



MAKÜ

IJEDT

AUGUST/AĞUSTOS

2024

VOLUME/CİLT 6

ISSUE/SAYI 1

International Journal of Engineering Design and Technology

Uluslararası Mühendislik
Tasarım ve Teknoloji Dergisi

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Mimarlık Fakültesi

FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY UNIVERSITY



OPEN
ACCESS

e-ISSN: 2667-5374



International Journal of Engineering Design and Technology

Volume / Cilt : 6. Number / Sayı: 1. 2024

Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi

Published once a year, Yılda bir yayınlanır

İmtiyaz Sahibi

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi adına

Prof. Dr. Hüseyin DALGAR

Rektör

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi adına

Prof. Dr. Ahmet UYUMAZ

Dekan

Editörler Kurulu / Editorial Board

Editör / Editor in Chef

Doç. Dr. Ahmet ÇALIK

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye

Alan Editörleri (Bilgisayar Mühendisliği)

Prof. Dr. Mehmet Fatih AKAY

CUKUROVA UNIVERSITY, FACULTY OF ENGINEERING, Türkiye
Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Prof. Dr. İsmail KIRBAŞ

MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Ağ Oluşturma ve İletişim, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi
Algoritmaları, Bilgisayar Yazılımı, Gömülü Sistemler

Alan Editörleri (Çevre Mühendisliği)

Prof. Dr. Handan UCUN ÖZEL

BARTIN UNIVERSITY, Türkiye
Çevre Mühendisliği

Alan Editörleri (Elektrik-Elektronik Mühendisliği)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFCİ

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK-MİMARLIK
FAKÜLTESİ, Türkiye
Elektrik Mühendisliği

Alan Editörleri (Endüstri Mühendisliği)

Doç. Dr. Mehmet Fatih DEMİRAL

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Bilgisayar Yazılımı, Yöneylem Araştırması, Nicel Karar Yöntemleri, Çok
Ölçütlü Karar Verme, Endüstri Mühendisliği

Dr. Banu ÖZKESER

KOLUMAN OTOMOTİV ENDÜSTRİ A.Ş., Mersin, Türkiye
Endüstri Mühendisliği, İmalat Süreçleri ve Teknolojileri, Teknoloji Yönetimi
ve İş Modelleri, Yeni Ürün Geliştirme, İnovasyon Yönetimi, Operasyon
Stratejisi, Üretim ve Operasyon Yönetimi

Alan Editörleri (Enerji Sistemleri Mühendisliği)

Prof. Ertaç HÜRDOĞAN

OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Termodinamik ve İstatistiksel Fizik, Mühendislik, Güneş Enerjisi Sistemleri,
Enerji Üretimi, Dönüşüm ve Depolama (Kimyasal ve Elektiksel hariç)

Alan Editörleri (Enerji Sistemleri Mühendisliği)

Doç. Dr. Zuhâl AKYÜREK

MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Enerji, Kimya Mühendisliği

Alan Editörleri (Gıda Mühendisliği)

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ,
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, Türkiye
Gıda Mühendisliği, Gıda Bilimleri, Gıda Kimyası ve Gıda Sensör Bilimi, Gıda
Mikrobiyolojisi, Gıda Teknolojileri, Süt Teknolojisi

Dr. Öğr. Üyesi Damla BİLECEN ŞEN

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK-MİMARLIK
FAKÜLTESİ, GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, Türkiye
Et Teknolojisi, Gıda Ambalajlama, Saklama ve İşleme, Gıda Mikrobiyolojisi,
Gıda Teknolojileri

Alan Editörleri (İnşaat Mühendisliği)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI

İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
İnşaat Mühendisliği

Dr. Öğr. Üyesi Kadir MERCAN

MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, MEHMET AKİF ERSOY APPLICATION AND
RESEARCH CENTER, Türkiye
Mühendislik, Biyomekanik, Katı Mekanik, Mikro ve Nanosistemler,
Nanoelektronik

Alan Editörleri (Makine Mühendisliği)

Prof. Dr. Salih AKPINAR

ERZURUM TECHNICAL UNIVERSITY, Türkiye
Katı Mekanik

Prof. Dr. Coskun ÖZALP

OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Makine Mühendisliği

Editörler Kurulu / Editorial Board (devam ediyor)

Alan Editörleri (Malzeme Mühendisliği)

Doç. Dr. Mustafa Güven GÖK

GAZIANTEP UNIVERSITY, Türkiye
Sonlu Elemanlar Analizi, Malzeme Mühendisliği, Kaplama Teknolojisi,
Kompozit ve Hibrit Malzemeler, Malzeme Mühendisliğinde Seramik,
Malzeme Üretim Teknolojileri, Toz Metalurjisi

Alan Editörleri (Mimarlık)

Prof. Dr. Hülya YÜCEER

İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ/MİMARLIK FAKÜLTESİ/KÜLTÜR VAR-
LIKLARINI KORUMA VE ONARIM BÖLÜMÜ/RESTORASYON ANABİLİM DALI,
Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Hilal TUNCER PÜRSELİM

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Mimari ve Tasarım, Mimari Miras ve Koruma, Yapı, Çevre, Yerleşim ve
Ürünlerde Koruma, Restorasyon, Yenileme, Kültürel Miras Yönetimi
(Dünya Mirası dahil)

Alan Editörleri (Orman Mühendisliği)

Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Ekoloji, Sürdürülebilirlik ve Enerji, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği,
Ormanlık, Orman Yetiştirme

Alan Editörleri (Peyzaj Mimarlığı)

Prof. Dr. Murat ZENGİN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Mimari ve Tasarım, Peyzaj Mimarlığı, Peyzaj Onarımı, Peyzaj Planlama,
Hava Kirliliği Modellemesi ve Kontrolü

Alan Editörleri (Tekstil Mühendisliği)

Prof. Dr. Onur BALCI

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ, Türkiye
Tekstil Bilimi, Tekstil Kimyası, Tekstil Teknolojisi, Tekstil Terbiyesi

Doç. Dr. Devrim DEMİRAY SOYASLAN

MEHMET AKİF ERSOY UNIV, Türkiye
Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği

Alan Editörleri (Otomotiv Mühendisliği)

Prof. Dr. Mustafa ÖZCANLI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Makine Mühendisliği, Otomotiv Mühendisliği, İçten Yanmalı Motorlar,
Otomotiv Yanma ve Yakıt Mühendisliği

Prof. Dr. Kadir AYDIN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, Türkiye
İçten Yanmalı Motorlar, Otomotiv Yanma ve Yakıt Mühendisliği, Taşıt
Tekniği ve Dinamiği

Editorial Advisory Board (Editör Danışma Kurulu)

Maria OMASTOVA

Polymer Institute, Slovak Academy of Sciences, Slovakia
Reserch Area: materials chemistry, polymeric
nanocomposites, fillers, conducting polymers and
composites, surface modification of materials

Mohd Ezree Bin ABDULLAH

Tun Hussein Onn University of Malaysia, Malaysia
Reserch Area: Warm Mix Asphalt, Long Term Pavement
Performance Monitoring and Assessment, Green
Pavement Technology
https://orcid.org/0000-0003-4513-0485
Email: ezree@uthm.edu.my

Tapani ALATOSSAVA

The University of Helsinki, Faculty of Agriculture and
Forestry, Department of Food and Nutrition, Finland
Reserch Area: Raw milk microbiology, Lactobacillus
phage-host interactions
https://orcid.org/0000-0003-2934-6817
tapanialatossava@helsinki.fi

Valentin Grecu

Lucian Blaga University of Sibiu, Industrial Engineering,
Romania

Radu Emanuil Petrus

Lucian Blaga University of Sibiu, Industrial Engineering,
Romania

Marius-Bogdan Chiliban

Lucian Blaga University of Sibiu, Industrial Engineering,
Romania

Horia-Andrei Branescu

Lucian Blaga University of Sibiu, Industrial Engineering,
Romania

Sadık C. ARTUNÇ

Department of Landscape Architecture, Mississippi State
University, USA
sa305@msstate.edu

Martin NERUDA

Jan Evangelista Purkyně University, Czech Republic
Reserch Area: landscape design, water in the landscape,
hydrology, revitalization of waterways, recultivation
after coal mining
https://orcid.org/0000-0003-1617-3080
martin.neruda@ujep.cz

Kinga KIMIC

Department of Landscape Architecture Institute of
Environmental Engineering, The Warsaw University of Life
Sciences, Poland
Reserch Area: Landscape Architecture, Urban Green
Areas, Sustainable Design, Public parks, Park Users
Behaviors
https://orcid.org/0000-0001-8336-347X
kinga_kimic@sggw.edu.pl

Rodrigo GARCIA AMORIM

Department of Physics, University of Rio de Janeiro
Federal, Brasil
https://orcid.org/0000-0001-9611-8772
rgamorim@id.uff.br

Dragan Vujadinović

Faculty of Technology Zvornik, University of East
Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
Reserch Area: Food Technology/Food Preservation/Food
microbiology

Oliver GAILING

Forest Genetics, University of Göttingen, Germany
Reserch Area: Ecological genetics and genomics
https://org/0000-0002-4572-2408
ogalin@gwdg.de

Seyed Mohammad Safieddin Ardebili

Department of Biosystem Engineering, Shahid Chamran
University of Ahvaz, Iran
https://orcid.org/0000-0002-5164-1284
m.safieddin@scu.ac.ir

Andrei-Alexandru Boroiu

Department of Transport Engineering, University of
Pitesti, Romania

Ali Ghamari

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University-
Ilam Branch, Iran
https://orcid.org/0000-0003-4204-1743
30639 Email: aghamari@alumni.iust.ac.ir

Joshua M. PEARCE

Electrical and Computer Engineering, Michigan
Technological University, USA
Research Area: photovoltaic, renewable energy, solar
energy, sustainability, applied sustainability, RepRap,
open-source 3-D printing, energy policy
https://orcid.org/0000-0001-9802-3056
joshua.pearce@uwyo.ca

Erol TUTUMLUER

Civil & Environmental Engineering, The Grainger College
of Engineering, University of Illinois-Urbana-Champaign,
USA

Research Area: Transportation Engineering

https://orcid.org/0000-0003-3945-167X
tutumlu@illinois.edu

Zikri ARSLAN

College Of Science, Engineering, And Technology, Jackson
State University, USA

Research Area: Trace and heavy metal chemistry,
analytical method development, nanomaterial
chemistry and toxicity, environmental chemistry
https://orcid.org/0000-0001-8929-0558
zikri.arslan@sums.edu

Emanuel J. CARTER

LANDSCAPE ARCHITECTURE, SUNY-Environmental
Science and Forestry, USA
ejcarter@esf.edu

İngilizce Dil Editörü

Doç. Dr. Gökhan YILMAZ

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye

Fotoni, Optoelektronik ve Optik İletişim, Malzeme Fiziği, Yoğun Madde Fiziği, Mikroelektronik, Yarı İletkenler, Güneş Enerjisi Sistemleri

Sekretarya

Arş. Gör. Yasin AŞIK

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, Türkiye
Ekoloji, Sürdürülebilirlik ve Enerji, Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği, Peyzaj Mimarlığında
Bilgisayar Teknolojileri, Peyzaj Planlama, Coğrafi Bilgi Sistemleri

Arş. Gör. Medine RASİMGİL

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ,
Türkiye
Kent Tarihi, Mimari Tarih, Teori ve Eleştiri

Contents

– Research Articles

- An Examination of housing designs to address post-earthquake shelter needs** **1**
Deprem sonrası barınma ihtiyacını karşılamaya yönelik konut tasarımlarının incelenmesi
Aylin Aras, Zeynep Seymen
- Hill48 akma kriteri kullanarak alüminyum alaşımlarının anizotropik davranışlarının modellenmesi ve optimizasyonu** **16**
Modeling and optimization of the anisotropic behavior of aluminum alloys by using the Hill48 yield criterion
Süleyman Kılıç
- Uygulama, altyapı ve ağ gözlenebilirlik platformunun geliştirilmesi** **22**
Development of an application, infrastructure, and network observability platform
Oğuzhan Demir, Ahmet Can Uğur, Mehmet Burak Deveci, Mehmet Fatih Akay, Ceren Ulus
- Mobil kontrollü deprem simülatörü geliştirilmesi** **31**
Development of a mobile-controlled earthquake simulator
Utku Bayram, Nazlıcan Kayhan, Ramazan Eyüp Gültekin, Vildan Bayram
- Calculation of stresses of superstructure crane on fixing elements** **39**
Üstyapı vincinin sabitleme elemanları üzerindeki gerilimlerinin hesaplanması
Mesut Yılmaz

An Examination of housing designs to address post-earthquake shelter needs

Deprem sonrası barınma ihtiyacını karşılamaya yönelik konut tasarımlarının incelenmesi

Aylin Aras^{*1} , Zeynep Seymen² 

¹Bursa Technical University, Department of Architecture, Bursa, Türkiye

²Architect, İstanbul, Türkiye

Abstract: Examining the economic and socio-cultural impacts of earthquakes, which are natural disasters with human-induced effects, in the post-earthquake period is crucial in emphasizing the societal effects of earthquakes and the importance of constructing earthquake-resistant buildings. In the scope of the study, the construction stages and designs of temporary housing projects aimed at meeting the basic need for shelter after an earthquake have been examined and evaluated. The first stage of the study involved conducting a literature review to examine earthquake-related definitions, the causes of disasters, and preventive measures. In the subsequent stage, the research consisted of examples previously examined by experts that did not overlook the socio-cultural dimension of earthquakes. Two countries located in earthquake-prone zones, Türkiye and Japan, were selected as examples and studied. One of the examples evaluated the potential of an existing structure to meet the needs of its users after an earthquake, while the other example encompassed container settlements established after an earthquake. In addition to being fast and practical, temporary housing design should prepare the ground for permanent housing after an earthquake. It should accurately address the needs by making the right site selection, be user-oriented, and offer different plan solutions to different users, enabling them to return to their pre-earthquake lives as quickly as possible. Because post-disaster community health also suffers significant damages, and when a sense of belonging is not established in the post-earthquake living areas, psychological and sociological problems can arise. This can negatively impact the transition from temporary housing to permanent housing, affecting the speed of the recovery process. Within the scope of the study, an evaluation was conducted by examining examples of post-earthquake housing needs and assessing their potential to meet user requirements.

Keywords: Earthquake, Temporary shelter, Housing, Reconstruction, Process management.

Özet: İnsan kaynaklı etkileri olan doğal afetlerden depremlerin, deprem sonrası dönemde ekonomik ve sosyo-kültürel etkilerinin incelenmesi, depremlerin toplumsal etkilerinin ve depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesinin önemini vurgulanması açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında, deprem sonrası temel barınma ihtiyacını karşılamaya yönelik geçici konut projelerinin yapım aşamaları ve tasarımları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında literatür taraması yapılarak depreme ilişkin tanımlar, afetlerin nedenleri ve önleyici tedbirler incelenmiştir. Sonraki aşamada ise, daha önce uzmanlar tarafından incelenmiş ve depremin sosyo-kültürel boyutunu göz ardı etmeyen örnekler değerlendirilmiştir. Deprem kuşağında yer alan iki ülke, Türkiye ve Japonya örnek olarak seçilmiş ve incelenmiştir. Örneklerden biri mevcut bir yapının deprem sonrasında kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılama potansiyelini değerlendirirken, diğer örnek deprem sonrasında kurulan konteyner yerleşimlerini kapsamaktadır. Geçici konut tasarımı hızlı ve pratik olmasının yanı sıra deprem sonrası kalıcı konutlara zemin hazırlamalıdır. Doğru yer seçimi yaparak ihtiyaçları doğru bir şekilde karşılamalı, kullanıcı odaklı olmalı ve farklı kullanıcılara farklı plan çözümleri sunarak onların deprem öncesi yaşamlarına mümkün olan en kısa sürede dönmelerini sağlamalıdır. Çünkü afet sonrası toplum sağlığı da önemli zararlar görmekte, deprem sonrası yaşam alanlarında aidiyet duygusu oluşmadığında psikolojik ve sosyolojik sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum geçici konutlardan kalıcı konutlara geçişi olumsuz etkileyerek iyileşme sürecinin hızını düşürebilmektedir. Çalışma kapsamında deprem sonrası konut ihtiyaçlarına yönelik örnekler incelenerek kullanıcı gereksinimlerini karşılama potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Geçici barınma, Konut, Yeniden yapılanma, Süreç yönetimi.

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : aylin.aras@btu.edu.tr

Geliş / Received: 05.03.2024, Revizyon / Revised: 14.04.2024

Kabul / Accepted: 16.04.2024



1. Introduction

An earthquake is an event that occurs when energy generated by the fracture of the Earth's crust due to tectonic or volcanic movements causes the environment and the Earth to shake in the form of seismic waves (Disaster and Emergency Management Authority Report, AD: 18 February 2023).

To minimize the damage caused by earthquakes, it is important to conduct ground surveys in the region beforehand, use appropriate materials in building construction, and raise public awareness. Although these measures cannot prevent earthquakes, they play a crucial role in mitigating their effects and consequences (Uzuner and Akıncıtürk, 2020).

Conducting a ground survey in the region where the building is to be constructed can provide valuable information on the suitability of the area for building, the appropriate materials to be used, and the correct ground design. Construction on structurally unsuitable grounds can be prevented by carrying out a correct ground survey in accordance with the rules. To reduce the occurrence of earthquakes, it is essential to use high-quality materials, columns that are suitable for the load they will carry, and appropriate foundation designs. Decisions must also be made in accordance with regulations.

Raising public awareness is crucial in mitigating the destructive effects of earthquakes. Individuals who are knowledgeable about earthquakes are better equipped to take appropriate action during and after an earthquake, thereby reducing the loss of life and property damage. It is important to take these precautions to avoid the significant material and moral losses that can result from earthquakes (Yılmaz, 2012).

Shelter is a fundamental human need and right, as stated in Article 25.1 of the Universal Declaration of Human Rights. In cases where individuals are deprived of this right due to uncontrollable events, such as natural disasters, their country of citizenship is obligated to provide for this need and right. According to the Universal Declaration of Human Rights (AD: 12 February 2023), individuals who are deprived of their right to shelter due to natural disasters, such as earthquakes, should be provided for by the authorities. It is important to note that earthquakes are natural events beyond human control.

Article 32 of the Regulation on Emergency Aid Organisation and Planning Principles Regarding Disasters stipulates that the 'Directorate of Public Works and Settlement', 'Directorate of National Education, Youth and Sports', 'Provincial Directorate of Rural Services', 'DSİ local organisation', 'TCK local organisation', 'Municipality', 'Special Provincial Administration' and 'Red Crescent' are responsible for providing shelter to survivors in Türkiye, where earthquakes are frequently experienced (Regulation on Emergency Aid Organisation and Planning Principles for

Disasters, AD: 18 February 2023). These solutions provide temporary tents and prefabricated housing units made from various materials for short and long-term use. The post-earthquake temporary construction process can last up to two years in some cases. When constructing permanent settlements in earthquake-prone regions, it is important to consider the structural characteristics of the area. Settlements should be built away from fault lines and earthquake zones, taking into account ground surveys, morphology, climate, hydrography, and infrastructure features (Özdemir, 2004). For instance, following the 2003 earthquake in Bam, Iran, the government implemented an 'earthquake risk reduction strategy'. This is achieved through the use of advanced technology, compliance with regulations, increased security of public buildings and infrastructure, public awareness campaigns, and the establishment of a competent earthquake response team (Ash-tiany and Hosseini, 2007). The strategy aims to minimise losses after a possible earthquake by creating national security awareness.

The study provides information on the causes of earthquakes and the necessary precautions to be taken beforehand. Additionally, it analyses the post-earthquake recovery and reconstruction process from a socio-cultural perspective by comparing two examples from Turkey and Japan. The examples prioritise improving society by reconstructing regions to their former state. Alexander (2014) emphasises the importance of bringing the parts together.

The study focuses on two of the most seismically active countries in the world, Turkey and Japan, as samples (Yılmaz, 2021). One example evaluates the potential of an existing building to meet the needs of its users after an earthquake, while the other discusses container settlements established after the earthquake. The selected example in Turkey focuses on evaluating the potential of Kahramanmaraş Elbistan Nursing Home to meet the needs of its users after an earthquake. The designs of Onagawa Temporary Container Housing in Japan were evaluated based on user needs in the given example.

2. Material and Method

This study examines the construction stages and designs of temporary houses built to meet the need for shelter after an earthquake, using national and international examples. Firstly, a literature review was conducted on the effects of earthquakes and the need for post-earthquake shelter. This text discusses the criteria for constructing living spaces for earthquake victims. The criteria include site selection, shelter unit and shelter centre as explained in Disaster And Emergency Management Authority's Directive on the Establishment, Management and Operation of Temporary Shelter Centres. Additionally, the criteria related to ecology, technology, cost, building physics, spatial organisation, sociology and aesthetics as explained by various authors are also considered. Based on these criteria, the examples are analysed in terms of individual, public, architectural elements, and urban context.

In the second stage, the samples were selected and evaluated. Two sample buildings were chosen from Turkey and Japan, two of the most seismically active countries (Yılmaz, 2021). The selected example is the Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex, which is proposed as a new living space for people who have no relatives in the event of a devastating earthquake. This is a pilot study. The selected example is the Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex, which is proposed as a new living space for people who have no relatives in the event of a devastating earthquake. The Onagawa Temporary Container Dwellings were chosen as an example because they are multi-storied, created by overlapping the units, unlike previously built containers (URL-1, AD: 24 May 2023).

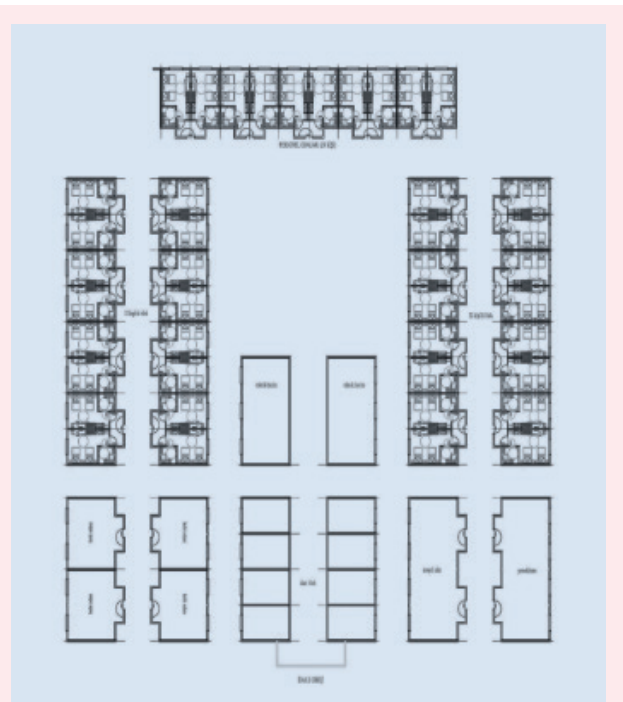


Figure 1. Proposal for 60-person Kahramanmaraş Elbistan Nursing Home for the elderly (Akyıldız et al., 2018)

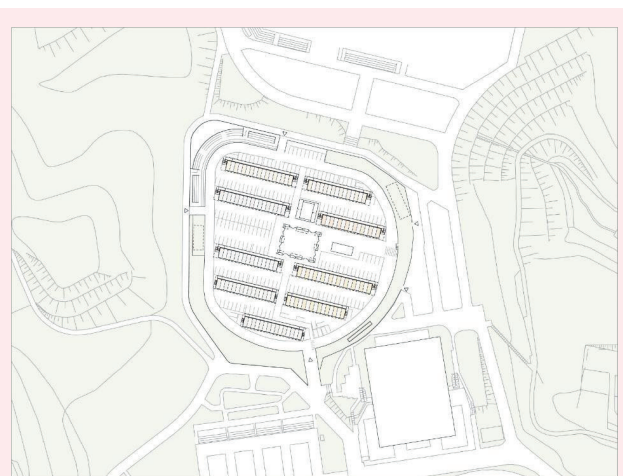


Figure 2. Onagawa Container Temporary Housing (URL-1; AD: 24 May 2023)

2.1. Scope of The Study

The study examines the post-earthquake reconstruction process through two examples. It covers the scientific explanation of earthquakes, precautions that authorities and individuals should take before earthquakes, and the importance of creating social awareness over a wide time period. The examination is done in the context of individual, social, architectural, and urban environment elements.

2.2. Sample Selection

This section analyses the post-earthquake process through two examples from Turkey and Japan. The Elbistan Nursing Home in Kahramanmaraş, Turkey, was selected as a pilot example to evaluate its potential to meet the needs of users left behind in the event of an earthquake. The evaluation was conducted from an individual perspective, taking into account its psychological and sociological dimensions (URL-2, AD: 13 September 2023). The scenario created was analyzed from both architectural and urban contexts, and recommendations were made regarding the plan layout. They provided suggestions at the plan level. This example aims to restore the mental and physical health of disadvantaged elderly members of society by considering their wishes and needs. It addresses the social, psychological, and economic effects of the earthquake (Akyıldız et al., 2018).

The Onagawa Temporary Container Complex is a series of multi-storey containers designed by Shigeru Ban after the 2011 Onagawa earthquake disaster. It includes units such as a community centre, market area, and workshop to meet the social and shelter needs of the users. This example is unique compared to other container examples in Japan. The source (URL-3, AD: 21 May 2023) provides further information.

3. Findings

3.1. Post-earthquake Processes

Earthquakes occur in the world, leaving deep wounds in the society, sometimes destroying the whole city, sometimes destroying other cities around it. In addition, the living space of many living things is destroyed. Earthquakes destroy places, structures, equipments and areas in the city, while destroying a society together. Therefore, the society has psychological and social destruction as well as economic and historical destruction. Restoring the destruction area to its former state as soon as possible will be possible with the improvement of the society. Because, the sooner the society affected by the earthquake can return to its former state, the built environment will recover with it and begin to regain its former state.

Sociologist Enrico Quarantelli analysed the post-earthquake process under 4 headings:

1. Emergency Shelter: It is the type of shelter that covers the first 24 hours after the earthquake occurs. It is real-

ised in such ways as taking shelter in a public building, taking shelter in the house of someone familiar, taking shelter in a tent, etc. The aim of the disaster officials during this period is to reach the people trapped under the rubble in a short time, to help those who need first aid, to deliver emergency shelter, water, clothes, food, first aid material to the people in need. At this stage, the shelter system that can be provided by the officials will be in the form of emergency shelter. In developed countries, these shelter systems are public buildings such as hospitals, sports grounds, schools, while in undeveloped or underdeveloped countries, these emergency shelters are usually tents or less developed systems since these structures are also damaged.

2. Temporary Shelter: It follows days and weeks after the earthquake. During this period, people whose houses were destroyed meet their accommodation needs in tents, with relatives or friends, in their own cars, in public buildings, rental houses, hotels or hostels. Due to the climate in which the earthquake occurred, epidemics, hypothermia, security problems, etc., people will not be able to stay in such areas for a long time. Therefore, it would be better to move from tents to areas that are more secure, away from the unfavourable climatic conditions outside, where privacy can be ensured and where people can stay for a longer period of time. Authorities should provide these accommodation units quickly and practically. In addition to the need for shelter, officials should provide food, clean water, first aid supplies and undertake the necessary assistance for the elderly, children, special individuals and animals in need of help as soon as possible.

3. Temporary Settlement: In cases where the conditions are not favourable to move to a regular permanent settlement, it is the process lasting from a few months to a few years in which shelter is provided by providing tents, prefabricated, container etc. systems. In conditions where there are not enough rental housing, hotels, public buildings in the region or when the existing economy cannot provide enough facilities to accommodate the people in these places, the process of moving to permanent settlement is prolonged and users are placed in prefabricated containers that offer fast and practical solutions. A complex is designed where not only shelter, but also common spaces for socialisation and areas where needs can be met, and people affected by the earthquake are placed there. Therefore, this phase is also called “semi-permanent settlement area”.

