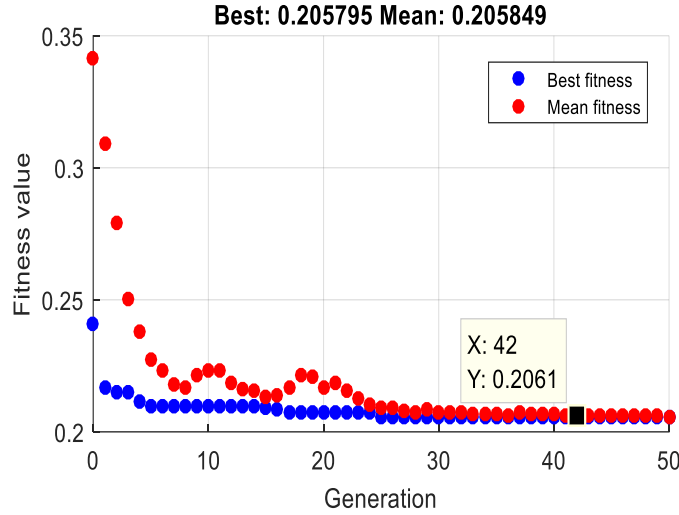
Şekil 5. Klasik Z-N ve optimizasyon GA ile OGR sisteme ait gerilimin zamana göre değişimi



**Tablo 1.** Genetik algoritma ve Z-N ayarlama yöntemleri ile ayarlanan PID kontrolöre ait performans karşılaştırması

Parametreler	Ayarlama yöntemi	
	Z-N	Genetik Algoritma
$K_P$	0,7294	0.20
$K_I$	1,1168	0.1476
$K_D$	0,1191	0.05
Aşma (%)	11.8	0
Yerleşim zamanı (s)	10.35	2.53

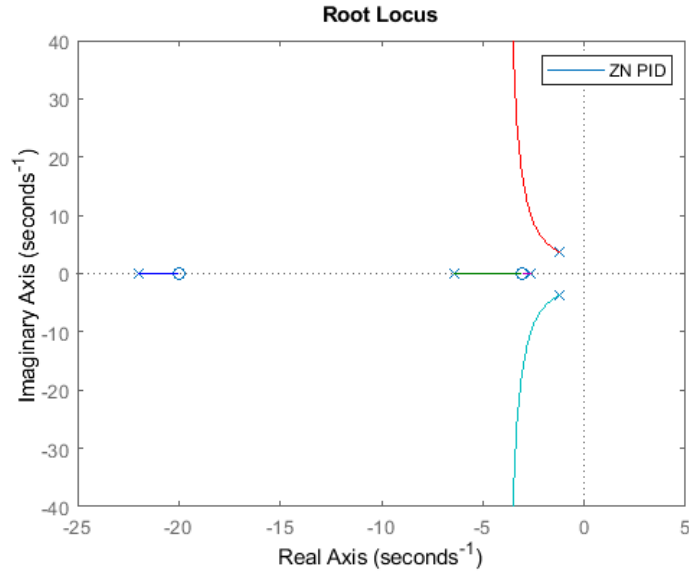
Şekil 5 incelendiği zaman önerilen genetik algoritma yöntemi ile elde edilen sonuçların klasik Z-N yöntemine göre daha iyi bir dinamik yanıt sağladığı görülmektedir. Şekilde görüleceği üzere genetik algoritma yöntemi ile elde edilen zaman yanıtında sistemde daha küçük bir aşma meydana gelmiş ve ayrıca sistem sürekli duruma daha hızlı bir şekilde ulaşmıştır. Ayrıca Tablo 1’de verilen değerler incelendiği zaman bu değerlerinde şekil 5 ile uygun olduğu görülmektedir. Tabloda görüleceği üzere önerilen yöntem ile sistemde aşma meydana gelmemiştir ve bu yönüyle daha iyi dinamik performans sergilemiştir. Ayrıca yerleşme süresi açısından genetik algoritma 1.7623 yerleşme süresi meydana gelirken Z-N yönteminde bu değer 3.3621 saniyeyi bulmaktadır. Ayrıca aşım değeri olarak Ga ile 1.011 iken Z-N metodu ile 1.4856 bulunmaktadır. Bu yönüyle de yine önerilen yöntem daha iyi bir dinamik yanıtı sahiptir. Şekil 6’da her iterasyonda en iyi uygunluk değerini göstermektedir. 42 iterasyondan sonra uygunluğun değerinin değişmediğine dikkat edilmiştir.

**Şekil 6.** Her iterasyonda en iyi fitness değeri

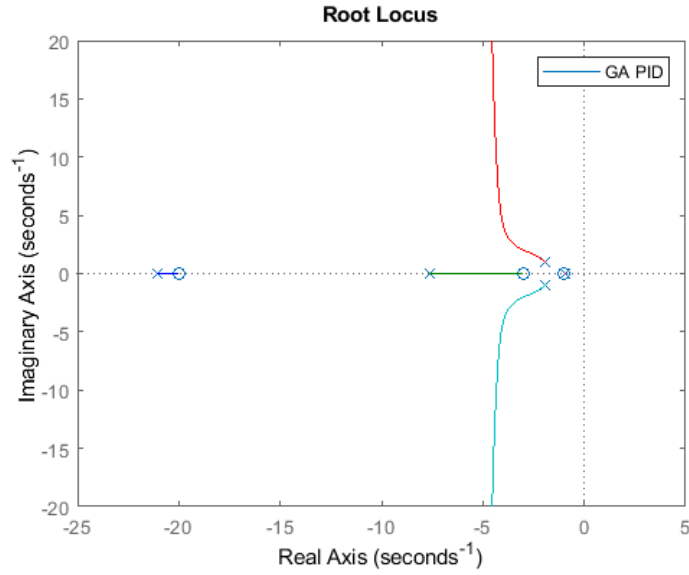
## 4.2. Frekans domeni analiz sonuçları

### 4.2.1. Kök eğrileri yöntemi

Kontrolde geri besleme kazancının artırılması sonucu kutup ve sıfırların yeni pozisyonlarını belirlemeye yarayan yöntemdir. Burada açı ve büyüklük koşulları kullanılır ve kolay bir yöntemdir. Bu yöntem herhangi bir sistemin kararlılık tepkisine ve geçici hal tepkisine bakarak sistem hakkında analiz yapabilmemizi sağlar. Kök yer eğrileri, Z-N için Şekil 10 ve GA için Şekil 11’de gösterilmektedir. Kapalı döngü kutupları ve sönüm oranları Tablo 2’de gösterilmektedir.



