

TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ

Cilt:14 Sayı: 2 Yıl: 2024

JOURNAL OF TECHNICAL SCIENCE

Volume:14 Issue: 2 Year: 2024

e-ISSN: 2146-2119

Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır / This journal is indexed by the following abstracting and indexing databases

BASE, Google Scholar, ResearchBib, ASOS INDEX

DERGİ HAKKINDA

Teknik Bilimler Dergisi (Tek Bil Der), 2009 yılında kurulmuş hakemli bir e-dergidir. Tek Bil Der, 2011 yılından itibaren düzenli olarak Ocak ve Temmuz ayları olmak üzere yılda iki sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi, teknik ve uygulamalı bilimler alanında özgün araştırma makalelerinin yanı sıra derleme türünde bilimsel çalışmaları da kabul edilebilmektedir. Yayınlanmak üzere gönderilen bütün makaleler; editörler ve hakemler tarafından değerlendirilir. Makaleleri değerlendiren hakemlerin isimleri yazarlara, yazarların isimleri de hakemlere bildirilmez. Dergi, genel olarak Türkçe yazılmış makaleleri kabul etmektedir.

ABOUT THE JOURNAL

'The Journal of Technical Sciences' is a refereed electronical journal that has constituted on 2009. The journal has been published regularly as two issues per year since 2010. Collected articles besides specific research articles on technical and practiced sciences are accepted by the journal. The all manuscripts are evaluated by the referees and the editor. The names of the referees are not given to the authors and the names of authors are not given to referees also. The journal accepts manuscripts written in Turkish generally.



ASOS
indeks

Isparta Uygulamalı Bilimler, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Batı Yerleşkesi, ISPARTA

Tel : +90 246 214 69 01 Fax: +90 246 237 17 17

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbed>

TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ

Cilt 14, Sayı 2 (2024)

Editörler ve Kurullar

Yayın Kurulu Başkanı/ Publication Board Manager

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği,

Baş Editör / Editor-in-Chief

Prof. Dr. Hakan CEYLAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi TBMYO,
İnşaat Bölümü,

Editör / Editor-in-Chief

Dr. Öğr. Üyesi Hakan YÜKSEL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Bilgisayar Teknolojileri Bölümü

Editörler Kurulu/ Editorial Board

Prof. Dr. Nurten Ayten UYANIK, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Prof. Dr. Bilgehan İlker HARMAN, Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Fak,
Doç. Dr. Serpil KILIÇ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Doç. Dr. Tunahan TURHAN, Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,
Doç. Dr. Murat İNCE, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Doç. Dr. Üyesi Ebru YILMAZ İNCE, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Doç. Dr. Hatice VAROL ÖZKAVAK, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem AKDAĞ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Eşe AKPINAR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Mahir SOFU, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa SİVRİ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Nükhet SAPÇI, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Ebru Gunister, Khalifa University of Science and Technology
Dr. Öğr. Üyesi Hakan YÜKSEL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Güler ÖNCÜ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Bülent URUL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Selim BACAĞ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Tahir ALTUNCI, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BİLGİN, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Müh. Fak,
Doç. Dr. Barış BİDİKLİ, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Müh. Fak,
Doç. Dr. Ahmet ÇAĞLAR, Akdeniz Üniversitesi, Müh. Fak,
Doç. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN, Akdeniz Üniversitesi, Müh. Fak,
Prof. Dr. Murat Alper BAŞARAN, Alanya Alaattin Keykubat Üniversitesi, Müh. Fak,
Dr. Ahmet Rıfat GÖRGÜN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,
Dr. Valens Nteziyaremye.,
Dr. Ajab Khan Kasi,
Dr. Şükrü ÖZKAN, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO,

Danışma Kurulu/Advisory Board

Prof. Dr. Atilla ELÇİ, Aksaray Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet İnel, Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Melih Geniş, Bülent Ecevit Üniversitesi
Prof. Dr. Betül Çetin, Amasya Üniversitesi
Prof. Dr. Nuray Ateş, Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Zeynep Aygün, Bitlis Eren Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ebru Gunister,
Dr. Valens Nteziyaremye,
Dr. Ajab Khan Kasi,

Web Editörleri / Web Editors

Dr. Öğr. Üyesi Hakan YÜKSEL, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, TBMYO, Türkiye

Cilt 14, Sayı 2 (2024)

İçindekiler / Table of Contents	Sayfa / Pages
Araştırma Makalesi	
Sosyal Güvenlik Kurumu Verilerine Göre İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliğini Etkileyen Olayların İstatiksel Analiz Yöntemiyle İncelenmesi	1 - 10
<i>Investigation of Events Affecting Occupational Health and Safety in the Construction Sector By Statistical Analysis According to Social Security Institution Data</i>	
Ash ÇÜÇEN, Duygu KURTOĞLU	
Araştırma Makalesi	
Öğrenci Eğitimi Bağlamında Çatı Üstü PV Sistemlerinin Simülasyon Tabanlı Görselleştirilmesi ve Analizi	11 - 18
<i>Simulation-Based Visualization and Analysis of Rooftop PV Systems in the Context of Student Training</i>	
Özdemir DENİZ	
Araştırma Makalesi	
Kilin Çelik Cürufu ile Stabilizasyonu	19 - 28
<i>Stabilization of Clay with Iron Slag</i>	
Münire FINDIK	
Araştırma Makalesi	
<i>Environmentally-Friendly Recycled Leather-Reinforced Composite: Thermal and Acoustic Properties</i>	29 - 34
Çevre Dostu, Geri Dönüştürülebilir, Deri Takviyeli Kompozit: Isı ve Akustik Özellikleri	
Murat Kodaloğlu1, Feyza Akarslan Kodaloğlu	
Araştırma Makalesi	
Maden Sahaları İhale Süreçlerinin İncelenmesi	35 - 41
<i>Review of Tender Processes of Mining Fields</i>	
Behzat Gökçen DEMİR, Akın AKBULUT, Ali Koray ÖZDOĞAN	
Araştırma Makalesi	
<i>Determination Of Weld Thickness In Hollow Section Connection Under Local Buckling Effect</i>	42 - 58
Kutu Kesitli Birleşimlerde Kaynak Kalınlığının Bölgesel Burkulma Davranışına Etkisi	
İlyas Devran ÇELİK, Mehmet FENKLİ, Mustafa SİVRİ, Tuğrul TULUNAY	

Sosyal Güvenlik Kurumu Verilerine Göre İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliğini Etkileyen Olayların İstatiksel Analiz Yöntemiyle İncelenmesi

Aslı ÇÜÇEN^{1*}, Duygu KURTOĞLU²

^{1*} Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Emsttüsü, Mimarlık ABD, Burdur, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0091-8973), aslicucen@gmail.com

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Müh. – Mím. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4473-0991), dygukurtoglu@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 23.03.2024 ve Kabul Tarihi 08.05.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1457183)

ATIF/REFERENCE: Çücen, A. & Kurtoğlu, D. (2022). Sosyal Güvenlik Kurumu Verilerine Göre İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliğini Etkileyen Olayların İstatiksel Analiz Yöntemiyle İncelenmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 1-10.

Öz

İnşaat sektörü, geçmiş dönemlerde ve günümüzde iş kazalarının sıklıkla karşılaşıldığı sektörlerden biridir. İnşaat işlerinde oluşabilecek iş kazalarına yönelik gereken önlemlerin alınması iş kazası oranlarıyla birlikte oluşan can ve mal kayıplarını da önlemede etkili olmaktadır. Günümüzde iş güvenliği ile ilgili bilinç düzeyinin artmasıyla birlikte işçi sağlığının korunmasına yönelik çalışmalar da artmaktadır. Bu çalışmada; inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olayların Türkiye genelinde diğer sektörlerde meydana gelen olaylar ile karşılaştırılarak inşaat sektörünün diğer sektörler arasından yeri ve öneminin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, Sosyal Güvenlik Kurumunun 2014-2022 istatistik yıllıklarında yer alan veriler çeşitli parametreler üzerinden analiz edildikten sonra tablo ve grafikler oluşturularak yorumlarda bulunulmuştur. Bununla birlikte ülkemiz genelinde elde edilmiş olan veriler ile inşaat sektöründeki kaza verileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programı kullanılarak iş kazası geçiren sigortalı çalışan sayıları, iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayıları ve ölümle sonuçlanan çalışan sayıları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için korelasyon analiz yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, inşaat sektörünün ülkemizdeki diğer sektörler içinde önemli bir sektör olduğu, sektördeki ilerlemelere ve çalışan sayıları dikkate alındığında bu sektördeki iş kazası ve çalışan sağlığını tehlikeye düşüren durumların azaltılmasının ülkemizdeki iş sağlığını ve güvenliğinin artırılmasında etkili olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin ilerleyen dönemlerde yapılacak olan iş sağlığı ve güvenliği konusunu ele alan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektörü, İstatiksel Analiz, İş Sağlığı ve Güvenliği.

Investigation of Events Affecting Occupational Health and Safety in the Construction Sector By Statistical Analysis According to Social Security Institution Data

Abstract

The construction sector is one of the industries where workplace accidents are frequently encountered both in the past and today. Taking necessary precautions against potential accidents in construction works effectively prevents both human and material losses incurred by accident rates. With the increasing awareness of occupational safety in modern times, efforts to protect worker health have also increased. In this study, it is aimed to investigate the position and importance of the construction sector among other sectors by comparing incidents affecting occupational health and safety in the construction sector with those occurring in other sectors throughout Turkey. Within the scope of the study, data from the Social Security Institution's annual statistics from 2014 to 2022 were analyzed based on various parameters, and tables and graphs were created to make interpretations. Additionally, the SPSS (Statistical Package

for the Social Sciences) program was utilized to determine the relationship between accident data in the construction sector and overall data obtained in the country, employing the correlation analysis method to determine the relationship between the number of insured workers experiencing occupational accidents, the number of workers with permanent disability due to accidents, and the number of fatalities resulting from accidents. As a result of the study, it was concluded that the construction sector is an important industry in Turkey among other sectors, and reducing the factors endangering occupational health and safety in this sector, considering advancements and the number of workers, would contribute to enhancing occupational health and safety in the country. The data obtained from the study are expected to contribute to future studies addressing occupational health and safety.

Keywords: Construction Industry, Statistical Analysis, Occupational Health and Safety.

1. Giriş

Sanayileşme oranı ve teknolojik gelişmelerin hızlı ilerlemesi, daha detaylı sektörel üretimlerin yapılabilirliğini mümkün hale getirmiştir. Bununla birlikte sektörde çalışan kişilerde bir takım sağlık ve güvenlik sorunları görülmeye başlanmıştır. İşyerlerinin çalışan kişiler açısından güvenli hale getirilmesinde iş sağlığı ve güvenliği kavramı ön plana çıkmaktadır (Tekin, 2014; Şahin, 2016).

İş sağlığı ve güvenliği kavramı en genel tanımıyla, çalışanların çalışma hayatları boyunca işyerlerinde karşılaşabilecekleri risklerden korunması, çalışan sağlığını etkileyen olumsuz faktörlerin engellenmesi ve çalışma şartlarının iyileştirilerek çalışan refahının artırılmasına yönelik faaliyetler anlamına gelmektedir.

Hukuki anlamda, herhangi bir işin tamamlanması sırasında çalışanların maruz kalabilecekleri risklerin engellenmesi veya azaltılmasında, temel olarak işyeri sahibinin yasalar çerçevesinde belirlenmiş olan yükümlülüğü ve yasal konuların tümü olarak tanımlanmaktadır (Oğuz, 2010).

İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları çalışanların çalışma süreçlerinde karşılaşabilecekleri iş kazaları, meslek hastalıkları ve olumsuz işyeri koşullarından korunması amacıyla geliştirilen uygulamalar olmasının yanında işletme güvenliğinin göz önüne alarak üretim verimliliğinin artmasını ve iş yerinde alınacak olan önlemlerle işletmeyi zarara uğratabilecek durumların engellenmesine yönelik yürütülen uygulamalardır (Kurt, 2018; Görmez, 2021).

Çalışanların sağlığını ve güvenliğini sağlamaya yönelik alınacak olan her türlü önlem çalışan motivasyonunu artırarak iş verimliliğinde, işe olan bağlılığı arttırmada ve işverene karşı güven kazanmada etkili olmaktadır (Altuncu, 2011).

Dünyanın ve ülkemizin iş gücünde önemli bir yere sahip olan inşaat sektörü; inşaat faaliyetlerinde kullanılan ekipmanların ve üretim süreçlerinin diğer sektörlere oranla daha karmaşık olması nedeniyle ağır sanayi olarak nitelendirilmektedir.

İnşaat faaliyetlerinin üretim süreçlerinde, temel inşaat malzemelerinin yanı sıra özel kullanım gerektiren çeşitli malzeme ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Tehlikeli ekipmanlarla zorlayıcı çalışma şartları altında çalışma gerektiren inşaat sektörü her ne kadar teknolojiyen faydalansa da insan gücünün de önemli olduğu sektörlerden biridir. Bu nedenle inşaat sektöründe meydana gelebilecek iş sağlığı ve güvenliğini tehlikeye düşürecek olayların tespit edilerek gerekli güvenlik önlemlerinin alınması çalışanların sağlığı açısından önem taşımaktadır (Salguero-Caparros, Suarez-Cebador, & Rubio-Romero, 2015; Soltanzadeh, Mohammadfam, Moghimbeigi, & Akbarzadeh, 2016; Jaafar, Arifin, Aiyub, Razman, Ishak, & Samsurijan, 2018)

Bu çalışmada; Sosyal Güvenlik Kurumu verilerinden elde edilen bulgular doğrultusunda ülkemizdeki ve inşaat sektöründe

meydana gelen iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olaylar çeşitli parametreler üzerinden istatistiki olarak incelenecektir. Çalışmanın; ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği konusunda inşaat sektörünün diğer sektörler içerisinde yeri ve öneminin belirlenmesi konusunda önem taşıdığı ve ilerleyen dönemlerde yapılacak olan iş sağlığı ve güvenliği konusunu ele alan çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

İnşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olayların tüm sektörlerde yerinin ve öneminin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından erişime açılmış olan istatistik yıllıkları kullanılarak 2014-2022 yılları arasında Türkiye genelinde tüm iş kollarında ve inşaat sektöründe meydana gelen iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olaylar, istatistiksel olarak incelendikten sonra Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan hesaplama ölçütlerine göre, insidans oranları hesaplanarak tablo ve grafikler aracılığıyla yorumlanmıştır.

Çalışmada; Sosyal Güvenlik Kurumu istatistik yıllıklarında yer alan ‘‘sigortalı çalışan sayısı, iş kazası geçiren çalışan sayısı, iş kazası sonucu ölen çalışan sayısı, meslek hastalığına tutulan çalışan sayısı, hastalık olay sayısı, sürekli iş göremezlik geliri bağlanan çalışan sayısı ve geçici iş göremezlik gün sayısı gibi veriler değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca çalışmada, ülkemiz genelinde elde edilmiş olan veriler ile inşaat sektöründeki kaza verileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için SPSS programı kullanılarak iş kazası geçiren sigortalı çalışan sayıları, iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayıları ve ölümle sonuçlanan çalışan sayıları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için korelasyon analiz yönteminden yararlanılmıştır.

Çalışmada; inşaat sektörü kapsamında yapılan hesaplamalarda, Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından belirlenen ekonomik faaliyet sınıflandırılmasında inşaat sektörünü konu edinen 41 kodlu ‘‘Bina inşaatı’’, 42 kodlu ‘‘Bina dışı yapıların inşaatı’’ ve 43 kodlu ‘‘özel inşaat faaliyetleri’’ iş kollarının toplamı dikkate alınmıştır.