4. Permanent Settlement: It is the process of settling the earthquake victims in their own reconstructed, reinforced houses or new buildings (Quarantelli, 2000).

3.2. The Role of the Architect in Earthquake

Before the earthquake, architects should use qualified materials, use columns suitable for the load to be carried, make appropriate foundation designs, and make decisions in accordance with the regulations while performing their profession as described in the introduction. In

addition, courses such as “earthquake awareness” should be taught compulsorily in universities in order to create awareness and consciousness about earthquakes. In the process after the earthquake, architects, in cooperation with the government, can take on roles such as building damage assessment, site selection in the reconstruction process, planning stages, material selection and usage rates, cost and practical solutions in the process of creating design ideas and providing training to earthquake victims (Idemen and Şener, 2023).

3.3. Post-earthquake Temporary Construction Process, Issues to Be Considered in Site Selection

There are some site selection criteria for temporary construction centres after the earthquake. According to Disaster and Emergency Management Authority and some authors, these criteria are explained as follows:

- a) According to the Directive on the Establishment, Management and Operation of Temporary Accommodation Centres published by Disaster and Emergency Management Authority in 2015, the criteria for site selection are as follows (URL-4, AD: 17 September 2023):
 - The temporary settlement is sheltered against external dangers and easy to access to control points,
 - Availability of temporary settlement, electricity, water and sewerage networks,
 - Planning the location of the temporary settlement according to the capacity and service scale of the centre for the establishment of facilities such as schools, kindergartens, markets, places of worship, health centres, psycho-social support service centres, sports facilities, laundry, drinking water waste water treatment facilities, playgrounds, course areas,
 - The temporary settlement should allow for the settlement of new units in line with population growth (it should be flexible),
 - A ground survey should be carried out in the temporary settlement,
 - When selecting the area to be established in the temporary settlement, it is necessary to select areas that are not suitable for agriculture and to have a slope of 2% to 6% at least 3 metres higher than the rainwater basin, which is expected to accumulate during the rainy season,
 - Attention should be paid to the prevailing wind direction.
- b) According to Özdemir:
 - The ground of the settlement area should not allow

liquefaction, should not be permeable and cracked (ground property).

- The slope of the ground should be maximum 4% against possible disasters such as floods, landslides and erosion (morphological feature).
- Site selection should be made in accordance with the climatic characteristics of the region and the prevailing wind direction (climatic feature).
- The soil should be suitable for excavation for easy installation of tents and prefabricated systems. At the same time, it should be permeable in order to drain rainwater (soil property) (Özdemir, 2004).

c) According to Akgün et al:

- Temporary settlement centres should be away from external threats, easily controlled by the government and easily accessible to settlements.
- Ground survey should be done.
- Damage to the environment during settlement should be minimal.
- Access to clean water should be easy.
- The selected locations should be state land and an agricultural area should not be selected as much as possible.
- Under all circumstances, there should be a road that can be accessed. If there is not, a suitable road design should be made.
- There should be no stagnant water, swamps, volcanoes that may cause epidemics in the vicinity.
- Market, school, kindergarten, health structure, worship areas, sports facility, social support centres, children's playgrounds etc. Structures should also be included in this facility.
- Planning should be made to allow for a possible population increase (Akgün et al., 2018).

3.4. Design Objectives and Criteria of Post-Earthquake Temporary Housing Units

The purpose of designing temporary housing units after an earthquake is to provide shelter for the affected individuals until permanent housing is ready. However, this process may take several months or several years depending on the destructive effect of the earthquake. Therefore, while designing these housing units to provide shelter, other social and psychological needs of the users should also be considered and additional units should be designed to meet these needs. At the same time, it is also important that these temporary units can be easily dis-

mantled and stored so that they can be reused when necessary after the permanent housing units are designed (Arslan, 2009). Therefore, many criteria were determined while designing these units. According to the Directive on the Establishment, Management and Operation of Temporary Accommodation Centres published by Disaster and Emergency Management Authority in 2015, the criteria are divided into two categories except for the site selection criteria (URL-4, 17 September 2023):

1. Criteria for the shelter centre

- There is a distance of at least 8 metres between the entrance door of the containers and tents in the temporary settlement.
- The width of the main roads in the temporary settlement is at least 15 metres and the width of the side roads is at least 10 metres.
- The main streets of the neighbourhoods in the temporary settlement may be paved with asphalt or cobblestone.
- Neighbourhoods are established from the appropriate number of containers and tents to be determined in the temporary settlement, and it is essential to accommodate a single family in containers and tents other than collective tents.
- Dining halls, dormitories and similar common areas in the temporary settlement can be built in prefabricated structures.
- Semi-closed areas are created for garbage containers in the temporary settlement.
- Containers and tents in the temporary settlement are set up under the supervision of an urban planner.
- A guard post is set up at the entrance of the temporary settlement for security control. X-ray doors and a sufficient number of body search detectors are provided at this guard post for the purpose of controlling the entrances and exits to and from the centre.

2. Criteria for the units

- For tents or containers, the covered area per person should be 3.5-4.5 m²,
- The height of the containers from the ground should be 30 cm,
- Use of materials suitable for climatic conditions,
- Tent or container, electricity can be delivered to all units,
- Containers and tents should be made of fire-resistant materials (Disaster and Emergency Management, 2015).

In addition to Disaster and Emergency Management's directive, there are some other criteria that should be considered when making settlements in order to ensure that the users who are aimed within the scope of this study regain their individual and social selves. The opinions of different authors on this subject are compiled below.

1. According to Forouzandeh et al:

- Providing comfort and well-being,
- Providing mental support,
- To provide multiple functions to the spaces as much as possible,
- Paying attention to local and environmental factors,
- To make sure that it is sustainable,
- Designing the units according to the number of users,
- Easy access,
- Providing places suitable for various cultures,
- Providing recreational and socialising areas (Forouzandeh et al., 2008).

2. According to Şener and Altun:

- a) Criteria related to ecology,
 - Ground layout and environmental impact
- b) Technology related criteria,
 - Structural performance
 - Storage
 - Assembly
 - Resistance to destruction
- c) Cost related criteria,
- d) Criteria related to building physics,
 - Indoor climate comfort
 - Indoor air quality
 - Heat, light, sound and waterproofing
 - Fire insulation
 - Floor insulation
- e) Criteria related to spatial organisation,

- User-friendly design
- Flexibility

f) Criteria related to sociology,

- Visual communication
- Security
- Psychological effects after disaster

g) Criteria related to aesthetics (Şener and Altun, 2009).

3. According to Avlar:

- Suitable for geographical region and climate conditions,
- Being healthy and hygienic,
- Made of qualified and durable products
- Can be protected from various external influences
- Environmentally friendly,
- Renewable and sustainable,
- To meet the personal, social and community needs of earthquake victims,
- Providing spaces shaped according to the number of different users,
- Ensuring privacy,
- Providing visual and auditory comfort,
- Security,
- Fast and easy transport, installation, dismantling and storage (Avlar et al., 2023).

While designing shelter units, attention should also be paid to the design of these units. Especially after disasters with large-scale destruction, the temporary sheltering process can be prolonged. Therefore, these units should include common areas (market area, square, children's playgrounds, etc.) that provide environments where individuals can be together when we consider public health. In this way, individuals will get out of the negative conditions they are in more easily with the social support of being together. At the same time, schools, workshops and courses should be opened in order to ensure that individuals can continue their education from where they left off in order to ensure that they return to the routines of the society outside of the places that allow these natural gatherings, and individuals should be able to continue their lives in a healthy way from where they left off (Vural Arslan & Gülay, 2023).

Earthquakes affect individuals psychologically and sociologically as well as economically. In the aftermath of an earthquake, remedies are generally sought only for the economic dimension of the earthquake, ignoring this situation. In the continuation of this situation, although instant solutions are produced, deep traces may remain in the psychological health of the society. Individuals who fulfill their wants and needs according to certain routines before the earthquake become completely unable to meet these habits, wants and needs after the earthquake. As a result, people may first start to fight a psychological war individually, and then, if a solution is not produced, a social collapse may begin to occur. Rebuilding societies with strong ties to the past after a disaster can be more challenging than rebuilding from scratch. Therefore, the priority in the post-earthquake reconstruction process is to be fast and practical, but it is important to examine the community in that region and determine their culture, routines, wants and needs.

There are practices where institutions/organizations/volunteers meet with the people in the region in the post-disaster construction process. After a flood disaster in India, shelters were designed to be used temporarily by individuals. Before the design of this shelter, an interview was held with the people living here and their wishes were determined. Following the design process, it is evident that the needs of individuals have been met in accordance with their wishes. As a result, they can more easily overcome the negative psychological effects of the flood disaster by being together. It has been concluded that individuals who are together feel safe and at home (Dev & Das, 2020). This research shows that the way in which the basic needs of individuals are met, the involvement of the individual in the design process, and the consideration of their wishes and needs play a major role in post-disaster reconstruction.

A study was conducted on the reconstruction of buildings in Indonesia after a tsunami. People were interviewed for this research. According to the interview, it was concluded that the reconstructed buildings did not have the same atmosphere as the buildings they lived in before the tsunami, that their food was tastier even with the dirty coal residues in the old kitchens, and that they had difficulty living in them because they were not designed in special sizes for individuals. Residents of this region expressed their dissatisfaction with their lives in the new buildings after the tsunami. This shows that when reconstruction is carried out, specific designs should be made for the location and user group, taking into account the socio-cultural structure (Rahmayati, 2016a; Rahmayati, 2016b).

Since the reconstruction process may be prolonged due to adverse conditions, needs will increase, differentiate and change day by day. In many cultures, people tend to live together after disasters such as earthquakes, etc., either out of necessity or because of the negative situation experienced. In order to respond to this, the units to be

built should be able to be combined, separated, added on top of each other, disassembled and reassembled, stored and reused when needed. This change and transformation process will both provide flexibility to the design by providing different solutions for different user profiles and respond to the needs in an easy way (Efe & Dostoglu, 2022; Avlar et al., 2023). New construction generally needs to be fast and practical. Therefore, the use of materials produced on site or existing materials will give faster results. This has been found to be positive in terms of sustainability and it will be more difficult to bring materials from elsewhere as transportation will be a problem due to the earthquake. However, fully prefabricated fabricated containers are usually repetitive units trapped in a mold. They are therefore inflexible and respond to the need to a certain extent. However, semi-prefabricated products, such as those brought in pieces and assembled in the earthquake zone;

- Provide flexibility because they can be combined in desired shapes and move easily,
- Less costly,
- The fact that it merges in that region creates a positive socio-cultural impact by enabling individuals to participate in the design (Abulnour, 2014).

In connection with the strategy of developing new functional solutions, it is known that producing flexible solutions is an effective method in residential use. In this process, flexible space production and construction techniques are thought to facilitate the development of spatial solutions and spatial transformations depending on the socio-cultural structures of the building and its users.

3.5. Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex

Surrounded by water on 3 sides and connected to land on one side, Türkiye is an earthquake zone with a location that includes three major fault lines. Therefore, many major earthquakes have been experienced from past to present (İşçi, 2008). One of these three major fault lines is the Eastern Anatolian Fault Line, which passes through the province of Kahramanmaraş. In this section, Akyıldız et al. report "A Case Study on Meeting the Temporary Accommodation Needs of Elderly Disaster Victims: Kahramanmaraş-Elbistan The Elbistan Nursing Home in the region was chosen as a pilot home to analyze the Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex, which was designed in preparation for a potential earthquake in Kahramanmaraş (Akyıldız et al., 2018).

Earthquake creates many material and moral negative effects on all groups of the society. According to the researches conducted after the major earthquakes that occurred worldwide in the past (for example, in Japan, China and Italy), the groups most affected by the earthquake are the elderly, children and special individuals. Because these groups in the society are individuals who

cannot easily adapt to the changes in their environment. In 2004 Canada 13th Earthquake Conference, a ranking was made according to people's ability to adapt to a possible earthquake. The elderly are at the top of the list, followed by individuals with special needs, those who are financially disadvantaged, and those who lack sufficient knowledge (Akyıldız et al., 2018).

In his book *Developmental Psychology* written by Onur in 1995, in his chapter on the elderly, he discussed the psychology of the elderly after the earthquake. Onur mentioned that after a possible earthquake, the elderly, who are disadvantaged individuals of the society, receive psychological blows, cannot easily adapt to change and have problems in returning to their daily lives. According to some scientific researches and statistics conducted after the earthquake, some groups of elderly individuals under different conditions were examined and then their capacity to adapt to the environment was measured. As a result, it was concluded that the mental and physical health of the elderly who tried to maintain their old habits and started to live in the old buildings repaired or reconstructed in the area where they lived before the earthquake was better than the elderly who tried to live in a completely different environment by gaining new and different habits (Onur, 1995, p.124). These statistics and researches show that; in order to prevent an increase in losses after a possible earthquake and for elderly individuals to continue their lives in a healthy way, they should continue their routines in living conditions similar to their pre-earthquake lives. Within the scope of this example, it is aimed to ensure that elderly individuals can return to their lives with minimal damage after a possible earthquake. For this reason, it is aimed to ensure that elderly individuals are away from the fear and loneliness psychology caused by the earthquake by designing spaces where they can be together. In this section, site selection, design objectives, design criteria, conclusions and recommendations for the nursing home complex are presented.

3.5.1. Site Selection Criteria for Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex

In the implemented projects, site selection is made in line with the criteria decided by Disaster and Emergency Management Authority. Kahramanmaraş Nursing Home example is an unimplemented study. Therefore, in this example, only the design issue is considered and it is stated that the necessary site selection (if it is desired to be implemented) should be decided by Disaster and Emergency Management Authority. Although the exact location for this pilot study has not been determined, there are general and basic criteria stated by various authors. These are:

- Accessibility,
- Suitable size,
- Proximity to the homes of affected users,

- Infrastructure conditions,
- Land drainage,
- Soil permeability,
- Physical layout and environmental configuration,
- Prevailing wind direction,
- Cultural heritage issues,
- Proximity to road networks,
- Suitable distance from polluting industries,
- Culture, tradition and composition of population groups,
- Vegetation,
- Security and protection,
- Communication service,
- Proximity to assistance services,
- Convenient distance for easy water supply,
- Convenient distance to medical centres,
- Appropriate distance to hazardous areas (Bologna, 2006; Soltani et al., 2015).

3.5.2. Design Objectives and Design Criteria of Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex

Prefabricated system was chosen as the construction system in the nursing home complex. Because, apart from the known features of the prefabricated system (modularity, easy installation, low cost, short construction period, utilisation of wastes, etc.), the fact that the prefabricated system is generally single-storey and local plays a positive role in the adaptation process of elderly individuals. At the same time, since accessibility is an important issue for these individuals, the prefabricated system can easily provide this (Amani and Niyazi, 2018).

While designing the prefabricated modules, the primary aim is not to isolate the users from the social environment of the existing 60-person nursing home in Elbistan. Because many of the elderly people who were relocated to other provinces after the Marmara and Van earthquakes had difficulties in adapting to their environment. Therefore, the priority is to keep the routines as similar as possible and to avoid trying to place them in an unfamiliar environment (Akyıldız et al., 2018).

The units to be built should respond to the routines of the elderly and ensure that their needs are easily accessible.

Since the primary goal is to help them overcome the psychological negativities brought about by the earthquake, to continue their lives as before, and to return to the social life they are used to, it is important that the spaces can be adapted to their previous state. This can be easily achieved thanks to the flexibility and openness to change and transformation provided by the prefabricated system (Akyıldız et al., 2018). Considering the user comfort and sense of belonging mentioned in the criteria, shelter design to create a friendly and familiar environment will also facilitate the healing process of users through settlement (Dev and Das, 2020).

Nursing homes usually have single rooms. However, since this complex was designed after an earthquake, it was designed for two people in order to prevent the elderly from feeling lonely due to psychological problems that may occur. There are three main spaces in the module: living area, WC-bathroom and windbreak. The living modules are accessed through a common windbreak serving 4 elderly people and two separate rooms are accessed through separate doors. The rooms are designed to allow wheelchair access in accordance with the accessibility regulations. There is a kitchen sink, mini bench and refrigerator, wardrobe, desk, chair and TV in the room to meet daily needs. Thus, elderly individuals can easily meet their daily needs without leaving their living spaces (Akyıldız et al., 2018).

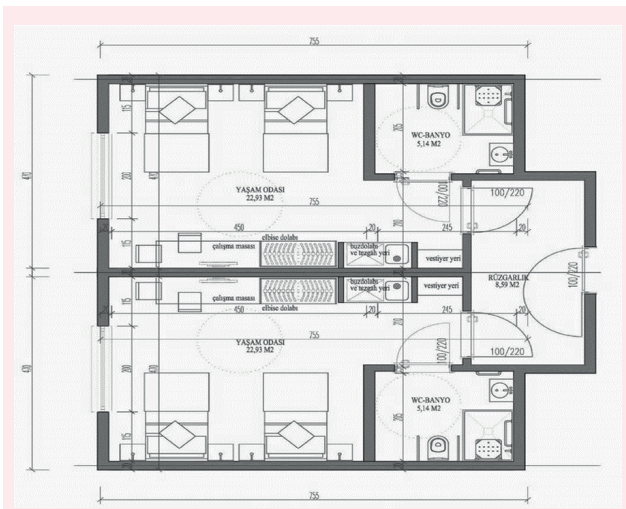


Figure 3. Prefabricated House Plan (Akyıldız et al., 2018)

Except for the living modules for elderly people, other administrative, social and technical modules were designed based on the m²s of the pre-existing Elbistan Nursing Home. These modules are,

- 8 module administrative staff room
- 4 module cafeteria
- 10 module staff room
- 4 module social area

- 6 module technical volume
- 8 module hobby areas
- 32 module is a living space (Akyıldız et al., 2018).

Living modules consist of 2 rooms for 2 persons (Figure 3). It contains basic living spaces for a possible post-earthquake settlement. The dimensions and m² of the modules are designed in accordance with the “accessibility regulation” for elderly use. According to this regulation, the important items for the Nursing Home Complex are as follows:

- Entrance doors should be made of lightweight materials so that elderly people do not have difficulty pushing.
- Toilets should be dimensioned to allow wheelchair maneuvering (Q=at least 150 cm) and should have grab bars.
- The corridor and transition areas should be 120 cm clear for wheelchair maneuvering (Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Services Accessibility guide, AD: 20 May2023).

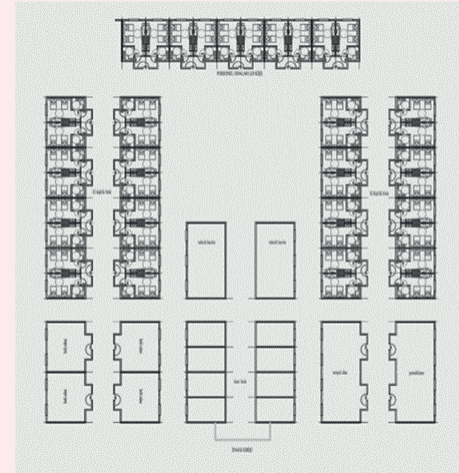


Figure 4. Kahramanmaraş-Elbistan Prefabricated Nursing Home Complex (Akyıldız et al., 2018)

Apart from the living modules, the living and administrative units of the institution staff are also located near these living spaces. In addition, spaces that contribute to socialisation such as dining hall and hobby rooms are also located in this complex. An inner courtyard was created while placing the modules. This enabled individual to be together and intertwined with nature. The presence of these spaces in this nursing home complex helps to improve the psychology of the user by enabling elderly individuals to continue their routines from where they left off.

3.6. Onagawa Temporary Containerised Housing

In Japan, which consists of 4 islands surrounded by the

ocean and where most of the active volcanoes in the world are located, approximately 1500 earthquakes occur annually. When these earthquakes occur on or under the ocean shore, they generate giant waves called tsunamis (URL-3, AD: 21 May 2023). One of these earthquakes was the earthquake that occurred on 11 March 2011 in Onagawa town of Miyagi Prefecture, Japan. This region was severely damaged after the tsunami generated by the earthquake. Although many emergency shelters were provided immediately after the earthquake, the shelters provided were not sufficient because the town of Onagawa was completely flooded. Therefore, architect Shigeru Ban designed a different temporary housing complex for the users whose houses were damaged by the earthquake. The reason for this difference is that it is the first multi-storey temporary container complex designed in Japan (URL-1, AD: 24 May 2023).

In this section, the progress of the temporary housing process, site selection decisions, design objectives, design criteria, conclusions and recommendations will be discussed.

3.6.1. Site Selection Criteria for Onagawa Temporary Container Houses

Immediately after the earthquake, the authorities provided containers, which are emergency shelters, to the region. These ready-made containers require a flat ground. However, since the town was flooded and there was no solid, flat land of sufficient size, the containers provided were not enough for the earthquake victims. Therefore, a different solution was needed. Architect Shigeru Ban proposed a complex where the containers are stacked on top of each other for 3 floors (Figure 5). In this way, he thought that it would require less space on the ground and rise upwards to provide living space for a larger number of users. As a result of these decisions, the containers were stacked 3 storeys on top of each other and positioned on an intact flat area of Onagawa (Figure 6). Processes such as site selection and container supply are carried out by the governor's office. However, since approximately 189 families were left homeless in Onagawa after the earthquake, these processes were managed together with the governorship and the mayor in order to accelerate the process (URL-1, AD: 24 May 2023).

3.6.2. Design Objectives and Design Criteria of Onagawa Temporary Container Houses

After the earthquake, many people became homeless due to the fact that the standard containers provided by the government could not meet the needs of the users and there were not enough of them, which revealed the need for a new temporary shelter complex. Since many people were left on the streets, the installation of this complex should be fast and practical. Therefore, ready-made containers were brought to the region. Thus, the construction period will be shortened and the cost will be low. As mentioned in the previous sections, these containers need to serve a large number of people and there is no space on the ground (flat land) to accommodate the num-

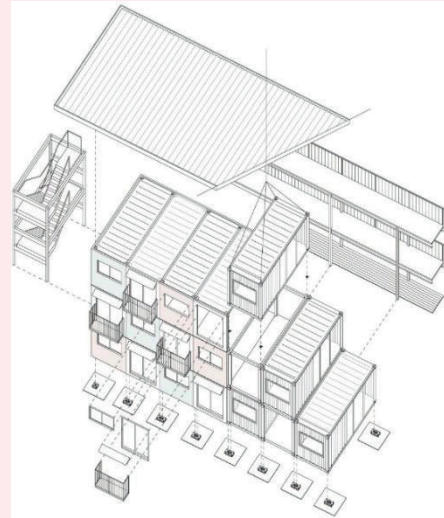


Figure 5. Onagawa Temporary Container Housing Complex (URL-1, AD: 24 May 2023)

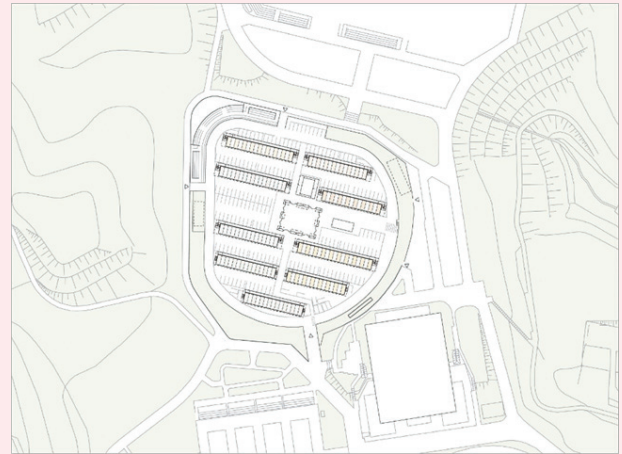


Figure 6. Onagawa Temporary Container Complex Positioned on Flat Land (URL-1, AD: 24 May 2023)

ber of users. Therefore, Shigeru Ban designed a 3-storey complex by overlapping the containers. Thus, the open spaces formed between the containers will provide light to the living units on the one hand and social areas on the other (URL-5, 24 May 2023).

While time, space and budget are normally the main considerations in the design of temporary housing, Ban's priority has been to ensure that the design meets the needs and desires of the users. For this reason, he did not consider all users in the same category, but went for different plan solutions to serve different family types. Plans of 19.8 m² were designed for singles or couples, 29.7 m² for families of 4 people and 39.6 m² for families with more than 4 people. Ban realised that there was a storage space problem in the emergency shelters provided by the government. Therefore, in the containers he designed, he aimed to eliminate this clutter and make people feel like they are at home rather than staying as guests in a temporary place by installing many wall-mounted cabinets and shelves as a precaution against a possible earthquake.



Figure 7. Delivery of Ready Containers to the Region (URL-6, AD: 24 May 2023)

Another issue that Ban cares about is to ensure that the users affected by the earthquake come together and heal the wounds of the earthquake and to ensure that the users can continue their lives from where they left off as quickly as possible psychologically. For this reason, he designed a community centre-workshop, market, market area that will enable people to meet among the containers and meet all kinds of needs (education, clothing, food, etc.) such as market-school located in remote parts of the city. As mentioned in the example of Kahramanmaraş Nursing Home, the more people start to live together and socialise, the easier they will be able to return to their old lives. Thus, the wounds of the earthquake can be healed together (URL-6, AD: 24 May 2023).

4. Discussion and Conclusions

The aim was to redesign the living spaces of Elbistan Nursing Home users in Kahramanmaraş in preparation for a possible earthquake scenario. The province has a fault that has not produced an earthquake for 500 years, making it highly susceptible to earthquakes. A major earthquake is expected (URL-8, AD: 20 May 2023). While designing, the main priority is to restore the physical and mental health of elderly individuals after an earthquake with minimal damage and to mitigate its effects. Therefore, the design aims to maintain the comforts and routines of the previous nursing home for the elderly as much as possible without altering them (Akyıldız et al., 2018).

The study found that not only functionality but also user emotions and habits were given importance, which is a positive outcome. In designs created after sudden events such as earthquakes, the priority has traditionally been to quickly meet the necessary functions. Unfortunately, the psychological dimension of earthquakes is often

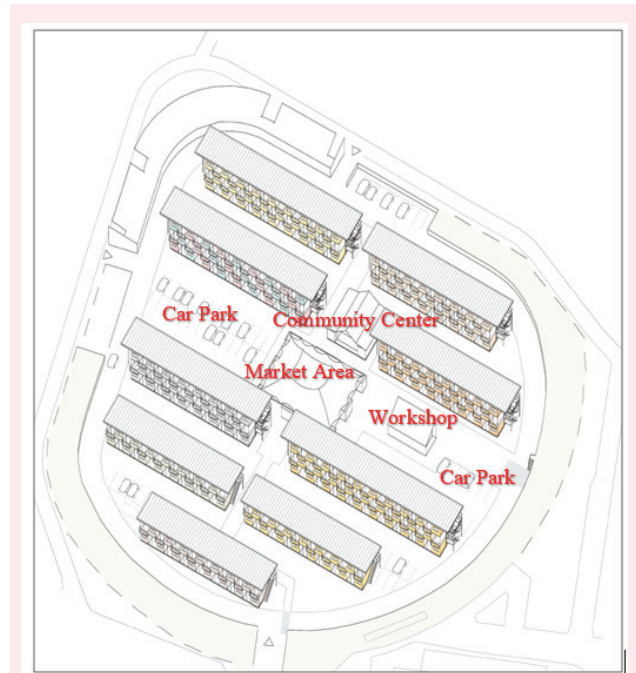


Figure 8. Social Space (community centre, market area, workshop) Complex Providing Parking (URL-1, AD: 24 May 2023)

overlooked. However, this study found that prioritising the psychological dimension of earthquakes had a positive impact on evaluations.