Şekil 10. Kök yer eğrileri, Z-N yöntemi



Şekil 11. Kök yer eğrileri Genetik algoritma yöntemi

Tablo 2. Kapalı döngü kutupları ve sönüm oranları

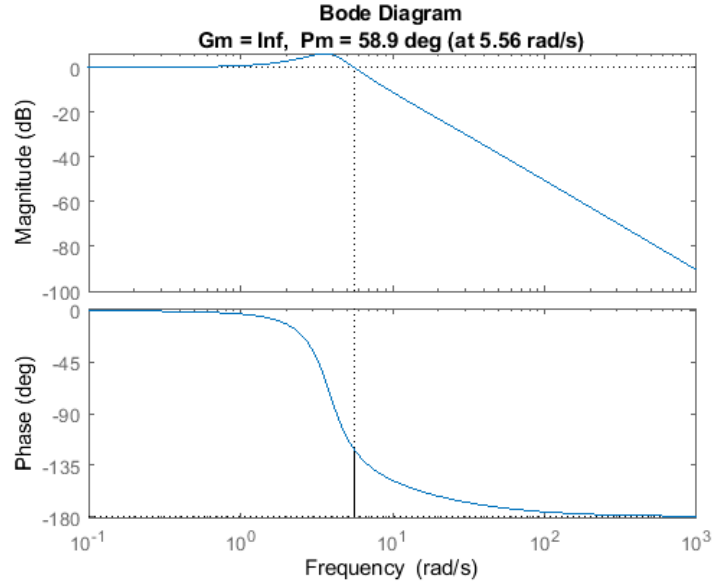
Geleneksel PID		Genetik Algoritma	
Kapalı Döngü Kutupları	Sönüm Oranı	Kapalı Döngü Kutupları	Sönüm Oranı
-21.9804	1	-21.0462	1
-6.3843	1	-7.6119	1
-2.6657	1	-0.9534	1
-1.2348 + 3.6609i	0.32	-1.9442 + 1.0255i	0.884
-1.2348 - 3.6609i	0.32	-1.9442 - 1.0255i	0.884

Tablo 2’de gösterildiği gibi kutup ne kadar sol yarı düzlemde olursa o kadar sistemin hızı düşer. Sönüm katsayısı küçüldükçe çıkış daha osilasyonlu olur. Genetik algoritmanın sistem kararlığına etkisinin daha büyük olduğunu gösterir. GA ile sönüm oranı 0.90 iken geleneksel PID ayarlama yönteminde 0.53’tür.

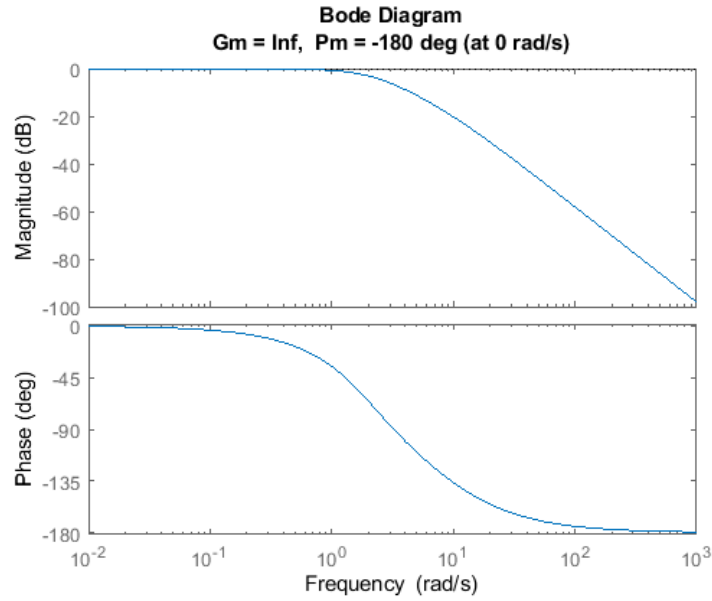
#### 4.2.2. Bode Diyagramı

Bir sistemin frekans cevabı olarak tanımlanır. Bode diyagramı, Bode genlik diyagramı ve Bode faz diyagramı olan iki bileşenden oluşur. Kazanç Marjini ve Faz Marjini ise Göreceli Kararlılığı belirlemek için kullanılır. Bunlar Şekil 12 ve Şekil 13’te gösterilmektedir.

Kazanç Marjini, kapalı sistemin kararlılığı bozulmadan açık döngü sistemin kazancını ne kadar daha arttırabileceğimizi gösterir. Faz Marjini, kapalı sistemin kararlılığı bozulmadan açık döngü sistemin fazına ne kadar daha faz ekleyebileceğimizi gösterir. Bu durum Tablo 3’te gösterildiği gibidir.



Şekil 12. Bode genlik diyagramı ve Bode faz diyagramı, Z-N yöntemi



Şekil 13. Bode genlik diyagramı ve Bode faz diyagramı, GA yöntemi

**Tablo 3.** OGR sisteminin kararlılık karşılaştırması

Ayarlama yöntemi	Tepe kazanç	Kazanç Marjini	Faz Marjini (deg)	Gecikme Marjini
<b>Geleneksel PID</b>	Sonsuz	Sonsuz	58,9299	5,5564 rad/sn
	Sonsuz	Sonsuz	-180	0 rad/sn
<b>Genetik Algoritma</b>				

Tablo 3'te OGR sisteminin kararlılık karşılaştırması için Kazanç Marjini, Faz Marjini (deg) ve Gecikme Marjini gösterilmiştir. Burada Genetik Algoritma tarafından ayarlanan sistemin en iyi frekans cevabı verdiği görülmektedir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, OGR sisteminin kontrolörü için PID kullanılmıştır. PID parametrelerini ayarlamak için ise GA kullanılmıştır. Ayrıca GA'nın optimizasyon performansı, Z-N ayarlama yöntemin performansı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar için zaman ve frekans bölgesi analizi kullanılmıştır. Analiz sonunda GA ile optimize edilen kontrol sisteminin maksimum aşımaları ve oturma süreleri klasik yöntemle göre daha küçüktür. Bu sonuçlara göre GA'nın daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Son olarak ileri çalışmalar için GA'nın diğer popülasyon tabanlı optimizasyon algoritmaları ile performans karşılaştırılması yapılabilir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma mühendislik bilimleri araştırma ve geliştirme uygulamaları özel sayısı çağırısı kapsamında değerlendirilmiştir.

## Kaynaklar

Balu, C., & Maratukulam, D. (1994). *Power system voltage stability*: McGraw-Hill New York, NY, USA.

Chatterjee, S., & Mukherjee, V. (2016). PID controller for automatic voltage regulator using teaching–learning based optimization technique. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 77, 418-429.