Çalışmada incelenen her bir veri için insidans oranları hesaplanmıştır. Avrupa İstatistik Ofisinin genel kaza insidans oranı tanımına göre, 100.000 çalışan kişi başına gerçekleşmiş iş kazası kaza insidans oranı olarak nitelendirilmektedir. İnsidans oranının hesaplanabilmesi için toplam kaza sayısının toplam çalışan sayısına oranlandıktan sonra çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında, incelenen veriler doğrultusunda 5 farklı insidans oranı hesaplanmıştır.

İş Kazası Geçirme Sayısı İnsidans Oranı (KİO_{İKGS}):

$$KİO_{İKGS} = \frac{\text{Toplam Kaza Sayısı}}{\text{Toplam Çalışan Sayısı}} \times 100000 \quad (1)$$

İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı İnsidans Oranı (KİO_{İKSÖS}):

$$KİO_{İKSÖS} = \frac{\text{İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı}}{\text{Toplam Çalışan Sayısı}} \times 100000 \quad (2)$$

Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Sayısı İnsidans Oranı (KİO_{SiGGBS}):

$$KİO_{SiGGBS} = \frac{\text{Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Sayısı}}{\text{Toplam Çalışan Sayısı}} \times 100000 \quad (5)$$

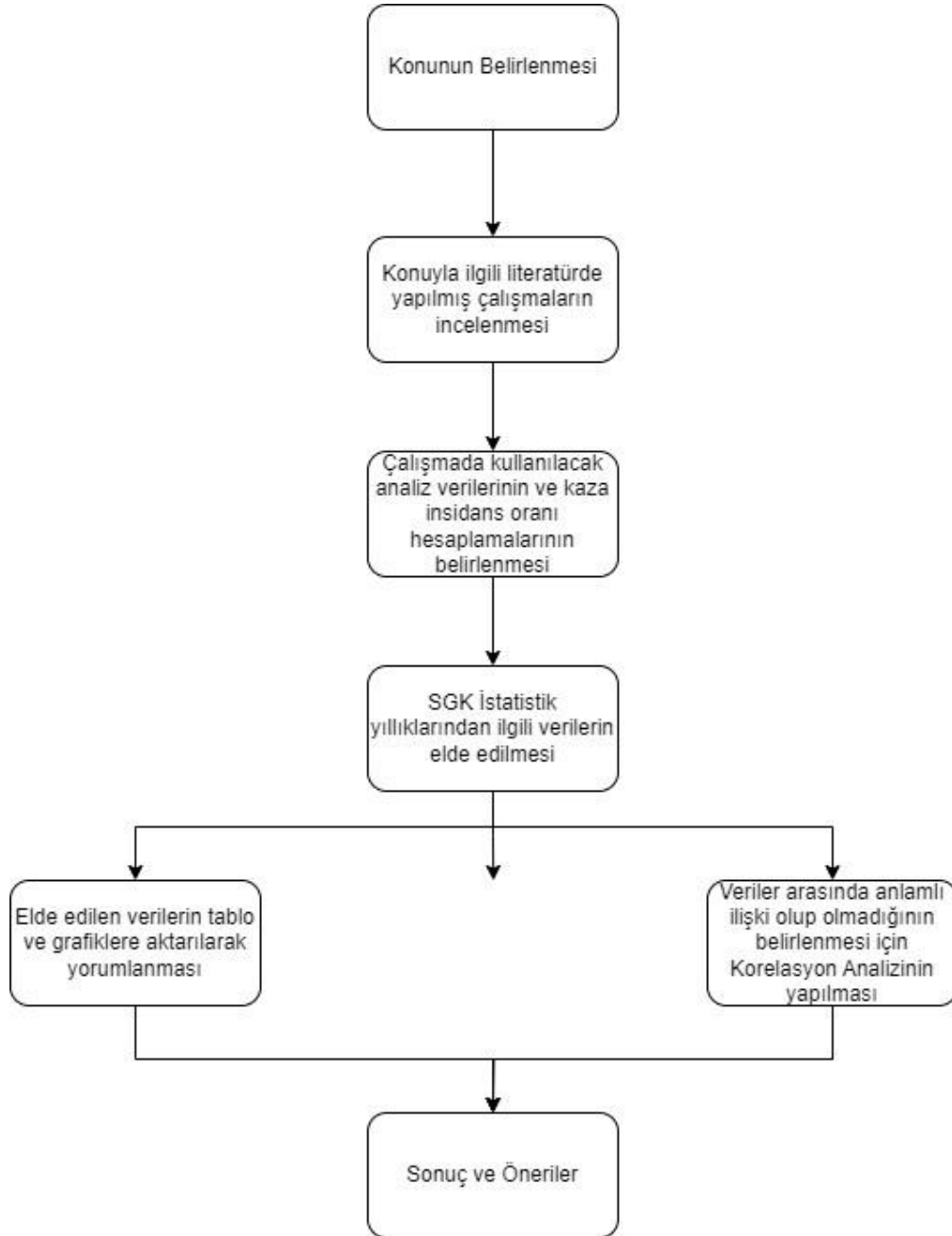
Meslek Hastalığına Yakalanma Sayısı İnsidans Oranı (KİO_{MHYS}):

$$KİO_{MHYS} = \frac{\text{Meslek Hastalığına Yakalanma Sayısı}}{\text{Toplam Çalışan Sayısı}} \times 100000 \quad (3)$$

Çalışmanın yöntemini ifade eden akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

Hastalık Olay Sayısı İnsidans Oranı (KİO_{HOS}):

$$KİO_{HOS} = \frac{\text{Hastalık Olay Sayısı}}{\text{Toplam Çalışan Sayısı}} \times 100000 \quad (4)$$



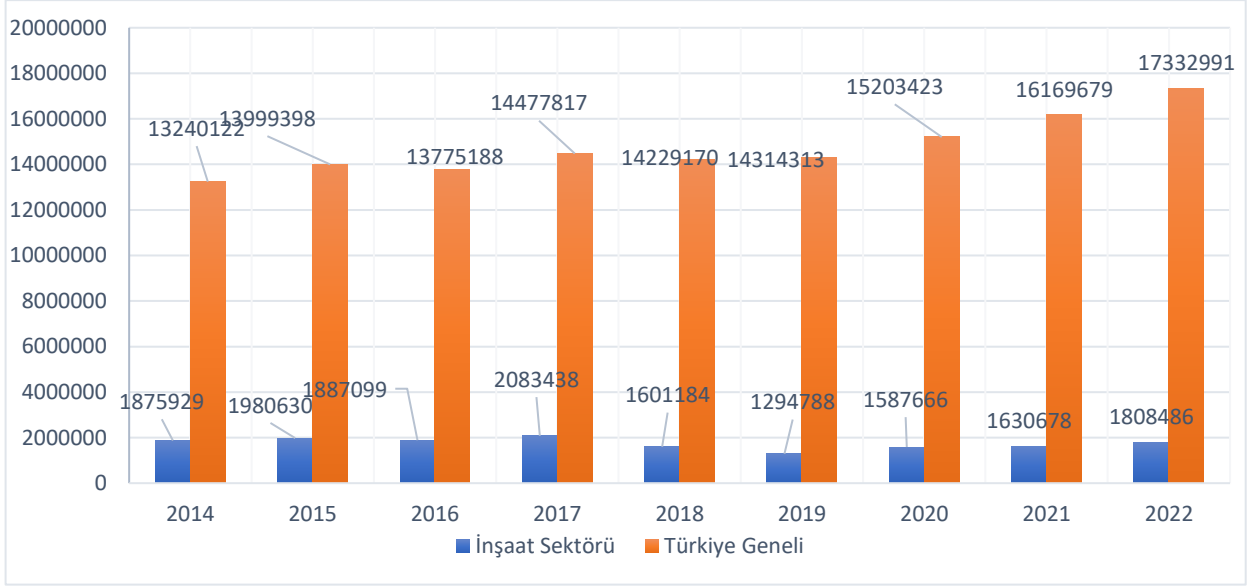
Şekil 1. Çalışmanın yöntemini ifade eden akış diyagramı

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Türkiye genelinde sigortalı çalışan sayıları incelendiğinde; 2014-2022 yılları arasında çalışan sayısında genel olarak bir artış olduğu görülmektedir. Ancak inşaat sektöründe çalışan kişi dağılımına bakıldığında azalış yaşanmaktadır. 2014-2022 yılları arasında inşaat sektöründe çalışan dağılımı istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, en düşük çalışan sayısının 1.294.788 çalışan ile 2019 yılında olduğu görülmektedir. Bu düşüşün 2019 yılında ortaya çıkan Covid-19 pandemisi süreci ile birlikte inşaat faaliyetlerinde meydana gelen azalma nedeniyle olduğu

düşünülmektedir. Bununla birlikte, 2019 yılında Türkiye genelinde çalışan sigortalı sayısında bir önceki yıllara oranla ciddi bir azalma meydana gelmemesinin ülkemizdeki her sektörün pandemi sürecinden aynı oranda etkilenmemesi olduğu söylenebilir.

2014-2022 yılları arasındaki sigortalı çalışan sayıları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sigortalı Çalışan Sayılarının İstatistiksel Dağılımı

2014-2022 yılları arasında ülkemizde iş kazası geçiren çalışan sayılarının istatistiksel dağılımları Tablo 1'de gösterilmiştir.

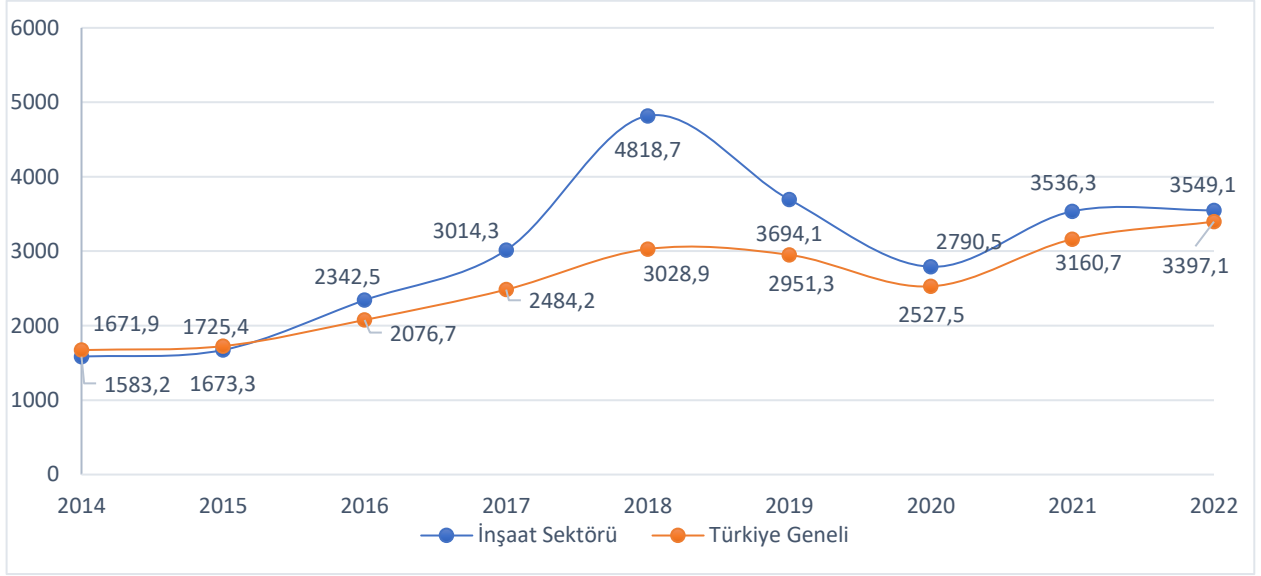
Tablo 1. İş Kazası Geçiren Çalışan Sayısının İstatistiksel Dağılımı

Yıl	İnşaat Sektöründe İş Kazası Geçiren Çalışan Sayısı	İnşaat Sektöründe İş Kazası Geçiren Çalışan Oranı (%)	Türkiye Genelinde Meydana Gelen İş Kazası Sayısı	Türkiye Genelinde Meydana Gelen İş Kazası Oranı (%)
2014	29.699	% 13,42	221.366	% 100
2015	33.142	% 13,72	241.547	% 100
2016	44.205	% 15,45	286.068	% 100
2017	62.802	% 17,46	359.653	% 100
2018	77.157	% 17,90	430.985	% 100
2019	47.701	% 11,22	422.463	% 100
2020	44.304	% 11,53	384.262	% 100
2021	58.107	% 11,37	511.084	% 100
2022	64.184	% 10,90	588.823	% 100

Tablo 1'e göre; Türkiye geneli meydana gelen iş kazası sayıları ile inşaat sektöründe meydana gelen iş kazası oranları incelendiğinde, Türkiye genelinde en fazla iş kazasının meydana geldiği 2022 yılında, İnşaat Sektöründe en az kaza geçiren çalışan oranının olduğu görülmektedir. Ayrıca 2014-2022 yılları arasında Türkiye genelinde iş kazası geçiren çalışan sayısının en fazla 588.823 çalışan sayısı ile 2022 yılında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte; inşaat sektöründe iş kazası geçiren çalışan sayısı ise 2018 yılında en fazladır.

İş kazası geçiren çalışan sayısı verileri oransal olarak değerlendirildiğinde, 2018 yılından sonra inşaat sektöründe önemli ölçüde azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde iş kazası geçirme insidans oranları Şekil 3'te verilmiştir. İş kazası geçirme insidans oranları ilgili yıl içerisinde çalışan sayısı başına düşen kaza sayısı oranının Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan ve çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir.



Şekil 3. İş kazası geçirme sayısı insidans oranları

Türkiye geneli ve inşaat sektöründe 2014-2022 yılları arasındaki dönemde kaza insidans oranları değerlendirildiğinde; iş kazası geçirme insidans oranlarında 2014 yılından 2018 yılına kadar artış olup 2018 yılında üst noktaya ulaşıldığı ve 2018 yılından 2020 yılına kadar ise düşüş olmasıyla birlikte 2020 yılından sonra ise artış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3) İnşaat sektörü ve Türkiye genelinde 2014-2022 yılları arasındaki dönemde iş kazası geçiren çalışan sayıları arasında bir ilişki olup

olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda; korelasyon değeri 0.734 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; Türkiye geneli iş kazası geçiren sigortalı sayıları ile inşaat sektöründe iş kazası geçiren sigortalı sayıları arasında anlamlı bir ilişki ($p>0.05$) tespit edilememiştir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde iş kazası sonucu ölen çalışan sayılarının istatistiksel dağılımları Tablo 2’de gösterilmiştir.