It is considered positive that the needs of individuals who are unable to leave their homes due to certain restrictions, such as being bedridden or elderly, can be met in a single area. This can be achieved by separating the areas of movement such as eating, drinking, working, and dressing from the areas of immobility such as lying and sleeping within the same living space. The toilets should also be located in these living modules. This approach ensures a logical and efficient use of space for those with restricted mobility. A complex with living modules has been designed to meet the needs of elderly people without requiring them to leave the module. This design allows for staff and elderly people to be together, and for all users to gather in common social areas. The aim is to provide an environment where elderly individuals can continue their lives, apply their old habits, and avoid the fear of death and loneliness caused by earthquakes.

The site plan intended to create an inner courtyard, but the social and hobby areas were located far from the living units. Figure 10 shows that the inner courtyard can be expanded to accommodate social and hobby areas in a semi-open and spacious manner. By relocating the living units to face the inner courtyard and maintaining the position of the administrative and personnel units, it is possible to create spaces that promote togetherness and avoid turning away from the inner courtyard.

The Onagawa Temporary Container Housing example demonstrates that an architectural approach that prioritizes aesthetics can be achieved with low cost and few

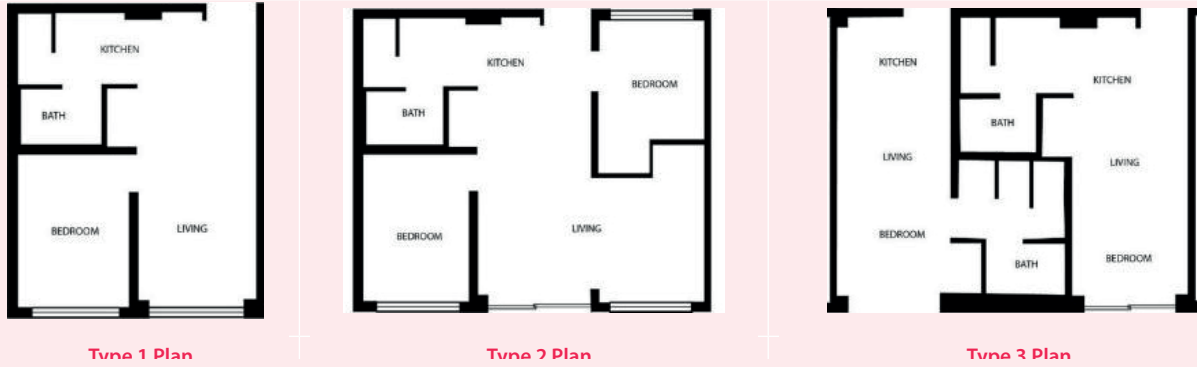


Figure 9. Different Plan Solutions (URL-6, AD: 24 May 2023; URL-7, AD: 22 May 2023)

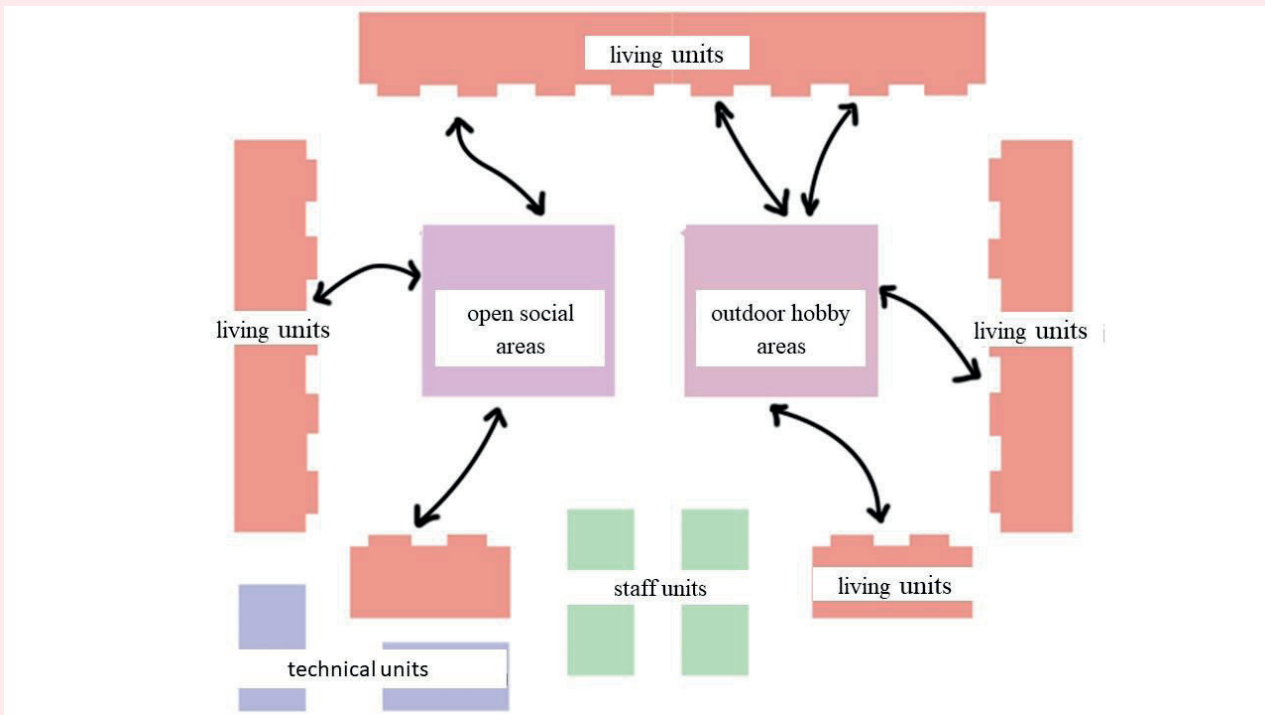


Figure 10. Proposed Site Plan (Prepared by the authors)

materials. Government-provided shelters are often focused on process and cost rather than user needs and desires, which fails to adequately support disaster survivors. Ban has designed a low-cost, user-oriented solution that maximizes capacity and allows for socialization. He offers various plan solutions tailored to different users. The fact that private spaces such as the bedroom and master bathroom are hidden in the plan solutions was positively received. While urgent solutions are necessary, it is important to note that the architect has prioritized privacy concerns. This highlights the importance of considering all relevant factors during the design process. Additionally, the inclusion of socialization areas in the complex should be carefully considered, as function-oriented solutions are typically developed during emergencies such as earthquakes. Additionally, the inclusion of socialization areas in the complex should be carefully considered, as function-oriented solutions are typically developed during emergencies such as earthquakes. However, it is important that individuals are able to resume their previous routines and lifestyles as soon as possible after an earthquake. This is because earthquakes can have a psychological impact on society, which can affect overall health. In the case of Onagawa, the consideration of psychological factors and the design of social spaces to improve the well-being of the community were viewed positively. In the case of Onagawa, the consideration of psychological factors and the design of social spaces to improve the well-being of the community were viewed positively. Although it was originally designed as a temporary solution, this example has served as a basis for permanent neighbourhoods due to its resemblance to modern communities, fulfilment of basic and social needs, and consideration of user requests (URL-9, AD: 22 May 2023).

5. Recommendations

Although earthquakes are natural disasters, their destructiveness is largely determined by the quality of buildings. Therefore, during the construction of buildings, it is important to conduct a thorough ground survey and select suitable land that is appropriate for the climate of the region. Additionally, making the right structural decisions is crucial. In addition to structural considerations, losses during earthquakes can also be exacerbated by human factors. For instance, in a building with residential units on the upper level and commercial units on the lower level, even if all regulations are followed in the residential area, the commercial units may cause damage to the load-bearing elements for their own benefit. It is essential to implement control measures to avoid such issues.

Although it is not possible to prevent earthquakes, taking precautions beforehand can mitigate their effects and prepare for the post-earthquake process. Following these precautions, the issue of shelter for users will arise after the earthquake and debris removal. Processes to address this problem begin after the earthquake. It is important

Table 1. Comparison of Kahramanmaraş Elbistan Nursing Home Complex and Onagawa Temporary Container Complex.

Features	Kahramanmaraş Elbistan nursing home complex	Onagawa Temporary Container Complex
site	unclear	plain
implementation	-	+
temporariness/permanence	persistent	temporal
capacity	64 person+ staff	189 unit
construction time	unclear	14 weeks
building system	prefabricated	prefabricated
number of floors	1	3
different plan analysis	-	+
common use areas	+	-
social house-dwelling	+	+
additional units to the dwelling	+	+
pedestrian way	+	+
parking space/surface street	-	+
user psychology taken into account	+	+

to consider this problem from various perspectives, not just economic. As demonstrated in the case studies of Kahramanmaraş-Elbistan Nursing Home and Onagawa Temporary Housing Complex, it is important to approach earthquake design from a sociological and psychological perspective. The design should consider the needs of the users and aim to create spaces that facilitate a return to their previous routines and promote adaptation. As correct and effective temporary housing design is crucial for the success of permanent housing, it should be both fast and practical, while also meeting the needs of different users by offering various plan solutions. The ultimate goal is to enable people to return to their pre-earthquake lives as soon as possible. Disasters such as earthquakes can have a severe impact on public health, and the healing process can be hindered when people do not feel a sense of belonging in their temporary living spaces. This negatively affects the recovery process and slows down the transition from temporary to permanent housing.

Designers and authorities should take into consideration the socio-cultural needs of the users as well as the technical criteria for construction and physical requirements in the post-disaster reconstruction process. These criteria are

- Belonging (providing spatial requirements to reflect the pre-disaster cultural background),
- Accessibility (providing spatial requirements that can respond to different user characteristics before and after the disaster),
- Flexibility (Providing spatial adjustments after moving to permanent housing or as a result of changing needs)

- Designing spaces with different functions (providing spatial requirements that will help ensure the continuity of users' living standards)
- Social communication and interaction (providing spatial requirements that will enable users to reach pre-disaster living standards),
- Spatial comfort and user requirements (providing spatial requirements that can ensure the achievement of pre-disaster space standards) in the form of a basic need.

As the individual should meet his/her basic needs, the way of meeting them should also be decisive in this process. Disaster survivors should play an active role in this process. For example, it is thought that it will be facilitating to take positive steps if the institutions/organizations/volunteers related to the construction process make necessary meetings with the people in the region.

Orcid

Aylin Aras <https://orcid.org/0000-0003-3315-3655>

Zeynep Seymen <https://orcid.org/0009-0007-3127-8178>

References

- Akgün, Y., Çınar, A.K. and Maral, H. (2018). Afet sonrası acil toplanma ve geçici barınma alanlarının planlanmasındaki faktörlerin incelenmesi: İzmir-Karşıyaka örneği. *Planlama Dergisi*, 28(2), 181,182.
- Akyıldız, N.A., Gürboğa, Ş. and Gürboğa, C. (2018). Yaşlı afetzedelerin geçici barınma ihtiyaçlarının karşılanması üzerine örnek bir çalışma: Kahramanmaraş-Elbistan prefabrik huzurevi kompleksi. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 18 (41), 325-338.
- Abulnour A. H. (2014). The post-disaster temporary dwelling: Fundamentals of provision, design and construction. *HBRC Journal*. 10(1), (10-24).
- Alexander, D. (2014) The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing reconstruction. *Journal of Housing and the Built Environment* 30(4).
- Amani A. and Niyazi A.Q. (2018). Türkiye'de prefabrik yapı sektörünün hızlı gelişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 491,492.
- Arslan H. (2009). Afet sonrası yeniden yapılanma sürecinin yere bağlılık, yer değiştirme ve bilişsel haritalama olguları açısından irdelemesi. [PhD Thesis, Istanbul Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences].
- Ashtiany M.G., and Hosseini M. (2007). Post-Bam earthquake: recovery and reconstruction, *Natural Hazards Journal*, 44, 229–241.
- Avlar E., Limoncu S. and Tızman D. (2023). Post-earthquake temporary housing unit: CLT E-BOX. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*. 38(1), 471-482.
- Bologna R. (2006). Strategic Planning of Emergency Areas for Transitional Settlement. International Conference and Student Competition on post-disaster reconstruction "Meeting stakeholder interests" Florence, Italy.
- Dev K. N. and Das A. K. (2020). Sheltering Emergencies: Design development process of temporary housing in post-disaster settlement by community participation. *NordDesign 2020*. Lyngby, Denmark.
- Disaster and Emergency Management Authority Report, Access date: 18 February 2023.
- Disaster and Emergency Manegment Presidency, (2015). Geçici Barınma Merkezlerinin Kurulması, Yönetimi ve İşletilmesi Hakkında Yönerge. <<https://www.aile.gov.tr/uploads/athgm/uploads/pages/goc-afet-ve-acil-durumlarda-psikososyal-destek/gecici-barinma-merkezlerinin-kurulmasi-yonetimi-ve-isletilmesi-hakkinda-yonerge.pdf>> Access date: 12 September 2023.
- Efe, B., and Dostoglu, N., (2022). Geçici Barınma Mekanlarını Oluşturmak Üzere Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi, *Yapı Dergisi*, 46-51.
- Forouzandeh A.J., Hosseini M. and Sadeghzadeh M. (2008). Guidelines for Design of Temporary Shelters After Earthquakes Based On Community Participation. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- İdemem A.E. and Şener S.M. (2023). Afet Sonrası Barınma: Geçici Toplu Barınma Merkezleri Olarak Mevcut Binaların İşlevsel Dönüşümü. <https://yapidergisi.com/afet-sonrasi-barinma-gecici-toplu-barinma-merkezleri-olarak-mevcut-binalarin-islevsel-donusumu>, Access date: 10 April 2023.
- İşçi, C. (2008). Deprem nedir ve nasıl korunuruz. *Journal of Yasar University*, 3(9), 959-983.
- Onur, B. (1995). Gelişim Psikolojisi. Ankara: İmge Yayınları. (s.124)
- Özdemir, H. (2004). Afetlere hazırlık çalışmalarında geçici iskan alanlarının belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(12), 246-249.
- Quarantelli, E. L. (2000). Emergencies, Disasters and Catastrophes Are Different Phenomena, Disaster Research Center Preliminary Paper # 304, Disaster Research Center, University of Delaware.
- Rahmayati, Y. (2016a). Post-disaster housing: translating socio-cultural findings into usable design technical inputs. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 17, (173-184).
- Rahmayati, Y. (2016b). Reframing "building back better" for post-disaster housing design: a community perspective. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. 60, (344-58).
- Regulation on Emergency Aid Organisation and Planning Principles for Disasters, <https://www.saglik.gov.tr/TR,10439/afetlere-iliskin-acil-yardim-teskilati-ve-planlama-esaslarina-dair-yonetmelik.html>, Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik, Access date: 18 February 2023.
- Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Services Accessibility guide, https://www.aile.gov.tr/media/65613/erisilebilirlik_kilavuzu_2021.pdf, Access date: 20 May2023.
- Şener S. M. and Altun M. C. (2009). Design of a post disaster temporary shelter unit. *ITU A|Z journal*. 6(2). 58-74.
- Soltani A., Ardalan A., Boloorani A. D., Haghdoost A. A. and Hosseinzadeh M. J. (2015). Criteria for Site Selection of Temporary Shelters after Earthquakes: a Delphi Panel. *PLoS currents*, 7.
- Universal Declaration of Human Rights, <https://www.hsk.gov.tr/Eklentiler/Dosyalar/9a3bfe74-cdc4-4ae4-b876-8cb1d7eeae05.pdf>, Access date: 12 February 2023.
- URL-1, (2023, May 23). <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/onagawa-container-temporary-housing>.
- URL-2, (2023, September 13). <https://www.asahi.com/articles/AS->

- R267FTNR26ULBH00F.html?iref=pc_rellink_02>.
- URL-3, (2023, May 21). <https://arquitecturaviva.com/works/vivien-das-temporales-container-3>>.
- URL-4, (2023, September 17). <https://www.aile.gov.tr/uploads/athgm/uploads/pages/goc-afet-ve-acil-durumlarda-psikososyal-destek/gecici-barinma-merkezlerinin-kurulmasi-yoneti-mi-ve-isletilmesi-hakkinda-yonerge.pdf>>.
- URL-5, (2023, May 24). http://www.shigerubanarchitects.com/works/2011_onagawa-container-temporary-housing/index.html>.
- URL-6, (2023, May 24). <https://www.re-thinkingthefuture.com/2021/08/01/a4743-onagawa-container-by-shigeru-ban-temporary-structures-with-impactful-design/>>.
- URL-7, (2023, May 23). <https://www.dezeen.com/2011/07/21/multi-storey-temporary-housing-by-shigeru-ban-architects/>.
- URL-8, (2023, May 20). <https://www.ksu.edu.tr/default.aspx?Did=64516>>.
- URL-9, (2023, May 22). <https://www.bbc.com/turkce/articles/c51pr37xnd0o>>.
- Uzuner, E. and Akıncıtürk, N. (2020). Deprem sonrası kentsel yayılma sürecine dair bir değerlendirme: Kocaeli/ Gölcük örneği. *Dirençlilik Dergisi*, 4(1), 65-75.
- Vural Arslan T. and Gülay T. (2023). Afet Sonrası Geçici Barınma Alanları Tasarımı. *Kentli Dergisi*, 49, (78-85).
- Yılmaz, A. (2012). Türkiye’de afetlerde karşılaşılan sorunlar. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 62.
- Yılmaz, Z. (2021), Emergency Architecture: Van and Onagawa Example. 4 th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2021). p:657.

Hill48 akma kriteri kullanarak alüminyum alaşımlarının anizotropik davranışlarının modellenmesi ve optimizasyonu

Modeling and optimization of the anisotropic behavior of aluminum alloys by using the Hill48 yield criterion

Süleyman Kılıç¹ 

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 40000 Kırşehir, Türkiye

Özet: Bu çalışmada, Hill48 akma kriteri kullanılarak alüminyum alaşımı AL7075'in anizotropik davranışı modellenmiştir. Hill48 akma kriteri, malzemelerin plastik deformasyon başlangıcını tahmin etmek için geliştirilmiş bir matematiksel modeldir. Anizotropik malzemelerin sonlu elemanlar analizlerinde parametre sayısının az olması nedeniyle günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır. AL7075 alaşımının deneysel verilerinden elde edilen mekanik özellikler (anizotropi katsayıları ve akma gerilmesi değerleri) kullanılarak model katsayıları hesaplanmıştır. Model parametreleri olan F, G, H ve N katsayıları, anizotropi ve gerilme oranlarına bağlı olarak iki farklı şekilde belirlenmiştir. Ayrıca, optimizasyon tekniği ile bu katsayıların daha hassas belirlenmesi sağlanmış ve hata miktarı %2 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma, Hill48 kriterinin mühendislik uygulamalarındaki etkinliğini vurgulamakta ve optimizasyonun parametre belirlemedeki önemini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, optimizasyon tekniğinin model parametrelerinin belirlenmesinde daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hill48 akma kriteri, model parametreleri, optimizasyon teknikleri

Abstract: In this study, the anisotropic behavior of aluminum alloy AA7075 was modeled using the Hill48 yield criterion. The Hill48 yield criterion is a mathematical model developed to predict the onset of plastic deformation of materials. It is still widely used today in finite element analyzes of anisotropic materials due to the small number of parameters. Model coefficients were calculated using the mechanical properties (anisotropy coefficients and yield stress values) obtained from the experimental data of AA7075 alloy. Model parameters F, G, H and N coefficients were determined in two different ways depending on anisotropy and stress rates. In addition, with the optimization technique, these coefficients were determined more precisely and the error amount was determined as 2%. This study emphasizes the effectiveness of the Hill48 criterion in engineering applications and reveals the importance of optimization in parameter determination. As a result, it has been shown that the optimization technique gives more successful results in determining the model parameters.

Keywords: Hill48 yield criterion, model parameters, optimization techniques

1. Giriş

Hill48 akma kriteri, malzemelerin plastik davranışlarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan bir kriterdir. Rodney Hill tarafından 1948 yılında geliştirilen kriter, özellikle anizotropik (farklı yönlere farklı özellikler gösteren) malzemeler için gerilme durumlarında akma (kalıcı şekil değişikliği, plastik deformasyon) başlangıcını tahmin etmek için kullanılmaktadır (Hill, 1948). Özellikle sac metal levhaların şekillendirilmesi gibi işlemlerde kullanımının kolay olması ve kapsamlı test verilerine ihtiyaç duymaması nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır (Abspoel ve ark., 2017; Pijlman, 2001). Sac malzeme özellikleri çoğunlukla anizotropik davranış sergilemekte ve izotropik malzemeler (yöne göre mekanik özellikleri

değişmeyen) için geliştirilmiş von Mises denklemi bu konuda yetersiz kalmaktadır. Anizotropik malzemeler için daha karmaşık bir yapıya sahip olan akma kriteri, sonlu elemanlar yöntemi simülasyon doğruluğunu etkileyen önemli bir faktördür (Yan ve ark., 2015; Ozturk ve ark., 2014). Anizotropik malzemelerin şekillendirilmesinde Hill48 akma kriterinin kullanımı ve modelin geliştirilmesi, mühendislik uygulamalarında büyük önem taşımaktadır (Park ve ark., 2017; Zhang ve Liu, 2017).

Deneysel veriler kullanılarak malzemenin şekillendirilebilme kabiliyetini belirlemek için malzemenin farklı açılarda mekanik özelliklerini incelemek gereklidir. Bu da her bir açı değeri için ayrı ayrı deneyler yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Zhang ve ark., 2013). Bu süreç, ol-

¹İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : suleymankilic@gmail.com

Geliş / Received: 05.06.2024, Revizyon / Revised: 19.06.2024

Kabul / Accepted: 26.06.2024



dukça zahmetli ve maliyetli olup, laboratuvar ortamında ciddi zaman ve kaynak gerektirmektedir (Jeong ve ark., 2024). Özellikle, geniş bir açı yelpazesinde testlerin tekrarlanması, araştırmacılar için büyük bir iş yükü oluşturmaktadır. Bu nedenle, mühendislik alanlarında, malzemenin akma davranışını öngörebilmek için teorik akma kriterleri geliştirilmiştir (Hosford, 1985). Bu kriterler kullanılarak, deneysel verilerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda malzemenin şekillendirilebilme kabiliyeti tahmin edilebilmektedir. Akma kriterlerinin kullanılması, deneysel çalışmaların getirdiği zorlukları ve maliyetleri azaltarak, daha hızlı ve etkili sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Havacılık, otomotiv, beyaz eşya ve savunma sanayilerinde sac metal şekillendirme uygulamaları oldukça yaygındır. Bu gibi sektörlerde kullanılan sac metallerin şekillendirilmesi esnasında, malzemenin akma davranışının doğru bir şekilde tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, model katsayılarının doğru belirlenmesi, mühendislik tasarımlarının güvenilirliğini ve performansını artırmaktadır (Banabic, 2010; Banabic, 1997). Abaqus, AutoForm, Ls-Dyna, Pam Stamp gibi sonlu elemanlar analiz programlarında Hill48 kriteri kullanılabilmektedir. Model katsayılarının belirlenmesi, Hill48 akma kriterinin doğru uygulanabilmesi için kritik bir adımdır. Bu katsayılar, malzemenin mekanik testlerinden elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar genellikle karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu nedenle, model katsayılarının belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar önerilmektedir (Zhang ve Liu, 2017; Mu ve ark., 2022; Yan ve ark., 2015). Abspoel ve arkadaşları (Abspoel ve ark., 2017), geleneksel Hill'48 modelinin, çeşitli gerilme durumlarını tam olarak tanımlamakta yetersiz kaldığını ve daha gelişmiş bir modelin gerektiğini vurgulamışlardır. An ve arkadaşları (An ve ark., 2011), Hill48 akma fonksiyonunun plastik anizotropi R-değerleri ile uyumlu olmadığı belirlemişlerdir. Hariharan ve arkadaşları (Hariharan ve ark., 2010), ticari bir çelik numunesi üzerinde sınırlayıcı kubbe yüksekliği testi yapmışlar ve Hill48 akma kriterinin düzlem gerilme modundaki tahminlerin deneysel verilerle uyuşmadığını göstermişlerdir. Hosford yaptığı çalışmada (Hosford, 1985), Hill'in 1948 kriterinin akma mukavemetinin açıyla ilgili değişiminin abartıldığını ifade etmiştir. Akşen ve arkadaşları (Akşen ve ark., 2024), Hill48 akma kriterinin yalnızca belirli yönlerdeki r değerlerini ve akma gerilme oranlarını yakalayabildiğini vurgulamışlardır. Zhang ve arkadaşları (ZhangDuan ve ark., 2024), soğuk haddelenmiş DC04 derin çekme çeliğinde Hill48 akma kriterini incelemişlerdir. Ayrıca, klasik Hill48 modeline ek olarak, anizotropik sertleşmeyi dikkate alan ve bağlı olmayan akış kuralı (non-AFR) ile birleştirilmiş bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modeli deneysel derin çekme işlemi ve sonlu elemanlar analizleri ile doğrulamışlardır. Tomoyuki ve arkadaşları (Hakoyama ve ark.), Hill48 kriterinin kalınlık yönündeki kayma anizotropisini dikkate alarak deformasyon davranışını daha doğru bir şekilde tahmin edebilmek için çalışma yapmışlardır. Plastik de-

formasyon süreçlerinde daha doğru tahminler sunan bir model geliştirilmişlerdir. Jeong ve arkadaşları (Jeong ve ark., 2024), kriter parametrelerini belirlemek için yapay sinir ağı tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Aynı zamanda, sonlu elemanlar simülasyonları kullanılarak bir veri tabanı oluşturmuşlar ve bu veri tabanı kullanılarak yapay sinir ağını eğitmişlerdir. Geliştirdikleri yöntem ile daha hızlı ve etkili bir şekilde malzeme parametrelerini belirlediklerini vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, Hill48 akma kriteri için model katsayılarının belirlenmesinde daha verimli ve doğru yöntemlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Al7075 alaşımının deneysel verilerinden elde edilen mekanik özellikler kullanılarak model katsayıları hesaplanmıştır. Anizotropi ve gerilme oranlarına dayalı olarak hesaplanan model katsayıları ile optimizasyon teknikleri kullanılarak hesaplanan model katsayıları karşılaştırılmıştır. Optimizasyon yöntemi ile hesaplanan katsayılar sayesinde sonuçlar hassaslaştırılmış ve hata oranı düşürülmüştür. Deneysel verilerle doğrulanan bu yöntemlerin, Hill48 akma kriteri için model katsayılarının belirlenmesinde etkin olduğu gösterilmiştir.

2. Teorik Arka Plan

2.1. Hill48 Akma Kriteri

Hill48 kriteri (Hill, 1948), Eşitlik 1'de ki gibi ifade edilen genel akma fonksiyonu ile tanımlanmaktadır.

$$F(\sigma_{ij}) = f(\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23}) \quad 1$$

Bu fonksiyon, malzemenin gerilme bileşenlerine bağlı olarak değişen bir akma yüzeyini tanımlamaktadır. Anizotropik malzemeler için bu fonksiyonun şekli, malzemenin kristal yapısına ve yönelmiş mikroyapısına bağlı olarak değişmektedir. Hill48 akma fonksiyonu Eşitlik 2.'de verilmiştir (Hill, 1948).

$$2f(\sigma_{ij}) \equiv F(\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + G(\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + H(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + 2L\sigma_{23}^2 + 2M\sigma_{31}^2 + 2N\sigma_{12}^2 = 1 \quad 2$$

Denklemden σ_{11} , σ_{22} , σ_{33} , σ_{12} , σ_{23} , σ_{31} gerilme tensörünün bileşenlerini, F , G , H anizotropik model katsayılarını ve L , M ve N ise kayma gerilmesi katsayılarını ifade etmektedir. Düzlem gerilme durumu altında da gerekli sadeleştirmeler yapıldığında Eşitlik 3.'de ki ifade yazılabilmektedir (Hill, 1948).

$$\sigma_{eq}^2 = (G + H)\sigma_{11}^2 + (F + H)\sigma_{22}^2 - 2H\sigma_{11}\sigma_{22} + 2N\sigma_{12}^2 \quad 3$$

σ_{eq} , eşdeğer gerilme değerini ifade etmektedir. Eğer bu değer malzemenin akma gerilmesine eşit veya büyük olursa, malzemede akmanın (plastik deformasyona uğraması) meydana geldiğini ifade etmektedir.