Dembicki, E., & Chi, T. (1989). System analysis in calculation of cantilever retaining walls. *International journal for numerical and analytical methods in geomechanics*, 13(6), 599-610.

Eke, I., Saka, M., Gozde, H., Arya, Y., & Taplamacioglu, M. C. (2021). Heuristic optimization based dynamic weighted state feedback approach for 2DOF PI-controller in automatic voltage regulator. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(4), 899-910.

Gaing, Z.-L. (2004). A particle swarm optimization approach for optimum design of PID controller in AVR system. *IEEE transactions on energy conversion*, 19(2), 384-391.

Gozde, H., & Taplamacioglu, M. C. (2011). Comparative performance analysis of artificial bee colony algorithm for automatic voltage regulator (AVR) system. *Journal of the Franklin Institute*, 348(8), 1927-1946.

Gözde, H., Taplamacıoğlu, M. C., & Ari, M. (2017). *Simulation study for global neighborhood algorithm based optimal automatic voltage regulator (AVR) system*. Paper presented at the 2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG).

Güngör, B., OZTURK, N., Selim, Ö., & Kenan, Ü. Otomatik gerilim regülatörü için hibrit bir denetleyici tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 1-1.

GÜVENÇ, U., IŞIK, A. H., YİĞİT, T., & Akkaya, I. (2016). Performance analysis of biogeography-based optimization for automatic voltage regulator system. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 24(3), 1150-1162.

Kılıç, E., & Özdemir, M. T. (2019). Güç sistemlerindeki optimum otomatik gerilim regülasyonu için çoklu amaç fonksiyonunun belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(1), 1-12.

Kim, D.-H., & Abraham, A. (2007). A hybrid genetic algorithm and bacterial foraging approach for global optimization and robust tuning of PID controller with disturbance rejection *Hybrid evolutionary algorithms* (pp. 171-199): Springer.

Mosaad, A. M., Abdelaziz, A. Y., & Attia, M. A. (2017). A Survey on Optimal Design of Controller for AVR Performance Enhancement. *i-Manager's Journal on Instrumentation & Control Engineering*, 6(1), 31.

- Moschos, I., & Parisses, C. (2022). A novel optimal PI $\lambda$ DND $2N_2$  controller using coyote optimization algorithm for an AVR system. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 26, 100991.
- Mukherjee, V., & Ghoshal, S. (2007). Intelligent particle swarm optimized fuzzy PID controller for AVR system. *Electric Power Systems Research*, 77(12), 1689-1698.
- Munagala, V. K., & Jatoh, R. K. (2022). Improved fractional PI $\lambda$ D $\mu$  controller for AVR system using Chaotic Black Widow algorithm. *Computers & Electrical Engineering*, 97, 107600.
- Özdemir, M., & Çelik, V. (2017). Stability analysis of the automatic voltage regulation system with PI controller. *Sakarya University Journal of Science*, 21(4), 698-705.
- Panda, S., Sahu, B. K., & Mohanty, P. K. (2012). Design and performance analysis of PID controller for an automatic voltage regulator system using simplified particle swarm optimization. *Journal of the Franklin Institute*, 349(8), 2609-2625.
- Shankar, R., & Kundur, P. (1994). Power system stability and control II. *New York, McGraw-Hill Books pp581*.
- Şahin, A. G. Y. L., & Çoklar, A. G. A. N. ÖĞRETİM YAZILIMLARININ TASARIMINDA GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI.
- VATANSEVER, F., & Deniz, S. E. (2013). Genetik Algoritma Tabanlı PID Kontrolör Simülatörü Tasarımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 18(2), 7-18.
- YILDIRIM, B. (2017). Investigation with modal analysis of effects of high PV penetration on power system voltage stability. *International Journal of Energy and Smart Grid*, 2(1), 17-26.
- YILDIRIM, B., & GENÇOĞLU, M. T. (2017a). Impact of Microgrid on Power System Voltage Stability. *integration*, 1, 2.
- Yildirim, B., & Gençoğlu, M. T. (2017b). Modal Analysis of Power System with a Microgrid. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(10), 1068-1073.
- Yildirim, B., ÖZDEMİR, M. T., & İbrahim, E. (2019). *Design of integer order approximation fractional order controller with for automatic voltage regulation system*. Paper presented at the 2019 4th International conference on power electronics and their applications (ICPEA).
- Yıldız, B., Çiftçi, H., Ayan, O., & Türkay, B. E. Elektrikli Araçların Dağıtım Şebekesine Etkisinin Maliyet Analizi ve Genetik Algoritma ile Optimizasyonu Cost Analysis of the Effect of Electric Vehicles on Distribution Network and Optimization with Genetic Algorithm.
- Zamani, M., Karimi-Ghartemani, M., Sadati, N., & Parniani, M. (2009). Design of a fractional order PID controller for an AVR using particle swarm optimization. *Control Engineering Practice*, 17(12), 1380-1387.
- Zhu, H., Li, L., Zhao, Y., Guo, Y., & Yang, Y. (2009). CAS algorithm-based optimum design of PID controller in AVR system. *Chaos, Solitons & Fractals*, 42(2), 792-800.



## Geri Dönüştürülmüş Asfalt Tozunun Alkali Aktifleştirilmiş Cüruf Harçları Üzerindeki Etkisi

### Effect of Recycled Asphalt Powder on Alkali Activated Slag Mortars

Erdinç Halis Alakara<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 60000 Tokat, Türkiye

Başvuru/Received: 18/11/2022

Kabul / Accepted: 30/12/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2022

#### Öz

Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş asfalt tozunun (GDAT) alkali aktifleştirilmiş cüruf (AAS) harçları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. AAS harçlarında bağlayıcı olarak yüksek fırın cürufu (YFC) ve GDAT kullanılmıştır. Harç karışımlarına GDAT, YFC'nin ağırlıkça %10, %20, %30, %40 ve %50'si oranlarında ikame edilmiştir. Karışımlarda aktivatör olarak sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi kullanılmıştır. Çözelti aktivatör derişimi ise 12 molarite (M) olarak seçilmiştir. Harçlar 100 °C etüvde, 24 saat kür edildikten sonra ultrases geçiş hızı (UPV), eğilme dayanımı ( $f_e$ ) ve basınç dayanımı ( $f_b$ ) testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, GDAT ikame oranının artmasıyla UPV,  $f_e$  ve  $f_b$  değerlerinde düşüşler görülmüştür. Bu düşüş oranları, özellikle %20 ikame oranından sonra önemli ölçüde artış göstermiştir. Ayrıca her yıl yüksek miktarlarda açığa çıkan kazanmış asfalt kaplamanın, AAS harçlarda kullanılarak çevre kirliliğinin önemli ölçüde azaltılabileceği düşünülmektedir.