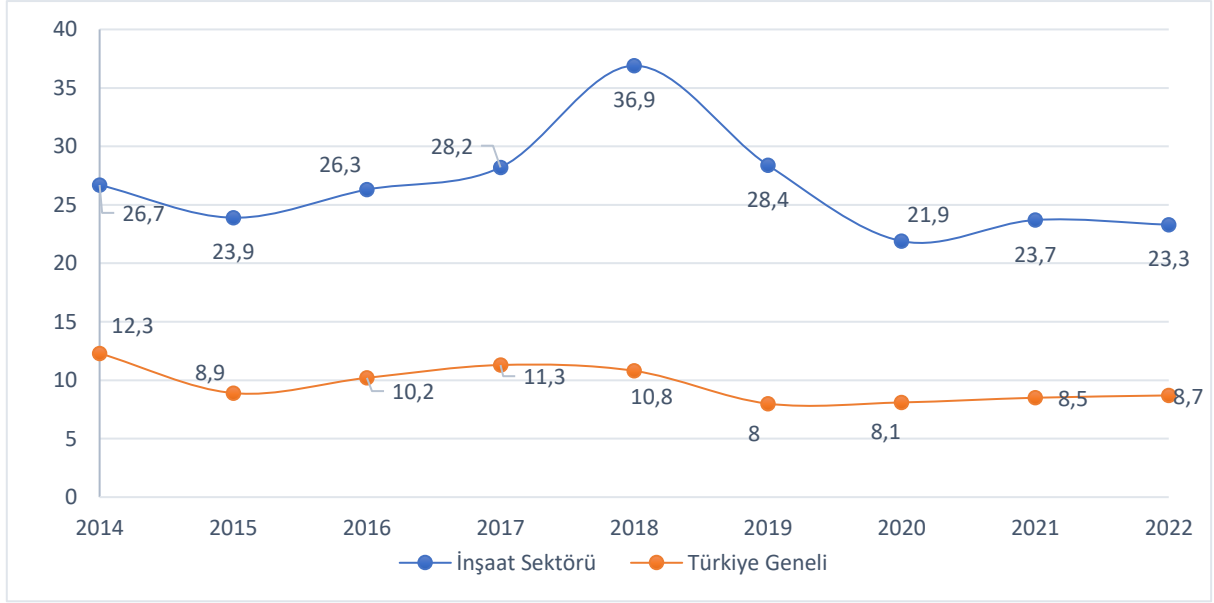
Tablo 2. İş kazası sonucu ölen çalışan sayılarının istatistiksel dağılımı

Yıl	İnşaat Sektöründe İş Kazası Sonucu Ölen Çalışan Sayısı	İnşaat Sektöründe İş Kazası Sonucu Ölen Çalışan Oranı (%)	Türkiye Geneline İş Kazası Sonucu Ölen Çalışan Sayısı	Türkiye Geneline İş Kazası Sonucu Ölen Çalışan Oranı (%)
2014	501	%30,81	1626	%100
2015	473	%37,78	1252	%100
2016	496	%35,30	1405	%100
2017	587	%35,95	1633	%100
2018	591	%38,35	1541	%100
2019	368	%32,08	1147	%100
2020	347	%28,19	1231	%100
2021	386	%27,93	1382	%100
2022	422	%27,81	1517	%100

Tablo 2’de verilmiş olan Türkiye genelinde iş kazası sonucu ölen çalışan sayısı dağılımı incelendiğinde; en fazla ölüm sayısının 1633 adet çalışan ile 2017 yılında olduğu görülmektedir. Bu veri inşaat sektörü özelinde değerlendirildiğinde, 591 adet çalışan sayısı ile 2018 yılında en fazla sayıda çalışan hayatını kaybetmiştir. Çavuş ve Taçgın (2016), tarafından yapılan

çalışmada; inşaat sektöründe ölüme sebebiyet veren kazaların çoğunlukla insan düşmesi şeklindeki kazalar olduğu belirtilmiştir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde iş kazası sonucu ölüm sayısı insidans oranları Şekil 4’te verilmiştir. İş kazası sonucu ölüm sayısı insidans oranları, ilgili yıl içerisinde çalışan sayısı başına düşen ölüm sayısı oranının Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan ve çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir.



Şekil 4. İş kazası sonucu ölüm sayısı insidans oranları

Şekil 4’te verilmiş olan iş kazası sonucu ölüm sayısı insidans oranlarına bakıldığında; Türkiye genelindeki insidans oranlarının dalgalı bir görünümde olduğu görülmektedir. İnşaat sektöründe ise söz konusu insidans oranlarının 2018 yılında 36,9’luk bir oran ile en üst seviyede olduğu, 2018 yılından sonra 2020 yılına kadar bu oranlarda sistemli bir düşüş yaşandığı, 2020 yılından sonra tekrar yükselmeye başladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca İnşaat sektörü ve Türkiye genelinde 2014-2022 yılları arasındaki dönemde iş kazası sonucu ölen çalışan sayıları arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon analizi

yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda; korelasyon değeri 0.741 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; Türkiye geneli iş kazası sonucu ölen çalışan sayıları ile inşaat sektöründe iş kazası sonucu ölen çalışan sayıları arasında anlamlı bir ilişki ($p>0.05$) tespit edilememiştir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde meslek hastalığına yakalanan çalışan sayılarının istatistiksel dağılımları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Meslek Hastalığına Yakalanan Çalışan Sayısının İstatistiksel Dağılımı

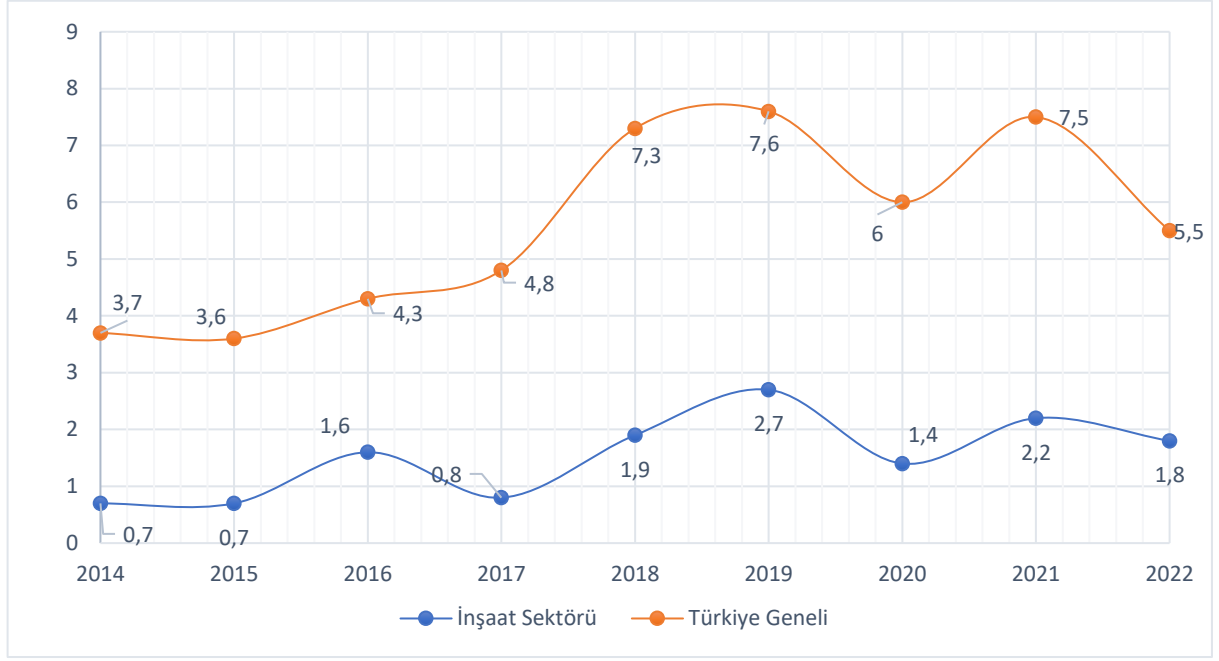
Yıl	İnşaat Sektöründe Meslek Hastalığına Yakalanan Çalışan Sayısı	İnşaat Sektöründe Meslek Hastalığına Yakalanan Çalışan Oranı (%)	Türkiye Genelinde Meslek Hastalığına Yakalanan Çalışan Sayısı	Türkiye Genelinde Meslek Hastalığına Yakalanan Çalışan Oranı (%)
2014	13	%2,63	494	%100
2015	14	%2,75	510	%100
2016	30	%5,03	597	%100
2017	16	%2,32	691	%100
2018	30	%2,87	1044	%100
2019	35	%3,22	1088	%100
2020	23	%2,53	908	%100
2021	35	%2,89	1207	%100
2022	33	%3,46	953	%100

Meslek hastalığı en genel tanımıyla, çalışanların çalışma dönemleri boyunca yaptıkları işin yürütülme süreçlerinde uğramış oldukları geçici veya sürekli hastalık ile fiziksel veya ruhsal özrürlük hali olarak tanımlanmaktadır. Meslek hastalıklarının nedenleri arasında çalışma ortam ve koşullarının etkisi, hastalığın oluşmasını tetikleyen diğer nedenlerden daha önemlidir (ÇSGB, 2013).

Tablo 3’e göre; Türkiye genelinde 2021 yılında 1207 adet çalışan meslek hastalığına yakalanmıştır. İnşaat sektöründe ise aynı yıl içerisinde 35 adet çalışanın meslek hastalığına yakalandığı görülmektedir. Bununla birlikte inşaat sektöründe meslek hastalığına yakalanan çalışan sayısı, Türkiye genelinde meslek hastalığına yakalanan çalışan sayısına oranlandığında e-ISSN: 2146-2119

2016 yılında inşaat sektöründe meslek hastalığına yakalanan çalışan sayısının Türkiye genelinde meslek hastalığına yakalanan çalışan sayısının %5,03’ü olduğu ve bu oranın 2014-2022 yılları arasında en yüksek oran olduğu görülmektedir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde meslek hastalığına yakalanma sayısı insidans oranları Şekil 5’te verilmiştir. Meslek hastalığına yakalanma sayısı insidans oranları, ilgili yıl içerisinde çalışan sayısı başına düşen meslek hastalığına yakalanma oranının Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan ve çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir.



Şekil 5. Meslek hastalığına yakalanma sayısı insidans oranları

Şekil 5'te verilmiş olan meslek hastalığına yakalanma sayısı insidans oranları incelendiğinde; inşaat sektöründe ve tüm sektörlerde 2019 yılının oranlarının diğer yıllara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

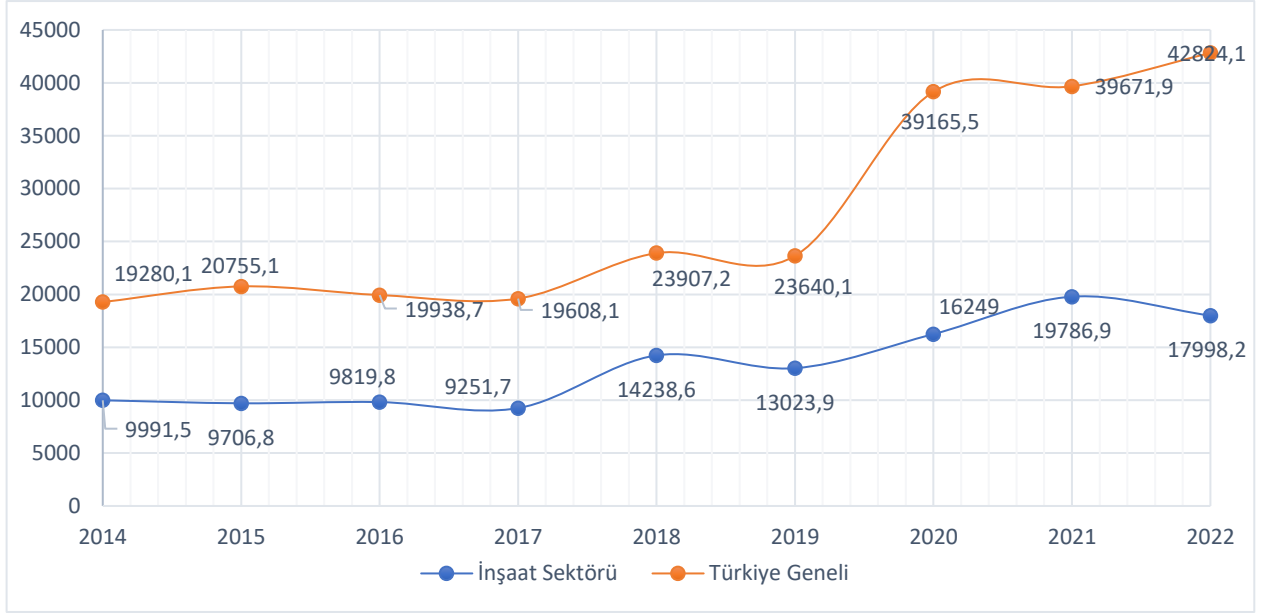
2014-2022 yılları arasında ülkemizde meydana gelen hastalık olayları sayılarının istatistiksel dağılımları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Hastalık olay sayılarının istatistiksel dağılımı

Yıl	İnşaat Meydana Hastalık Sayısı	Sektörde Gelen Olayları	İnşaat Meydana Hastalık Oranı (%)	Sektörde Gelen Olayları	Türkiye Geneline Meydana Hastalık Sayısı	Türkiye Geneline Gelen Olayları	Türkiye Geneline Meydana Hastalık Oranı (%)
2014	187433		%7,34		2552707		% 100
2015	192256		%6,62		2905587		% 100
2016	185310		%6,75		2746600		% 100
2017	192754		%6,79		2840272		% 100
2018	227986		%6,70		3401790		% 100
2019	168632		%4,98		3383911		% 100
2020	257980		%4,33		5954490		% 100
2021	322662		%5,03		6414830		% 100
2022	325495		%4,38		7424415		% 100

Tablo 4'te verilmiş olan Türkiye genelinde çalışma dönemlerinde çalışanların hastalık olaylarına yakalanma oranları incelendiğinde; çalışanlarda en fazla hastalık olayının, 7424415 adet hastalık olayı ile 2022 yılında olduğu görülmektedir. İnşaat sektöründe çalışan kişilerde görülen hastalık olay sayısının, Türkiye genelinde tüm çalışanlarda görülen hastalık olay sayısına oranlarının dağılımları değerlendirildiğinde bu oranın %7,34'lük bir oran ile 2014 yılında en yüksek olduğu, %4,33'lük bir oran ile

de 2020 yılında en düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir. 2014-2022 yılları arasında ülkemizde meydana gelen hastalık sayısı insidans oranları Şekil 6'da verilmiştir. Hastalık olay sayısı insidans oranları, ilgili yıl içerisinde çalışan sayısı başına düşen hastalık olay sayısı oranının Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan ve çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir.



Şekil 6. Hastalık olay sayısı insidans oranları

Şekil 6'da verilmiş olan hastalık olay sayısı insidans oranlarına bakıldığında; Türkiye genelinde 2022 yılındaki insidans oranının en fazla olduğu ve 2020 yılı öncesindeki yıllardaki oran dağılımlarındaki değişikliklerin kısmi düzeyde olduğu gözlemlenirken bu oranda özellikle Türkiye genelinde

2020 yılında ciddi bir artış olduğunun söylenmesi mümkündür. 2014-2022 yılları arasında ülkemizde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan çalışan sayılarının istatistiksel dağılımları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Sürekli iş göremezlik geliri bağlanan çalışan sayısının istatistiksel dağılımı

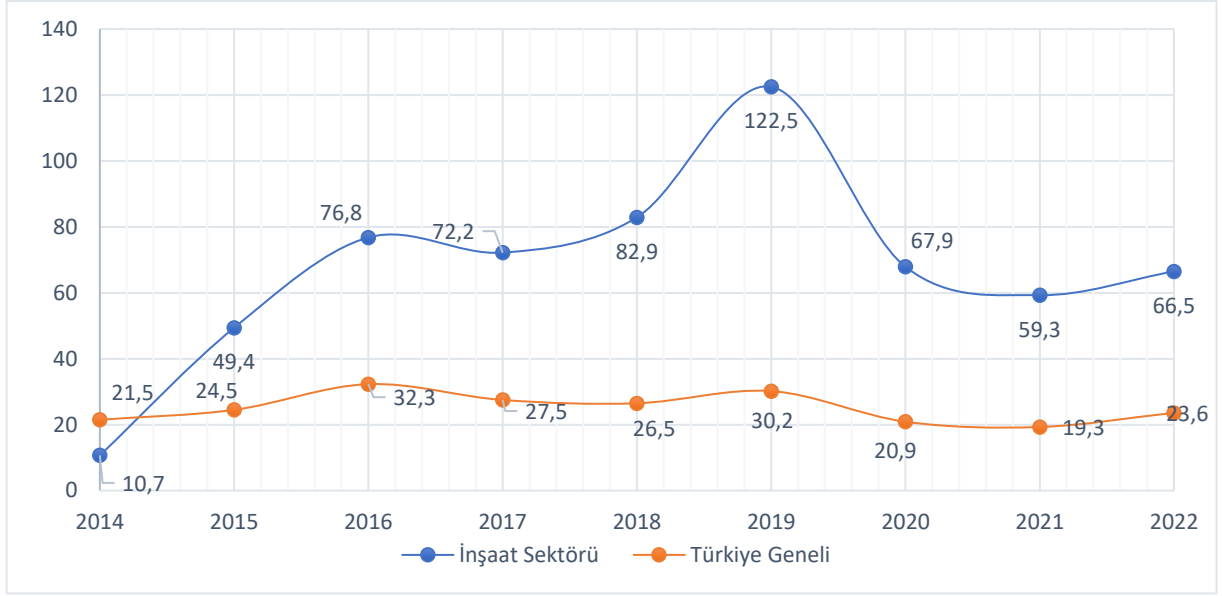
Yıl	İnşaat Sektöründe Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Çalışan Sayısı	İnşaat Sektöründe Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Çalışan Oranı (%)	Türkiye Genelinde Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Çalışan Sayısı	Türkiye Genelinde Sürekli İş Göremezlik Geliri Bağlanan Çalışan Oranı (%)
2014	404	%28,43	1421	% 100
2015	979	%28,52	3433	% 100
2016	1450	%32,65	4447	% 100
2017	1505	%37,75	3987	% 100
2018	1328	%35,20	3773	% 100
2019	1586	%36,73	4318	% 100
2020	1078	%33,87	3183	% 100
2021	967	%30,96	3123	% 100
2022	1202	%29,42	4085	% 100

Sürekli iş göremezlik bir çalışanın çalışma faaliyetini en az %10 oranında kaybederek çalışamayacak duruma gelmesi başka bir deyişle çalışanın hayatına engelli bir birey olarak devam etmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle sürekli iş göremezlik, ölüm olaylarından sonra iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olayların başında gelmektedir (Gözüak ve Ceylan, 2021).