2.2. Model Katsayılarının Belirlenmesi

Hill48 akma kriterinde kullanılan katsayılar, malzemenin mekanik testlerinden elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmaktadır. 3 numaralı eşitlikte yer alan G , H , F

ve N katsayıları hem anizotropi hem de akma gerilmelerine bağlı olarak çözülebilmektedir. Eşitlik 4.'te ki denklemlerde deneysel olarak belirlenen anizotropi değerleri (r_0, r_{45}, r_{90}) kullanılarak katsayılar elde edilebilmektedir (Hill, 1948).

$$\begin{aligned} F &= \frac{r_0}{r_{90}(1+r_0)} \\ G &= \frac{1}{(1+r_0)} \\ H &= \frac{r_0}{(1+r_0)} \\ N &= \frac{(r_0+r_{90})+(1+2r_{45})}{2r_{90}(1+r_0)} \end{aligned} \quad 4$$

Bu katsayılar için gerilme bazlı çözümler için Eşitlik 5.'de ki denklemler kullanılmaktadır (Yu ve ark., 2021; Wang ve ark., 2013).

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\sigma_0}{\sigma_{90}} \right)^2 - 1 + \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_b} \right)^2 \right] \\ G &= \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_{90}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_b} \right)^2 \right] \\ H &= \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_{90}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_b} \right)^2 \right] \\ N &= \frac{1}{2} \left[\left(\frac{2\sigma_0}{\sigma_{45}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_b} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad 5$$

Bazı malzemelerde Eşitlik 6.'da verilen denklem çözümünde iki olumsuz durum ortaya çıkabilmektedir.

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_0} \right)^2 &= \frac{1+r_n}{2} \\ \left(\frac{\sigma_{90}}{\sigma_0} \right)^2 &= \frac{r_{90}(1+r_0)}{r_0(1+r_{90})} \end{aligned} \quad 6$$

Bu iki denkleme göre $r_n > 1$, $\sigma_b > \sigma_0$, $\sigma_{90} > \sigma_0$, $r_{90} > r_0$ olması gereklidir. Bu şartın ihlal olması birinci ve ikinci anormal davranışlar olarak adlandırılmaktadır (Banabic, 2010).

Yukarıda görüldüğü gibi bu akma kriterinin model tahminin yapılabilmesi için hadde yönüne göre üç yöndeki ($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$) deneylerin yapılması yeterlidir. Bu kriterin en büyük avantajlarından birisi de budur (Khalifallah ve ark., 2015).

3. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada, Al7075 alaşımı üzerinde Hill48 akma kriterinin model katsayılarının belirlenmesi için yazarın daha önce literatürde yayınlanan çalışmasındaki deneysel veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda AA7075 alaşımlarının mekanik özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir (Kilic, 2019).

Tablo 1. Al7075 alaşımının farklı yönlerdeki mekanik özellikleri.

Malzeme	r_0	r_{45}	r_{90}	σ_0 (MPa)	σ_{45} (MPa)	σ_{90} (MPa)
AA7075	0,38	0,69	0,47	523,5	500,9	530,1

Model katsayıları (F, G, H ve N) Tablo 1.'de ki deneysel veriler kullanılarak Eşitlik 4 ve 5.'te verilen denklemler yardımıyla anizotropiye ve gerilme oranına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Malzemelerin akma mukavemeti ve anizotropilerinin açıyla değişimlerini bulmak için Eşitlik 7.'de verilen denklemlere göre çözümlemenin yapılması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= Y_\theta \cos^2 \theta \\ \sigma_{22} &= Y_\theta \sin^2 \theta \\ \sigma_{12} &= \sigma_{21} = Y_\theta \sin \theta \cos \theta \\ \sigma &= Y_\theta F_\theta \\ r_\theta &= \frac{F_\theta}{\frac{d\sigma}{d\sigma_{11}} + \frac{d\sigma}{d\sigma_{22}}} - 1 \end{aligned} \quad 7$$

Bu denklemlerdeki Y_θ : akma mukavemetinin açıyla değişimini, r_θ ise anizotropinin açıyla değişimini ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında model katsayılarının belirlenmesi için ayrıca optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Optimizasyon, mühendislik ve bilimsel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Özellikle mühendislikte, malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve modellenmesi için optimizasyon teknikleri kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, optimizasyon yöntemi olarak *fmincon* fonksiyonu kullanılmıştır. *fmincon*, kısıtlar altında doğrusal olmayan minimizasyon problemlerini çözen bir fonksiyondur (Byrd ve ark., 2000). Bu fonksiyon, aşağıdaki genel formdaki problemleri çözmek için kullanılmaktadır:

$$\min_x f(x) \quad 8$$

Kısıtlar:

$$Ax \leq b$$

$$A_{eq}x \leq b_{eq}$$

$$lb \leq x \leq ub \quad 9$$

Burada: $f(x)$: Amaç fonksiyonunu, $Ax \leq b$: Doğrusal eşitsizlik kısıtlarını, $A_{eq}x \leq b_{eq}$: Doğrusal eşitlik kısıtlarını, $lb \leq x \leq ub$: Değişkenlerin alt ve üst sınırlarını ifade etmektedir.

Optimizasyon problemi, deneysel veriler ile teorik hesaplamalar arasındaki farkın minimize edilmesi şeklinde tanımlanmıştır. Hedef fonksiyon, deneysel ve teorik değerler arasındaki hata olarak tanımlanmıştır (Eşitlik 10). Optimizasyon işleminde tanımlanan hata miktarı,

deneyel veriler ile model arasında en iyi uyumu sağlayacak katsayıların bulunmasını sağlamaktadır (Tang ve Lou, 2019).

$$Hata = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sigma_{teo,i} - \sigma_{deney,i}}{\sigma_{deney,i}} \right)^2 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{r_{teo,i} - r_{deney,i}}{r_{deney,i}} \right)^2 \quad 10$$

Burada: $\sigma_{deney,i}$: deneysel gerilme değerini, $\sigma_{teo,i}$: teorik gerilme değerini, $r_{deney,i}$: deneysel anizotropi değerini, $r_{teo,i}$: teorik anizotropi değerini ifade etmektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmada, Hill48 akma kriteri için model katsayılarının belirlenmesi amacıyla sayısal ve analitik yöntemlerin etkinlikleri incelenmiştir. Eşitlik 4 ve 5'te verilen denklemlere Tablo 1'de verilen deneysel değerler yazılarak Tablo 2.'de ki katsayılar elde edilmiştir.

Tablo 2. Model katsayıları.

Katsayı belirleme yöntemi	F	G	H	N
Anizotropi	0,3991	0,7246	0,2754	1,5806
Gerilme	0,4882	0,5118	0,4882	1,6883
Optimizasyon	0,5400	0,8423	0,3559	1,3559

Optimizasyon yönteminde hata miktarı %2 olarak belirlenmiş optimizasyon işlemi 1 saniye içerisinde tamamlanmıştır. Hata miktarının düşürülmesi optimizasyon sürelerini artırmakta ve çözüm süreleri uzamaktadır. Tablo 3.'de optimizasyon işlemi sonucu elde edilen değerler ve deneysel değerlerle karşılaştırılması verilmiştir. Gerilme değerleri hadde yönüne göre normalize edilmiş değerlerdir.

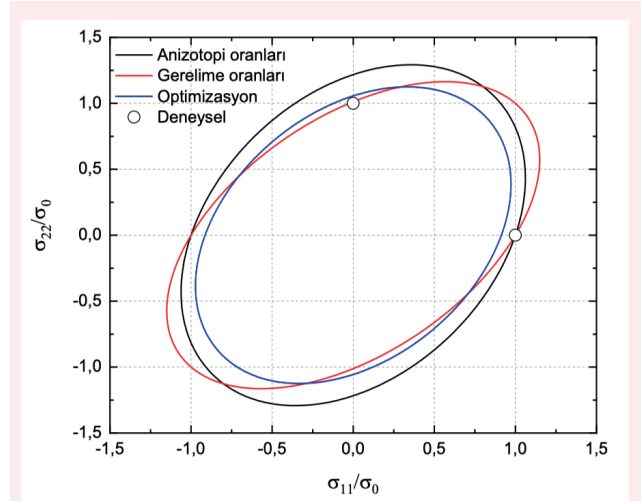
Tablo 3. Optimize edilen sonuçlar.

Açı	Deneysel Gerilme	Hesaplanan Gerilme	Deneysel Anizotropi	Hesaplanan Anizotropi
0°	1	0,9135	0,38	0,4225
45°	0,956	0,9884	0,47	0,4808
90°	1,012	1,0564	0,69	0,6590

Elde edilen grafiklerinin analizi hem sac metal şekillendirme süreçlerinde hem de sonlu elemanlar analizlerinde (FEA) önemli bir yere sahiptir. Bu grafiklerin yorumlanması, malzemenin mekanik davranışını anlamada ve bu davranışın matematiksel modellerle ifade edilmesinde önemli bilgiler sağlamaktadır.

Akma yüzeyinin şekli, malzemenin akma kriterlerini ve gerilme durumları altındaki davranışını ifade etmektedir. Akma yüzeyinin farklı şekilleri, malzemenin farklı

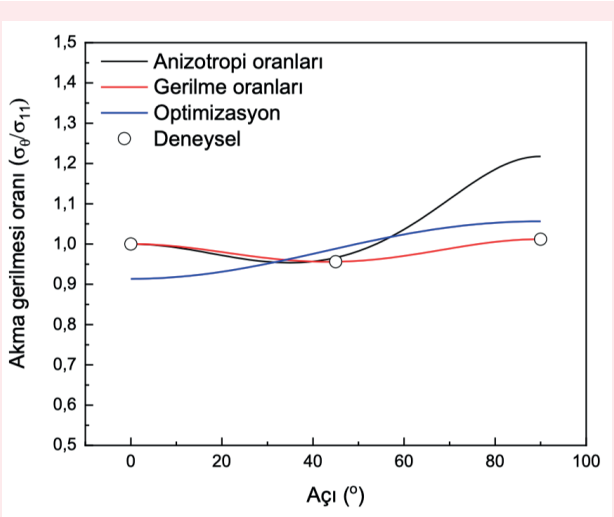
gerilme yollarında nasıl akma (plastik deformasyon) gösterdiğini belirlememizi sağlamaktadır. Şekil 1.'de farklı yöntemler sonucu elde edilen akma yüzeyleri verilmiştir. Kriterin, anizotropi ve gerilme oranlı çözümlerinin farklı akma yüzeylerinin oluşmasına sebep olduğu görülmektedir. Gerilme oranlı denklemlerin deneysel değerlere daha uyumlu olduğu, optimizasyon sonuçlarının ise anizotropi oranlı sonuçlardan daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Akma yüzeyleri karşılaştırması.

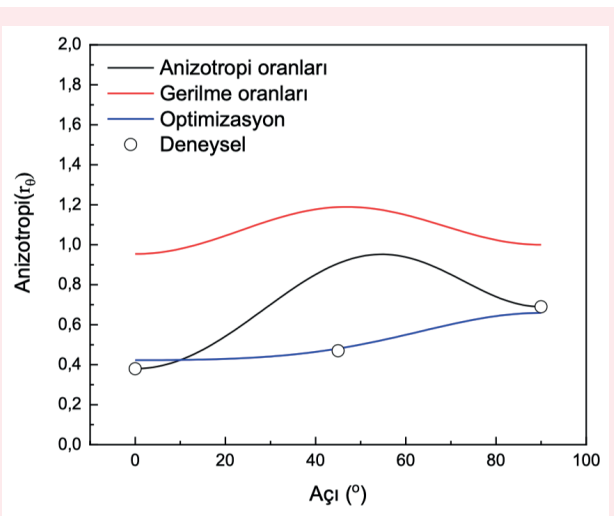
Akma mukavemeti, malzemenin plastisiteye girmeden önce dayanabileceği maksimum gerilme miktarını temsil etmektedir. Açığa bağlı olarak akma mukavemetinin değişiminin elde edilmesiyle malzemenin farklı yönlerdeki mukavemet özellikleri belirlenmiş olmaktadır. Bu sayede, sac metal şekillendirme süreçlerinde malzemenin hangi yönlerde daha dayanıklı olduğunu ve hangi yönlerde daha kolay deforme olabileceğini belirlemektedir. Böylelikle, şekillendirme işlemlerinde malzemenin optimal yönelimi ve kesme stratejileri belirlenmektedir. Sonlu elemanlar analizlerinde ise gerçeğe yakın simülasyonlar yapılmasını sağlamaktadır.

Şekil 2.'de akma mukavemetinin açıyla değişim grafiği verilmiştir. Gerilme oranlı denklemlerin deneysel verilerle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu uyum, gerilme oranlı denklemlerin anizotropik malzemelerin gerilme-altındaki davranışını daha doğru bir şekilde temsil etmesiyle açıklanabilir. Anizotropi oranlı denklemlerin ise 0° ve 45° açılarında iyi fakat 90° açısında çok hatalı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum, anizotropi oranlı denklemlerin belirli yönlerde malzemenin gerçek davranışını tam olarak yansıtamamasıyla açıklanabilir. Optimizasyon yönteminin ise bütün açılarda bir hata miktarına sahip olduğu görülmektedir. Ancak genel olarak en düşük hata oranını sağlamaktadır. Bu yöntemin her açı için belirli bir hata miktarına sahip olmasının nedeni, optimizasyon algoritmasının tüm yönlerde en iyi uyumu sağlamaya çalışırken, bazı açılarda küçük hatalar yapmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Akma gerilmesi oranının açıyla değişimi.

Anizotropi katsayısı, malzemenin farklı yönlerdeki mekanik özelliklerinin değişimini ifade etmektedir. Açığa bağlı olarak anizotropinin değişimi, malzemenin iç yapısal yönelimlerinin mekanik davranış üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Anizotropi grafikleri, malzemenin farklı yönlerde nasıl davranacağını ve deformasyon sırasında hangi yönlerde daha fazla dirence sahip olacağını belirlemektedir. Şekil 3.'de anizotropinin açıyla değişim grafiği verilmiştir. Burada diğer durumların aksine gerilme bazlı denklemler çok yüksek oranda hatalı tahminler yaptığı görülmektedir. Bu hataların nedeni, gerilme bazlı denklemlerin anizotropik malzemelerin belirli açılardaki karmaşık iç yapısal ve kristal yönelim özelliklerini yeterince temsil edememesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, gerilme bazlı denklemler belirli açılarda yüksek oranda hatalı tahminler yapmaktadır. Anizotropi oranlı denklemlerin 0° ve 90° için iyi tahmin yaptığı fakat 45° için hatalı tahmin yaptığı görülmektedir. Optimizasyon yöntemi ise en az hatayla tahmin yapan model olmuştur.



Şekil 3. Anizotropinin açıyla değişimi.

Literatürde de bulgularımızı destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Yu ve ark., 2021). Klasik Hill48 akma kriterinin sonuçların hata oranının yüksek olduğu ve geliştirilmesi gerektiği (ZhangDuan ve ark., 2024), dört parametrenin kalibre edilmesi gerektiği gösterilmiştir (ZhangLi ve ark., 2024). Hill48 kriterinin, akma gerilmesindeki yöne bağlı değişimi ve düzlemsel anizotropiyi aynı anda doğru bir şekilde tahmin etmekte zorlanmakta ve daha fazla parametre eklenerek güncellenmesi gerektiğinden bahsedilmiştir (Jeong ve ark., 2024). Bu konuda Lian ve arkadaşları tarafından (Lian ve ark., 2018) yapılan çalışmada da model parametreleri gerilme oranlı ve anizotropi oranlı genişletilerek plastisite modeli olarak önerilmiştir. Shahid'de yaptığı çalışmada parametreleri optimizasyonla kalibre etmiş ve hata oranını azaltmıştır (Shahid ve Gukhool, 2020). Optimizasyon sonuçları, deneysel ve teorik değerler arasındaki hatayı minimize ederek, malzemenin mekanik davranışının daha doğru bir şekilde modellenmesini sağlamaktadır. Hata oranlarının düşürülmesiyle çözüm süresi artacak fakat daha yakın sonuçlar elde edilebilecektir.

5. Sonuçlar

Hill48 akma kriteri, sac metal şekillendirme ve sonlu elemanlar analizlerinde az parametre ile tahmin yapılabilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Kriterin model parametrelerinin belirlenmesinde literatürde birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada, Hill48 akma kriteri kullanılarak Al7075 alaşımının anizotropik davranışları modellenmiş ve optimizasyon yöntemi kullanılarak katsayılar elde edilip karşılaştırılmıştır.

Deneysel verilerden elde edilen anizotropi katsayıları ve akma gerilmesi değerleri kullanılarak model parametreleri hesaplanmıştır. Anizotropi oranlarına göre hesaplanan F, G, H ve N katsayıları sırasıyla 0,3991, 0,7246, 0,2754 ve 1,5806, gerilme oranlarına göre ise 0,4882, 0,5118, 0,4882 ve 1,6883 olarak belirlenmiştir. Optimizasyon tekniği (Fmincon), model katsayılarının daha hassas belirlenmesini sağlamış ve hata miktarı %2 olarak tespit edilmiştir. Bu yöntem, deneysel veriler ile teorik hesaplamalar arasındaki farkı minimize ederek, daha doğru model parametrelerinin elde edilmesini sağlamıştır.

Çalışmanın sonucunda, model parametrelerinin doğru belirlenmesi için optimizasyon yönteminin önemli olduğu görülmüştür. Gerilme oranlı denklemlerin akma yüzeyi ve akma gerilmesi oranı için deneysel değerlere daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Optimizasyon yönteminin her açı için bir hata miktarına sahip olduğu ve anizotropi tahmininde en az hatayla sonuç verdiği belirlenmiştir.

Orcid

Süleyman Kılıç <https://orcid.org/0000-0002-1681-9403>

Kaynaklar

- Abspoel, M., Scholting, M. E., Lansbergen, M., An, Y., & Vegter, H. (2017). A new method for predicting advanced yield criteria input parameters from mechanical properties. *Journal of Materials Processing Technology*, 248, 161-177.
- Akşen, T. A., Özsoy, M., & Firat, M. (2024). Earing prediction performance of homogeneous polynomial-based yield function coupled with the combined hardening model for anisotropic metallic materials. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 1-9.
- An, Y., Vegter, H., Carless, L., & Lambriks, M. (2011). A novel yield locus description by combining the Taylor and the relaxed Taylor theory for sheet steels. *International Journal of Plasticity*, 27(11), 1758-1780.
- Banabic, D. (1997). Sheet metal formability predicted by using the new (1993) Hill's yield criterion. In M. Predeleanu & P. Gilormini (Eds.), *Studies in Applied Mechanics*. Elsevier.
- Banabic, D. (2010). *Sheet metal forming processes: Constitutive modelling and numerical simulation*. Springer Science & Business Media.
- Byrd, R. H., Gilbert, J. C., & Nocedal, J. (2000). A trust region method based on interior point techniques for nonlinear programming. *Mathematical Programming*, 89, 149-185.
- Hakoyama, T., Hakoyama, C., & Furusato, D. (2022). Measurement of shear deformation behavior in thickness direction for a mild steel sheet. *Materials Research Proceedings*, 41.
- Hariharan, K., Prakash, R. V., & Sathya Prasad, M. (2010). Influence of yield criteria in the prediction of strain distribution and residual stress distribution in sheet metal formability analysis for a commercial steel. *Materials and Manufacturing Processes*, 25(8), 828-836.
- Hill, R. (1948). A theory of the yielding and plastic flow of anisotropic metals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 193(1033), 281-297.
- Hosford, W. F. (1985). Comments on anisotropic yield criteria. *International Journal of Mechanical Sciences*, 27(7-8), 423-427.
- Jeong, K., Lee, K., Kwon, D., Lee, M.-G., & Han, H. N. (2024). Parameter determination of anisotropic yield function using neural network-based indentation plastometry. *International Journal of Mechanical Sciences*, 263, 108776.
- Khalfallah, A., Alves, J. L., Oliveira, M. C., & Menezes, L. F. (2015). Influence of the characteristics of the experimental data set used to identify anisotropy parameters. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, 15-44.
- Kilic, S. (2019). Experimental and numerical investigation of the effect of different temperature and deformation speeds on mechanical properties and springback behaviour in Al-Zn-Mg-Cu alloy. *Mechanika*, 25(5), 406-412.
- Lian, J., Shen, F., Jia, X., Ahn, D.-C., Chae, D.-C., Münstermann, S., & Bleck, W. (2018). An evolving non-associated Hill48 plasticity model accounting for anisotropic hardening and r-value evolution and its application to forming limit prediction. *International Journal of Solids and Structures*, 151, 20-44.
- Mu, Z., Zhao, J., Meng, Q., Huang, X., & Yu, G. (2022). Applicability of Hill48 yield model and effect of anisotropic parameter determination methods on anisotropic prediction. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 31(3), 2023-2042.
- Ozturk, F., Toros, S., & Kilic, S. (2014). Effects of anisotropic yield functions on prediction of forming limit diagrams of DP600 advanced high strength steel. *Procedia Engineering*, 81, 760-765.
- Park, N., Huh, H., Lim, S. J., Lou, Y., Kang, Y. S., & Seo, M. H. (2017). Fracture-based forming limit criteria for anisotropic materials in sheet metal forming. *International Journal of Plasticity*, 96, 1-35.
- Pijlman, H. H. (2001). Sheet material characterisation by multi-axial experiments.
- Shahid, S., & Gukhool, W. (2020). Experimental testing and material modeling of anisotropy in injection moulded polymer materials [Master's thesis, Blekinge Institute of Technology].
- Tang, B., & Lou, Y. (2019). Effect of anisotropic yield functions on the accuracy of material flow and its experimental verification. *Acta Mechanica Solida Sinica*, 32(1), 50-68.
- Wang, H., Wan, M., Yan, Y., & Wu, X. (2013). Effect of the solving method of parameters on the description ability of the yield criterion about the anisotropic behavior. *Journal of Mechanical Engineering*, 49(24), 45-53.
- Yan, Y., Wang, H., & Li, Q. (2015). The inverse parameter identification of Hill 48 yield criterion and its verification in press bending and roll forming process simulations. *Journal of Manufacturing Processes*, 20, 46-53.
- Yu, Y., Jie, B., Xu, X., & Haibo, W. (2021). In-depth analysis of convexity of Hill'48 anisotropic yield criterion. *Journal of Plasticity Engineering*, 28(12), 184-191.
- Zhang, H.-X., Li, F.-F., & Fang, G. (2024). Predicting plastic behavior of magnesium alloy tube bending with comprehensive constitutive models. *Mechanics of Materials*, 195, 105030.
- Zhang, H., & Liu, Y. (2017). The inverse parameter identification of Hill'48 yield function for small-sized tube combining response surface methodology and three-point bending. *Journal of Materials Research*, 32(12), 2343-2351.
- Zhang, S. Y., Leotoing, L., Guines, D., & Thuillier, S. (2013). Calibration of material parameters of anisotropic yield criterion with conventional tests and biaxial test. *Key Engineering Materials*, 554, 2111-2117.
- Zhang, Y., Duan, Y., Mu, Z., Fu, P., & Zhao, J. (2024). Non-associated flow rule constitutive modeling considering anisotropic hardening for the forming analysis of orthotropic sheet metal. *Experimental Mechanics*, 64(3), 305-323.

Uygulama, altyapı ve ağ gözlenebilirlik platformunun geliştirilmesi

Development of an application, infrastructure, and network observability platform

Oğuzhan Demir¹ , Ahmet Can Uğur¹ , Mehmet Burak Devenci¹ , Mehmet Fatih Akay² ,
Ceren Ulus^{2*} 

¹Trendyol, Teknoloji Departmanı, İstanbul, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Departmanı, Adana, Türkiye

Özet: Gözlenebilirlik, bir sistemin iç durumlarının, çıktılarına bakılarak tahmin edilme derecesini ifade eder. Bir sistemin gözlenebilir olması, o sistemin tüm iç durumlarının dışarıdan alınan ölçümlerle tam olarak belirlenebilmesini sağlar. Uygulama, altyapı ve ağ gözlenebilirliği, kontrol teorisi ve otomatik kontrol sistemleri tasarımında kritik bir rol oynar. Bu özellik, sistemin kontrol edilip edilemeyeceğini belirler. Bu çalışmada, tüm teknoloji katmanlarının performansını olumsuz etkileyen olayları ve standart dışı durumları anlamak ve eyleme dönüştürülebilir akıllı bildirimler sağlamak için uygulama, altyapı ve ağ gibi sistemlerin gözlenebilirlik verilerini tek bir platform aracılığıyla toplayan, anlık gözlenmesini, ilişkilendirilmesini, standartlaştırılmasını ve analiz edilmesini sağlayan bir platform geliştirilmiştir. Bu sayede, kullanılan birden fazla alternatif ve sadece kısmi işlev gören platformlar yerine, tek bir platform ile tüm gözlenebilirlik ihtiyaçları karşılanmış ve bütünlük bir gözlenebilirlik deneyimi sunulmuştur. Platform kapsamında, çeşitli sistemlerden ilgili telemetri (log, metrik, iz, olay) verilerini alan, kaydedip saklayan, görselleştirip raporlanmasını sağlayan, belli durumlarda alarm üreten, akıllı alarm yöntemleri ile destekleyen, bir sorunun temel nedenini belirlemek ve çözmek amacıyla kullanılan bir yaklaşım olan kök neden analizi ile sorunların kök nedenlerini kolayca bulmayı sağlayan araçlar, web servisleri, kullanıcı arayüzleri ve makine öğrenme modelleri geliştirilmiştir. Bu platform, kullanıcılarına bütünlük bir gözlenebilirlik çözümü sunmaktadır. Ayrıca, geliştirilen platform ile gözlenebilirlik platformu kullanıcı sayısının %30 arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gözlenebilirlik, Entegre Platform, Açık Kaynak Teknolojileri, Kök Neden Analizi

Abstract: Observability refers to the degree to which the internal states of a system can be predicted by looking at its outputs. The observability of a system ensures that all internal states of that system can be precisely determined by external measurements. Application, infrastructure and network observability plays a critical role in control theory and automatic control systems design. This feature determines whether the system can be controlled or not. In this study, a platform has been developed that collects observability data of systems such as applications, infrastructure and networks through a single platform and enables instant observation, association, standardization and analysis in order to understand events and non-standard situations that negatively affect the performance of all technology layers and to provide actionable smart notifications. In this way, instead of using multiple alternatives and only partially functional platforms, all observability needs are met with a single platform and an integrated observability experience is offered. Within the scope of the platform, it is an approach that receives relevant telemetry (log, metric, trace, event) data from various systems, records and stores it, visualizes and reports it, generates alarms in certain situations, supports it with smart alarm methods, and is used to determine and solve the root cause of a problem. Tools, web services, user interfaces and machine learning models have been developed to easily find the root causes of problems through cause analysis. This platform offers its users an integrated observability solution. Additionally, it has been observed that the number of observability platform users increased by 30% with the developed platform.