#### Anahtar Kelimeler

“Geri dönüşüm, asfalt tozu, alkali aktifleştirilmiş cüruf, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı”

#### Abstract

In this study, the effect of recycled asphalt powder (RAP) on alkali activated slag (AAS) mortars was investigated. Blast furnace slag (BFS) and RAP were used as binders in AAS mortars. In the mortar mixes, RAP was substituted at the rates of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight of BFS. Sodium hydroxide (NaOH) solution was used as the activator in the mixtures. The solution activator concentration was chosen as 12 molarity (M). After the mortars were cured in an oven at 100 °C for 24 hours, they were subjected to ultrasonic pulse velocity (UPV), flexural strength ( $f_f$ ) and compressive strength ( $f_c$ ) tests. When the results obtained were examined, it was observed that the UPV,  $f_f$  and  $f_c$  values decreased with the increase in the RAP substitution ratio. These decline rates increased significantly, especially after the 20% substitution rate. In addition, it is thought that environmental pollution can be significantly reduced by using the scraped asphalt pavement, which is exposed in high amounts every year, in AAS mortars.

#### Key Words

“Recycling, asphalt powder, alkali activated slag, ultrasonic pulse velocity, flexural strength, compressive strength”

## 1.Giriş

En önemli yapı malzemesi olan beton dünya çapında her yıl 10 milyon tondan fazla üretilmektedir (Meyer, 2009). Betonda bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun elde edilmesinde yüksek enerjiye ve çok fazla miktarda hammaddeye ihtiyaç duyulmaktadır (Mehta, 2002). Çimento endüstrisi oluşturduğu sera gazlarından, enerji ve hammadde tüketiminden dolayı doğaya ciddi derecede zarar vermektedir. Çimento üretimi endüstriyel enerjinin %12-15'ini kullanmakla birlikte küresel çapta CO<sub>2</sub> miktarının %5 ila %8'ini oluşturmaktadır (Podolsky vd., 2021; Stafford vd., 2016; Bingöl vd., 2020, a). 1 ton çimento üretiminde konumuna, teknolojisine, ürün verimliliğine, elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarına ve yakıt cinsine bağlı olarak yaklaşık 1 ton CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşmektedir (Stafford vd., 2016; Gursel vd., 2014).

Betonun doğaya olan olumsuz etkilerini azaltabilmek ve daha sürdürülebilir yapı malzemesi ortaya çıkarmak amacıyla yapılan araştırmalar önem kazanmıştır. Geopolimer beton zengin silis ve alümin kökenli malzemelerin alkali aktivatörlerle reaksiyonu sonucunda oluşan, geleneksel betona alternatif olan çevre dostu ve sürdürülebilir yapı malzemesidir (Shobeiri vd., 2021). Zengin silis ve alüminyum içeren herhangi bir endüstriyel atık veya doğal malzeme geopolimer beton üretiminde kullanılabilir (Manikandan & Vasugi, 2021). Araştırmacılar uçucu kül (Amran vd., 2021), yüksek fırın cürufu (YFC) (Bingöl vd., 2020, b), silis dumanı (Okoye vd., 2016), cam tozu (Manikandan & Vasugi, 2021), metakaolin (Albidah vd., 2021), çelikhane cürufu (Bingöl, 2022), perlit tozu (Alakara vd., 2022, a), atık beton tozu (Alakara vd., 2022, b) gibi malzemeleri geopolimer üretiminde kullanmışlardır.

Atık asfalt, tasarım süresinin sonuna gelmiş asfalt yolların üst kaplamasının kazınmasıyla elde edilir. Kazınan asfalt genelde atık malzeme sahalarında toplanır. Türkiye'de 2021 yılında yaklaşık olarak 2 milyon ton asfalt, tasarım süresini doldurmuş ve kazınmıştır (ASMÜD, 2021). Atık asfaltın inşaat sektöründe kullanılması olumlu çevresel katkılar sağlamakla birlikte atık sahalarında da önemli azalmalar sağlayacaktır (Hoy vd., 2016). Bu bağlamda atık asfaltın geleneksel ve geopolimer beton içerisinde kullanımı ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır.

Şahan & Canpolat (2021), kazınmış asfaltı geleneksel betonda ince kum yerine %5, 10, 15 ve 20 oranlarında ikame ederek farklı ortam ısılarında (25, 50 ve 75 °C) mekanik özelliklerini incelemiştir. Çalışmalar sonucunda kazınmış asfalt miktarının artması sonucu basınç dayanımında azalmalar görülmüş ve ortam sıcaklığına bağlı olarak numunelerde oluşan çatlakların kılcal düzeye indiği tespit edilmiştir. Huang vd., (2005) geri dönüştürülmüş asfalt agregasını betonda hem ince hem de iri agrega olarak kullanmışlardır. Geri dönüştürülmüş asfalt agregasını iri ve ince agrega olarak kullanılması sonucunda eğilme ve basınç dayanımlarında sistematik azalma olduğu görülmüştür. Hossiney vd., (2020, a) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise alkali ile aktive edilmiş beton yol bloklarında geri dönüştürülmüş asfalt agregasının kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışmada geri dönüştürülmüş asfalt agregaları, doğal agregalar yerine %25, 50 ve 75 oranında ikame edilerek aşınma direnci, su emme, basınç dayanımı gibi özellikler incelenmiştir. Sonuç olarak geri dönüştürülmüş asfalt agregasının %50 oranına kadar ikame edilebileceği ve üretim maliyetinin %25.8'e kadar düşürülebileceği belirtilmiştir. Hossiney vd., (2020, b) atık asfalt agregası kullanılarak üretilen geopolimer beton yol bloklarının fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Asfalt agregası %0, 20, 40, 60 ve 80 oranlarında ince agrega ve kaba agrega yerine ikame edilerek kullanılmıştır. Çalışma sonucunda geopolimer beton yol bloklarında asfalt agregasının %60 oranına kadar ikame edilebileceği tespit edilmiştir. Wongkvanklom vd., (2021) geri dönüştürülmüş atık asfalt agregasını geopolimer betonda iri agrega yerine %0, 20 ve 40 oranlarında ikame etmişlerdir. Çalışmalar sonucunda atık asfalt agrega ikame oranının artmasıyla basınç dayanımının azaldığı görülmüştür. Ancak ikame oranının artmasıyla sülfürik aside karşı direnç artmış aynı zamanda porozite ve su emme değerinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki atık asfalt miktarının fazla olması ve yapılan çalışmalarda geri dönüştürülmüş asfalt tozunu (GDAT), alkali aktifleştirilmiş cüruf (AAS) harçlarda kullanımına rastlanılmamış olması, bu çalışmanın önemli motive kaynağı olmuştur. Yapılan çalışmada GDAT, YFC yerine %0, 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında ikame edilerek AAS harçlar hazırlanmıştır. Hazırlanan AAS harçlar 100 °C etüvde, 24 saat kür edildikten sonra ultrases geçiş hızı (UPV), eğilme dayanımı ( $f_e$ ) ve basınç dayanımı ( $f_b$ ) deneylerine tabi tutulmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