Tablo 5'te verilen Türkiye geneli ve inşaat sektöründe iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısı dağılımı incelendiğinde; Türkiye genelinde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan çalışan sayısının en fazla 4447 kişi sayısı ile 2016 yılında olduğu, inşaat sektöründe ise bu verinin en fazla 1586 kişi ile 2019 yılında olduğu görülmektedir. Ayrıca inşaat sektöründe

sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısının Türkiye genelinde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısına göre oransal dağılımına bakıldığında ise, bu oranın 2014-2022 yılları arasında en fazla %37,75'lik bir oran ile 2017 yılında olduğu gözlemlenmektedir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sayısı insidans oranları Şekil 7'de verilmiştir. Sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sayısı insidans oranları, ilgili yıl içerisinde çalışan sayısı başına düşen sürekli iş göremezlik geliri bağlanma oranının Avrupa İstatistik Ofisi tarafından belirlenmiş olan ve çalışan kişi sayısını ifade eden 100.000 sayısı ile çarpılması ile elde edilmiştir.



Şekil 7. Sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sayısı insidans oranları

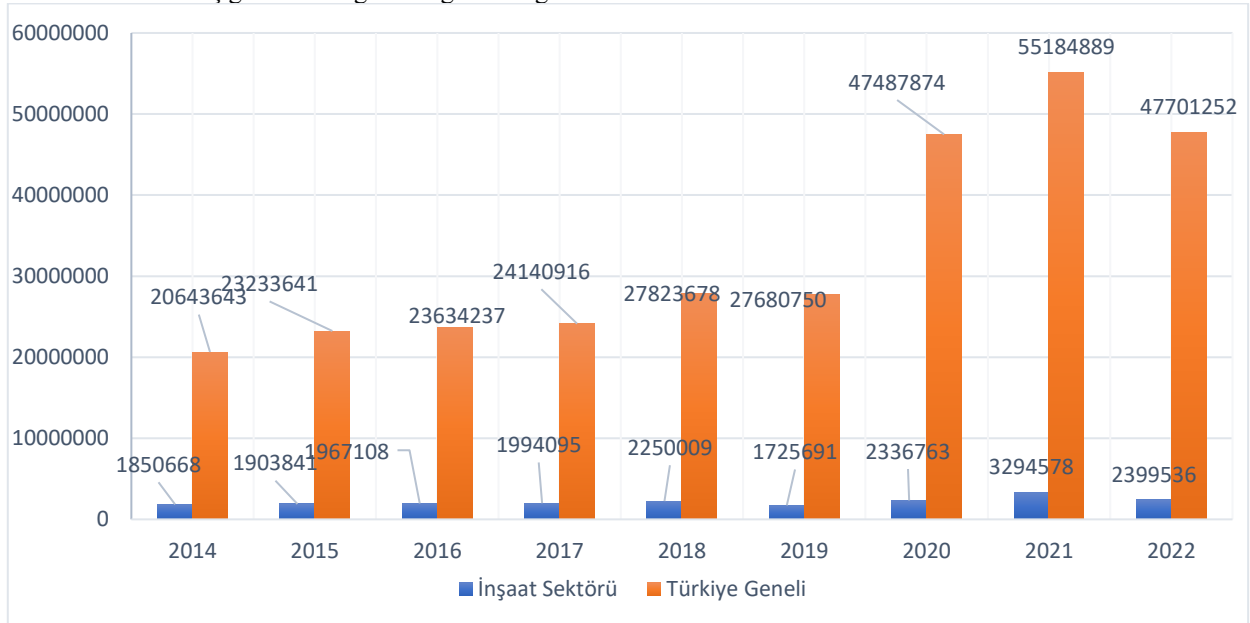
Sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısının insidans oranları değerlendirildiğinde; Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe veri dağılımlarının dalgali bir görünümde olduğu görülmektedir (Şekil 7).

İlgili yılda sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayısı hesaplanırken önceki yıllarda iş kazası geçirdiği halde sürekli iş göremezlik gelirinun ilgili yıl içerisinde bağlanan kişi sayısı da dikkate alınmıştır.

İnşaat sektörü ve Türkiye genelinde 2014-2022 yılları arasındaki dönemde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı

sayıları arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda; korelasyon değeri 0.947 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; Türkiye geneli sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayıları ile inşaat sektöründe sürekli iş göremezlik geliri bağlanan sigortalı sayıları arasında anlamlı bir ilişki ($p>0.05$) tespit edilememiştir.

2014-2022 yılları arasında ülkemizde geçici iş göremezlik sürelerinin istatistiksel dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Geçici iş göremezlik sürelerinin istatistiksel dağılımı

Şekil 8'de verilen Türkiye geneli ve inşaat sektöründe meydana gelen iş kazası veya meslek hastalığı sonucu geçici iş göremezlik süreleri incelendiğinde; hem Türkiye genelinde hem de inşaat sektöründe geçici iş göremezlik sürelerinin en fazla 2021 yılında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Türkiye genelinde geçici iş göremezlik gün sayısının 20.643.643 gün ile en az 2014 yılında,

inşaat sektöründe ise 1.725.691 gün sayısı ile en az 2019 yılında olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

İnşaat sektöründe meydana gelen iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olayların değerlendirilerek tüm sektörler genelinde

inşaat sektörünün yeri ve öneminin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda;

- 2014-2022 yılları arasında sigortalı çalışan sayısında genel bir artış olduğu, inşaat sektöründe ise çalışan sayısı dağılımının yıl bazında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.
- İş kazası geçiren çalışan sayıları incelendiğinde; özellikle 2018 yılından sonra iş kazası geçirme oranlarında genel olarak azalış olduğu görülmektedir. Bu durumun iş kazalarına karşı alınan önlemlerin ve bu konudaki farkındalığın artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, özellikle 2018 yılından sonra inşaat sektöründe iş kazası sonucu ölüm sayılarında da azalış olduğu gözlemlenmektedir.
- Çalışanlarda görülen hastalık olayları istatistiki olarak incelendiğinde; en fazla hastalık olayının 2022 yılında görüldüğünü söylemek mümkündür.
- İş kazası sonucu sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayıları değerlendirildiğinde, Türkiye genelinde sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısının en fazla 2016 yılında, inşaat sektöründe sürekli iş göremezlik geliri bağlanan kişi sayısının ise en fazla 2019 yılında olduğu görülmüştür.
- Çalışanlarda iş kazalarına bağlı olarak geçici iş göremezlik süreleri değerlendirildiğinde; inşaat sektörü ve tüm sektörlerde en fazla geçici iş göremezlik süresinin 2021 yılında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Türkiye genelinde geçici iş göremezlik gün sayıları yıllık olarak karşılaştırıldığında 2021 yılındaki geçici iş göremezlik gün sayının diğer yıllara oranla ciddi bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.
- Çalışma kapsamında, iş kazası geçiren sigortalı çalışan sayıları, iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik sayıları ve ölümle sonuçlanan çalışan sayıları arasındaki ilişki korelasyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bu veriler arasında anlamlı bir ilişki olmadığı saptanmıştır.

İlerleyen dönemlerdeki çalışmalarda diğer sektörlerle yönelik ve daha geniş yıl aralığını ele alan çalışmaların yapılmasının ilgili sektörde iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen olayların ne düzeyde olduğunu belirlemede etkili olacağı ve bu alanda alınacak olan iş güvenliği tedbirlerinin artırılarak çalışan sağlığını etkileyen olayların azaltılmasında önemli olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Altuncı, Y. T. (2011). İş Ve İşçi Verimliliği Üzerine Düşünceler. 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 21-23 Ekim 2011, Çanakkale.
- [2] Çavuş, A. ve Taçgın, E. (2016). Türkiye’de inşaat sektöründeki iş kazalarının sınıflandırılarak nedenlerinin incelenmesi. Academic Platform Journal of Engineering and Science (APJES). 4(2), 13-24.
- [3] ÇSGB (2013). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Meslek Hastalıkları Rehberi.
- [4] Görmez, S. (2021). İnşaat Sektöründe İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamaları: Kırklareli İlinde Bir Alan Araştırması. Yüksek

Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.

- [5] Gözüak, M. H. ve Ceylan, H. (2021). Türkiye’de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği bağlamında analizi: Güncel eğilimlere genel bir bakış. Sağlık Akademisyenleri Dergisi. 8(2): 133-143.
- [6] İş Kazalarına ait Avrupa İstatistikleri. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5926181/KS-RA-12-102-EN.PDF.pdf/56cd35ba-1e8a-4af3-9f9a-b3c47611ff1c> (Erişim tarihi: 21.02.2024).
- [7] Jaafar, M. H., Arifin, K., Aiyub, K., Razman, M. R., Ishak, M. I. S., & Samsurijan, M. S. (2018). Occupational Safety and Health Management in The Construction Industry: A Review. International Journal Of Occupational Safety And Ergonomics, 24(4), 493-506.
- [8] Kurt, G. G. (2018). İnşaat Sektöründe Çalışan İş Sağlığı Ve Güvenliğinden Sorumlu Mühendislerin İş Kazalarının Önlenmesindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mersin.
- [9] Oğuz, Ö. (2010). Ab Direktifleri ve Türk İş Hukukunda İş Sağlığı Ve Güvenliğinde İşverenlerin Yükümlülükleri ve İşçilerin Hakları. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- [10] Salguero-Caparros, F., Suarez-Cebador, M., & Rubio-Romero, J. C. (2015). Analysis Of Investigation Reports On Occupational Accidents. Safety Science, 72, 329-336.
- [11] SGK İstatistik Yıllıkları. <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/> (Erişim tarihi: 21.02.2024)
- [12] Soltanzadeh, A., Mohammadfam, I., Moghimbeigi, A., & Akbarzadeh, M. (2016). Analysis Of Occupational Accidents Induced Human Injuries: A Case Study in Construction Industries and Sites. Journal of Civil Engineering and Construction Technology, 7(1), 1-7.
- [13] Şahin, A. (2016). İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma: Ankara İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Tekin, S. (2014). İşletmelerde İş Sağlığı Ve Güvenliğine Yapılan Yatırımların Maliyet Kazanç Analizi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, 8

Öğrenci Eğitimi Bağlamında Çatı Üstü PV Sistemlerinin Simülasyon Tabanlı Görselleştirilmesi ve Analizi

Özdemir DENİZ^{1*}

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, OSB Meslek Yüksekokulu, Makine Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8168-9668), ozdemirdeniz@isparta.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 31.05.2024 ve Kabul Tarihi 09.08.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1493102)

ATIF/REFERENCE: Deniz, Ö. (2024). Öğrenci Eğitimi Bağlamında Çatı Üstü PV Sistemlerinin Simülasyon Tabanlı Görselleştirilmesi ve Analizi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 11-18.

Öz

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nin Batı Kampüsü'nde bulunan E-12 ve E-14 bloklarının çatılarına kurulabilecek bir güneş panel sisteminin teorik verimliliğini ve üretimini detaylı bir şekilde incelemektedir. Bu analiz, PV*SOL programı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, simülasyonun doğruluğu ve güvenilirliği sağlanmıştır. Çalışma öğrencilere verilen bir eğitim esnasında ortaya çıkmış olup, öğrencilerin kazanımlarını test etmek için çok uygun bir platformdur. Günümüzde enerji ihtiyacının hızla artmasıyla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve ihtiyaç her zamankinden daha fazla hissedilmektedir. Fosil yakıtların sınırlı olması ve çevresel etkileri, güneş enerjisi gibi temiz ve sürdürülebilir kaynaklara olan talebi artırmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi panellerinin çatılara entegrasyonu, elektrik ihtiyacını karşılamak için çevre dostu bir seçenek olarak dikkat çekmektedir. PV*SOL programı, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı, simülasyonu ve analizi için önde gelen yazılımlardan biridir. Bu program, güneş panellerinin çatılara entegrasyonu ve sistem performansının teorik olarak modellenmesi için kullanılan kapsamlı bir araçtır. Bu çalışmada, PV*SOL'un sunduğu analiz ve simülasyon imkanlarından yararlanılarak, Isparta Üniversitesi Teknoloji Fakültesi çatılarına kurulacak güneş panel sisteminin teorik verimliliği ve enerji üretimi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışma aynı zamanda bir eğitimin de parçasıdır. Öğrencilere güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin bir binanın harcamasının ne kadarına yeteceği tahmin ettirilmiş ve bulunan hesaplamalar kendileri ile paylaşılıp değerlendirilmiştir. Bu çalışma, güneş enerjisi sistemlerinin çatılara entegrasyonu ile ilgilenen araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bir kaynak olabilir. Güneşin sonsuz enerji potansiyelinden en iyi şekilde faydalanmak, sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adımdır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, Güneş Paneli, Yenilenebilir Enerji

Simulation-Based Visualization and Analysis of Rooftop PV Systems in the Context of Student Training

Abstract

This study thoroughly examines the theoretical efficiency and production of a solar panel system that could be installed on the roofs of the E-12 and E-14 blocks located at the Western Campus of the Faculty of Technology, Isparta University of Applied Sciences. The analysis was conducted using the PV*SOL software, ensuring the accuracy and reliability of the simulation. The study emerged during a training session for students and serves as an excellent platform to test their learning outcomes. Today, with the rapid increase in energy needs, the interest and need for renewable energy sources is felt more than ever. The limited availability of fossil fuels and their environmental impacts increases the demand for clean and sustainable resources such as solar energy. In this context, the integration of solar energy panels on roofs attracts attention as an environmentally friendly option to meet electricity needs. PVSOL software is one of the leading tools for the design, simulation, and analysis of solar energy systems. This program is a comprehensive tool used for the integration of solar panels onto roofs and for theoretically modeling system performance. In this study, the analysis and simulation capabilities provided by PVSOL were utilized to thoroughly examine the theoretical efficiency and energy production of the solar panel system to be installed on the roofs of the Faculty of Technology at Isparta University. This study also forms part of an educational effort. Students were tasked with estimating how much of a building's energy consumption could be met by the electricity generated from solar energy, and the results of their calculations were shared and evaluated with them. This work can serve as a valuable resource for

researchers and practitioners interested in the integration of solar energy systems onto roofs. Making the best use of the infinite energy potential of the sun is a crucial step towards a sustainable future.