Keywords: Observability, Integrated Platform, Open Source Technologies, Root Cause Analysis

1. Giriş

Gözlenebilirlik, karmaşık sistemlerin iç durumlarını dış gözlemler yoluyla anlama yeteneğidir. Bu kavram, sistemlerin performansını izlemek, sorunları tespit etmek

ve çözmek için hayati öneme sahiptir. Uygulama gözlenebilirliği, yazılım uygulamalarının performansını ve davranışını izlemeyi kapsamaktadır. Bu süreç, uygulamanın performansını, hata oranlarını, kullanıcı davranış-

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : f.cerenulus@gmail.com

Geliş / Received: 12.07.2024, Revizyon / Revised: 14.07.2024

Kabul / Accepted: 19.07.2024



larını ve diğer önemli metrikleri izlemeyi içermektedir. Uygulama içinde gerçekleşen işlemleri ve etkileşimleri anlamak için çeşitli metriklerin, logların ve izlerin toplanmasını ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, kullanıcı deneyimi iyileştirilmekte ve uygulama kesinti süreleri azaltılmaktadır. Altyapı gözlenebilirliği, uygulamaların çalıştığı fiziksel ve sanal kaynakların performansını ve durumunu izlemeyi kapsamaktadır. Bu özellik, sunucular, veritabanları, konteynerler, sanal makineler ve bulut hizmetleri gibi bileşenleri içermektedir. Sunucuların çalışma verimliliğini ve performans sorunlarını tespit etmek için Merkezi İşlem Birimi (MİB) kullanımı, bellek kullanımı, disk Giriş/Çıkış (G/Ç) ve ağ trafiği gibi metrikler izlenmektedir. Ağ gözlenebilirliği, ağ trafiğini ve ağ bileşenlerinin performansını izlemeyi kapsamaktadır. Bu kavram, ağ geçitleri, yönlendiriciler, anahtarlar, güvenlik duvarları ve yük dengeleyiciler gibi ağ cihazlarının izlenmesini içermektedir.

Altyapıların yönetimi ve performansının sağlanması, operasyonel verimlilik ve müşteri memnuniyeti açısından kritik bir öneme sahiptir. Gözlenebilirlik amacıyla kullanılan çeşitli lisanslı ve açık kaynak ürünler ile çözümler, birbirinden bağımsız ve dağıntık bir yapıda bulunmaktadır ve yüksek lisans maliyetleri ve uygulama işgücü gerektirmektedir. Bu yapı, uçtan uca bütünsel bir gözlenebilirlik sağlamaktan uzak olup, sorunların kök nedenlerine inmek ve hızlı aksiyon almak konusunda önemli zorluklara sebep olmaktadır. Olası bir sorun meydana geldiğinde, birden fazla sisteme giriş yapmak ve her bir sistemdeki verileri analiz etmek gerekmektedir. Bazı durumlarda, bütünsellik ve ilişkilendirme eksikliği nedeniyle sorunları tespit etmek ve çözüm üretmek neredeyse imkansız hale gelmektedir. Bu durum, hem zaman kaybına hem de yüksek maliyetlere yol açarak operasyonel verimliliği düşürmekte, müşteri deneyimi üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve rekabet gücünü zayıflatmaktadır.

Bu çalışmada, uçtan uca uygulama seviyesinden fiziksel donanım seviyesine kadar olan süreçler bütünlük bir şekilde yönetilebilen ve ilgili kullanıcılar tarafından özelleştirilmiş panellerle izlenebilen ve yapay zeka destekli akıllı mekanizmalar içeren, problemler için uyarı sistemleri oluşturabilen ve problemlerin kök ve etki analizini yapabilen bir uygulama, altyapı ve ağ gözlenebilirlik platformu geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma ilgili literatür, platformun detayları, çalışmanın sonuçları ve sonuç bölümü olarak organize edilmiştir.

2. Literatür İncelemesi

Princz ve ark. (2024), çeşitli makine öğrenimi modellerini kullanarak ikili zaman serisi verilerinde anomali tespiti için bir analiz sunmuştur. Çalışma kapsamında veri setinin ön işlenmesi, verilerin normalleştirilmesi ve farklı modellerin anomali tespit performansının değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirme ölçütleri olarak doğruluk, tespit oranı ve F1 puanı kullanılmıştır. Sonuçlar ele alındığında, performans ve hesaplama verimliliği arasındaki

takaslar vurgulanmış ve gerçek zamanlı uygulamalarda daha fazla araştırma potansiyeline değinilmiştir.

O'Leary (2023), zaman serisi verileri için özellikle tahmin ve anomali tespiti alanlarında otomatik makine öğrenimi yazılımlarına genel bir bakış sunmuştur. 28 farklı ölçüt ele alınarak işlevsellik, kod uygunluğu ve topluluk desteği değerlendirilmiştir. Zaman serisi verilerinin analizi, tahminlerin yapılması, anomali tespiti ve veri keşfi alanlarında birçok araştırma ve uygulama imkanı bulunduğu belirtilmiştir.

Blanco (2023), modern dağıtılmış sistemlerde gözlenebilirliğin önemi ve OpenTelemetry standartlarının telemetriyi sinyaller ve hizmetler arasında ilişkilendirerek dağıtılmış sistemleri anlamak için bütünsel bir yaklaşım sağladığını vurgulayan bir çalışma yapmıştır. Bireysel sinyallerin (izler, sinyaller ve günlükler) belirli kullanım durumları için sahip oldukları özellikler açıklanmış ve bu sinyallerin bağlam olmadan izole bir şekilde kullanıldığında yararlılıklarının azaldığı belirtilmiştir. Gözlenebilirliğin gerçek değerinin, mühendislik ekiplerinin tüm sinyallerden yararlanarak hizmetlerini buna göre enstrümanlaştırmaları ve hata ayıklama iş akışlarında telemetri bağlamını kullanmaları durumunda ortaya çıkacağı ifade edilmiştir.

Pintilie ve ark. (2022), çok değişkenli zaman serilerinde (MTS) anormallik tespiti (AD) için difüzyon modellerinden yararlanma üzerine çalışmalar yürütmüştür. Bu çalışmada iki difüzyon tabanlı model test edilmiş ve birkaç sinirsel temel çizgiyle karşılaştırılmıştır. Test edilen difüzyon tabanlı modellerin, sentetik veri kümelerinde temel çizgilere kıyasla daha üstün bir performans sergilediği gözlenmiştir. Bu sonuçlar, difüzyon tabanlı yöntemlerin çok değişkenli zaman serilerinde anormallik tespiti için potansiyelini ortaya koymuştur.

Dilib Kumar Sharma ve ark. (2022), mevcut akıllı otomasyona ilişkin bilimsel girdilerin sistematize edilmesi ve bunların performans yönetimi zorluklarına temel katkılarının aydınlatılması amacıyla bir çalışma yapmıştır. Uluslararası işletme (International Business - IB), genel yönetim (General Management - GM), bilgi yönetimi (Information Management - IM) dergilerinde ve performans yönetimi (Performance Management - PM) ortamlarında yapay zeka, robotik ve diğer teknolojik konularda araştırmalar yapılarak 45 yayın incelenmiştir. Sonuçlar, akıllı otomasyon teknolojilerinin personel yönetimi ve şirket performansının iyileştirilmesi için yeni bir strateji ve çeşitli performans yönetimi fırsatları sağladığını, ayrıca teknolojik ve etik sorunların ortaya çıkarıldığını göstermektedir.

Alimohammadi ve Nancy Chen (2022), zaman serisi verilerinin borsa, teşhis, meteoroloji, petrol ve gaz endüstrisi gibi birçok disiplinde toplanıp analiz edildiğini belirtmiştir. Zaman serilerinde aykırı değer tespiti için istatistiksel, regresyon tabanlı ve makine öğrenimi tabanlı kategorilere ait toplam 17 teknik, petrol ve gaz üretimi veri analizine uygulanmıştır. Bu yöntemlerden

15'inin üretim verisi analizinde ilk kez kullanıldığı belirtilmiştir. Tekniklerin performanslarının belirlenebilmesi için Doğruluk, Kesinlik, Geri Çağırma ve F1 Puanı gibi ölçütler kullanılmıştır.

Bahri ve ark. (2022), denetimsiz anormallik tespiti için önerilen otomatik yöntemler ve stratejiler vurgulanarak Otomatik Makine Öğrenimi (OML) alanında araştırmalar yapmıştır. Çalışmada, makine öğrenimi algoritmalarının kullanımının daha erişilebilir hale getirilmesi amacıyla OML'nin kullanılması önerilmiştir.

Manchanda (2021), kurumsal bilgi sistemlerindeki performans sorunlarının, eğilimlerinin ve sistem arızalarının izlenmesi, tahmin edilmesi ve önerilmesi için makine öğrenimi algoritmalarını kullanan bir sistem sunmuştur. Bu sistemde, uygulamaların dağıtılmış erişimi ve kontrolü ile kuruluşların farklı uygulamaların genel durumunu korumalarına yardımcı olmuştur.

Hashemnia ve ark. (2021), yenilenebilir enerji sektöründe, tek bir bileşen arızasının tüm ağı performansını etkileyebilmesi nedeniyle, arızaların tahmin edilmesi ve veri ile zamana dayalı bakımdan daha fazla koşula geçişi kolaylaştırmak amacıyla yapay zeka tabanlı makine öğrenimi tekniklerinin kullanılmasını önermiştir. Makine öğreniminin sektör uzmanlığıyla birlikte belirli arıza modları ve bileşenler için arıza olasılığını nasıl tahmin edebileceği açıklanmıştır. Bileşen arızasının meydana geldiği bir vaka çalışması ele alınarak belirli bir arıza modu gösterilmeye çalışılmıştır. Sorunun iki aşamalı bir teknik kullanılarak çözüleceği açıklanmıştır. İlk olarak, mevcut değeri verilerle parametrenin gelecekteki olasılık dağılımı tahmin edilmiş, ikinci olarak ise tahmin edilen parametre değeri verilerek arıza olasılığı belirlenmiştir. Bu sayede teknik bileşenlerin arızalarının önceden tahmin edilmesi ve Kalan Kullanım Ömrü'nün (KKÖ) belirlenmesi için standartlaştırılmış bir yaklaşıma olanak sağlanmıştır.

Tang ve ark. (2021), uygulamaların darboğazlarını tespit etmek, çalışma zamanındaki davranışlarını izlemek ve olası güvenlik risklerini belirlemek amacıyla kullanılan Uygulama Performans Yönetimi (UPY) kitaplıklarını incelemiştir. Android uygulamaları için UPY'ler üzerine ilk sistematik çalışma yürütülmüş ve Android uygulamalarında UPY'lerin kullanımını keşfetmek amacıyla APM-Hunter adında bir çerçeve geliştirilmiştir. APMHunter kullanılarak, UPY'lerin kullanım kalıpları araştırılmış ve olası kötüye kullanımların keşfedilmesi için 500.000 Android uygulaması üzerinde geniş ölçekli deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmalar sonucunda iki bulgu elde edilmiştir. İlk bulgu, bazı UPY'lerin hala kullanımdan kaldırılmış izinler ve yaklaşımlar kullanıyor olması ve bunun da UPY'lerin beklendiği gibi performans göstermemesine sebep olmasıdır. İkinci bulgu ise, UPY'lerin uygunsuz kullanımının gizlilik sınırlarına sebep olabileceği yönündedir. Bu bulgular göz önünde bulundurularak, çalışmalarında hem UPY satıcılarının hem de geliştiricilerin UPY'leri titizlikle tasarla-

maları ve kullanmaları önerilmiştir.

Onodueze ve Josyula (2021), MIL-STD-1553 iletişim trafiğindeki normal, periyodik olmayan mesajları taklit eden saldırıların tespiti için kullanılan çeşitli makine öğrenimi algoritmalarının yeteneklerini değerlendirmiştir. Veri kümesinde bulunan dengesizlikten dolayı veri kümesinin doğru şekilde sınıflandırılabilmesi amacıyla, veri kümesine uygulanan modellerin performansını değerlendirmek için uygun metrikler belirlenmiştir. Belirlenen metrikler kullanılarak, üretilen farklı makine öğrenimi modellerinin performansları karşılaştırılmıştır.

Schulz ve ark. (2020), Yüksek Performanslı Bilgi İşlem (YPBİ) sisteminin bileşenlerinin performansını karakterize etmek ve sensör verilerine dayanarak anormallikleri tanımlamak amacıyla denetimsiz bir makine öğrenme tekniği olan Bayesian Gaussian karışım modelleri üzerine çalışmalar yürütmüştür. Bu amaç doğrultusunda algoritmik bir çerçeve önerilmiştir. Çerçeve, Sayısal Kadastro Veri Tabanı izleme ve operasyonel veri analitiği sistemi içinde uygulanmış ve bir üretim YPBİ sisteminde gelen veriler kullanılarak gerçekleştirilen örnek incelemeler sunulmuştur.

Hagemann ve Katsarou (2020), bulut ölçümlerindeki anormalliklerin tespiti, donanım arızaları, performans darboğazları veya izinsiz girişler gibi sistem sorunlarının kısmen otomatik bir şekilde tespit edilmesi için makine öğreniminin kullanılmasını önermiştir. Anormallik tespitleri iki alanda değerlendirilmiştir. İlk olarak, Yahoo! üzerinde anormallik tespiti için denetimsiz, yeniden yapılandırmaya dayalı Temel Bileşen Analizi, Otomatik Kodlayıcı ve Uzun Kısa Vadeli Bellek (UKVB) – Otomatik Kodlayıcı olmak üzere üç farklı yöntem değerlendirilmiştir. Daha sonra, seçilen modeller yoğunluk temelli yaklaşımla karşılaştırılmış ve yeniden yapılandırma temelli yaklaşımların daha iyi performans gösterdiği açıklanmıştır.

Emamjome ve ark. (2020), veri ön işleme için süreç madenciliği metodolojisinin geliştirilmesi ve veri analitiği alanında bilgi sistemleri teorisinin geliştirilmesi için temel oluşturmuştur. Olay günlüğü veri kalitesi sorunlarının temel nedenlerinin ortaya çıkarılması ve belirtilerinin düzeltilmesi amaçlanmıştır.

Qiu ve ark. (2019), zaman serisi temel performans göstergeleri için konvülsiyon ve UKVB sinir ağları ile değişken bir otomatik kodlayıcıya dayanan denetimli derin öğrenme modellerine dayalı yeni bir anormallik dedektörü önermişlerdir. Önerilen dedektörün performansı, Yahoo'nun anormallik tespiti için diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında A1benchmark ve A2benchmark veri kümelerinde doğruluğunun ve 0.90'ı aşan F1 puanının başarılı bir şekilde sergilendiği belirtilmiştir.

Elsner ve ark. (2019), birden fazla APM sisteminden gelen verilere dayanarak, kurumsal bir uygulamadaki anormallikleri tespit etmek için yoğunluk tabanlı denetimsiz

bir makine öğrenimi modeli geliştirmişlerdir. Avrupalı bir otomotiv şirketiyle işbirliği içinde yapılan çalışmada, iki aylık canlı uygulama verileri kullanılarak modelin anormal sistem davranışını başarılı bir şekilde tespit ettiği ve bu tespit, aykırı değer tespit tekniğinden daha başarılı olduğu ve temel nedenleri belirlemek için bilgi sağladığı gösterilmiştir.

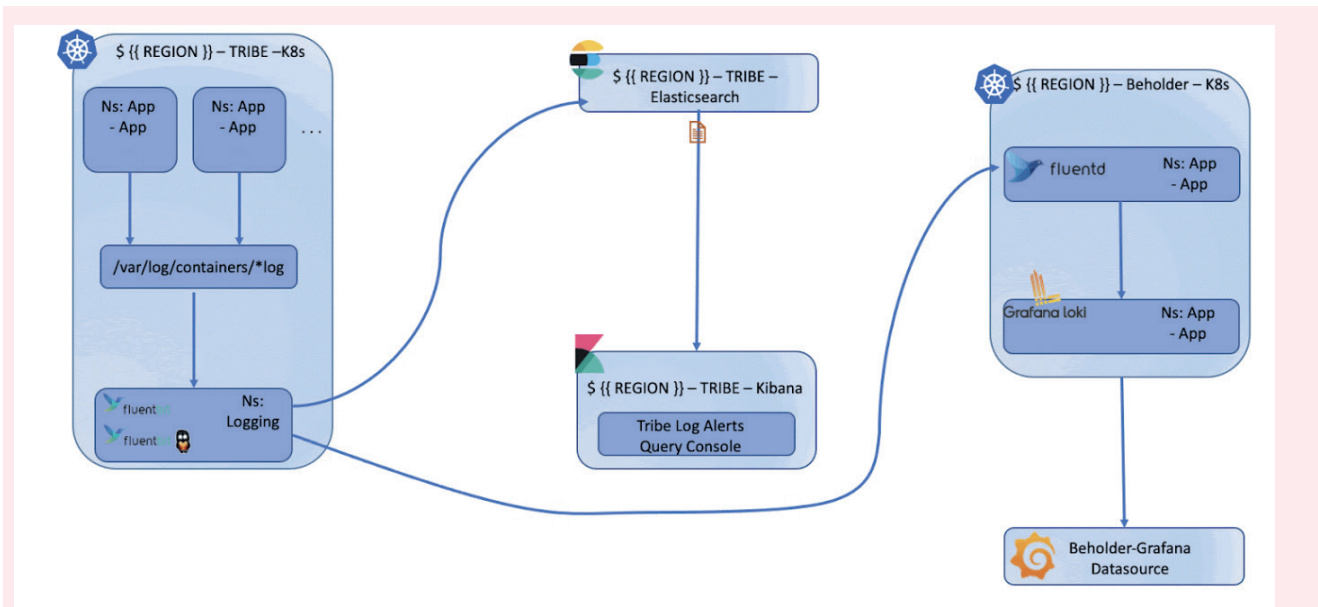
Zhou ve ark. (2019), çevresel yapılandırmalar ve mikroservislerin eş zamanlı etkileşimleri ile ilgili mikroservis arızalarından kaynaklanan zorlukların üstesinden gelmek için sistem izleme günlüklerinin analizine dayalı olarak mikroservis uygulamaları için gizli hata tahmini ve hata yerleştirme yaklaşımı önermişlerdir. Yürütülen deneysel çalışmalar sonucunda, önerilen yaklaşımın gizli hataları, hatalı mikroservisleri ve hata türlerini uygula-

ma içinde yüksek doğrulukla tahmin edebildiği ve dağıtılmış sistemler için hata teşhisi yaklaşımından daha başarılı performans gösterdiği açıklanmıştır.

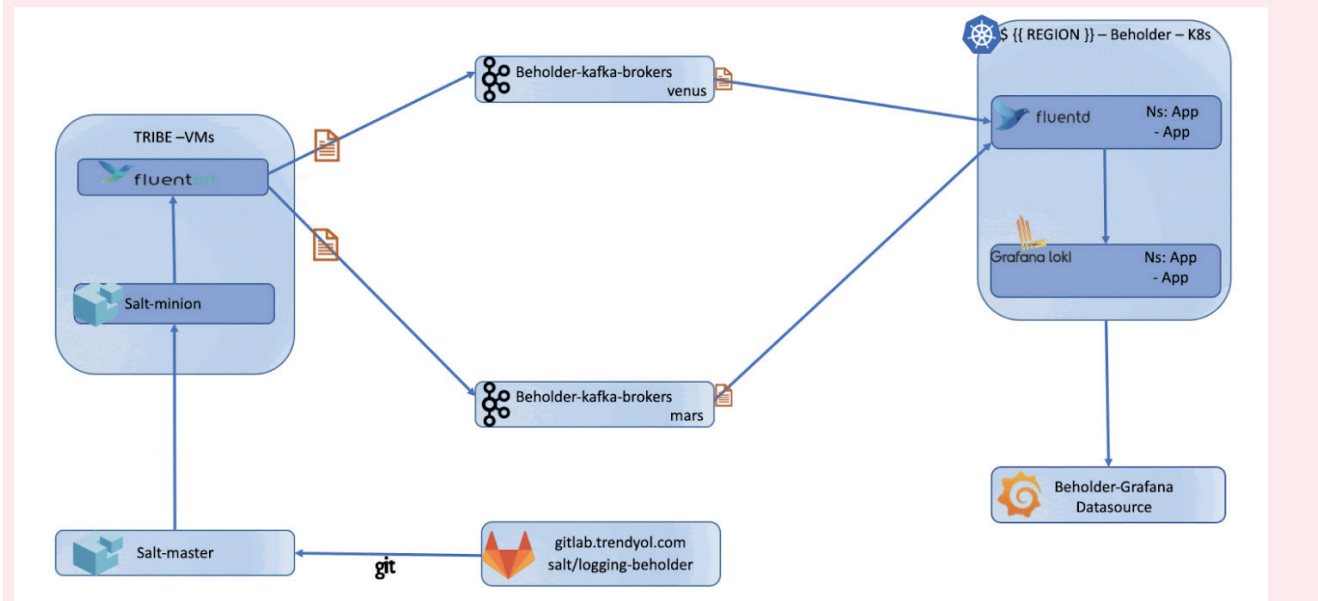
3. Platformun Detayları

Sistem mimarisi ve geliştirmeleri, Trendyol'un hizmetlerini desteklemek ve bu hizmetlerin her katmandaki entegrasyonunu sağlamak için büyük veri toplama sistemini oluşturmuştur. Bu sistem, fiziksel cihaz katmanından başlayarak ağ, sistem altyapısı, platform servisleri ve uçta bulunan Uygulama Programlama Arabirimi (UPA) servislerine kadar olan ilişkileri sağlamak amacıyla verilerin entegrasyonunu gerçekleştirmektedir.

İlk olarak, tüm telemetri verilerinin (metrikler, log



Şekil 1. Logların alınması ve saklanması için kullanılan mimari.



Şekil 2. Logların alınması ve saklanması için kullanılan mimari.

kayıtları, izlenebilirlik, olaylar) çoklu ortamda toplanıp depolanması amacıyla veri kaynakları servisleri oluşturulmuştur. Logların alınması ve saklanması için kullanılan mimari, Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmektedir.

Uygulama izlerinin alınması, saklanması ve okunması için kullanılan mimari Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmektedir.

Uygulama, altyapı ve ağ geliştirme platformu, çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler arasında Uygulama Performans İzleme, Altyapı İzleme, Ağ Sistemleri İzleme, Bulut Ortamı ve Performans İzleme, Platform Servis İzleme, Sürekli Profillemeye, Görselleştirme ve Raporlama Kullanıcı Arayüzü, Alarm Oluşturma ve Raporlama, Akıllı Anomali Tespiti, Kök ve Etki Analizi, Kullanıcı İzleme, Yapay Zeka İzleme ile yazılım geliştirme kitleri ve kütüphaneler bulunmaktadır. Modüllerin geliştirilmesi ve gözlenebilirlik platformuna entegre edilmesi için Java, Go, .NET ve Node.js kullanılmıştır. Ayrıca, gözlenebilirlik platformunun geliştirilmesi için tüm telemetri verilerinin toplanabileceği açık kaynaklı veri tabanı servisleri, görselleştirme servisleri ve sistemlerin altyapıda birbirleriyle entegrasyonunu sağlayacak yapılar kurulmuştur.

3.1. Uygulama Performans İzleme

Uygulama performans izleme ekranında telemetri verileri (metrikler, loglar ve izler) toplanmakta, analiz edilmekte ve gösterilmektedir.

3.2. Altyapı İzleme

Altyapı izleme ekranında fiziksel cihazlardan başlayarak telemetri verileri (metrikler ve loglar gibi) toplanmakta, bu verilerin entegrasyonu sağlanmakta, analizleri yapılmakta ve ilgili ekranlarda gösterilmektedir. Altyapı İzleme Panosu Şekil 5’te gösterilmektedir.

3.3. Ağ Sistemleri İzleme

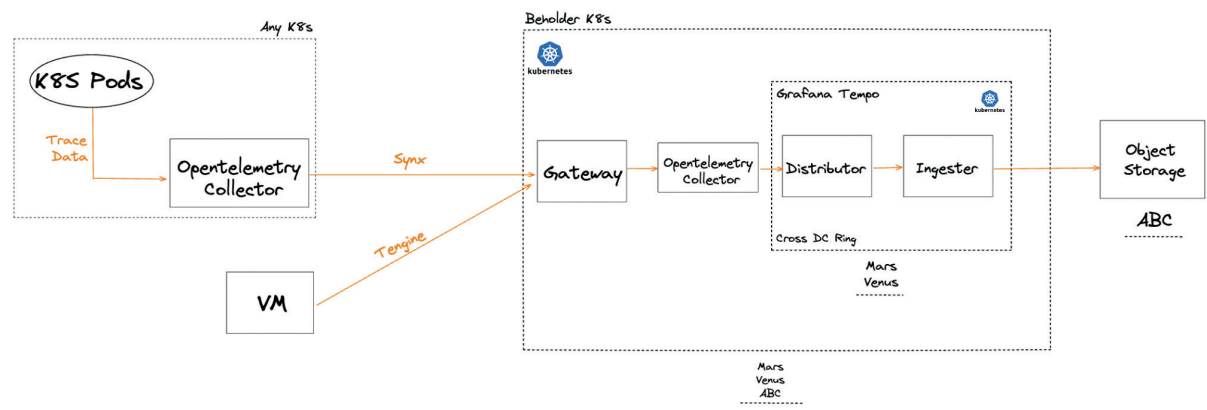
Ağ sistemleri izleme ekranlarının oluşturulabilmesi için fiziksel cihazlardan başlayarak metrik ve log gibi telemetri verileri toplanmakta, bu verilerin entegrasyonu sağlanmakta, analizleri yapılmakta ve ilgili ekranlarda gösterilmektedir.

3.4. Bulut Ortamı ve Performans İzleme

Bulut ortamı ve performans izleme ekranında altyapı ve platform seviyesindeki servislerin telemetri verileri toplanmakta, analiz edilmekte ve gösterilmektedir.

Tracing Storage Path

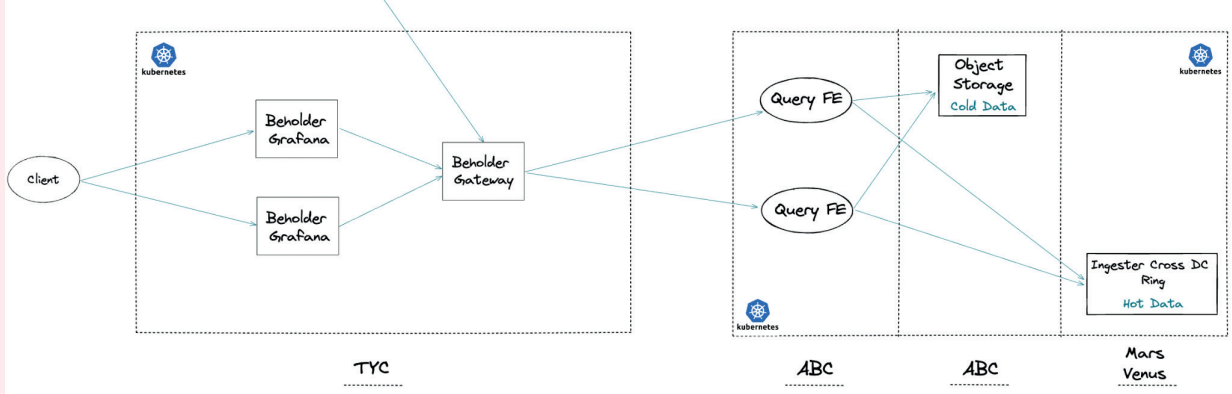
WRITE PATH



Şekil 3. Uygulama izinlerinin alınması, saklanması ve okunması için kullanılan mimari

Tracing Search Path

READ PATH



Şekil 4. Uygulama izinlerinin alınması, saklanması ve okunması için kullanılan mimari

3.5. Platform Servis İzleme

Platform servis izleme ekranında, kullanılan farklı teknoloji ve servisler için açık kaynak veya kurumsal telemetri verileri toplanmakta, analiz edilmekte ve gösterilmektedir. Servis İzleme Panosu Şekil 6'da gösterilmektedir.

3.6. Sürekli Profilleme

Sürekli profilleme ekranında uygulama kodunun profilinin çıkarılması hedeflenmiş ve bu sayede kaynak ve zaman açısından en yoğun olan kod bloklarının tespit edilerek hızlı aksiyon alınması sağlanmıştır.