AAS harçları TS EN 196-1 standardına göre hazırlanmıştır. Karışımlarda standart kum kullanılmıştır. YFC, Bolu Çimento'dan temin edilmiş olup ASTM C989 (ASTM 2014b)'a göre seçilmiştir. GDAT ise kazınmış asfalt kaplamasının öğütülmesi sonucunda elde edilmiştir. GDAT, öğütme işleminin ardından 75 µm'lik elekten elenerek kullanılmıştır. GDAT'nin üretim aşaması Şekil 1'de gösterilmiştir. Karışımlarda alkali aktivatör olarak NaOH kullanılmıştır.

Tablo 1'de AAS harçlara ait karışım oranları gösterilmiştir. Hazırlanan taze haldeki AAS harçlar, 40×40×160 mm ölçülerindeki kalıplara iki aşamada doldurularak sıkıştırılmıştır. Sonrasında ise 100 °C etüv sıcaklığında 24 saat boyunca kür edilmiştir. Eğilme ve basınç dayanımı deneyleri TS EN 196-1'e göre yapılmıştır. Ultrases geçiş hızı deneyi ise ASTM C 597-16 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. GDAT'nin üretim aşaması

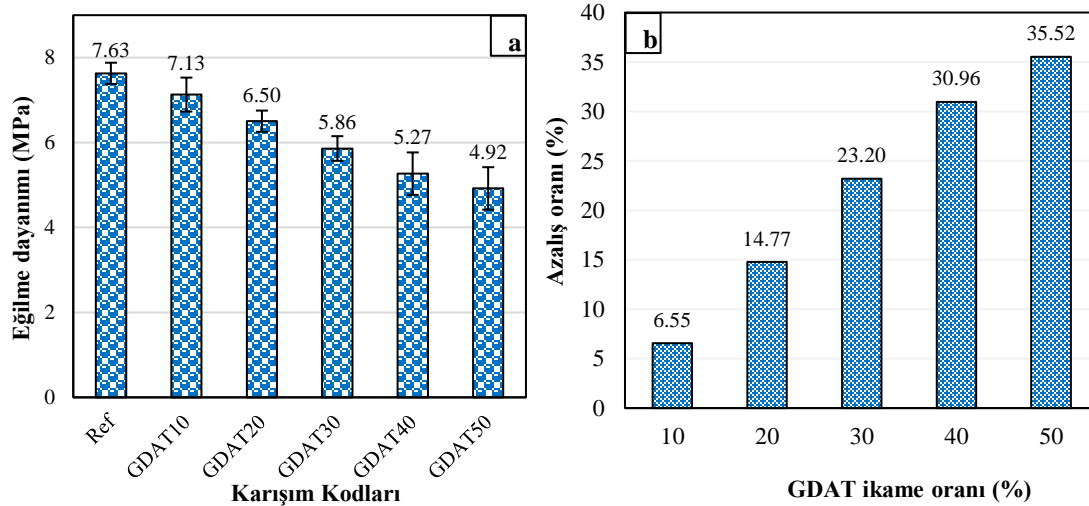
Tablo 1. AAS harçların karışım oranları

Karışım Kodu	YFC (g)	GDAT (g)	GDAT Oranı (%)	Su (g)	Kum (g)	NaOH (g)	Molarite (M)
Ref	450	0	0				
GDAT10	405	45	10				
GDAT20	360	90	20	200.7	1350	108	12
GDAT30	315	135	30				
GDAT40	270	180	40				
GDAT50	225	225	50				

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Eğilme dayanımı ( $f_e$ )

TS EN 196-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilen  $f_e$  deney sonuçları Şekil 2 (a)'da verilmiştir. Her bir karışım kodu için 3 adet numune üretilmiş ve bu değerlerin ortalaması nihai  $f_e$  değeri olarak belirlenmiştir. Şekil 2 (b)'de ise GDAT ikameli AAS harçların, referans harçlara kıyasla  $f_e$  değerlerindeki yüzdesel düşüş oranları verilmiştir.

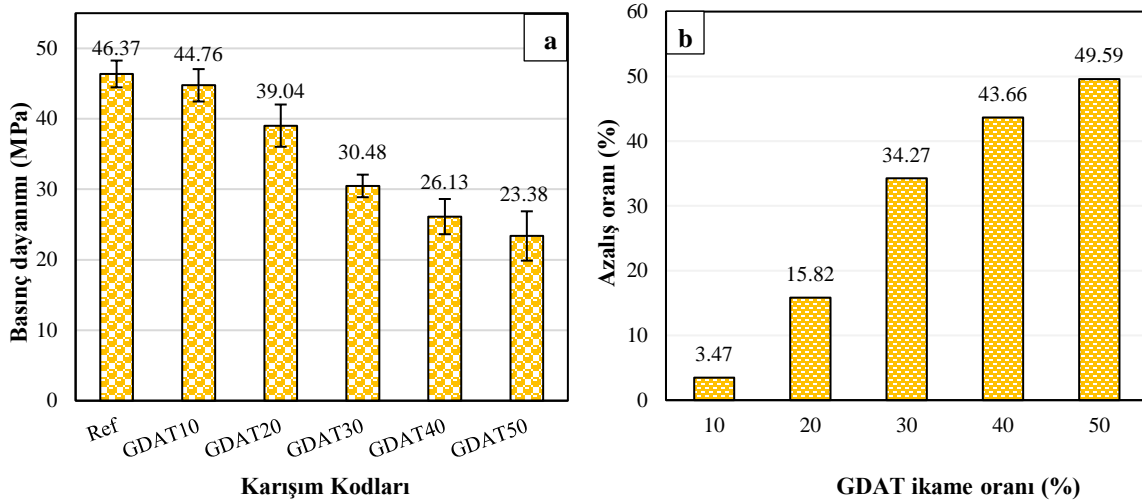
Şekil 2. (a)  $f_e$  bulguları, (b)  $f_e$  değerlerindeki yüzdesel düşüş oranı