Keywords: Photovoltaic, Solar Panel, Renewable Energy

1. Giriş

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimi ve dünyada giderek artan nüfus artışı elektrik enerjisi ihtiyacını günden güne arttırmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde gerekli olan doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlar hem giderek azalmakta hem de sera gazı salınımını artırıp çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminde ilk zamanlar daha çok hidroelektrik santraller kullanılmaktayken teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde ise hidroelektrik santrallerin yanı sıra rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi santralleri de popüleritesi artan elektrik enerjisi üretim kaynakları haline gelmiştir. Günümüzde teşvikler ağırlıklı olarak çatı tipi santral kurulumuna yönelik olmaktadır. Gelişen teknoloji ve malzeme teknolojisi yardımıyla yarı iletken olarak adlandırılan malzemelerin kullanılması sayesinde güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek alternatif enerji kaynağı üretimi yapılabilmektedir [1]. Yaygın olarak kullanılan PV hücre teknolojisi ile Fotovoltaik hücre, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Bir proje kapsamında tasarlanacak güneş enerji santralinde yer ve donanım seçiminin önemli olması kadar, PV sistem kurulmadan önce, modelleme yoluyla bir ön çalışma yapılması, sistemin kurulacağı ortam şartlarında maksimum enerji üretiminin hangi koşullarda gerçekleşeceğini belirlenmesi de son derece önemlidir [2].

Solar enerji direkt olarak güneş ışınımı ile ilgilidir ve doğrudan güneş ışığından elde edilebildiğinden ulaşılması kolay, temiz, güvenilir bir enerji kaynağıdır. Fotovoltaik enerji üretim sistemlerinin şebekeyi güçlendirmek için artan kullanımı, dinamik analiz ve elektrik şebekesi çalışmaları için uygun ve etkili bir matematiksel model ile birlikte doğru simülasyon çalışması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır [3]. Fotovoltaik sistemlerin binalara entegrasyonu sırasında modüllerin optimal olmayan yönelimleri ve gölgelenme sorunları gibi bazı faktörler elektrik enerjisi üretiminde kayıplara neden olabilir [4]. Güneş panellerinin çevresel faydalarının yanı sıra, sağlık açısından da yararlı olduğu düşünülmektedir. Kötü kalitede hava solmasının insan sağlığını etkilediği ve çeşitli hastalıklara yol açtığı bilinen bir gerçektir[5]. En yaygın hastalıklardan bazıları astım ve alerjiler, bronşit, zatürre, baş ağrısı, kalp krizi ve kanserdir. Fosil yakıtların kullanımıyla çevreye yayılan zararlı gazları engellemek için, alternatif olarak panel kullanılması ciddi sağlık sorunlarının birçoğunu önleyebilir. Örneğin, bir bölgedeki evlere 100 GW güneş enerjisi eklenmesi, her yıl ortalama 437 ölüm vakası, 717 kalp krizi vakası ve 300 solunum yolu hastalığı azaltma potansiyeline sahiptir [6][7].

Yanardağ, H.M. 2015 yılında yaptığı çalışmada farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının enerji ve maliyet etkinliği değerlendirilerek, güneş pili uygulamalarındaki en etkin bina formunun ve güneş pil uygulama seçeneğinin tanımlanmasına yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışma beş bölüme ayrılmıştır. Analiz için PV*Sol Yazılımından yararlanılmıştır [8]. Çalışmada, alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisinin önemi ve güneş enerjisi sisteminin aktif ve pasif sistemler olarak binalarda kullanılması açıklanmıştır. Ayrıca, aktif güneş enerjisi sistemlerinden binalarda kullanılabilen bir sistem olan

güneş pilleri tanımlanarak, güneş pili bileşenleri açıklanmıştır. Güneş pili sistemleri farklı özelliklerine göre sınıflandırılmıştır [9].

Orhan N. vd. 2022 yılında yayınladıkları çalışmada, artan elektrik ihtiyacını karşılamak için Konya’da, bir büyük baş hayvan çiftliğinde güneş enerjisinin uygulanabilirliği ve işletmeye ekonomik getirisinin hesaplanması amaçlanmıştır. İşletmenin çatısına kurulan ve Fotovoltaik panellerden oluşan güneş enerjisi sisteminin üreteceği elektrik hesaplamaları iki farklı yöntemle karşılaştırılmıştır [10].

Singh R. vd. 2015 yılında yaptıkları çalışmada Hint Solar Kaynak Haritaları, Yenilenebilir Enerji Bakanlığı Güneş Enerjisi Merkezi, Hindistan Hükümeti, 2013) verilerine göre, Hindistan'ın toplam alanının yaklaşık %62.5'i, yani yaklaşık 2.0 milyon kilometrekarelik bir alan, yıllık ortalama 5.0 kW h/m²/gün üzerinde doğrudan normal ışınım seviyesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ülkenin büyük bir kısmı, düşük yükseklikte inşa edilen yapılarla kaplı olması ve daha fazla yatay yayılmaya yönlendirilmesi nedeniyle Hindistan'da çatı üstü güneş Fotovoltaik elektrik üretimi için önemli bir potansiyel olabileceğini savunmuşlardır [11].

Yadav vd. 2018 yılında yaptıkları çalışma ile 5 kWp çatı üstü Fotovoltaik (PV) santralinin performans analizi yapmış ve sıcaklığın etkisini incelemiştir. Yıllık ortalama günlük referans verimi, dizi verimi ve nihai verim sırasıyla 5.23 kWh/kWp/gün, 4.51 kWh/kWp/gün ve 3.99 kWh/kWp/gün olarak bulunmuştur. Yıllık ortalama günlük dizi verimliliği, invertör verimliliği ve sistem verimliliği sırasıyla %11.34, %88.38 ve %10.02 olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama günlük performans oranı ve kapasite kullanım faktörü ise %76.97 ve %16.39 olarak ölçülmüştür [12].

Anang N. vd. 2021 yılında bir çalışma yayınlamışlardır. Bu çalışma, bir konut evindeki besleme tarifesi programı kapsamında gerçekleştirilen bir 7.8 kWp şebeke bağlantılı çatı üstü Fotovoltaik (PV) sistemin gerçek performansını sunmaktadır. PV sisteminin performans parametreleri, 2018-2019'da iki yıllık enerji üretimine dayalı olarak değerlendirilmiştir. PVsyst yazılımı, sistem performansını artırmak için seçilen alan için en iyi yönelim ve eğim açısını bulmak için kullanılmıştır. Daha sonra, Derating faktörü iki günlük veri toplama temelinde hesaplanmıştır. Bir güneş panelinin veya bir Fotovoltaik sistemin nominal gücünden (maksimum güç) daha az güç üretmesine neden olan çeşitli faktörlerin etkisini göz önünde bulunduran bir katsayı olan Derating faktörü, HOMER Pro kullanılarak sistem simülasyonunda kullanılmış ve 21 yıllık proje ömrü için ekonomik parametreler tahmin edilmiştir [13].

Belkhole P. vd. 2021 yılında yaptıkları çalışmada, güneş yükseltme kulesinde kullanılan çeşitli çatı toplayıcı malzemelerin performansını analiz etmişlerdir. Hindistan'ın Nagpur şehrinde 2018 yılında güneş yükseltme kulesi için bir deneysel kurulum geliştirilmiş ve kurulmuştur. Deneyler, cam, akrilik levha, polikarbonat levha ve kristalin levha gibi farklı çatı toplayıcı malzemeler kullanılarak 4.8 m ve 3.6 m yükseklikte bir baca üzerinde gerçekleştirilmiştir [14].

Milosavljević, D. vd. 2015 yılında yaptıkları çalışmada, Niş'teki Fen Bilimleri ve Matematik Fakültesi (FSM binası) üzerine kurulu 2 kW'lık (çatı üstü) bir güneş Fotovoltaik (PV) santralının temel verilerini ve gerçek iklim koşullarına bağlı olarak performansını ve enerji verimliliğini değerlendirmek için kullanılan ekipmanı (inverter, iletişim sistemi, otomatik meteoroloji istasyonu vb.) sunmaktadır. Makalenin amacı, elde edilen sonuçları Sırbistan'da ticari amaçlar için güneş PV santrallerinin iletim ağına entegrasyonunda uygulamaktır. Niş'teki FSM binasına kurulu güneş PV santralının enerji verimliliği ve diğer karakteristik parametrelerinin deneysel belirlenmesinden elde edilen sonuçlar, 1 Ocak 2013 ile 1 Ocak 2014 tarihleri arasındaki dönem için sunulmaktadır (global güneş enerjisi, ortam sıcaklığı, rüzgâr hızı, üretilen elektrik enerjisi vb.). 2013 yılında Niş'teki FSM binasındaki güneş PV santralının yıllık enerji verimliliğinin %10.07 olduğu ve ortam sıcaklığının artmasıyla azaldığı bulunmuştur. Güneş PV santralının yıllık performans oranı ortalaması %93.6, yıllık kapasite faktörü ise %12.88'dir ve bu yenilenebilir enerji üretiminin Niş'teki iletim ağına entegrasyonu 2013 yılında tatmin edici olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, benzer iklimlere sahip diğer ülkelerde güneş PV santrallerinin uygulanmasına rehberlik etmek için kullanılabilir olduğunu göstermiştir [15].

Bu çalışmada ise Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesinin Batı Kampüsünde bulunan Teknoloji Fakültesi E-12 ve E-14 bloklarının çatılarına kurulabilecek bir güneş panel sisteminin verimliliği ve üretimi teorik olarak incelenmiş ve faydalılık analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Batı Kampüsündeki Teknoloji Fakültesi E-12 ve E-14 bloklarının çatılarına kurulabilecek bir güneş panel sisteminin verimliliği ve üretimi PV*SOL yazılımı kullanılarak teorik olarak incelenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Önceki araştırmalar, farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının enerji ve maliyet etkinliğini, hayvan çiftliklerinde güneş enerjisinin ekonomik getirilerini, Hindistan gibi geniş coğrafi alanların güneş enerjisi potansiyelini ve çatı üstü PV sistemlerinin performans analizlerini ele almıştır. Ayrıca, konutlardaki çatı üstü PV sistemlerinin gerçek performansı, farklı çatı toplayıcı malzemelerin performansı ve çeşitli binalardaki PV santrallerinin enerji verimliliği üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Bu araştırma, PV*SOL yazılımıyla gerçekleştirilen detaylı simülasyonlar ve maliyet analizleri ile benzer çalışmalardan ayrılmaktadır. Özellikle, Isparta bölgesinin spesifik iklim koşullarında güneş panel sisteminin verimliliğinin belirlenmesi ve bu verimliliğin ekonomik analizlerle desteklenmesi, çalışmanın özgünlüğünü ve katkısını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma bölgesel ölçekli güneş enerjisi projelerinin planlanması ve uygulanması için önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

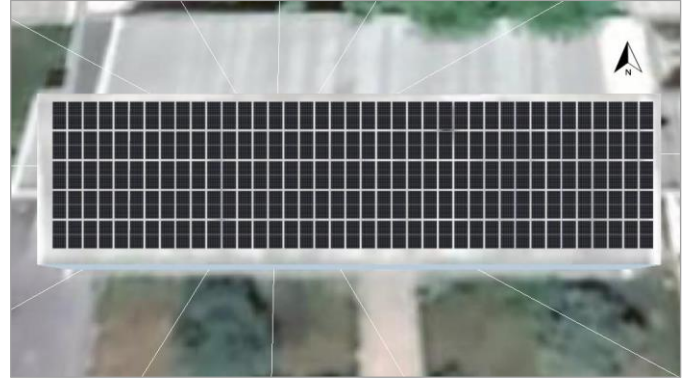
Ayrıca taranan literatüre göre bu çalışmanın özgün tarafı öğrencilere verilen bir eğitim esnasında yapılmış olması, öğrencilerin bu binaya yapılacak güneş panelleri ile ne kadarlık bir kazanç sağlayacaklarını tahmin etmesi ve sonuçlarla bu durumun karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırma sonuçları tamamlandıktan sonra verilen eğitimle ilgili düzenleme ve yenileştirme süreçleri de yapılmıştır. Bu durum eğitimdeki eksik kısımları ortaya çıkarmada, daha fazla detaylandırılması gereken kısımların belirlenmesinde de eğitime faydalı olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Teorik hesaplama yapılacak olan bina Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi E-14 bloğu çatısıdır. Bu çatının toplam alanı 503.7 m²'dir. PV*SOL yazılımı ile oluşturulan bu bilgiler Tablo 1'de, bina çatısına yapılan simülasyon çizimi Şekil 1'de görülebilmektedir [8].

Tablo 1. Panel Genel Bilgileri

Isim	Building 01-Roof Area South
PV modülleri	195 x PS540M6- 24/TH (v2)
Üretici	
Eğim	15 °
Yerleşim Yönü	Güney 181 °
Montaj Türü	Çatı paraleli - iyi hava aldırır
PV jeneratör yüzeyi	503.7 m ²

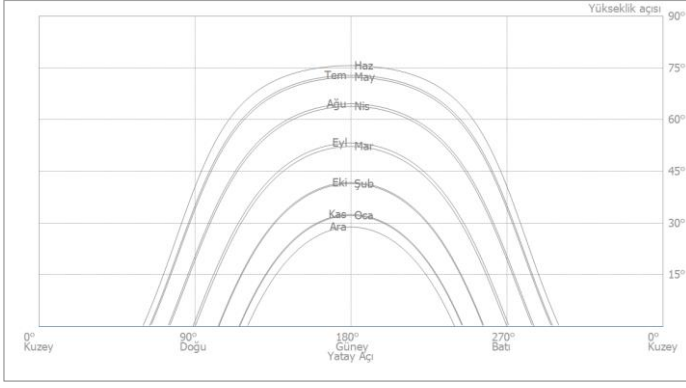


Şekil 1. Panellerin Bina Çatısına Temsili Olarak Yerleşimi

Simülasyonun yapıldığı yerleşke Isparta ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bölgeye ait iklim verileri ve kullanılan simülasyon modelleri Tablo 2'de, güneş durumunu gösteren şehre ait ufuk çizgisi grafiği ise Şekil 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Isparta İli İklim Verileri ve Simülasyon Modelleri

Konum	Isparta, TUR (1991 - 2010)
Verilerin çözünürlüğü	1 h
Kullanılan simülasyon modelleri:	
- Yatayda difüz radyasyon	Hofmann
- Eğimli yüzeye düşen ışınım	Hay & Davies



Şekil 2. Isparta İline Ait Ufuk Çizgisi Grafiği

Sistemin PV*SOL ile simülasyonu yapıldığı zaman 195 adet panel kullanma gereği ortaya çıkmıştır. Çatı bu 195 panel ile tamamen kapatılmıştır. Yazılımın bu paneller ile ilgili verdiği çıktı Tablo 3'te görülebilmektedir.

Tablo 3. PV Sistemi Panel ve Çıkış Verileri

İklim verileri	Isparta, TUR (1991 - 2010)
PV jeneratör çıkışı	105.3 kWp
PV jeneratör yüzeyi	503.7 m ²
Sayı PV modülleri	195
Evirici Sayısı	2

Bu tabloda kullanılan Watt Peak veya kısaca Wp, Fotovoltaik sistemlerde enerji dönüşüm oranını değerlendirmek için kullanılan bir güç birimidir. Bu birim, güneş panellerinin standart sıcaklık ve gün ışığı koşullarında üretebileceği maksimum gücü ifade eder.