3.7. Görselleştirme ve Raporlama Kullanıcı Arayüzü

Görselleştirme ve Raporlama Kullanıcı Arayüzü ekranında büyük verinin görselleştirilmesi için kullanıcı ve servis bazlı özelleştirilebilen bir arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüz sayesinde her ekip, servis sağlıklarını kontrol edebilmekte, geçmiş verileri tutabilmekte, özelleştirilmiş konfigüras-

yonlar yapabilmekte, özelleştirilmiş raporları ve grafikleri görüntüleyebilmekte ve alarmlar oluşturabilmektedir.

3.8. Alarm Oluşturma ve Raporlama

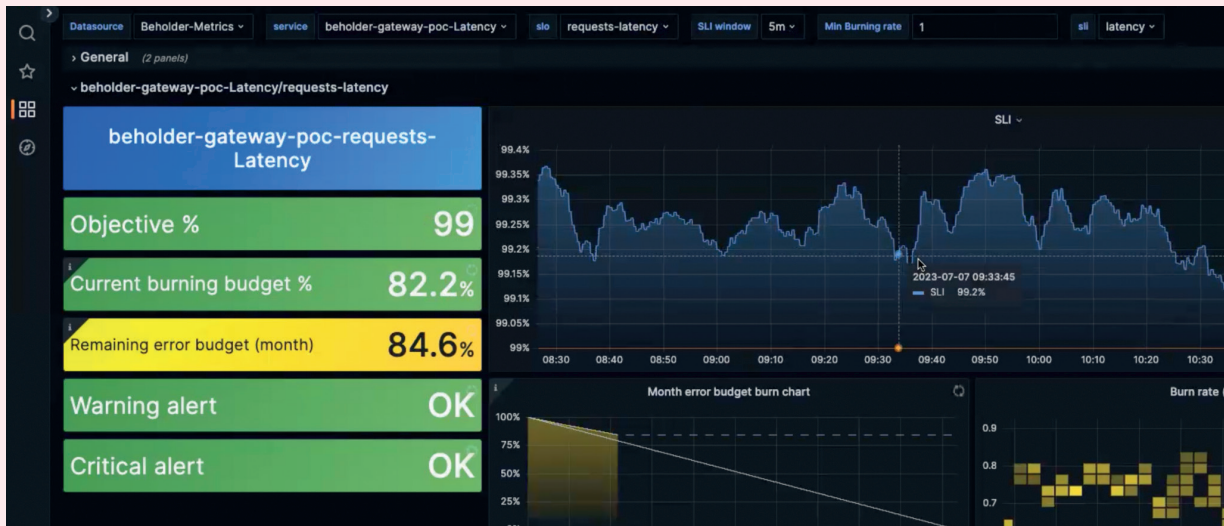
Alarm Oluşturma ve Raporlama ekranında metrik verilerinde tanımlanan alarm seviyeleri izlenebilmekte ve kullanıcılar özelleştirilmiş alarmlar oluşturulabilmektedir.

3.9. Akıllı Anomali Tespiti

Anomali tespiti, bir sistem, veri seti veya süreç içinde beklenen normal davranıştan sapmaları belirlemek için kullanılan bir tekniktir. Potansiyel sorunları erken aşamada belirlemesi ve çözmesi sebebiyle kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, akıllı anomali tespiti ekranında makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak anomali tespit modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller arasında istatistik tabanlı Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama ve Mevsimsel Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama gibi zaman serisi



Şekil 5. Altyapı İzleme Panosu



Şekil 6. Servis İzleme Panosu

tahminleme algoritmaları bulunmaktadır. Ayrıca, Tekrarlayan Sinir Ağı ve Geçitli Tekrarlayan Birim gibi derin öğrenme modelleri de yer almaktadır. İstatistiksel Anomali İzleme Panosu, Şekil 7’de gösterilmektedir.

3.10. Kök ve Etki Analizi

Kök ve etki analizi ekranında altyapıdaki tüm katmanların verileri tek bir platformda değerlendirilerek daha etkin, bütüncül ve hızlı bir şekilde kök neden ve potansiyel etki analizi yapılabilmesi sağlanmıştır.

3.11. Akıllı Kök Neden Analizi

Akıllı kök neden analizi ekranında geçmiş veriler kullanılarak kök nedenlerinin makine öğrenimi algoritmalarıyla modellenmesi hedeflenmiştir. Bu modeller sayesinde yeni oluşan veya potansiyel senaryoların olası kök nedenleri akıllı sistemlerle otomatik olarak tespit edilebilmektedir.

3.12. Kullanıcı İzleme

Kullanıcı izleme ekranında uygulamanın işlevselliği ve performansının son kullanıcı deneyimine etkisi izlenmekte,

raporlanmakta ve bu deneyimi etkileyen sistemdeki problemler ilgili ekiplerle paylaşılarak aksiyon alınmaktadır.

3.13. Yapay İzleme

Yapay izleme ekranında uygulama fonksiyonlarının yapay kullanıcılar aracılığıyla belirli aralıklarla test edilerek işlevselliği ve performansı simüle edilmekte ve potansiyel sorunların önleyici olarak tespiti ve aksiyon alınması sağlanmaktadır. Yapay İzleme Panosu Şekil 8’de gösterilmektedir.

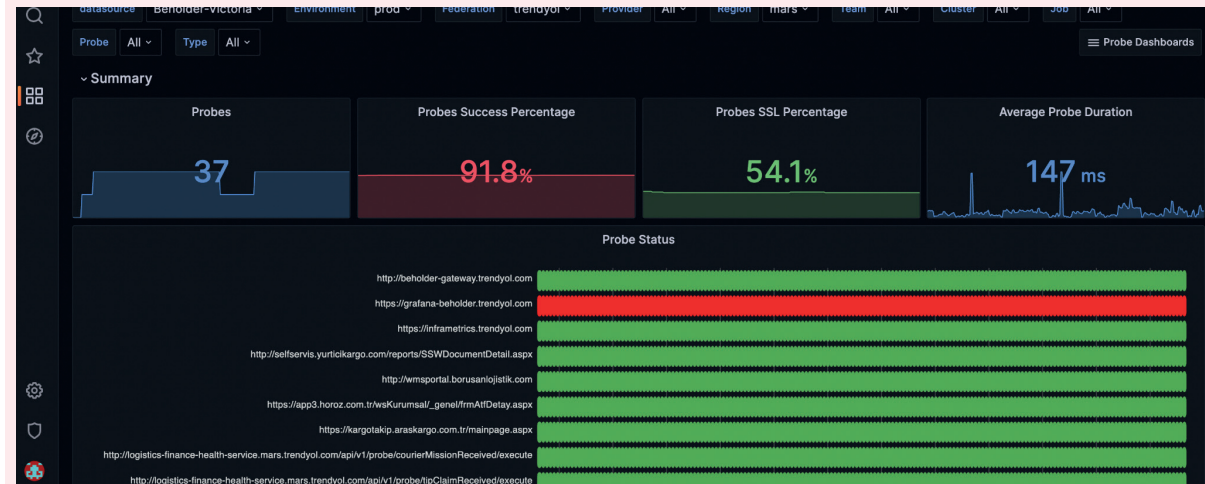
4. Çalışmanın Sonuçları

Geliştirilen platform ile,

- Alternatif tedarikçilere ödenen lisans ücretleri %50 azaltılmıştır.
- Gözlenebilirlik platformu kullanıcı sayısı %30 artmıştır.



Şekil 7. İstatistiksel Anomali İzleme Panosu



Şekil 8. Yapay İzleme Panosu

- Gözlenebilirlik projelerinin devreye alım eforu %60 azaltılmıştır.
- Problem bildirimlerinin çözüm süreleri %20 hızlanmıştır.
- Problem bildirim sayısı %10 azalmıştır.
- Hatalı problem bildirimleri %20 azalmıştır.
- Kesinti süreleri %20 azaltılmıştır.
- Son kullanıcı problem bildirimlerinin çözüm süresi %10 hızlanmıştır.
- Net Promosyoncu Puanı (NPP), müşterilerin sadakatini ve memnuniyetini ölçmek için kullanılan bir metriktir. İşletmelerin büyüme ve gelişme stratejilerini şekillendirmede önemli bir yere sahiptir. Kullanıcı memnuniyetini ve sadakatini ölçmek amacıyla kullanılan bir metrik olan NPP, %50 iyileştirilmiştir.

5. Sonuç


Uygulama, altyapı ve ağ gözlenebilirliği yazılım uygulamaları, bilgi teknolojileri altyapılarını ve ağların per-


formansını ve sağlığını izleme ve analiz etme sürecidir. Kullanıcılara daha verimli bir gözlenebilirlik deneyimi sunabilmek için web servisleri, kullanıcı arayüzleri ve akıllı analiz araçları geliştirilmiştir. Bu araçlar, kullanıcıların sistemde meydana gelen olayları anlık olarak takip etmelerini, potansiyel sorunları erken tespit edebilmelerini ve gerekli aksiyonları hızlı bir şekilde almalarını sağlamaktadır. Bu bağlamda, sistemlerde meydana gelen arızaların kök nedenlerini tespit etmek ve bu sorunların tekrarlanmaması için alınacak önlemler büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, geçmiş veriyi inceleme, güvenlik, özelleştirme ve ölçeklenebilirlik gibi ihtiyaçlara yönelik bir platform geliştirilmiştir. Geliştirilen platform, ödenen lisans ücretlerinde %50 oranında maliyet tasarrufu sağlamıştır.

Orcid

Oğuzhan Demir  <https://orcid.org/0009-0007-1985-2210>

Ahmet Can Uğur  <https://orcid.org/0009-0001-4911-5461>

Mehmet Burak Deveci  <https://orcid.org/0009-0004-6100-0511>

Mehmet Fatih Akay  <https://orcid.org/0000-0003-0780-0679>

Ceren Ulus  <https://orcid.org/0000-0003-2086-6381>

Referanslar

- Alimohammadi, H., Chen, S. N. (2022). Performance Evaluation Of Outlier Detection Techniques In Production Timeseries: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Expert Systems With Applications*, 191: 116371.
- Bahri, M., Salutari, F., Putina, A., Sozio, M. (2022). Automl: State Of The Art With A Focus On Anomaly Detection, Challenges, And Research Directions. *International Journal Of Data Science And Analytics*, 14(2): 113-126.
- Elsner, D., Aleatrati Khosroshahi, P., Maccormack, A. D., Lagerström, R. (2019). Multivariate Unsupervised Machine Learning For Anomaly Detection In Enterprise Applications. In *Proceedings Of The 52nd Hawaii International Conference On System Sciences*, Jan 1, 2019, Bildiriler Kitabı, Pp. 5827-5836.
- Emamjome, F., Andrews, R., Ter Hofstede, A., Reijers, H. (2020). Alohoma: Unlocking Data Quality Causes Through Event Log Context. In *Proceedings Of The 28th European Conference On Information Systems*, Jun 15 - 17, 2020, Bildiriler Kitabı, Pp. 1-16.
- Gomez Blanco, D. (2023). Adopting Observability. In *Practical Open-Telemetry: Adopting Open Observability Standards Across Your Organization*, CA, Berkeley, pp. 217-229.
- Hagemann, T., Katsarou, K. (2020). Reconstruction-Based Anomaly Detection For The Cloud: A Comparison On The Yahoo! Web-scope S5 Dataset. In *Proceedings Of The 2020 4th International Conference On Cloud And Big Data Computing*, Aug 26 - 28, 2020, Birleşik Krallık, Bildiriler Kitabı, Pp. 68-75.
- Hashemnia, N., Fan, Y., Rocha, N. (2021). Using Machine Learning To Predict And Avoid Malfunctions: A Revolutionary Concept For Condition-Based Asset Performance Management (Apm). In *2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies-Asia*, Dec 5 - 8, 2021, Brisbane, Avustralya, Bildiriler Kitabı, Pp. 1-8.
- Khaled, A. S., Sharma, D. K., Yashwanth, T., Reddy, V. M. K., Doewes, R. I., Naved, M. (2022). Evaluating The Role Of Robotics, Machine Learning And Artificial Intelligence In The Field Of Performance Management. In *Proceedings Of Second International Conference In Mechanical And Energy Technology*, 2021, India, Bildiriler Kitabı, Pp. 285-293.
- Manchanda, S. (2021). Artificial Intelligence Driven Monitoring, Prediction And Recommendation System (AIM-PRISM). In *Intelligent Sustainable Systems: Selected Papers Of Worlds4 2021*, Dec 17, 2021, Bildiriler Kitabı, Pp. 409-421.
- O'Leary, C., Toosi, F. G., & Lynch, C. (2023). A Review of AutoML Software Tools for Time Series Forecasting and Anomaly Detection. *ICAART*, (3): 421-433.
- Onodueze, F., Josyula, D. (2020). Anomaly Detection On MIL-STD-1553 Dataset Using Machine Learning Algorithms. In *2020 IEEE 19th International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications*, Dec 29 - Jan 1, 2021, Guangzhou, Çin, Bildiriler Kitabı, Pp. 592-598.
- Ozer, G., Netti, A., Tafani, D., Schulz, M. (2020). Characterizing HPC Performance Variation With Monitoring And Unsupervised Learning. In *High Performance Computing: ISC High Performance 2020 International Workshops*, Jun 21-25, 2020, Frankfurt, Germany, Bildiriler Kitabı, Pp. 280-292.
- Pintilie, I., Manolache, A., Brad, F. (2023). Time Series Anomaly Detection Using Diffusion-Based Models. In *2023 IEEE International Conference On Data Mining Workshops*, Aralık 4, 2023, Şanghay, Çin, Bildiriler Kitabı, Pp. 570-578.
- Princz, G., Shaloo, M., & Erol, S. (2024). Anomaly Detection in Binary Time Series Data: An unsupervised Machine Learning Approach for Condition Monitoring. *Procedia Computer Science*, 232:

1065-1078.

Qiu, J., Du, Q., Qian, C. (2019). Kpi-Tsad: A Time-Series Anomaly Detector For Kpi Monitoring In Cloud Applications. *Symmetry*, 11(11): 1350.

Tang, Y., Wang, H., Zhan, X., Luo, X., Zhou, Y., Zhou, H., Keung, J. (2021). A Systematical Study On Application Performance Management Libraries For Apps. *IEEE Transactions On Software Engineering*, 48(8): 3044-3065.

Zhou, X., Peng, X., Xie, T., Sun, J., Ji, C., Liu, D., He, C. (2019). Latent Error Prediction And Fault Localization For Microservice Applications By Learning From System Trace Logs. In *Proceedings Of The 2019 27th ACM Joint Meeting On European Software Engineering Conference And Symposium On The Foundations Of Software Engineering*, Aug 26 - 30, 2019, Tallin, Estonya, Bildiriler Kitabı, Pp. 683-694.

Mobil kontrollü deprem simülatörü geliştirilmesi

Development of a mobile-controlled earthquake simulator

Utku Bayram^{1*} , Nazlıcan Kayhan¹ , Ramazan Eyüp Gültekin¹ , Vildan Bayram¹ 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

Özet: Deprem simülatörü denilince akla, içerisinde eşyaların bulunduğu gerçek bir oturma odası boyutunda, büyük ebatlı, büyük bütçeli, ağır ve taşınması zor cihazlar gelmektedir. Daha küçük çaplı ve mobil uygulama ile kontrol edilebilecek deprem simülatörlerinin üretilebilmesi mümkün olmasına rağmen, bu olasılık henüz değerlendirilmemiştir. Bu makalede, gerek bütçeden gerekse kullanım amacı itibarıyla piyasadaki deprem simülatörlerine farklı bir boyut getirebilecek bir deprem simülatörü prototipi anlatılmaktadır. Gömülü mobil sistem içeren ve 35cmx20cm boyutunda tasarlanan simülatör, taşınabilir ve düşük bütçelidir. İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Fakültelerinde tasarlanan yapı konstrüksiyon maketlerinin test edilmesinde kullanılması planlanan prototip, depremin etkileri ile ilgili deneylerin daha uygun bütçeler ile gerçekleşmesini mümkün kılacaktır. Önerilen bu prototip cihazı kullanacak araştırmacılar, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak deprem deneyinde test edilecek örnek bir yapıdaki hasarı ölçebilecek ve bulgular üzerinde gerekli hesaplamaları yaparak gerçek, daha büyük boyutlu bir yapıdaki hasarı ve olası hayat kayıplarını önlemek için gerekli iyileştirmeleri yapabileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Sistemler, Deprem, Titreşim Simülatörü, Mobil Uygulama.

Abstract: Real-life earthquake simulators are commonly known as heavy, hard-to-mobilize, big-budget devices with the size of a fully furnished living room. It is possible to construct earthquake simulators that are smaller in size and can be controlled via mobile applications, but this possibility has not been explored yet. In this study, an earthquake simulator prototype is proposed that presents a new dimension to the simulators on the market, both in terms of budget and useability. The proposed earthquake simulator has a size of 35cmx20cm and contains an embedded mobile system. It is portable and low-budget. The prototype will be used in the Faculty of Civil Engineering and Architecture for testing mock-up structures against possible earthquakes, making it possible to determine the effects of earthquakes at a reasonable budget. Those who will employ the proposed prototype will be able to control the seismic vibration directions, their amplitudes, and timings. They will simulate these designed earthquakes on their mock-up models, will assess the damages, and will be able to take preventative measures on the real-life structures based on the damages present in the models.

Keywords: Embedded Systems, Earthquake, Vibration Simulator, Mobile Application.

1. Giriş

Deprem, dünyanın şekillenmesinde milyonlarca yıldır rol alan ve hala görevine devam eden bir doğa olayıdır. Kandilli Rasathanesi'nin tanımına göre deprem, yer kabuğunun gerilme etkisi sonucu belirli bir derinlikte kırılmasıdır ve depremin büyüklüğü de kırılan bu yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirtmektedir. Buna ek olarak, hissedilen deprem büyüklüğünü etkileyen iki faktör vardır: atım ve berklik (rijidite), fakat genel olarak yüzey alanının bilinmesi büyüklük ölçümünde yeterlidir (URL-1, 2024).

Dünya'nın tüm bölgelerinde var olan deprem doğa olayı, gerçekleştiği bölgede çeşitli değişikliklere neden olmaktadır (Oluwafemi, J.O. ve ark., 2018). Himalayaların her yıl 5mm yükselmeye devam etmesi bu deverana en güzel örnektir (Grandin, R. ve ark., 2012). Milyarlarca yıldır devam eden bu doğa olayının insanlar üzerindeki etkile-

ri, insanların yerleşik hayata geçmeleri ve içinde yaşadıkları yapıları inşa etmeleri ile daha da artmıştır. Örneğin depremler nedeni ile kalıntıları Çanakkale ilinde bulunan Truva kenti, yapılan kazılardan elde edilen bilgilere göre en az sekiz defa deprem nedeniyle yıkılmış ve dokuz defa eski kalıntıların üstüne yeniden inşa edilmiştir (URL-2,2019),(Gözüm, Y.U. ve ark., 2015). Bu sebeple, geçen yıllarda depremlerle sık karşılaşılan bölgelerde yapılar daha güçlü ve/veya tekniklerle inşa edilmeye başlanmıştır. Ek olarak, teknolojinin de gelişmesi ile depremi önceden tahmin edebilmek ya da var olan depremi, titreşimler binalara ulaşmadan önce tespit edebilmek ve insanlara önlem alabilmeleri için saniyeler de olsa zaman tanıyan sistemler geliştirilmiştir (Mousavi, S.M. ve ark., 2020). Fakat, ülkemizde son yıllarda yaşanan deprem felaketleri ve kaybedilen hayatlar göstermektedir ki var olan bu sistemler yeterli olmamaktadır.

Araştırma merkezleri ve üniversiteler gerek zaman ka-

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : ubayram@comu.edu.tr

Geliş / Received: 20.06.2024, Revizyon / Revised: 08.07.2024

Kabul / Accepted: 20.07.2024



zanmak gerek düşük maliyet sağlama açısından simülasyon kullanılır. Bu simülasyonların gerçeklikle olan farkları teknoloji geliştikçe azalmaktadır. Hatta bazı durumlarda simülasyon kullanmak daha avantajlı hale gelebilmektedir. Örneğin sanal gerçeklik gözlüklerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bir öğrenci artık kimya laboratuvarında kimyasallara maruz kalmadan, sanal gerçeklik gözlüğü için hazırlanan program sayesinde sanal bir kimya deneyi yapabilmektedir. Bu sayede, yanlış kimyasalların kullanılmasının doğuracağı sonuçlardan etkilenmeyecektir. Mevcut çalışma da konu itibarıyla bir simülasyon tasarımıdır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yaşayarak öğrenmek yerine gerçeğe yakın simülasyonlar kullanarak, oluşturulacak yapıların dayanıklılığı önceden test edilebilmektedir. Ülkemizde ve dünya genelinde yaşanacak yeni depremlerde hayat kayıplarının önlenmesi için de en önemli mekanizmalar bu simülasyonlardır. Literatürde var olan deprem simülasyonları bilgisayar ortamında yazılımlar aracılığı ile olası zarar tespitlerine odaklanmaktadır (Richards-Dinger, K. ve ark., 2012; Tang, A.ve ark., 2009). Alternatif olarak fiziksel simülasyonlar da önerilmiştir (Sinha, P. ve ark., 2009). Fakat bu fiziksel simülasyonlar, boyut olarak çok büyük olmakta ve maliyet açısından kolaylıkla erişilebilirliği mümkün değildir. Bu makalede çok sayıda hayat kurtaracak yeni bir deprem simülasyonu önerilmektedir.

Titreşim masası adı ile de bilinen deprem simülasyonu, bir mekanizma üzerine yerleştirilmiş metal tabladan oluşmaktadır. Bu metal, mekanizmalar sayesinde çok eksenli olarak hareket edip üzerine inşa edilecek olan yapıya deprem etkisi vermektedir. Bu mekanizmalar birbirlerinden bağımsız olarak metal tablayı hareket ettirmektedir. Hareketi meydana getiren mekanizma elektronik kontrol kartları ve gömülü sistemler sayesinde deprem verileri girilerek daha önce olmuş bir depremi tekrardan canlandırma veya farklı deprem verisi girilerek bu depremin gerçekleşmesini sağlamaktadır (Demir, E., 2018).

Son yıllarda şehir genelinde yapılan bina güçlendirme çalışmaları sebebiyle birçok cihazın yeri değiştirilmiştir. Yeniden kurulum çalışmaları sırasında deprem kayıt cihazları bazı yerlerde mevcut kurulum prosedürüne uygun şekilde, bazı yerlerde doğrudan beton döşemeye ve bazı yerlerde ise köpük kullanmadan sadece ahşap plakalarla yere tespit edilmişlerdir. Bir çalışmada, mevcut üç farklı cihaz tespit düzeneğinin elde edilen kayıtlar üzerinde olabilecek etkisini değerlendirmek amacıyla sarsma masası testleri yapılmış ve üç farklı modelin farklı sismik hareketler altındaki davranışları değerlendirilmiştir (Alçık, H. ve ark., 2014).

Literatürde var olan çalışmalar gözden geçirildiğinde, mobil uygulama ile ayarlanabilir zaman ve ayarlanabilir frekansı olan; hatta titreşim ivmesini ve kalan zamanı geri bildirebilen bir mobil uygulama kontrollü titreşim masası örneği ile karşılaşmamıştır. Bu makalede anlatılan proje, bu ihtiyacı gidermeye yöneliktir.

Önerilen deprem simülasyonu prototipi, boyut açısından

ve maliyet açısından büyük avantajlara sahiptir. Üretim maliyeti küçük bir proje bütçesi ile karşılanabilmekte, ayrıca kolaylıkla taşınır olması sayesinde de farklı ortam ve alanlarda kullanılabilir. İnşaat Mühendisliği ve/veya Mimarlık Fakültelerinde tasarlanan yapı konstrüksiyon maketlerinin test edilmesinde kullanılacak, gömülü sistem içeren bu simülasyon sayesinde deprem deneyleri daha uygun bütçeler ile gerçekleştirilecektir. Önerilen bu prototip cihazı kullanacak araştırmacılar, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak deprem deneyinde test edilecek örnek bir yapıdaki hasarı ölçebilecek ve bulgular üzerinde gerekli hesaplamaları yaparak gerçek, daha büyük boyutlu bir yapıdaki hasarı ve olası hayat kayıplarını önlemek için gerekli iyileştirmeleri yapabileceklerdir.

2. Materyal ve Metod

Önerilen prototip üç ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, deprem simülasyonunun mekanik tasarımıdır. Mekanik tasarım tamamlandıktan sonra gelen aşama, elektronik donanımın tasarımıdır. Elektronik tasarım ile mekanik tasarım birleştikten sonra, elektronik sisteme yazılım gömme aşaması gelmektedir. Tüm bu üç aşama sonrasında sistem hazırdir.

2.1. Mekanik Tasarım

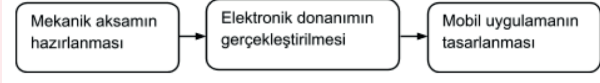
Titreşim teknolojisi geniş bir yelpazede yer almaktadır. Asenkron bir motorun miline takılan ve Şekil 1'deki gibi çekiç adı verilen asimetrik bir ağırlığın döndürülmesiyle elde edilen düzensiz salınım, günlük hayatımızda cep telefonlarımızın içerisinde, fabrikalarda ayıklama için, beton dökümünde harcın içerisindeki havayı almak için, kaldırım taşı döşemesinde taşların kuma yerleşmesi gibi oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir.



Şekil 1. Vibrasyon Kuvveti Ayarı

Titreşim için üretilen cihazlarda titreşim zamanı genellikle bulunmamaktadır. Titreşim frekansı ise iki şekilde yapılabilmektedir. Şekil 1'deki gibi motorun mili üzerinde bulunan çekiçlerin birbirlerine göre açıları ayarlanarak veya kullanılan motorun frekansı seçilerek ayarlanır ve çalışmaya bırakılır. Literatürde var olan çalışmalar gözden geçirildiğinde, mobil uygulama ile ayarlanabilir zaman ve ayarlanabilir frekansı olan; hatta titreşim ivmesini ve kalan zamanı geri bildirebilen bir mobil uygulama kontrollü titreşim masası örneği ile karşılaşmamıştır.

Bu makalede anlatılan proje, bu ihtiyacı gidermeye yöneliktir. Yapılması planlanan simülasyonun yapım aşamaları Şekil 2'deki gibidir.