Şekil 2 (a)'da verilen  $f_e$  bulguları incelendiğinde;  $f_e$  değerlerinin 7.63–4.92 MPa arasında değiştiği görülmektedir. GDAT ikame oranı arttıkça  $f_e$  değerlerinde azalışlar görülmüştür. GDAT10, GDAT20, GDAT30, GDAT40 ve GDAT50 kodlu harçların  $f_e$  değerleri, Ref kodlu harçlara kıyasla sırasıyla %6.55, %14.77, %23.20, %30.96 ve %35.52 oranlarında azalış göstermiştir. Jeopolimer matrisinde bulunan YFC tanecikleri, kalsiyum alümino silikat hidrat (C-A-S-H) veya kalsiyum silikat hidratların (C-S-H) oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum jeopolimerizasyon sürecini artırmaktadır (Puligilla & Mondal, 2013). YFC yerine GDAT ikame edilmesi durumunda jeopolimer matris içerisindeki YFC miktarı azalmaktadır. Bunun sonucunda ise matristeki hidrate eleman yoğunluğu azalmaktadır (Alakara vd., 2022, b). Dolayısıyla GDAT ikame oranının artmasıyla  $f_e$  değerlerindeki düşüşün sebebi bu duruma bağlanmıştır.

### 3.2. Basınç dayanımı ( $f_b$ )

TS EN 196-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilen  $f_b$  deney sonuçları Şekil 3 (a)'da gösterilmiştir. Eğilme deneyi sonrasında her bir karışım kodundan elde edilen 6 adet numunenin ortalaması nihai  $f_b$  değeri olarak belirlenmiştir. Şekil 3 (b)'de ise GDAT ikameli AAS harçların, referans harçlara kıyasla  $f_b$  değerlerindeki yüzdesel düşüş oranları gösterilmiştir.

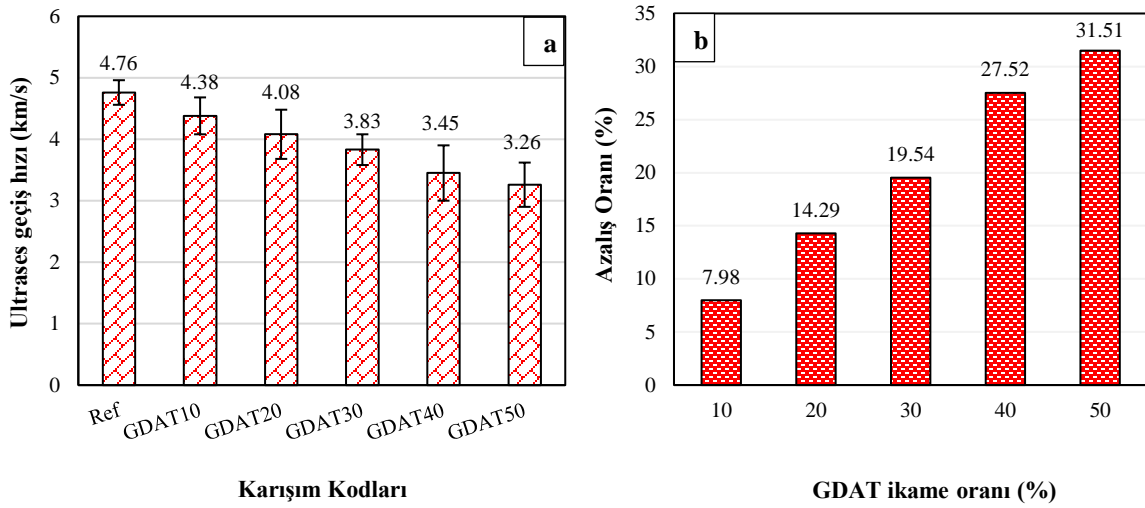


Şekil 3. (a)  $f_b$  bulguları, (b)  $f_b$  değerlerindeki yüzdesel düşüş oranı

Şekil 3 (a) incelendiğinde  $f_b$  değerlerinin 46.37–23.38 MPa arasında değiştiği görülmektedir.  $f_e$  değerlerinde olduğu gibi GDAT ikame oranının artmasıyla  $f_b$  değerlerinde de düşüşler görülmüştür. GDAT10, GDAT20, GDAT30, GDAT40 ve GDAT50 kodlu harçların  $f_b$  değerleri, Ref kodlu harçlara kıyasla sırasıyla %3.47, %15.82, %34.27, %43.66 ve %49.59 oranlarında azalış göstermiştir.  $f_b$  değerlerindeki düşüş oranları özellikle %20 ikame oranından sonra önemli ölçüde artmıştır. %50 oranında GDAT ikame edilmesi durumunda  $f_b$  değeri, Ref kodlu harçlara kıyasla yaklaşık %50 oranında düşüş göstermiştir. GDAT10 kodlu harçların  $f_b$  değeri ise 44.76 MPa olarak elde edilmiştir. Bu değer 28 gün küre tabi tutulan çimento harçları için gerekli olan minimum dayanım (42.5 MPa) değerinden %5.32 daha yüksektir. Bu değer birçok yapı uygulaması için yeterlidir. Cürufun, jeopolimer matrisini daha yoğun hale getirdiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Tan vd., 2020). Ayrıca cürufun, boşlukları ve gözenekleri doldurarak jeopolimer matrisin mukavemetini artırdığı görülmüştür (Song vd., 2019). Dolayısıyla GDAT ikame oranının artmasıyla  $f_b$  değerlerindeki gözlenen düşüşün sebebi, jeopolimer matris içerisindeki YFC miktarının azalmasına bağlanmıştır.