Watt peak değeri, solar panelin bulunduğu konumdan bağımsız olarak belirlenir. Bu değer, ölçüm yapılan yerin öğle vaktinde olduğu ve gölgesiz olduğu varsayılan optimum koşullarda elde edilebilecek maksimum gücü yansıtır. Ayrıca, güneş ışınlarının doğru açı ve yoğunlukta panele ulaştığı kabul edilir. Ölçüm, 25°C derece sıcaklık ve 1 kW/m² solar ışınımı şartlarında gerçekleştirilir [15].

Güneş paneli inverterlerinde boyutlandırma faktörü, sistemin güneş panellerinin maksimum güçlerinin toplamını, inverterin maksimum gücüne bölünerek hesaplanan bir yüzde değeridir. Bu faktör, güneş panellerinin nominal güçlerinin (Watt peak) toplamını inverterin maksimum gücünden daha düşük olması gerektiği durumları dikkate alarak belirlenir. Genellikle %80 ila %120 arasında değişen bir değer alır. Bu, sistemin verimliliğini artırmak ve güvenilirliğini sağlamak için tasarım aşamasında dikkate alınır. Örneğin, bir sistemde güneş panellerinin toplam gücü, inverterin maksimum gücünün %80'inden fazla olmamalıdır. Bu sayede inverter aşırı yüklenmeden korunur ve sistemin performansı optimize edilir. Bu faktörü de içeren yazılımda kullanılan inverter değerleri Tablo 4'de görülebilmektedir.

Tablo 4. İnverter Parametreleri

Modül Alanı	Building 01-Roof Area South
İnvertörler 1	
Model	SUN2000-50KTL-M3-380V (v2)
Üretici	
Sayı	1
Boyutlandırma faktörü	105.8 %
Konfigürasyon	MPP 1: 2 x 15 MPP 2: 2 x 15 MPP 3: 2 x 12 MPP 4: 1 x 14
İnvertörler 2	
Model	SUN2000-50KTL-M3-380V (v2)
Üretici	
Sayı	1
Boyutlandırma faktörü	104.8 %
Konfigürasyon	MPP 1: 2 x 15 MPP 2: 2 x 14 MPP 3: 2 x 12 MPP 4: 1 x 15

Bu tabloda karşımıza çıkan MPP (Maximum Power Point) konfigürasyonu, güneş paneli sistemlerinde kullanılan bir terimdir. Bu konfigürasyon, güneş panellerinin maksimum güç noktasına (MPP) en iyi şekilde uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış bir inverter ve/veya kontrol cihazı tarafından sağlanır.

MPP konfigürasyonu, güneş panellerinin çıkış gerilimi ve akımını sürekli olarak izleyen ve panellerin MPP'sini belirleyen bir kontrol algoritması kullanır. Bu sayede güneş paneli sistemi, herhangi bir koşul altında en yüksek güç çıkışını elde edebilir. MPP konfigürasyonu genellikle PV (Fotovoltaik) sistemlerinde, özellikle de değişken güneş ışığı koşullarında maksimum verimlilik sağlamak için kullanılır.

MPP konfigürasyonu, sistem tasarımı sırasında dikkatlice seçilir ve uygulanır. İyi bir MPP konfigürasyonu, güneş paneli sisteminin performansını optimize eder, enerji üretimini artırır ve sistem verimliliğini en üst düzeye çıkarır. Bu da daha yüksek enerji verimliliği ve daha düşük maliyetler anlamına gelir.

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemin kullanım oranı (PR, Performance Ratio) PR oranı, gerçekleşen üretimin hesaplanan (beklenen) üretime oranıdır ve (1) numaralı denklemle tanımlanır. Bu çalışmada PR oranı 0.91 olarak alınmıştır.

$$PR = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim}}{\text{Beklenen Üretim}} \quad (1)$$

Burada önemli olan panel seçimine göre beklenen üretimin nasıl hesaplandığıdır. PV*SOL programı, Fotovoltaik (PV) sistemlerin beklenen üretimini hesaplamak için çeşitli faktörleri dikkate alır ve bir simülasyon yapar. Bu faktörler arasında güneş ışığı verileri, panel eğimi ve yönelimi, hava koşulları, bulut örtüsü, sıcaklık etkisi, gölgeleme etkisi ve sistem bileşenlerinin performansı bulunur. kurulmasıyla önlenilecek karbondioksit (CO₂) emisyonlarını hesaplamak için genellikle bir standart emisyon faktörü kullanılır. Bu emisyon faktörü, bir birim elektrik enerjisi üretmek için geleneksel enerji kaynaklarına bağlı olarak atmosfere salınan ortalama CO₂ miktarını ifade eder.

Program aynı zamanda önlenen emisyonu da hesaplar. PV*SOL programı, Fotovoltaik (PV) sistemlerin kurulmasıyla önlenebilecek karbondioksit (CO₂) emisyonlarını hesaplamak için genellikle bir standart emisyon faktörü kullanır. Bu emisyon faktörü, bir birim elektrik enerjisi üretmek için geleneksel enerji kaynaklarına bağlı olarak atmosfere salınan ortalama CO₂ miktarını ifade eder.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yazılım simülasyonu sonucunda elde edilen üretim ve emisyon tasarruf değerleri başta olmak üzere Tablo 5'teki verilere ulaşılmıştır.

Tablo 5. Sistem Simülasyonu Sonuçları

PV jeneratör çıkışı	105.3 kWp
Yıllık Özgül Kazanç	1,614.65 kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)	91.0 %
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı	0.0 %/Yıl
Şebeke beslemesi	170,071 kWh/Yıl
İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)	170,071 kWh/Yıl
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	48 kWh/Yıl
Önlenen CO ₂ emisyonu	79,911 kg/yıl

PV*SOL yazılımının bize gerek panel maliyeti gerekse kullanılan malzemelerle beraber üretilen enerji üzerinden bir finansal analiz çıkarma özelliği bulunmaktadır. Kullanılan malzeme birim fiyatları üzerinden tasarlanan güneş paneli elektrik üretim sisteminin toplam maliyetinin hesaplanabilir ve elektrik

puant değeri üzerinden de üretilen enerjinin değerini bize iletebilir. Yazılımın bize verdiği finansal analiz Tablo 6'da görülebilmektedir.

Tablo 6. Finansal Analiz Çıktısı

Sistem Bilgileri	İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)	170,071 kWh/Yıl
	PV jeneratör çıkışı	105.3 kWp
	Sistemin devreye alınması	10.12.2022
	Değerlendirme Dönemi	20 Yıllar
	Anaparaya uygulanan faiz	1 %
Ekonomik Parametreler		
	Varlıkların Getirisi	10.61 %
	Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	204,667.99 ₺
	Amortisman süresi	8.6 Yıllar
	Elektrik üretim maliyeti	0.05 ₺/kWh
Ödemelere Genel Bakış		
	Belirli yatırım giderleri	1,500.00 ₺/kWp
	Yatırım Maliyetleri	157,950.00 ₺
	Tek Seferlik Ödemeler	0.00 ₺
	Gelen Sübvansiyonlar	0.00 ₺
	Yıllık giderler	0.00 ₺/Yıl
	Diğer Gelirler veya Tasarruflar	0.00 ₺/Yıl
Ödemeler ve Tasarruflar		
	Şebeke İşletmecisi tarafından ilk yılda yapılan toplam ödeme	18,379.52 ₺/Yıl
	EEG 2015 (Mai) - Gebäudeanlage	
	Geçerlilik	7.01.2023 - 31.12.2043
	Özel Besleme Ücreti	0.1133 ₺/kWh
	şebekeye beslemeden gelir	19,277.03 ₺/Yıl

Yazılım bize nakit akış tablosunu da simüle edebilmektedir. Bu tablo genellikle bir Fotovoltaik projenin ekonomik analizine ilişkin sonuçları içeren bir raporu ifade eder. Bu rapor, sistem kurulumu için gereken maliyetleri, projenin ömrü boyunca

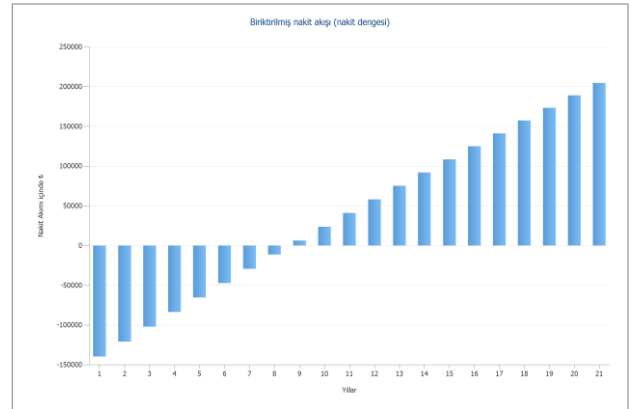
beklenen gelirleri ve geri ödeme süresi gibi önemli finansal göstergeleri içerir. PV*SOL yazılımı nakit akışı çıktıları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Nakit Akış Tablosu

	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5
Yatırımlar	-₺157.950,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
şebekeye beslemeden gelir	₺18.197,55	₺18.897,20	₺18.710,09	₺18.524,85	₺18.341,43
Yıllık nakit akışı	-₺139.752,45	₺18.897,20	₺18.710,09	₺18.524,85	₺18.341,43
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺139.752,45	-₺120.855,26	-₺102.145,16	-₺83.620,32	-₺65.278,88
	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
şebekeye beslemeden gelir	₺18.159,83	₺17.980,03	₺17.802,01	₺17.625,76	₺17.451,24
Yıllık nakit akışı	₺18.159,83	₺17.980,03	₺17.802,01	₺17.625,76	₺17.451,24
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	-₺47.119,05	-₺29.139,02	-₺11.337,01	₺6.288,75	₺23.739,99
	Yıl 11	Yıl 12	Yıl 13	Yıl 14	Yıl 15
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
şebekeye beslemeden gelir	₺17.278,46	₺17.107,38	₺16.938,00	₺16.770,30	₺16.604,26
Yıllık nakit akışı	₺17.278,46	₺17.107,38	₺16.938,00	₺16.770,30	₺16.604,26
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺41.018,45	₺58.125,83	₺75.063,84	₺91.834,14	₺108.438,40
	Yıl 16	Yıl 17	Yıl 18	Yıl 19	Yıl 20
Yatırımlar	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00	₺0,00
şebekeye beslemeden gelir	₺16.439,86	₺16.277,09	₺16.115,93	₺15.956,37	₺15.798,38
Yıllık nakit akışı	₺16.439,86	₺16.277,09	₺16.115,93	₺15.956,37	₺15.798,38
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺124.878,26	₺141.155,35	₺157.271,28	₺173.227,64	₺189.026,03
	Yıl 21				
Yatırımlar	₺0,00				
şebekeye beslemeden gelir	₺15.641,96				
Yıllık nakit akışı	₺15.641,96				
Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)	₺204.667,99				

Güneş enerji üretim analizlerinde önemli parametrelerden biri de biriktirilmiş nakit akışı yani nakit dengesi grafikleridir. Biriktirilmiş nakit akış grafiği (Cumulative Cash Flow Graph), belirli bir süre boyunca bir projenin veya yatırımın toplam nakit akışını görsel olarak gösteren bir grafikdir. Bu grafik, zaman içindeki net nakit akışlarının birikmiş toplamını gösterir ve genellikle projenin veya yatırımın finansal performansını değerlendirmek için kullanılır.

Biriktirilmiş nakit akış grafiği, projenin veya yatırımın geri ödeme süresini, nakit akışlarının zamanlamasını ve yatırımın toplam getirisini analiz etmek için kullanılır. Bu grafik, finansal performansı daha iyi anlamak ve karar vermek için önemli bir araçtır. Tasarlanan sistemin nakit akış grafiği Şekil 3'te görülebilmektedir.



Şekil 3. Biriktirilmiş nakit akışı (nakit dengesi)

Biriktirilmiş nakit akış grafiği, zamanın dikey eksenine ve toplam nakit akışının yatay eksenine yerleştirilmiştir. Grafik, proje veya yatırımın başlangıç noktasından itibaren zamanla nasıl birikim sağladığını gösterir. Eğer biriktirilmiş nakit akış grafiği yukarı doğru bir eğri gösteriyorsa, bu, projenin veya yatırımın

zamanla pozitif bir nakit akışı yarattığını gösterir. Yani, toplam nakit akışı artarak biriktirilir. Eğer grafiğin eğrisi aşağı doğru bir yönde ilerliyorsa, bu, projenin veya yatırımın zamanla negatif bir nakit akışı yarattığını gösterir. Bu durumda, toplam nakit akışı azalarak biriktirilir.

Bu tür bir durum, bir projenin veya yatırımın başlangıçta maliyetli olabileceğini, ancak zamanla karlı hale gelebileceğini gösterebilir. İlk yıllarda yapılan yatırımların, ilerleyen yıllarda artan gelirler veya getirilerle telafi edildiğini gösterir. Bu durum, uzun vadeli bir yatırım stratejisinin bir parçası olabilir ve projenin veya yatırımın uzun vadede karlı olabileceğini gösterir.

4. Sonuç

Bu çalışmada bir Fakülte binasının çatı alanının bir kısmının güneş enerjisi panelleri ile kaplanması durumunun enerji, çevre ve ekonomik analizi sunulmuştur. 2023 yılının başından itibaren faaliyete geçebileceği dikkate alınarak, sistemin geri ödeme süresi ve emisyon tasarrufu belirlenmiştir. Yıllık 170 MWh gibi enerji üretiminin, 503 m2 genişliğindeki çatı alanından sağlanabileceği gösterilmiştir. Dünya genelinde yaşanan büyük küresel krizler (sağlık, bölgesel çatışmalar vb.) sebebiyle enerji fiyatlarında hızlı yükselişler görülebilmektedir. Bu durumda yapılan mali analizlerin çok daha hızlı geri ödeme sürelerine yol açabildiği, geçtiğimiz yıllarda gözlenen bir olgudur. Ayrıca kamu binalarındaki uygun çatılarda, ülkemizin yeşil kalkınma ve sürdürülebilir enerji arzı hedeflerine katkı sağlayabilecek önemli enerji arz rakamlarının elde edilebileceği görülmüştür. Güncel şartlarda azalan panel ilk yatırım bedelleri dikkate alındığında, geri ödeme sürelerinde azalma elde edilebilecek fırsatların değerlendirilebileceği ifade edilebilir. Ayrıca bu çalışmanın devamı şeklinde olabilecek başka bir çalışmada, binanın karbon ayak izi hakkında detaylı bilgilendirme ve fosil yakıt tüketimi ile karşılaştırma yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Bu doğrultuda, öncelikle binanın yıllık enerji tüketim verileri toplanacaktır. Elektrik ve doğalgaz tüketimi gibi veriler detaylandırılacak ve bunlara ek olarak inşaat sürecinde kullanılan malzemelerin karbon emisyon verileri belirlenecektir. Bu veriler kullanılarak, ilgili emisyon faktörleri ile toplam karbon ayak izi hesaplanacaktır. Ayrıca, benzer özelliklere sahip fosil yakıt kullanan bir bina için de enerji tüketim ve emisyon verileri toplanacak ve karşılaştırma yapılacaktır. Yapılacak bu çalışma, projenin sürdürülebilirlik hedeflerine olan katkısını somut verilerle ortaya koyacak ve binanın fosil yakıt kullanımına kıyasla daha çevreci bir alternatif olduğunu kanıtlayacaktır. Bu analiz ve karşılaştırmalar, projenin çevresel etkilerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmemize olanak tanıyacaktır.