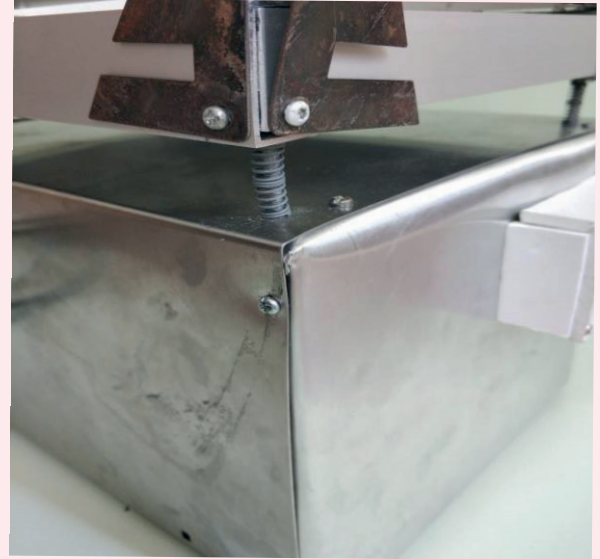
Şekil 2. Proje ana aşamaları

Projenin bir titreşim prototipi olmasından dolayı cihazın titreşim esnasında hareket etmemesi için Şekil 3'teki gibi oluşturulan kutu içerisine ağırlık konularak titreşim esnasında sabit kalması sağlanmıştır. Hareketli kısım ise sabit tabana Şekil 4'teki gibi içerisinde dikey serbest hareket edebilen vidalar bulunan yaylarla bağlıdır. Titreşime dayanabilmesi açısından prototip cihazın tüm aksamında alüminyum malzemeler kullanılmıştır. Alüminyumdan daha hafif olan titanyum, pahalı olması nedeniyle tercih edilmemiştir. Alternatif olarak karbon içeren plastik karışımları da kullanılabilir bu dizayn için, fakat yine maliyeti arttıracakları için tercih edilmemişlerdir. Sabit ve oynar aksam oluşturulduktan sonra titreşimi verecek motorlar birbirine 90 derecelik açı yapacak biçimde Şekil 5'teki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Prototip genel görünüş

Titreşim kuvvetini oluşturabilecek üç etmenden birisi, kullanılan yayların sertliğidir ve bu yayları her defasında daha sert/yumuşak yaylarla değiştirmek mümkün değildir. İkinci etmen ise Şekil 6'daki gibi motorların millerine asimetrik olarak takılacak ağırlıkların ağırlıkları ve motor milline uzaklıkları olmaktadır. Ağırlıkların motor millerine olan mesafesi de kolaylıkla değiştirilemeyeceği için ağırlık değişimi bir seçenek olarak kayda geçebilir. Titreşim kuvvetini etkileyecek unsurlardan birisi de, ucunda asimetrik ağırlık olan motorların hızlarının



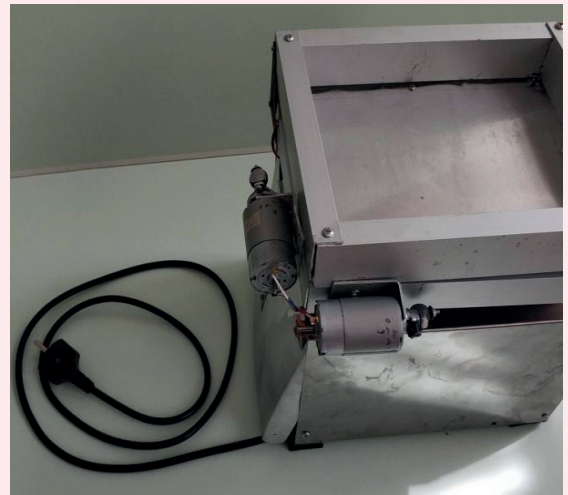
Şekil 4. Serbest ve sabit düzenekler arası bağlantı

ayarlanması olmaktadır. Gerçekleştirilecek mobil yazılım sayesinde bu seçenek, mekanik bir zahmet gerektirmeden kullanıcıya sunulacak ayarlar sayesinde kolaylıkla uygulanacak olup titreşim kuvveti ayarlanabilmektedir.

2.2. Elektronik Donanım Tasarımı

Şekil 2'de yer alan aşamalardan ilki olan mekanik aksamın tamamlanmasının ardından ikinci aşama olan elektronik donanımın yapımına başlanmıştır. Gerçekleştirilen bu elektronik aksam Şekil 7'de görüldüğü üzere prototipin arka kapağı açılarak cihaz içerisine yerleştirilmiştir.

Şekil 7'de görüldüğü üzere cihaz içerisine güçlü bir güç kaynağı yerleştirilmiştir. +12Vdc çıkışına sahip bu güç kaynağı şehir şebekesi olan 220Vac ile beslenmektedir. Bu sebeple prototip cihazın arka kapağı kapatıldığında cihaz içerisinden sadece şehir şebekesine takılacak olan güç kablosu çıkmaktadır.



Şekil 5. Titreşim motorları

Elektronik donanımda yer alan üniteler cihaz dışına çıkarıldığında Şekil 8'deki gibi görünür. Elektronik akşamda tüm verilerin toplandığı ve işlenip çıktı veren ünite mikrodenetleyici kontrol ünitesidir. Bu ünite Arduino serisinin Uno modeli kullanılmıştır. Cihaz içerisinde kullanılan güç ünitesi +12Vdc (volt DC) çıkışlıdır ve aynı anda hem motor sürücü ünitesini hem de Arduino Uno'nun güç girişini beslemektedir. Şekil 9'da görüldüğü gibi Arduino Uno'nun diğer Arduino serilerinden farkı, +5Vdc üzeri bir güç beslemesinin olmasıdır. Modül içerisinde yer alan regülatörler sayesinde +5Vdc üzeri verilecek olan gerilimler +5Vdc'ye ve +3,3Vdc'ye dönüştürülerek gerektiğinde kullanılmak üzere ünite üzerindeki soketlerden dışarıya verilir. Diğer ünitelerin ihtiyacı olan +5Vdc gerilim bu soketten alınarak kullanılır.

Bu mikrodenetleyici ünitesi üzerinden kablosuz haberleşme amaçlı alınacak gönderici (Transmit-Tx) ve alıcı (Receive-Rx) bağlantı bacakları, Şekil 10'da görünen ve mobil cihaza bağlanmayı sağlayacak kablosuz haberleşme aygıtı olan HC-05'e bağlanmaktadır. Bu aygıt sayesinde prototip cihazı ile mobil uygulamanın bulunduğu mobil cihaz asenkron haberleşme yaparak veri alışverişinde bulunmaktadır.

Şekil 11'de yer alan ünite, motor kontrol ünitesidir. Aynı anda iki motoru kontrol edebilen bu ünite motorların bağlanacağı ikişer adet motor bağlantı çıkışları ve bu motorların çalışma gerilimini karşılayacak gerilim girişi mevcuttur. Motor sürücü ünitesi motor gerilimini harici almaktadır ve motorların çekeceği yüksek akım mikrodenetleyici ünitesinden karşılanmamış olur, böylece mikro denetleyici ünitesine aşırı bir yük binmemiş olur. Prototip cihazda kullanılan motorlar +12Vdc motorlar olmasından dolayı bu gerilim direkt olarak güç ünitesinden karşılanmıştır. Motor sürücü entegresinin kontrol girişleri 6 adet olup ikisi mikro denetleyiciden gelen +5Vdc'lik referans gerilimdir. Diğer ikisi 2 ayrı motorun yönlerinin değiştirildiği kontrol girişleri ve son iki tanesi de her

iki motorun PWM (Darbe genişlik modülasyonu-Pulse Wave Modulation) girişleridir. Bu PWM girişlerine mikrodenetleyici tarafından verilecek 0-255 arası sayı değerleri, motor referans gerilimlerini örnekleyerek 0-5V arası gerilim üretmektedir ve motor sürücüsü bu dijital değeri analog değere dönüştürerek motorlara 0-12V arası gerilim olarak yansıtmaktadır. Bu sayede motorların hızları kontrol edilmiş olmaktadır. Elbette toplanan verilerde gürültü olma ihtimali bulunmaktadır, fakat sistem ufak dijital değer oynamalarına karşı hassas tepkiler vermeyecek ve beklendiği performansı verecektir. Bunu sağlayan da mekanik tasarımın dizaynıdır.

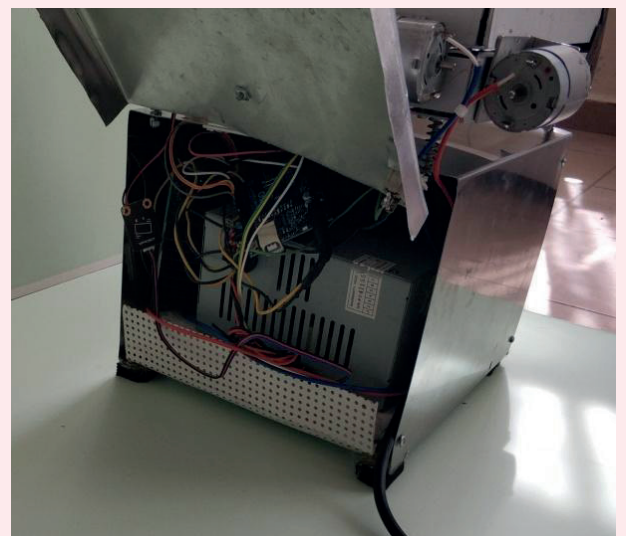
Motorlar PWM ile sürülüp istenilen hızlarda hareket ettirildikten sonra prototip cihazın hareketli tezgahında hissedilen titreşim miktarını ölçmek için, titreşim sensörünün ölçüm yapan diski hareketli tezgaha yerleştirilmiştir. Sensörden alınan analog değer sensör kartından mikrodenetleyiciye tek kablo üzerinden analog olarak aktarılmaktadır. Bu sebeple mikro denetleyicinin analog girişine takılması zorunlu kılınmıştır. Bununla birlikte Şekil 2'de yer alan aşamalardan ilk ikisi tamamlanmış olup üçüncü aşama olan mobil yazılım aşamasına geçilmiştir.

2.3. Yazılım

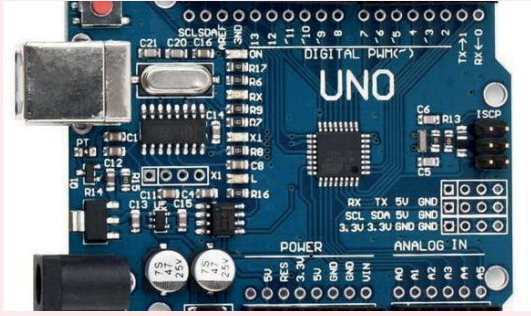
Prototip cihaz ile mobil cihazın haberleşebilmesi için gereken mobil uygulama React Native teknolojisi kullanılarak hazırlanmıştır. Prototip cihazın elektronik donanımında bulunan ve kablosuz haberleşme aygıtı olan HC-05 Bluetooth aygıtı ile haberleşmek için gereken protokolleri barındıran React-Native-Bluetooth-Serial kütüphanesinden faydalanılmıştır. Bu kütüphane aracılığıyla full-duplex bir iletişim sağlanmıştır. Tarafımızca oluşturulan kullanıcı ara yüzlerine ait görseller Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'daki gibidir. Şekil 13'te yer alan görselde prototip cihaz ile iletişimin sağlanması için öncelikle mobil cihazdaki Bluetooth durumunun kontrolünün sağlanması gerçekleştirilmektedir. Şekil 14'te ise bluetooth kontrolü sağlandıktan sonra



Şekil 6. Titreşim ağırlıkları



Şekil 7. Prototip cihazın iç dizaynı



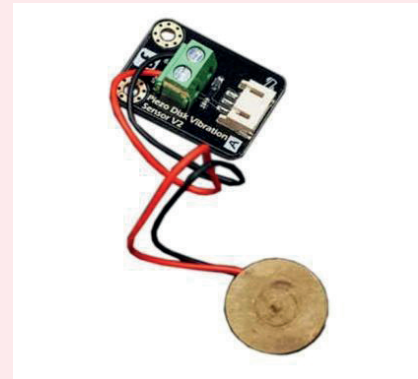
Şekil 9. Mikrodenetleyici kontrol ünitesi



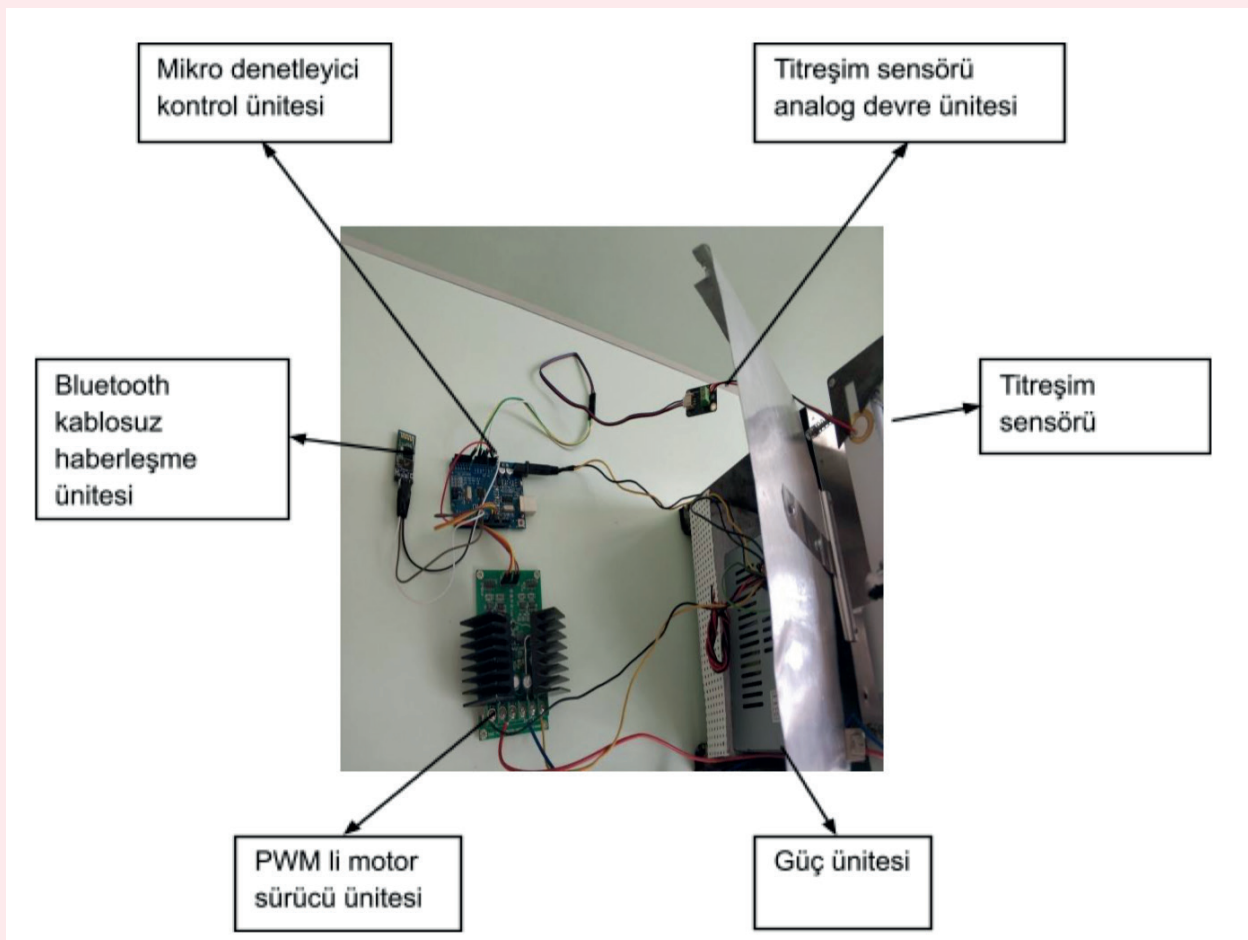
Şekil 11. Motor kontrol ünitesi



Şekil 10. Bluetooth kablosuz haberleşme ünitesi



Şekil 12. Titreşim sensörü



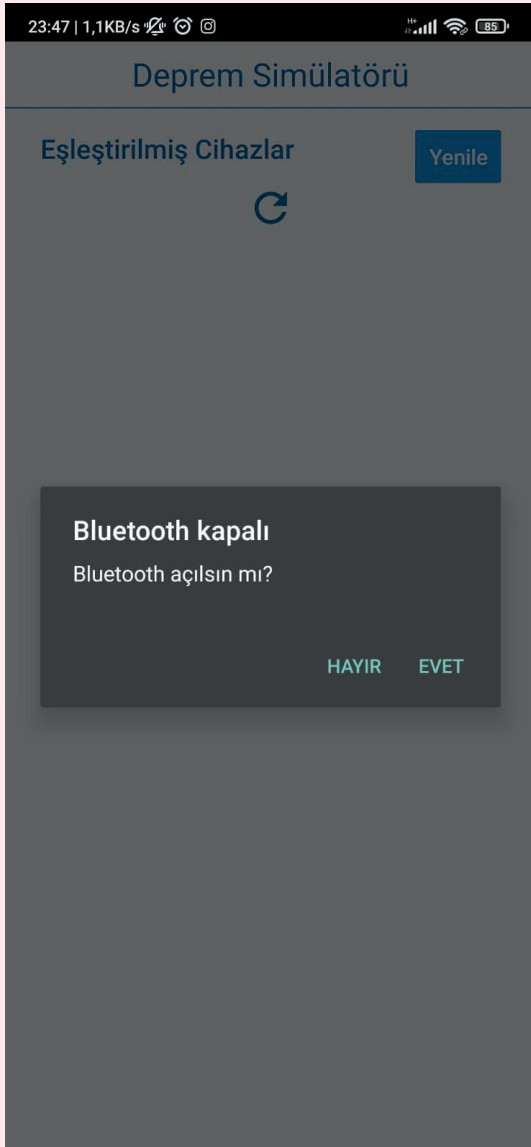
Şekil 8. Elektronik donanım

çevrede bulunan bluetooth'larının açık olduğu cihazların taranması sağlanmıştır. Şekil 15'te ise prototip cihaz ile eşleşme sağlandıktan sonra kullanıcının ayarlamalar yapabileceği kullanıcı ara yüzü görünmektedir. Bu ara yüzde her iki motorun ayrı ayrı titreşim şiddetleri ve bu şiddetlerin verileceği süreler ayarlanabilmektedir ve başlat butonuna basıldığında ayarlanan veriler blok halinde prototip cihaza gönderilmektedir. Prototip cihazda bulunan Arduino Uno mikro denetleyici ise blok halinde alınan bu verileri ayrıştırarak her motorun ayrı ayrı kontrolünü sağlamaktadır. Şekil 16'da ise titreşim tezgahı çalışırken tezgah üzerinde bulunan titreşim sensöründen mikro denetleyiciye geri gönderilen titreşim şiddeti verisi, bluetooth cihazı üzerinden mobil cihazdaki mobil uygulamaya gönderilerek, elde edilen titreşim verisinin kullanıcı arayüzünün en altında görmemizi sağlar.

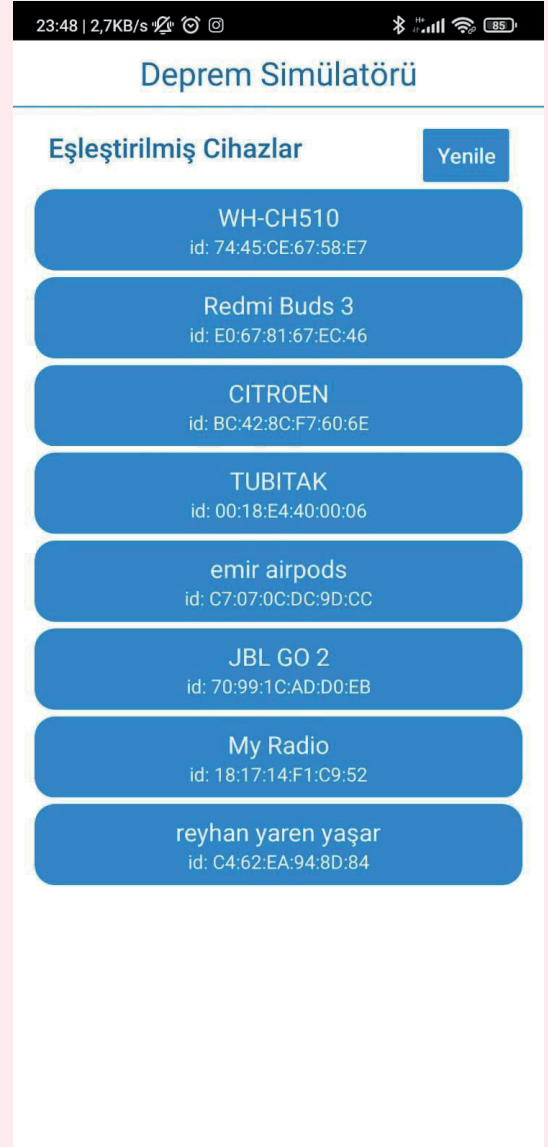
3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 15 ve 16'da görüldüğü üzere, yatay ve dikey titreşim motorlarını çalıştıran mobil uygulama ara yüzünde,

kullanıcının ayarlayabileceği şiddet barı 10 üzerinden verilmiştir ve bu sayıların deprem şiddetiyle direkt olarak bağlantısı yoktur. Prototip cihaz üzerinden ölçülen titreşim verisi ise, girilen şiddet değeriyle orantılı olup girilen değerin yaklaşık 2 katına tekabül etmektedir. Girilen veriler ile ölçülen verilerin değerlendirilmesi ve gerçek bir yeraltı depremine gelen karşılığının ölçülmesi için prototipin üzerine bir sismik ölçüm cihazı monte edilecek ve hissedilen deprem karşılığı da mobil uygulamaya eklenecektir. Jeoloji ve Jeofizik Mühendislerinin istekleri doğrultusunda mobil uygulama güncellenerek, deprem sismik değerleri de mobil uygulamaya eklenecektir. İşin deprem boyutu ayrı bir uzmanlık ve ayrı bir çalışma gerektirdiğinden bu yayında ele alınmamıştır. Prototip cihazda girilen değerler ile ölçülen değer arasındaki oranı belirleyen etken, motor millerine takılan kurşun ağırlıklar olmuştur. Bu ağırlık miktarlarının değiştirilmesiyle elde edilecek ölçüm verileri, girilen değerlerle tekrar ilişkilendirilmelidir. Çalışmanın bu kısmı da deprem ölçümü aşamasında ele alınacaktır.



Şekil 13. Bluetooth durum kontrolü



Şekil 14. Cihaz eşleşmesi



Şekil 15. Ayarlama ara yüzü



Şekil 16. Titreşim verisi geri bildirim

Cihazın güç gereksinimini karşılayan ve cihaz içerisinde bulunan güç kaynağının 220Vac girişi topraklı olup, güç kaynağından alınan toprak hattı, cihaz gövdesine de bağlanarak, iletken alüminyum bir gövdeye sahip prototip cihazın, kullanıcıya karşı oluşturabileceği bir elektrik çarpmasının da önüne geçilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi sürekli titreşerek çalışacak olan prototip cihazın dayanıklı olması için oluşturulan alüminyum gövde, alüminyum profillerin birleştirilmesiyle tasarlanmıştır. Titreşim esnasında birleşim yerlerinden ayrılmaması için alüminyum profil birleştirme aparatları ve bu aparatları profillere bağlayan somunlu vidalara somunlar takıldıktan sonra vida uçlarına bakır tel sarılıp lehim atılarak somunlar mühürlenmiştir. Böylelikle somunların titreşim esnasında açılması önlenmiş, devamında da profillerin ayrışarak deprem simülatorü prototipinin çözülmesi engellenmiştir.

Önerilen prototip, çeşitli başlangıç seviye deneylerde başarılı ve beklenen performansı göstermeyi başarmıştır. Elbette ilerleyen aşamalarda simülatorün daha da geliştirilmesi planlanmaktadır. Bu planlar kapsamında, simülatorün yapımında deprem atım tipleri göz önünde bulundurularak yanal atım, dikey atım gibi çeşitlerin uygulanabilmesi için tasarımı geliştirme aşamasında Jeoloji Mühendisliği ve Jeofizik Mühendisliği Bölümlerinden yardım alınacaktır. Simülatorün tamamlanmasının ardından İnşaat Mühendisliği Bölümünde kullanılacak üzere teslim edilecektir. Kullanıcıların istekleri doğrultusunda mobil uygulama kısmı geliştirmeye açık olduğundan zamanla en verimli haline getirilecektir.

Ülkemizde bütçe sıkıntısı yaşayan çok sayıda araştırmacının kolaylıkla üretip kullanabileceği bu dizayn sayesinde ülkemizde daha güçlü binalar yapılabilmesi sağlanacak ve kolaylıkla testler gerçekleştirilecektir.

4. Sonuç

Bu çalışma, Tübitak burs programına 2023 yılında Ülkemizin yaşadığı Hatay merkezli deprem felaketinden sonra başvurulmuş olup titreşim cihazına yerleştirilen prototip inşaat yapılarının ve/veya inşaatlerde kullanılacak malzemelerin deprem sarsıntılarına karşı gösterecekleri tepkileri ölçmek ve bu yapıların geliştirilmesinde bir araç olarak kullanılması amaçlanmıştır. Prototip cihazı kullanacak araştırmacı, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak titreşim tezgahının üzerine konulacak olan yapıdaki hasarı ölçebilecek ve gerekli hesaplamaları yaparak gerçek bir yapıdaki hasarı boyuta oranlayabilecektir. Ayrıca bu cihaz aracılığıyla toplanan verileri analiz etmek için Yapay Zeka, Yapısal Mühendislik ve Malzeme Bilimi alanlarından çeşitli yöntemler kullanılabilir. Örneğin, yapay zeka yöntemleri kullanılarak prototip cihazdan gelen titreşim verilerine göre örnek yapıdaki hasarın türünü, şiddetini ve konumunu tahmin edilebilir (Bhatta, S. ve ark., 2023).

Kaynaklar

- Alçık,H., Zülfikar,C., Korkmaz, A. (2014). İstanbul Deprem Acil Müdahale ve Erken Uyarı Sisteminde Kullanılan GSR Katıçlı Sistemlerinin Farklı Kurulum Düzeneklerinin Sarsma Masası Testleri ile İncelenmesi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi. C.27, S.1, SS.1-16.
- Bhatta, S., Dang, J. (2023). Seismic damage prediction of RC buildings using machine learning. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, C.52, S.11, SS.3504-3527.
- Demir,E. (2018). Dijital Kontrollü Çok Eksenli Titreşim Masası Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Gelişim Üniversitesi.
- Gözüm, Y.Ü., Akşit, İ., Tolun, V., Özkök, F., Kaşıkçı, A. (2015). Karınca Yayıncılık, Türkiye.
- Grandin, R., Doin, M. P., Bollinger, L., Pinel-Puysségur, B., Ducret, G., Jolivet, R., Sapkota, S. N. (2012). Long-term growth of the Himalaya inferred from interseismic InSAR measurement. *Geology*. C.40, S.12, SS.1059-1062.
- URL-1 (2024). <http://www.koeri.boun.edu.tr/bilgi/buyukluk.htm>. Erişim tarihi: 09.07.2024
- URL-2 (2019). <http://ekitap.kulturturizm.gov.tr/TR-80090/dokuztarihsel-katman.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2019

Yapısal mühendisler istatistiksel analizlerde bulunabilir (Lignos, D.G. ve ark., 2013).

Bu konulardaki değerlendirmeler Bilgisayar, Jeoloji ve İnşaat Mühendislikleri alanlarındaki araştırmacılar tarafından iletilebilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209A, 2023/1. Dönem üniversite öğrencileri araştırma projeleri destek programı kapsamında burs desteği verilerek gerçekleştirilmiş olup, verdiği destekten ötürü TÜBİTAK kurumuna teşekkür ederiz.

Orcid

Utku Bayram <https://orcid.org/0000-0001-9746-3535>

Nazlıcan Kayhan <https://orcid.org/0009-0000-4890-4453>

Ramazan Eyüp Gültekin <https://orcid.org/0009-0001-3017-5704>

Vildan Bayram <https://orcid.org/0000-0002-8343-1126>

Lignos, D. G.,Krawinkler, H. (2013). Development and utilization of structural component databases for performance-based earthquake engineering. *Journal of Structural Engineering*, C.139, S.8, SS.1382-1394.

Mousavi, S. M., Ellsworth, W. L., Zhu, W., Chuang, L. Y., Beroza, G. C. (2020). Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature communications*. C.11, S.1, SS.3952.

Oluwafemi, J. O., Ofuyatan, O. M., Sadiq, O. M., Oyebisi, S. O., Abolarin, J. S., & Babaremu, K. O. (2018). Review of world earthquakes. *International Journal of Civil Engineering and Technology*.C.9, S.9, SS.440-464.

Richards-Dinger, K., Dieterich, J. H. (2012). RSQSim earthquake simulator. *Seismological Research Letters*. C.83, S.6, SS.983-990.

Sinha, P., Rai, D. C. (2009). Development and performance of single-axis shake table for earthquake simulation. *Current science*, C.96, S.12, SS.1611-1620.