### 3.3. Ultrases geçiş hızı (UPV) deneyi

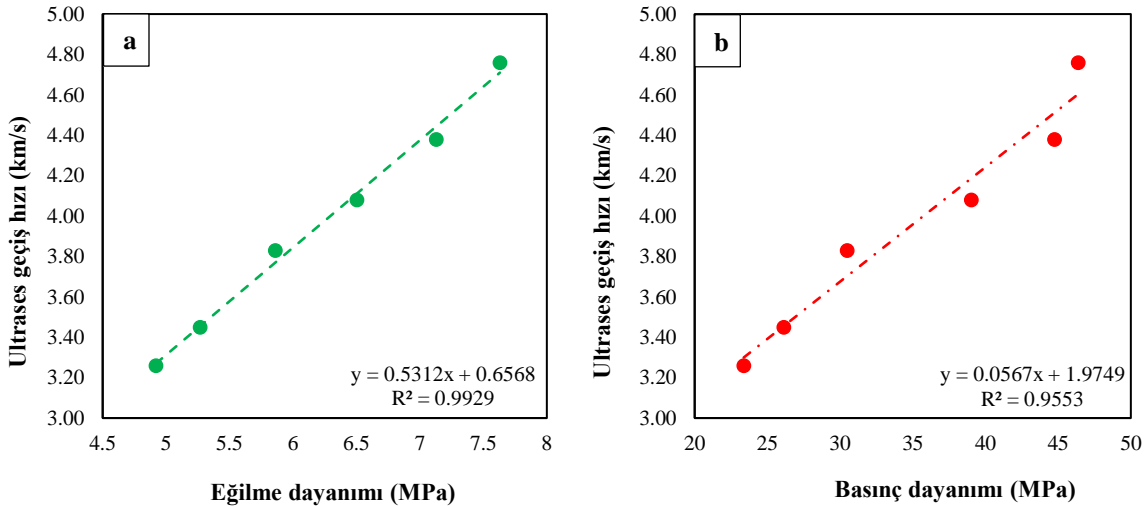
Şekil 4 (a)'da ASTM C 597-16 standardına uygun olarak gerçekleştirilen UPV deney sonuçları gösterilmiştir. Her bir karışım grubu için 3 adet numunedan alınan ölçümlerin ortalaması nihai UPV değeri olarak alınmıştır. Şekil 4 (b)'de ise GDAT ikameli harçların UPV değerlerinin, Ref kodlu harçlara kıyasla yüzdesel düşüş oranları gösterilmiştir.



Şekil 4. (a) UPV bulguları, (b) UPV değerlerindeki yüzdesel düşüş oranı

Şekil 4 (a)'da verilen UPV bulguları incelendiğinde; UPV bulgularının 4.76–3.26 km/s arasında değiştiği görülmektedir.  $f_e$  ve  $f_b$  bulgularında olduğu gibi GDAT ikame oranı arttıkça UPV değerlerinde düşüşler görülmüştür. GDAT10, GDAT20, GDAT30, GDAT40 ve GDAT50 kodlu harçların UPV değerleri, Ref kodlu harçlara kıyasla sırasıyla %7.98, %14.29, %19.54, %27.52 ve %31.51 oranlarında azalış göstermiştir. Whitehurst (1951) sınıflandırmasına göre Ref kodlu harçların “mükemmel”, GDAT10, GDAT20 ve GDAT30 kodlu harçların “iyi” sınıfında, GDAT40 ve GDAT50 kodlu harçların ise “şüpheli” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Cürufun, boşlukları ve gözenekleri doldurduğu bildirilmiştir (Song vd., 2019). Dolayısıyla GDAT ikame oranının artmasıyla UPV değerlerindeki azalışın sebebi jeopolimer matris içerisindeki YFC miktarının azalmasına ve matristeki gözenekliliğin artmış olmasına bağlanmıştır.

Şekil 5'te  $f_e$  ve  $f_b$  değerleri ile UPV değerleri arasındaki korelasyonlar verilmiştir.  $f_e$  ve  $f_b$  değerlerini, UPV değerleri ile ilişkilendirmek için doğrusal regresyon kullanılmıştır. Elde edilen denklemler ise Şekil 5'teki grafiklerin üzerinde gösterilmiştir.  $R^2$  değerleri Şekil 5 (a) ve (b)'de sırasıyla 0.9929 ve 0.9553 olarak elde edilmiştir. Bu değerler korelasyon için iyi bir güven anlamına gelebilmektedir (Kubba vd., 2018).



Şekil 5. (a)  $f_e$  – UPV, (b)  $f_b$  – UPV arasındaki ilişki

#### 4. Sonuç

Yapılan çalışmada, geri dönüştürülmüş asfalt tozunun (GDAT) alkali aktifleştirilmiş cüruf (AAS) harçlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. AAS harçlarında bağlayıcı olarak yüksek fırın cürufu (YFC) ve GDAT kullanılmıştır. Karışımlarda GDAT, YFC'nin ağırlıkça %10, %20, %30, %40 ve %50'si oranında ikame edilerek kullanılmıştır. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- GDAT ikame oranı arttıkça eğilme dayanımı ( $f_e$ ) değerlerinde %6.55–%35.52 arasında değişen oranlarda düşüşler tespit edilmiştir. En yüksek dayanım kaybı %50 GDAT ikameli harçlarda %35.52 olarak görülmüştür.
- GDAT ikame oranı arttıkça basınç dayanımı ( $f_b$ ) değerlerinde düşüşler görülmüştür. Bu düşüşler %3.47–%49.59 arasında değişen oranlardadır. En düşük  $f_b$  değeri %50 GDAT ikameli harçlardan 23.38 MPa olarak elde edilmiştir. Bu değer referans harçlardan yaklaşık olarak %50 oranında daha düşüktür.
- GDAT ikame oranı %20’yi aştıktan sonra  $f_b$  değerlerindeki düşüş daha da artmıştır. %10 GDAT ikameli harçların  $f_b$  değeri ise 44.76 MPa olarak tespit edilmiştir. Bu değer birçok yapı uygulaması için yeterli bir değerdir.
- $f_e$  ve  $f_b$  değerlerinde olduğu gibi UPV değerleri de GDAT ikame oranı arttıkça azalmıştır. Referans harçlara kıyasla %7.98–%31.51 arasında değişen oranlarda düşüşler görülmüştür. %10, %20 ve %30 GDAT ikameli harçların, Whitehurst (1951) sınıflandırmasına göre “iyi” sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.
- $f_e$  & UPV ile  $f_b$  & UPV parametreleri arasındaki ilişkilerin oldukça yüksek bir belirleme katsayısı değerine ( $R^2$ ) sahip olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak GDAT’nin %10 ikame oranında kullanılması durumunda dayanım değerlerinde çok fazla bir düşüş göstermediği, özellikle %20 ikame oranından sonra ciddi derecede düşüşlerin görüldüğü tespit edilmiştir. GDAT ikamesi her ne kadar dayanımda düşüşlere sebep olsa da elde edilen değerler birçok yapı uygulaması için yeterli seviyededir. Her yıl milyonlarca ton kazanmış asfaltın meydana geldiği düşünülürse, bu atıkların AAS harçlarda değerlendirilmesiyle hem yeni bir alanda değerlendirilmesi sağlanacak hem de çevre kirliliği önlenecektir. Gelecek çalışmalarda farklı molarite, kür süresi ve kür sıcaklığı gibi parametrelerin GDAT ikameli AAS harçlar üzerindeki etkisi incelenebilir.

## Bilgilendirme

Bu çalışma mühendislik bilimleri araştırma ve geliştirme uygulamaları özel sayısı çağırısı kapsamında değerlendirilmiştir.