Ayrıca çalışmanın yapıldığı bölge olan Isparta, Türkiye'nin Akdeniz iklimine sahip bir bölgesi olarak, güneş enerjisi potansiyeli yüksek bir alanda bulunmaktadır. Bu durum, PV sistemlerinin enerji üretiminde yüksek verimlilik sağlamasını mümkün kılmaktadır. Isparta'nın bol güneş alan gün sayısı, PV sistemlerinin üstünlüklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bölgenin iklim koşulları göz önünde bulundurulduğunda, kış aylarında yaşanan yoğun yağışlar ve nadiren de olsa görülen dolu yağışları PV panelleri için risk oluşturabilmektedir. Bu nedenle, PV sistemlerinin kurulumu sırasında, panellerin zarar görmesini önlemek amacıyla uygun koruyucu önlemler alınmalıdır. Aynı zamanda, PV sistemlerinin verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için düzenli bakım ve temizlik faaliyetleri de büyük önem taşımaktadır. Isparta'nın iklim ve hava koşulları dikkate alınarak yapılacak bu değerlendirmeler, PV sistemlerinin avantajlarını ve potansiyel risklerini daha iyi anlamamıza

yardımcı olacak ve projenin sürdürülebilir enerji hedeflerine katkısını artıracaktır.

Kaynakça

- [1] DOĞANAY, M. M. (2021). Mardin bölgesi güneş (fotovoltaik) enerjisi potansiyel analizi. Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 86-117.
- [2] Özcan, Ö., & İzgi, E. (2020). ŞEBEKEYE BAĞLI FOTOVOLTAİK ÇATI SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRMALI PERFORMANS ANALİZİ. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(3), 127-140.
- [3] TURAN, O. (1). 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 34(2), 609-626.
- [4] ŞAHİN, Z. R., DİNÇER, F., & YILMAZ, A. S. (2022). 4 KİŞİLİK BİR AİLENİN ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI VE SİMÜLYASYONU. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(Özel Sayı), 46-56.
- [5] Dinçer, F. (10). kW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerjisi Santrali Çatı Tasarımı ve Maliyet Analizi. Recent Advances in Science and Technology, 237.
- [6] Taşkın, O., & Vardar, A. (2019). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi Çatısının Güneş Elektrik Potansiyelinin Tahminlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1), 45-51.
- [7] Uçar, S., & Kokulu, N. (2018). Antalya bölgesinde yeni tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi. 4. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, 377-386.
- [8] PV*SOL Software Demo Version 2021 (R8).
- [9] Yanardağ, H. M. (2015). Farklı Bina Formlarında Güneş Pili Uygulamalarının Enerji ve Maliyet Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [10] ORHAN, N., & ŞAHİN, S. (2022). Bir besi çiftliğinde güneş enerji sisteminin uygulanması ve ekonomik analizi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(1), 33-40.
- [11] Singh, R., & Banerjee, R. (2015). Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city. Solar Energy, 115, 589-602.
- [12] Yadav, S. K., & Bajpai, U. (2018). Performance evaluation of a rooftop solar photovoltaic power plant in Northern India. Energy for sustainable development, 43, 130-138.
- [13] Anang, N., Azman, S. S. N., Muda, W. M. W., Dagang, A. N., & Daud, M. Z. (2021). Performance analysis of a grid-connected rooftop solar PV system in Kuala Terengganu, Malaysia. Energy and Buildings, 248, 111182.
- [14] Belkhode, P. N., Shelare, S. D., Sakhale, C. N., Kumar, R., Shanmugan, S., Soudagar, M. E. M., & Muftaba, M. A. (2021). Performance analysis of roof collector used in the solar updraft tower. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 48, 101619.

- [15] Milosavljević, D. D., Pavlović, T. M., & Piršl, D. S. (2015). Performance analysis of A grid-connected solar PV plant in Niš, republic of Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 423-435.
- [16] Wikipedia. (2024, Nisan 30). Watt peak. Erişildiği tarih: 2024, Nisan 30, https://tr.wikipedia.org/wiki/Watt_peak#bodyContent

Kilin Çelik Cürufu ile Stabilizasyonu

Münire FINDIK^{1*}

^{1*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7333-8713), mnr.dikmen@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 30.04.2024 ve Kabul Tarihi 25.06.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1476122)

ATIF/REFERENCE: Fındık, M. (2024). Kilin Çelik Cürufu ile Stabilizasyonu. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 19-28.

Öz

Yetersiz taşıma kapasitesine sahip killer, şişen zeminler ve oturma sorunları mühendisler için dünya çapında bir sorundur. Zeminlerin taşıma kapasitesini ve mühendislik özelliklerini iyileştirmek ve şişme problemlerini en aza indirmek için farklı katkı maddeleri ile zemin stabilizasyonu en yaygın ve ekonomik açıdan çok tercih edilen yöntemlerdir. Zeminlerin inşaat atığı, silis dumanı, uçucu kül, plastik atık ve cam atığı gibi farklı katkı maddeleri ile stabilizasyonuna literatürde sıklıkla rastlanmaktadır. Günümüzde artan çevre kirliliği, doğaya zarar vermesi ve ekolojik dengenin bozulması nedeniyle bu atıkların kontrollü depolanması sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu atıkların geri dönüşüm ürünü olarak kullanılması hem doğaya hem de bazı mühendislik problemlerinin çözümüne katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada Burdur -Muğla bölgesinden elde edilen yumuşak kil ve demir cürufu ile killi zeminlerin stabilizasyonu, ile rijitlik özelliklerinin iyileştirilmesi, şişme basıncının ve potansiyelinin azaltılmasına yönelik deneysel araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla kuru kil ağırlığının % 10, % 15, % 20' si oranında cüruf içeren cüruf-kil karışımları hazırlanmıştır. Öncelikle kil numunesinin indeks özellikleri belirlenecek, dayanıklılık ve sıkışma testleri yapılmış ve ödometre testi yardımıyla şişme basıncı ve şişme yüzdesi belirlenmiştir. Sonrasında proktor sıklığında hazırlanan kil numunelerine %10, %15 ve %20 oranında demir cürufu karıştırılarak aynı deneyler tekrarlanmıştır. Bu deneylerin sonuçları grafik ve tablolar halinde sunulmuş ve demir cürufunun kile stabilizatör olarak kullanımıyla nem oranı, şişme yüzdesi, şişme basıncı değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılan sonlu elemanlar analizlerinde ise oturma değerlerinin azaldığı ve gerilme şekillerinin değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kil, Çelik cürufu, Stabilizasyon, Plaxis 3D

Stabilization of Clay with Iron Slag

Abstract

Clay and expansive soils with insufficient bearing capacity and settlement problems are a worldwide problem for engineers. The most common and economical methods are used in soil stabilization with additives used to improve the bearing capacity and durability properties of soils and to minimize swelling problems. Stabilization of soils with different additives such as construction waste, silica fume, fly ash, plastic waste and glass waste is frequently encountered in the literature. Today, increasing environmental pollution poses the problem of controlled storage of these wastes due to damage to nature and disruption of ecological balance. Using these wastes as recycling products contributes to both nature and the solution of some engineering problems. In this study, experimental research will be carried out on the stabilization of clay soils, improvement of durability properties, and reduction of swelling pressure and potential with soft clay and iron slag obtained from the Burdur- Muğla region. For this purpose, slag-clay mixtures containing slag at the rate of 10, 15, 20% of the dry clay weight were prepared. First of all, the index properties of the clay sample were determined, durability and compression tests were performed, and the swelling pressure and percentage were calculated with the help of an odometer test set. Afterwards, the same experiments were repeated by mixing 10%, 15% and 20% iron slag into the clay samples prepared at proctor density. The results of this experiment were presented in graphs and tables, and it was observed that the moisture content, swelling percentage and swelling pressure values decreased with the use of iron slag as a clay stabilizer. From the finite element analyses, it was determined that the settlement values decreased and the stress patterns changed.

Keywords: Clay Iron slag, Stabilization, Plaxis 3D

*

1. Giriş

Yumuşak zeminlerin zayıf mühendislik performansı, yani yüksek sıkışabilirlik ve düşük taşıma kapasitesi, düşük kesme mukavemeti; altyapı bütünlüğünü, temel davranışını ve şev stabilitesini ciddi şekilde etkilemektedir. Dolayısıyla bu özellik geoteknik mühendisliğinde evrensel olarak incelenmektedir [1],[2],[3],[4]

Nem içeriği değişen killi zeminlerin davranışına, özellikle bu zeminlerin Montmorillonit (smektit) ve illit mineralleri gibi hacim değişimine duyarlı önemli miktarda kil minerali içermesi durumunda büyük dikkat gösterilmelidir. Yağışlı mevsimlerde bu zeminler suya maruz kaldıkça şişip yumuşar, kurak mevsimlerde ise su kaybettiçe büzülür ve sertleşir [5] Bu zeminler nem içeriğindeki değişime bağlı olarak önemli hacim değişimi gösterir. Çünkü bu zemindeki kil, suyu emme kabiliyeti yüksek olan mineralleri açısından zengindir. Bu zeminin şişme-büzülme davranışı, üzerine inşa edilen hafif binalar ve yol kaplamaları gibi altyapıların zarar görmesine neden olur [6] Bu davranışın bu tür zeminler üzerine inşa edilen yapılara ciddi zararlar verdiği bilinmektedir [5] Bu zeminlerin mekanik özellikleri iyileştirilerek oluşturacakları hasarlar azaltılabilir.

Zemin stabilizasyonu, özel mühendislik gereksinimlerini karşılamak üzere zemin özelliklerinin değiştirilmesi yoluyla zeminlerin iyileştirilmesine yönelik çözümlerden biridir. Başka bir deyişle zeminlerin belirli özelliklerinin bu amaçla uygulanacak mühendislik çözümleriyle fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılarak iyileştirilmesidir. Zeminlerin özelliklerini iyileştirmek için kompaksiyon, enjeksiyon, derin karıştırma, taş kolon, jet grout, zemin donatı takviyesi ve katkı malzemeleriyle stabilizasyon gibi çeşitli teknikler kullanılmıştır.

Geniş zemin özelliklerinin iyileştirilmesi için birçok stabilizasyon tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Zemin güçlendirme yöntemlerinden biri olan kimyasal stabilizasyonda zeminlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için çok tercih malzemeler mevcuttur. Kireç, çimento ve uçucu kül, inorganik tuz ve diğer kimyasal bileşikler zemin davranışını iyileştirmek için tercih edilen stabilize edici malzemelerdir [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Bununla birlikte, bu yöntemlerin enerji veya yenilenemeyen kaynak tüketimi açısından önemli çevresel etkileri vardır. [6]. Bu bağlamda endüstriyel yan ürünlerin ve metalik cürüfların kullanımı son zamanlarda teşvik edilmektedir [12],[13],[14],[15].

Endüstriyel atıkların bertaraf edilmesi yerine yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi daha cazip hale gelmektedir. Demirin çeliğe dönüştürülmesinin bir yan ürünü olan çelik cürufu, halen büyük bir yüzdesi çöplüklerde bertaraf edilen endüstriyel atıklardan biridir. Geçtiğimiz yıllarda, inşaat malzemesi olarak doğrudan kullanım için daha istikrarlı olduğu düşünülen yüksek fırın cürufunun çelik cürufundan daha fazla olması nedeniyle çelik cürufu çok tercih edilmemektedir. Ancak 2002 yılında Avrupa'da ise 12 milyon ton, dünya çapında ise 50 milyon mt çelik cürufunun üretildiği tahmin ediliyordu [16], [17]. Şu anda dünya yıllık çelik cürufu üretiminin 90 ila 135 milyon mt arasında olduğu tahmin edilmektedir [18] Türkiye'de de artan çelik yapı stoğu göz önüne alındığında artan çelik cürufunun stoğu olduğu gözardı edilmemelidir.

Çelik fabrikalarının üretimi sonucu oluşan cüruf, katı atık olarak düzensiz bir şekilde depolanmakta ve çok sayıda arazi kaynağı tüketilmektedir. Bu büyük miktarlardaki katı atığın bertaraf edilmesi, kirlilik, enerji tüketimi ve karbon

emisyonlarından kaynaklanan çevresel sorunlar; kullanılmayan arazi kaynaklarından ve pahalı çimentolu malzemelerin değiştirilmesinden kaynaklanan ekonomik sorunlar oluşmaktadır [19]. Katı atıklar, özellikle taşıma maliyetinin en aza indirildiği kıyı bölgelerinde çevre dostu bir alternatif olarak yumuşak zeminin stabilizasyonunda giderek daha fazla kullanılmaktadır [20].

Çelik cürufunun çevresel güvenilirliği birçok araştırma ve saha inşaatı ile iyi bir şekilde kanıtlanmış olmasına rağmen, hacim kararsızlığı nedeniyle çelik cürufunun kullanımı, demir üretim prosesindeki cüruftan, yani yüksek fırın cürufundan nispeten daha düşüktür. Çelik cürufunun yüksek oranda serbest kireç ve serbest magnezyum oksit içerdiği ve bunların su ile temas ettiğinde reaksiyona girerek hacim genişlemesine neden olabilecek hidroksitler oluşturduğu yaygın olarak bilinmektedir [21]. Çelik cürufu kimyasal bileşim olarak portland çimentosuna benzediği ve çevresel etkilerde daha güvenli olduğu için alternatif bir ürün olarak son zamanlarda tercih edilmektedir. Çünkü çimento ve kireçle stabilize edilmiş zemin büyük miktarlarda enerji ve kaynak tüketir; ayrıca çimento fabrikalarından kaynaklanan CO₂ emisyonu hem çevre hem de insan hayatı açısından ciddi sorunlara yol açmaktadır [20] Dünya çapında yayılan toplam karbon monoksitin yüzde beşinden sorumlu olduğunu iddia etmiştir [21]. Bu nedenle inşaat projelerinde atık veya yan ürünlerin oluşması için ilave çimentolu malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Çelik cürufunun yüksek oranda serbest kireç ve serbest magnezyum oksit içerdiği ve bunların su ile temas ettiğinde reaksiyona girerek hacim genişlemesine neden olabilecek hidroksitler oluşturduğu yaygın olarak bilinmektedir [22],[23],[24]. Bu nedenle, kilin şişme ve kayma mukavemeti parametrelerinin iyileştirilmesinde çimento, kireç gibi malzemelere alternatif olarak çelik cürufunun stabilizatör olarak kullanılması önerilmektedir [21]

Bazı araştırmacılar genişleyen zeminlerin özelliklerini iyileştirmek için kırılmış kireçtaşı (CRL) kullanmıştır [25]. Çelik cürufunun farklı işlemlerde kullanılması, bertaraf sorununun hafifletilmesine ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olacaktır. Bu amaçla araştırmacılar, çelik fabrikalarının çelik cürufunu atık malzemesini zemin iyileştirmede, [26], [27] yol yapımında veya kaldırımlarda kullanılan agregalar olarak çelik cürufunun kullanımının uygulanabilirliğini belirlemeye odaklanmıştır, betonda agrega olarak veya diğer üretim süreçlerinde hammadde olarak kullanmışlardır [15].

Killi zeminde çelik cürufunun etkisini değerlendirmek amacıyla Doğal ve stabilize edilmiş zeminler üzerinde zemine %0, %2,5, %5, %10, %15 ve %20 oranında çelik cürufu ekleyerek bir dizi laboratuvar testi yapmışlardır. Zemin stabilize edildiğinde likit limit, plastisite indeksi, optimum nem içeriği, şişme basıncı ve şişme yüzdesi değerlerinin azaldığını göstermiştir. Ancak killi zemin numunelerine çeşitli oranlarda çelik cürufunun eklenmesiyle maksimum kuru yoğunluk, serbest basınç dayanımı ve Kaliforniya taşıma oranı değerleri artırılmıştır. Çelik cürufunun killi toprakların geoteknik özelliklerini başarılı bir şekilde iyileştirdiğini görmüşlerdir [28]. Yumuşak killi toprak ile kuru ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranlarında çelik cürufu eklenecek elek analizi, Atterberg limitleri, serbest şişme indeksi (SI), özgül ağırlık, sıkıştırma, serbest basınç dayanımı ve üç eksenli test, hem kil zemin hem de harmanlanmış zemin üzerinde gerçekleştirmişlerdir Testler kürlenmenin 0, 7, 14 ve 28. günlerinde yapılmıştır. Karışımın zeminin mukavemet

karakteristiğinin, çelik cüruf yüzdesi ve kür süresindeki artışla arttığı bulmuşlardır [29].