Tang, A., Wen, A. (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment. *Computers & Geosciences*. C.35, S.5, SS.871-879.

Calculation of stresses of superstructure crane on fixing elements

Üstyapı vincinin sabitleme elemanları üzerindeki gerilimlerinin hesaplanması

Mesut Yılmaz^{1*} 

¹Koluman Otomotiv Endüstri A.Ş. Ar-Ge Mühendisi, Tarsus/Mersin, Türkiye

Abstract: In industry load transfer plays important role for especially huge dimensional geometry. Superstructure vehicles need crane equipment to take loads to over its body. Like this upper structure crane assembly design it is important that load distribution to each assembly plate equally. It is aimed to formulate of calculating the load on the fixing plates and the fixing bolts on them according to the working conditions of the crane's carrier arms in the x and y axes. Based on this load, calculations can be done the shear stress of the plates and bolts on both sides of the vehicle. Due to the asymmetrical position of the crane on the vehicle the reaction forces have different values. According to the maximum crane carrying load defined in the crane catalog the reaction forces can be calculated. According to these calculations plates can be designed and can be chosen proper bolts.

Keywords : Crane, Moment, Shear Force, Factor of Safety

Özet: Endüstride yük aktarımı özellikle büyük boyutlu geometriler için çok önemli bir rol oynamaktadır. Üstyapı araçları, yükleri gövdesi üzerine taşıyabilmek için vinç ekipmanına ihtiyaç duyar. Bu üst yapı vinci montaj tasarımında olduğu gibi yükün her montaj plakasına eşit şekilde dağıtılması önemlidir. Vincin taşıyıcı kollarının x ve y eksenlerinde çalışma koşullarına göre sabitleme plakaları ve üzerlerindeki sabitleme cıvataları üzerindeki yükün hesaplanmasının formüle edilmesi amaçlanmaktadır. Bu yüke bağlı olarak aracın her iki tarafındaki plaka ve cıvataların kesme gerilmeleri hesaplanabilmektedir. Vincin araç üzerindeki asimetrik konumu nedeniyle reaksiyon kuvvetleri farklı değerlere sahiptir. Vinç kataloğunda tanımlanan maksimum vinç taşıma yüküne göre reaksiyon kuvvetleri hesaplanabilir. Bu hesaplamalara göre plakalar tasarlanıp uygun cıvatalar seçilebilir.

Anahtar Kelimeler : Vinç, Moment, Kesme Kuvveti, Güvenlik Katsayısı

1. Introduction

Cranes play an integral role in the construction industry. These machines are used to lift, move, lower and raise objects. Cranes have become the most essential mechanism in construction sites. Cranes which work normally work with hoists, chains, ropes, wires, and sheaves are not only fast, but they make the work easier and faster for the projection of work. Cranes are an important part of the lifting mechanism and play an important role in the overall project. Cranes help in moving materials in different directions and locations. Mobile cranes are one of the most important types of equipment in midrise building construction. They are also one of the costliest and most widely used resources when constructing midrise buildings. Cranes play a vital role in lifting several types of weights and transferring those weights from one location to another at the final placement site.[5] Industrial projects are constructed in the form of prefabricated

modules that are transported to sites for installation, a process which enhances efficiency and productivity.[6]

Cranes as a mechanical system are in general closed-chain mechanisms with flexible members. In most of the techniques used for determination of the hook load, the dynamic equations of the system should be solved. However, if the hook load is obtained by measurement of wire rope tension, the solution is not necessary. In all other cases, the measurement of the load is dependent on the configuration of the crane and accuracy varies depending on the measurement technique. In the design of load control systems one of the most important points is the modelling of the crane and identification of parameters.[7]

For many centuries, power was supplied by the physical exertion of men or animals, although hoists in watermills and windmills could be driven by the harnessed natural power. The first mechanical power was provided

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : mesut.yilmaz@koluman.com

Geliş / Received: 24.04.2024, Revizyon / Revised: 06.05.2024

Kabul / Accepted: 01.08.2024



by steam engines, the earliest steam crane being introduced in the 18th or 19th century, with many remaining in use well into the late 20th century. Modern cranes usually use internal combustion engines or electric motors and hydraulic systems to provide a much greater lifting capability than was previously possible, although manual cranes are still utilized where the provision of power would be uneconomic. In this study, according to safe loading and safety unloading application, the plate design and bolt specifications have been calculated and determined.

The stress is called “normal stress” because the stress acts on an area that is normal, or perpendicular, to the direction of the applied load.[1] When an external force acts on a body, the body tends to undergo some deformation. Due to cohesion between the molecules, the body resists deformation. This resistance by which material of the body opposes the deformation is known as strength of material. Within a certain limit (i.e., in the elastic stage) the resistance offered by the material is proportional to the deformation brought out on the material by the external force. Also within this limit the resistance is equal to the external force (or applied load). But beyond the elastic stage, the resistance offered by the material is less than the applied load. In such a case, the deformation continues, until failure takes place. Within elastic stage, the resisting force equals applied load. This resisting force per unit area is called stress or intensity of stress.[2] In figure 1.1 Truck mounted boom crane is shown.[3]

2. Materials

2.1. Crane Chassis Fitting Plates

The number of holes and thickness of the plate has been taken from Mercedes-Benz superstructure instruction in these plates. In this calculation, there are two types of plates as shown below. In this design, S355J2 high-strength structural steel has been chosen. These plates have been designed in CAD program. Below reasons can be taken into consideration for selecting this material.

- High strength
- Easy weldability
- Availability in local markets
- Easy formability

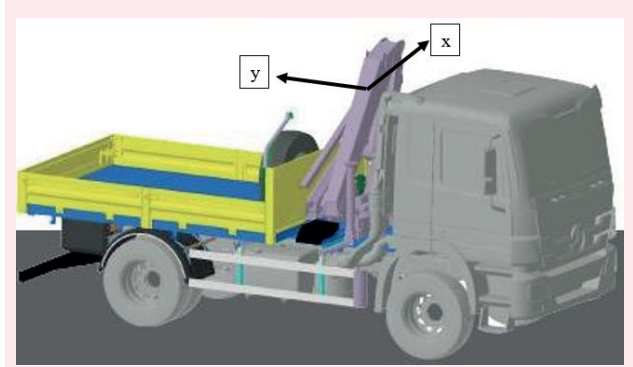


Figure 1.1 Truck Mounted Boom Crane

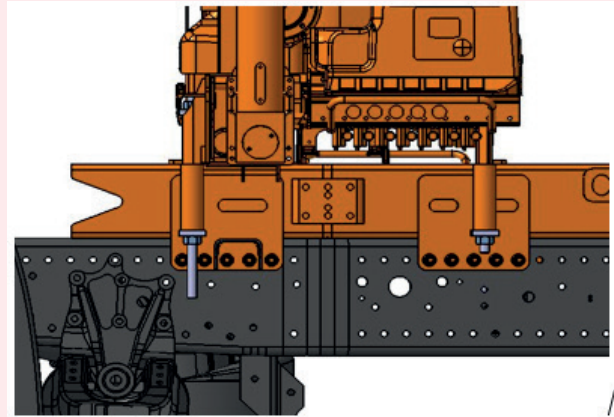


Figure 2.3 Left View

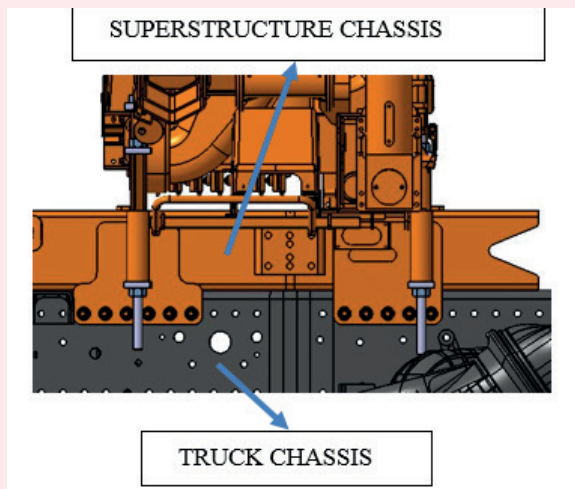


Figure 2.4 Right View

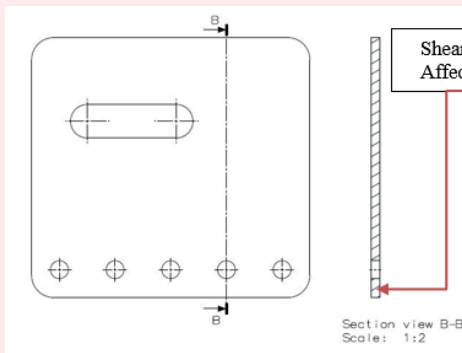


Figure 2.1 Plate Type 1

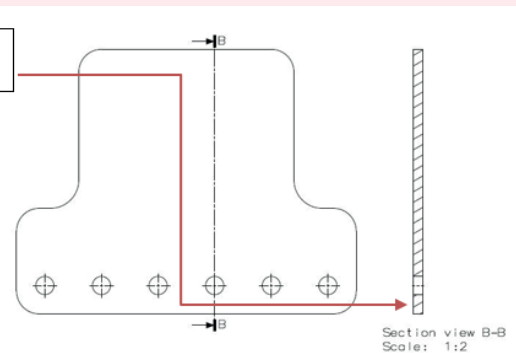


Figure 2.2 Plate Type 2

S355 is used in almost every facet of structural fabrication.[8] Typical applications include:

- Structural steelworks: bridge components, components for offshore structures
- Power plants
- Mining and earth-moving equipment
- Load-handling equipment

2.2. Fitting Bolts

Bolt standard and its quality also have been taken from Mercedes-Benz superstructure instructions. In this design, hexagon flange bolt DIN 6921 Steel Plain 10.9 grade bolt has been chosen. This material was taken into consideration due to its high strength property.

3. Calculations

In this calculation, there are two parts; One of them is a plate the other one is a bolt that should be calculated in order. After calculation, it is going to be examined which part would be exposed to design force.

In loading and unloading, the crane works in the horizontal plane with 4 axes. The boom rotation center of the crane is positioned asymmetrically when the vehicle is viewed from 4 axes. Due to this asymmetrical structure, a design calculation should be made by looking at the vehicle from the front and the side.

Machine elements are very often made from one of the metals or metal alloys such as steel, aluminum, cast iron, zinc, titanium, or bronze. This section describes the important properties of materials as they affect mechanical design. Strength, elastic, and ductility properties for metals, plastics, and other types of materials are usually determined from a tensile test in which a sample of the material, typically in the form of a round or flat bar, is clamped between jaws and pulled slowly until it breaks

in tension. The magnitude of the force on the bar and the corresponding change in length (strain) are monitored and recorded continuously during the test. Because the load acts over a smaller area, and the actual stress continues to increase until failure. It is very difficult to follow the reduction in diameter during the necking down process, so it has become customary to use the peak of the curve as the tensile strength, although it is a more conservative value. [9]

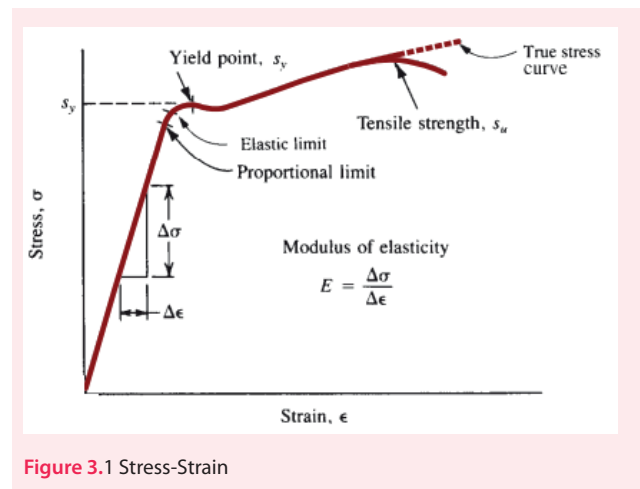


Figure 3.1 Stress-Strain

3.1. Static Analysis and Calculation When Crane Bar at Lateral Positions

From this point of view, shear stress and factors of safety can be calculated for both bolts and fixing plates at the drawing position. At the following calculation, shear stress can be obtained at bolts that are used to assemble the crane to the vehicle chassis.

3.1.1 Shear Stress Calculation for Bolts

First of all the reaction forces can be calculated from below formulas 1 and 2 according to the moment equation diagram.

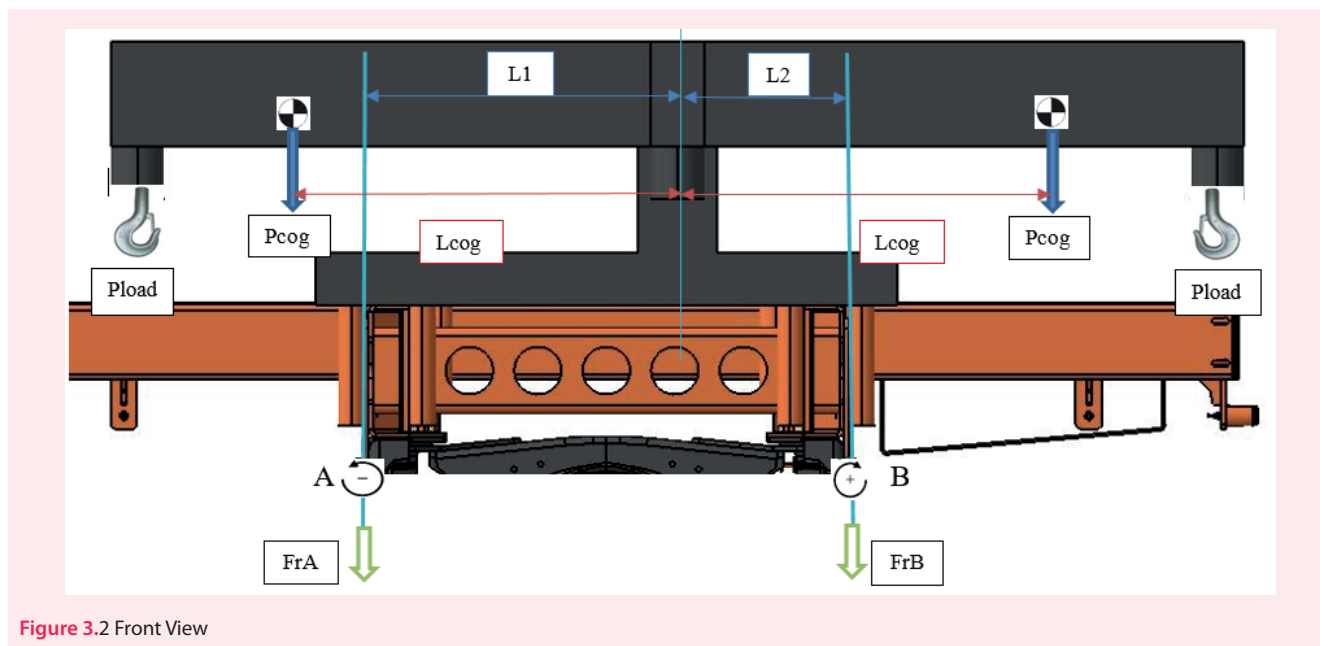


Figure 3.2 Front View

Bolt Class : BOLT HEX. CAP 10.9 M14X1.5X50 DIN6921

Plate Class : S355J2

Plate Thickness : 8 mm

$$\sum MB = 0$$

$$FrA * (L1 + L2) = Pcog * (Lcog - L2) + Pload * (Lt - L2) \quad (1)$$

$$FrA * (593 + 325) = 9800 * (2050 - 325) + 42000 * (4500 - 325)$$

$$FrA = 209.428 \text{ N}$$

$$\sum MA = 0$$

$$FrB * (L1 + L2) = Pcog * (Lcog - L1) + Pload * (Lt - L1) \quad (2)$$

$$FrB * (593 + 325) = 9800 * (2050 - 593) + 42000 * (4500 - 593)$$

$$FrB = 194.305 \text{ N}$$

After defining the reaction forces FrA and FrB, shear stresses and factor of safeties can be calculated at bolts by below formulas 3 and 4.[4] The affected area of the bolt according to the applied load is shown in figure 3.2.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3)$$

$$FoS = \frac{\tau_{yield}}{\tau} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{209.428}{104 * 10} \quad FoS = \frac{900}{201}$$

$$\tau = 201 \text{ Mpa} \quad \text{for FrA}$$

$$FoS = 4,5 \quad \text{for FrA}$$

F is the reaction force, A is the cross-section area of the bolt. Shear stresses τ_A and τ_B at points A and B are compared with the yield stress of the bolts. FoS is the factor of safety and this must be greater than one.

$$\tau = \frac{194.305}{104 * 11} \quad FoS = \frac{900}{187}$$

$$\tau = 187 \text{ Mpa} \quad \text{for FrB}$$

$$FoS = 4,8 \quad \text{for FrB}$$

3.1.2 Shear Stress Calculation for Assemble Plates

Shear stress can be calculated at the affected area of the plates when the crane arm is at left and right position if we look from the front view. On the left side, both of the plates' cross-sectional surfaces are the same. Contract to this at the right side cross-section of the area of plates are not same. In this calculation, it is considered the working position of crane arms are at the lateral position shown in figure 3.2. Shear stress calculations can be obtained by applying reaction forces FrA and FrB. Shear stress and factor of safety can be calculated when the crane arm is at the left position in figure 3.2. We should consider S355J2 quality material property while taking in calculations. FrB taken in consideration in calculation when crane arm left position. On the other side FrA taken in consideration in calculation when crane arm right position.

Area for Plate in the figure 3.2

$$A_{plate1} = h * t * n(\text{numbers of affected area}) \quad (5)$$

for right side plates shear areas

$$A_{plate2} = h * t * n(\text{numbers of affected area}) \quad (6)$$

for left side plates shear areas

$$A_{plate1} = (25 - 8) * 8 * 10 \quad A_{plate1} = 1360 \text{ mm}^2$$

$$A_{plate2} = (25 - 8) * 8 * 12 \quad A_{plate2} = 1632 \text{ mm}^2$$

Calculation of FoS for right side;

At this side FrB taken in consideration and 2 plates mounted with 10 holes

$A_{plate1} = 1360 \text{ mm}^2$ 2 plates mounted at this side, so for two plate total area is;

$$A_{plate1} = 2720 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad F \text{ means FrB divided by total area, so}$$

$$\tau = \frac{194.305}{2720} \quad \tau = 72 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{\tau_{yield}}{\tau} \quad \tau_{yield} \text{ is } 355 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{355}{72} \quad FoS = 5$$

Calculation of FoS for left side;

At this side FrA taken in consideration and 2 plates mounted with 11 holes

$$A_{plate1} = 1360 \text{ mm}^2 \quad A_{plate2} = 1632 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total Area : } A_{plate1} + A_{plate2}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad F \text{ means FrA divided by total area, so}$$

$$\tau = \frac{209.428}{4080} \quad \tau = 52 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{\tau_{yield}}{\tau} \quad \tau_{yield} \text{ is } 355 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{yield} \text{ is } 355 \text{ Mpa} \quad FoS = \frac{355}{52} \quad FoS = 7$$

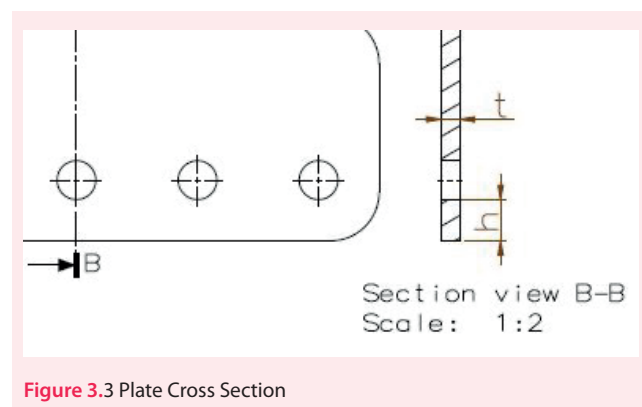


Figure 3.3 Plate Cross Section

3.2. Static Analysis and Calculation When Crane Bar at Drawing Positions

From this point of view, shear stress and factors of safety can be calculated for both bolts and fixing plates at the lateral position. At the following calculation, it will be obtained that shear stress at bolts that are used to assemble the crane to the vehicle chassis.

However in the case, the case of getting maximum stress value is directly related to carrying the maximum load in any direction. Differences between the center of moment with respect to four axis are major effects of calculating the reaction forces.

3.2.1 Shear Stress Calculation For Bolts (Right View)

First of all the reaction forces can be calculated at below formulas

$\Sigma MC = 0$ When Crane Arm At Right Position

$$FrD * (L3 + L4) = Pcog * (Lcog - L4) + Pload * (Lt - L4) \quad (9)$$

$$FrD * (224 + 346) = 9800 * (2050 - 346) + 42000 * (4500 - 346)$$

$$FrD = 335.381 \text{ N}$$

$$\Sigma MD = 0$$

$$FrC * (L3 + L4) = Pcog * (Lcog - L3) + Pload * (Lt - L3) \quad (10)$$

$$FrC * (224 + 346) = 9800 * (2050 - 224) + 42000 * (4500 - 224)$$

$$FrC = 346.468 \text{ N}$$

After defining the reaction forces FrC and FrD , shear stresses and factor of safeties can be calculated at bolts by below formulas 3 and 4. The affected area of the bolt according to the applied load is shown in figure 3.2.

$$\tau = \frac{346.468}{104 * 10} \quad FoS = \frac{900}{333}$$

$$\tau = 333 \text{ Mpa} \quad \text{for } FrC$$

$$FoS = 2,7 \quad \text{for } FrC$$

F is the reaction force, A is the cross-section area of the bolt. Shear stresses τ_A and τ_B at points A and B are compared with the yield stress of the bolts. FoS is the factor of safety and this must be greater than one.

$$\tau = \frac{335.381}{104 * 11} \quad FoS = \frac{900}{322}$$

$$\tau = 322 \text{ Mpa} \quad \text{for } FrD$$

$$FoS = 2,8 \quad \text{for } FrD$$

F is the reaction force, A is the cross-section area of bolt.

Shear stresses τ_A and τ_B at points A and B are compared with the yield stress of the bolts. FoS is the factor of safety and this must be greater than one.

3.2.2 Shear Stress Calculation for Assemble Plate

Affecting shear stress on plates can be calculated when the crane arm is in the driving direction and reverse of the driving direction looking from the front view. The plate area can be calculated according to both crane arm directions. In the figure 2.3 and figure, 2.4 show the plates' hole numbers are different. So, the front and back-plate areas affected by shear force are different. In this calculation, it can be considered that the working position of crane arms are at the lateral position shown in figure 3.1.

Shear stress calculations can be obtained by applying reaction forces FrC and FrD .

Calculation of FoS for right side;

At this side FrC taken in consideration and 2 plates mounted with 11 holes

$$A_{plate1} = 1360 \text{ mm}^2 \quad A_{plate2} = 1632 \text{ mm}^2 \quad \text{Total Area : } A_{plate1} + A_{plate2}$$

$$A_{plate} = 2992 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad F \text{ means } FrC \text{ divided by total area, so}$$

$$\tau = \frac{346.468}{2992} \quad \tau = 116 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{\tau_{yield}}{\tau} \quad \tau_{yield} \text{ is } 355 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{355}{116} \quad FoS = 3$$

Calculation of FoS for left side;

At this side FrD taken in consideration and 2 plates mounted with 10 holes

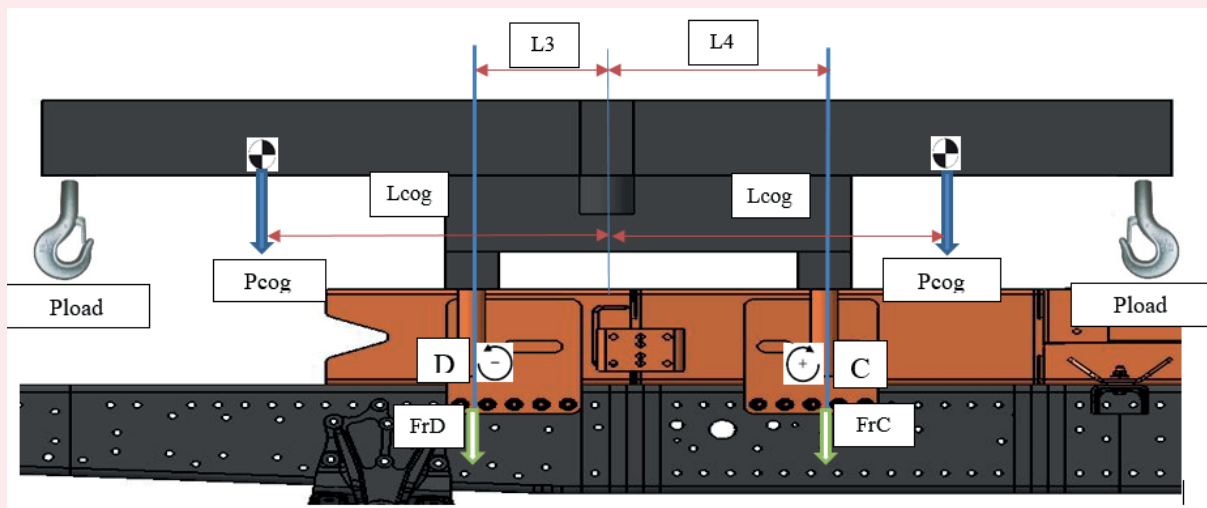


Figure 3.4 Left View

$A_{plate1} = 1360 \text{ mm}^2$ 2 plates mounted at this side, so for two plate total area is;

$$A_{plate1} = 2720 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad F \text{ means } FrA \text{ divided by total area, so}$$

$$\tau = \frac{355.381}{2720} \quad \tau = 131 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{\tau_{yield}}{\tau} \quad \tau_{yield} \text{ is } 355 \text{ Mpa}$$

$$FoS = \frac{355}{131} \quad FoS = 2,7$$

4. Conclusion

In this study, it is aimed to find weakest plate and bolt according to crane arm direction. There are two design criteria; the first one is shear stress at bolts, and the other one is shear stress on plates. The important point is that changing the direction of the crane arm at any direction directly affect the moment at reaction points A, B, C, and

D. By getting moment values each Factor of Safety of the plates and bolts can be calculated. FoS for mechanical design should be greater than 1. So, comparing all FoS, the lowest value is 2,7 and this is greater than 1. This value shows us this design is acceptable. Beside that all FoS values show us which plate and bolt are critical for crane position. The stresses can be calculated on bolt and plates according to the crane boom when it is at four positions (left, right, driving way, counter driving way).


Statement of Conflict of Interest:

Author has declared no conflict of interest.

Author's Contributions:

All processes were carried out by the Author.

Orcid

Mesut Yilmaz  <https://orcid.org/0000-0001-8851-410X>

References

- Barry Dupen, Applied Strength of Materials for Engineering Technology, Research & Creativity at IPFW, 2016
- R. K. Bansal, Engineering Mechanics And Strength Of Materials, Laxmi Publications, 2007
- Keum-Shik Hong, Umer Hameed Shah, Dynamics and Control of Industrial Cranes, Springer, 2019
- Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, Ninth Edition, McGraw-Hill NY 10020, 2011
- M. El-Tourkey, A. Alshibani, A. Mohammed, A. Shash, F. Tuffaha, An Integrated Decision Support System For Mobile Crane Selection, 2022
- Zhen Lei, H. Taghaddos, U. Hermann, M. Al-Hussein, A Methodology For Mobile Crane Lift Path Checking In Heavy Industrial Projects, 2013
- Tuna Balkan, A Load Control System For Mobile Cranes, 1996 https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgs/staal_23_standarden_s355_european_standard_steel.pdf
- Jyhwen Wang, Edward M. Vavrek, Robert L. Mott Machine Elements in Mechanical Design, Sixth Edition