## Referanslar

- Alakara, E. H., Nacar, S., Sevim, O., Korkmaz, S., & Demir, I. (2022, a). Determination of compressive strength of perlite-containing slag-based geopolymers and its prediction using artificial neural network and regression-based methods. *Construction and Building Materials*, 359, 129518. [doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129518](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129518)
- Alakara, E. H., Sevim, Ö., Demir, İ., & Günel, G. (2022, b). Effect of waste concrete powder on slag-based sustainable geopolymer composite mortars. *Challenge Journal of Concrete Research Letters*, 13(3), 101-106. [doi.org/10.20528/cjcr.2022.03.003](https://doi.org/10.20528/cjcr.2022.03.003)
- Albidah, A., Alghannam, M., Abbas, H., Almusallam, T., & Al-Salloum, Y. (2021). Characteristics of metakaolin-based geopolymer concrete for different mix design parameters. *Journal of Materials Research and Technology*, 10, 84-98. [doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.104](https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.104)
- Amran, M., Debbarma, S., & Ozbakkaloglu, T. (2021). Fly ash-based eco-friendly geopolymer concrete: A critical review of the long-term durability properties. *Construction and Building Materials*, 270, 121857. [doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121857](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121857)
- ASMÜD (2021). Rakamlarla Asfalt 2021, [http://www.asnud.org.tr/yayin/Rakamlarla\\_Asfalt\\_Turkiye.pdf](http://www.asnud.org.tr/yayin/Rakamlarla_Asfalt_Turkiye.pdf)
- Bingöl, Ş. (2022). Farklı cüruf türlerinden geopolimer harç üretimi. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 173-178.
- Bingöl, Ş., Bilim, C., Atiş, C. D., & Durak, U. (2020, a). Durability properties of geopolymer mortars containing slag. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 44(1), 561-569.
- Bingöl, Ş., Bilim, C., Duran Atiş, C., Durak, U., İlkentapar, S., & Karahan, O. (2020, b). An investigation of resistance of sodium meta silicate activated slag mortar to acidic and basic mediums. *Revista de la construcción*, 19(1), 127-133.
- Gursel, A. P., Masanet, E., Horvath, A., & Stadel, A. (2014). Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. *Cement and Concrete Composites*, 51, 38-48. [doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.03.005](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.03.005)
- Hossiney, N., Sepuri, H. K., Mohan, M. K., Arjun, H. R., Govindaraju, S., & Chyne, J. (2020, a). Alkali-activated concrete paver blocks made with recycled asphalt pavement (RAP) aggregates. *Case Studies in Construction Materials*, 12, e00322. [doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00322](https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00322)

- Hossiney, N., Sepuri, H.K., Mohan, M.K., Chandra K. S., Lakshmith Kumar, S., & H K, T. (2020, b). Geopolymer concrete paving blocks made with Recycled Asphalt Pavement (RAP) aggregates towards sustainable urban mobility development. *Cogent in Engineering*, 7(1), 1824572. [doi.org/10.1080/23311916.2020.1824572](https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1824572)
- Hoy, M., Horpibulsuk, S., & Arulrajah, A. (2016). Strength development of Recycled Asphalt Pavement–Fly ash geopolymer as a road construction material. *Construction and Building Materials*, 117, 209-219. [doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.136](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.136)
- Huang, B., Shu, X., & Li, G. (2005). Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements. *Cement and Concrete Research*, 35(10), 2008-2013. [doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.05.002)
- Kubba, Z., Huseien, G. F., Sam, A. R. M., Shah, K. W., Asaad, M. A., Ismail, M., Tahir, M. M., & Mirza, J. (2018). Impact of curing temperatures and alkaline activators on compressive strength and porosity of ternary blended geopolymer mortars. *Case Studies in Construction Materials*, 9, e00205. [doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00205](https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00205)
- Manikandan, P., & Vasugi, V. (2021). A critical review of waste glass powder as an aluminosilicate source material for sustainable geopolymer concrete production. *Silicon*, 13(10), 3649-3663. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00929-w>
- Mehta, P.K. (2002). Greening of the concrete industry for sustainable development. *Concrete International*, 24(7), 23-28.
- Meyer, C. (2009). The greening of the concrete industry. *Cement and Concrete Composites*, 31(8), 601-605. [doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.010](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.010)
- Okoye, F. N., Durgaprasad, J., & Singh, N. B. (2016). Effect of silica fume on the mechanical properties of fly ash based-geopolymer concrete. *Ceramics International*, 42(2), 3000-3006. [doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.10.084](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.10.084)
- Podolsky, Z., Liu, J., Dinh, H., Doh, J. H., Guerrieri, M., & Fragomeni, S. (2021). State of the art on the application of waste materials in geopolymer concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00637. [doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00637](https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00637)
- Puligilla, S., & Mondal, P. (2013). Role of slag in microstructural development and hardening of fly ash-slag geopolymer. *Cement and concrete Research*, 43, 70-80. [doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.10.004](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.10.004)
- Shobeiri, V., Bennett, B., Xie, T., & Visintin, P. (2021). A comprehensive assessment of the global warming potential of geopolymer concrete. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126669. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126669](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126669)
- Song, W., Yi, J., Wu, H., He, X., Song, Q., & Yin, J. (2019). Effect of carbon fiber on mechanical properties and dimensional stability of concrete incorporated with granulated-blast furnace slag. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117819. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117819](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117819)
- Stafford, F. N., Dias, A. C., Arroja, L., Labrincha, J. A., & Hotza, D. (2016). Life cycle assessment of the production of Portland cement: a Southern Europe case study. *Journal of Cleaner Production*, 126, 159-165. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.110](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.110)
- Şahan, M. F., & Canpolat, U. (2021). Kazınmış asfalt malzemelerin beton karışımında ince agrega yerine ikame edilmesinin farklı ortam ısısı altındaki betonların basınç dayanımlarına etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(15), 307-314. [doi.org/10.54365/adyumbd.927197](https://doi.org/10.54365/adyumbd.927197)
- Tan, J., Cai, J., Li, X., Pan, J., & Li, J. (2020). Development of eco-friendly geopolymers with ground mixed recycled aggregates and slag. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120369. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120369](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120369)
- Whitehurst, E. (1951). Soniscope tests concrete structures, *In Journal Proceedings*, 47 (2), 433-444.
- Wongkvanklom, A., Posi, P., Kampala, A., Kaewngao, T., & Chindaprasirt, P. (2021). Beneficial utilization of recycled asphaltic concrete aggregate in high calcium fly ash geopolymer concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00615. [doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00615](https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00615)