Çimento ve çelik cürufu ile birlikte stabilize edilen zeminlerin mekanik performansını ve mikro güçlendirme mekanizmasını araştırıldığında; zeminin basınç dayanımının, genel nem içeriğinden bağımsız olarak göreceli çelik cürufu miktarıyla birlikte azaldığını göstermektedir. Çelik cürufunun çimentoya optimal ekonomik oranı 6:9 yani, zemin stabilizasyonu için kullanılan çimento ve çelik cürufunun dozajı sabitse, çimentonun %40'ının yerine çelik cürufunun kullanılması gerektiği bulunmuştur. Çelik cürufunun parçacık boyutu ne kadar küçük olursa, çelik cüruf parçacıklarının çimento ile puzolanik reaksiyon verimliliği de o kadar yüksek olup zeminin mukavemetindeki iyileşme de o kadar belirgin olur. Stabilize edilmiş zeminin basınç dayanımı, kür süresi boyunca artmıştır. Zeminlerin erken mukavemeti, çimentonun hızlı hidrasyonu nedeniyle etkili bir şekilde geliştirilebilirken, daha sonraki mukavemetleri, çelik cürufunun çimento hidrasyon ürünleri ile reaksiyonuyla daha da güçlendirilebilmektedir [30].

Çelik cürufunun killi zeminin şişme potansiyeli üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, optimum su içeriği koşullarında farklı yüzdelerde çelik cürufu kullanılarak şişme testleri yapılmıştır. Çelik cürufu içeriği arttıkça serbest şişmenin kökeninin neredeyse doğrusal olarak azaldığını göstermektedir. İşlenen zeminin serbest şişmesi %0 çelik cürufu için %5,1'den , %15 çelik cürufu için %3'e ve %30 çelik cürufu için %1,7'ye düşürüldü. Çelik cüruf içeriğinin artmasıyla birlikte şişme basıncının azaldığını göstermiştir. şişme basıncının %0 çelik cürufu için 110 kPa'dan %15 çelik cürufu için 55 kPa'ya ve %30 çelik cürufu için 25 kPa değerine düştüğünü göstermektedir. kPa cinsinden şişme basıncının yüzde cinsinden şişme değerine oranı dikkate alınır bu oran %0 çelik cürufu için 20, %30 çelik cürufu için 15,2'dir (yani çelik cüruf içeriğinin artmasıyla oran azalır). Çelik cüruf içeriğinin artmasıyla birlikte şişme değeri ve şişme basıncının azalması, çelik cüruf agregalarının plastik olmayan yapısından kaynaklanmaktadır [5].

Yüksek plastisiteli bir kilin çelik cürufu (SS) ve pirinç kabuğu külü (RHA) ilavesiyle stabilizasyon mekanizması araştırılmış ve CH'ye %15 SS ve %9 RHA eklenmesiyle CBR, UCS ve elastik modül sırasıyla %412,5, %384,1 ve %374,7 arttı. SS'nin eklenmesi, hidrasyon reaksiyonu için gereken kalsiyum ve alüminyum iyonlarını sağlayarak, RHA'nın puzolanik aktivitesi SS'nin aktivitesini artırabilir ve SS'nin jelleşme özelliğini daha da geliştirebilmektedir [31].

Tablo 2. Kil Zeminin Kimyasal Özellikleri [33]

Zemin	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Kil	< 0.1	17.4	4.3	47.1	< 0.1	0.3	2.8	0.2	0.1	16.6

2.2. Çelik Cürufu

Çelik ve paslanmaz çelik üretimi, Çelik Cürufu olarak bilinen ve çeliğin türüne göre karbon çeliği cürufu veya paslanmaz çelik cürufu olarak sınıflandırılabilen katı bir atık üretir [15] Çelik cürufu, Açık Ocak (OH), Bazik Oksijen Fırını (BOF) ve Elektrik Ark Ocağı (EAF) gibi çeşitleri farklı işlemlerden üretilir.

Zayıf zeminlerin mühendislik parametresini iyileştirmek için kullanılan katkı maddelerine alternatif olan çelik cürufunun kullanımı üzerine son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda göz önüne alınarak bu makalede killi zeminleri çelik cürufu ile iyileştirmenin etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kil zemin içine %10,15,20 oranında çelik cürufu ilave edilerek, doğal ve stabilize edilmiş zeminler üzerinde bir dizi laboratuvar testi yapıldı. Gerçekleştirilen testler arasında, özgül ağırlık, hidrometre analizi, standart proktor deneyi, şişme basıncı, şişme yüzdesi, serbest basınç dayanımı yer almaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kil Zemin

Çalışmada kullanılan kil Muğla' da yapılan Eşen barajlarının şantiye alınmıştır. Kil numunesi üzerinde elek analizleri, kıvam limitleri, hidrometre ve standart kompaksiyon deneyleri yapılmıştır

Yapılan elek analizi ve hidrometre deneyleri sonucunda zemin numunesinin içerisinde %0 çakıl, %2 kum, %38 silt ve %60 kil olduğu belirlenmiştir. Zemin numunesi, birleşik toprak sınıflandırma sistemine (USCS) ASTM D2487-11 [32] göre Casagrande'nin plastisite tablosuna göre yüksek plastisiteli killi zemin (CH) olarak sınıflandırılmıştır. ve Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Kil Zeminin Özellikleri

Özellikler	Kil
W _R (%)	21
W _L (%)	101
W _P (%)	32
PI(%)	71
γ _{kmax} (gr/cm ³)	1.16
W _{opt} (%)	51
γ _s (gr/cm ³)	2.7

Kil numunesinin kimyasal bileşimleri, yapılan X-Ray deneyleri sonucunda detay kil analizi ile elde edilen minerolojik yapı belirlenmiştir ve Tablo 2' de sunulmuştur.

Demir cürufu ayrıca Yüksek Fırın cürufu ve Çelik cürufu olarak da alt bölümlere ayrılabilir. Yüksek fırın cürufu granüle cüruf, atmosferde soğutulmuş hava soğutmalı cüruf ve genişletilmiş cüruf olabilir [6]. Sıcak demir (BOF) ve/veya hurda metal (EAF), her süreçte çelik yapımında kullanılan birincil metallerdir. Çelik cürufu esas olarak çelikle eş zamanlı olarak geliştirilen demir, alüminyum, manganez, kalsiyum ve magnezyumun kaynaşmış oksitleri ile birleştirilmiş kalsiyum silikatlar ve ferritlerden oluşur. Çelik cürufu genellikle dört ana oksit, yani kireç; magnezya; silika ve alümina içerir [6]. Kuru zemin numunelerinin ağırlığına göre % 10, 15 ve 20 oranında

çeşitli oranlarda zemine karıştırılan çelik cürufu Şekil 1' de sunulmuştur. Çelik cüruf numunesinin özgül ağırlığı 3,31'dir.



Şekil 1. Çelik Cürufu

2.3. Deney Programı

Zemin numunesinin plastik limit, likit limit ve plastisite indisi değerlerinin belirlenmesinde ASTM D4318-84 [34] deney metodu kullanılmıştır.

Çelik cürufu 40 nolu elekten elenerek, kil numunesinin ağırlığına göre belirlenen kile eklenmiştir ve deneyler yapılan tüm karışımlar için tekrarlanmıştır.

Numunelerin kompaksiyon özelliklerinin belirlenmesi için ASTM D698 [35] standartlarındaki standart kompaksiyon deneyi yapılmıştır.

Şişme basınçlarının belirlenmesinde ASTM D4546 [36] standartında belirtilen serbest şişme deney yöntemi kullanılmıştır. Numuneler No 40 eleğinden elenerek maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerlerinde olacak şekilde kompaksiyonla hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde yapılan deneylerin her aşamasında damıtık su kullanılmıştır.

Serbest şişmelerine müsaade edilen zemin numunelerinin şişme miktarı, düşey deformasyon saatinden belirlenmiştir. Deformasyon saatinde okunan değer sabitlenince yani zemin numunelerinin nihai şişmesinin tamamlandıktan sonra bu değer nihai deformasyon değeri olarak kaydedilmiştir. Numunenin şişme yüzdesi eşitlik 1'deki formülasyon kullanılarak belirlenmiştir.

$$SP = \Delta H/H_0 \quad (1)$$

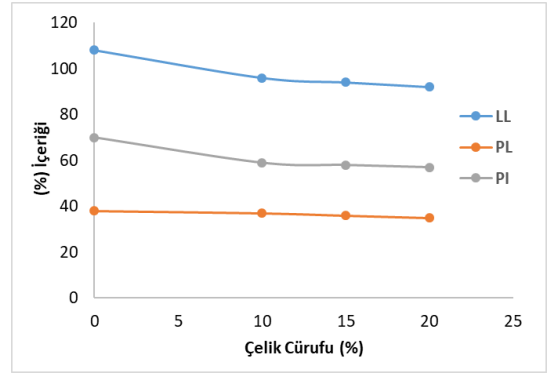
Burada SP (%) şişme yüzdesi, ΔH nihai şişme miktarı (mm), H_0 numunenin başlangıçtaki yüksekliğidir (mm).

Numunenin şişmesi tamamlandıktan sonra, numuneye küçük kademelerde yük uygulanmıştır. Her yük kademesinde en az 24 saat beklenilmiştir. Toplamdaki şişme miktarının sönümlenmesi için gerekli basınç belirlenerek, zeminin şişme basıncı elde edilmiştir. Ayrıca bu değer düşey deformasyonu ölçen saatin ibresinin yeniden başlangıç noktasına (sıfıra) dönmesinin sağlandığı basınç olarak kabul edilmektedir. Bu basınç değeri serbest şişme basıncı olarak ifade edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

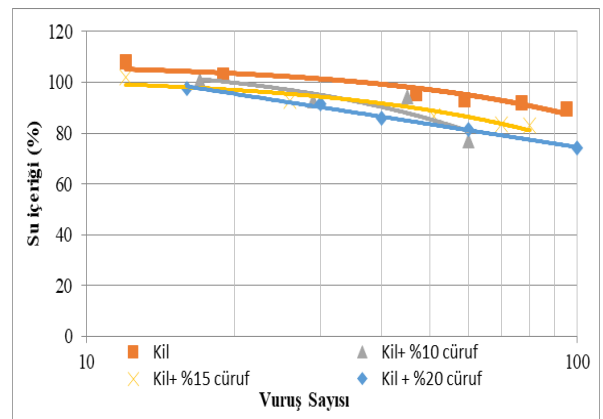
3.1. Çelik Cürufunun Atterberg Limitlerine Etkisi

Zeminlerin Atterberg limitleri, ince daneli zeminlerin su içeriğinin temel belirleyicisidir. Bu çalışmada likit limit, plastik limit ve büzülme limiti gibi Atterberg limitleri dikkate alınmıştır. Kıvam özellikleri açısından, %10, %15 ve %20 çelik cürufunun ilavesinin, likit limit, plastik limit, plastisite indisi ve büzülme limitinin görülebilecek şekilde su emme kabiliyetinde azalmaya neden olduğu açıktır. Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Likit limit, plastik limit ve plastisite indeksinin çeşitli yüzdelerde çelik cürufuyla değişimi.

Zemin örneğine %0'dan %20'ye kadar çelik cürufunun eklenmesiyle likit limit değeri %20 oranında azalmış (Şekil 2), plastisite indisi değeri ise %70'ten %55.72'e düşmüştür. Sonuçlara dayanarak, zemin stabilizasyonu için çelik cürufu ilave tekniği başarıyla elde edildi. Ayrıca genleşmeyen stabilizatör olan çelik cürufunun kullanılması emilen su yüzdesini en aza indirmiş ve dolayısıyla Atterberg limitlerinde azalma elde edilmiştir (Şekil 3).

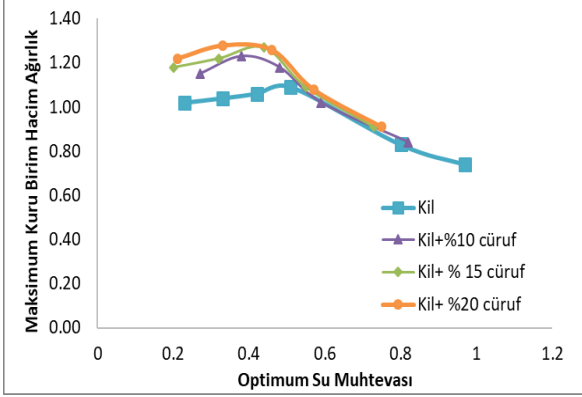


Şekil 3. Likit limitin çelik cürufuyla değişimi.

3.2 Çelik Cürufunun Sıkıştırma Parametrelerine Etkisi

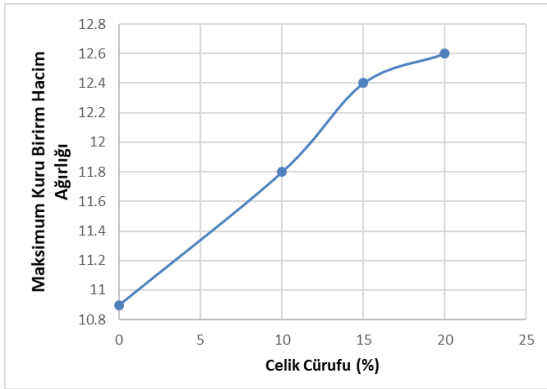
Kompaksiyon su muhtevasının bir fonksiyonudur. Su zemin partikülleri arasında sürtünmeyi azaltır. Doğal ve stabilize edilmiş toprak numunesi için değiştirilmiş Proktor sıkıştırma testleri

gerçekleştirilmiştir. Kuru kilin ağırlığına göre çeşitli yüzdelerde çelik cürufu (%10, 15 ve 20) eklenerek deneyler tekrarlanmıştır. Kuru yoğunluk ve su içeriğinin çeşitli yüzdelerde çelik cürufu ile değişimi Şekil 4'te gösterilmektedir. Doğal zeminin optimum su muhtevası %51 ve kuru birim hacim ağırlığı 11.8 kN/m³ olarak bulunmuştur.



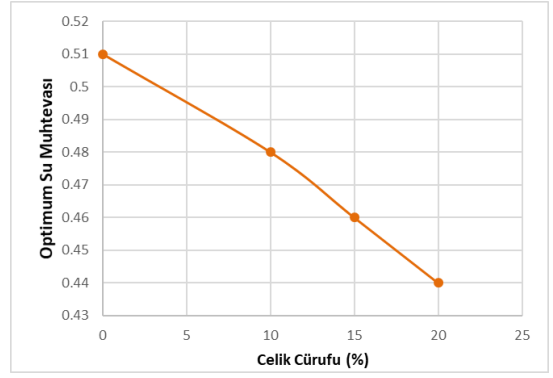
Şekil 4. Doğal ve stabilize toprak numunesinin sıkışma karakteristik eğrileri

Kil numunesine çelik cürufu ilavesiyle maksimum kuru yoğunluk değerlerinin arttığı, optimum nem içeriği değerlerinin ise azaldığı görülmektedir. Şekil 5'te çelik cürufu yüzdesi ile kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi göstermektedir. Sonuçlara göre kuru birim hacim ağırlık değeri 11.8 kN/m³'ten 12.6 kN/m³'e çıkmıştır.



Şekil 5. Çeşitli yüzdelerde çelik cürufu (SS) ile Maksimum kuru birim hacim ağırlığı değişimi

Ancak, Şekil 6'da gösterildiği gibi toprak örneğine %0'dan %20'ye eklenen çelik cürufunun eklenmesiyle optimum su muhtevası değeri %51 'den %44'e düşmüştür.

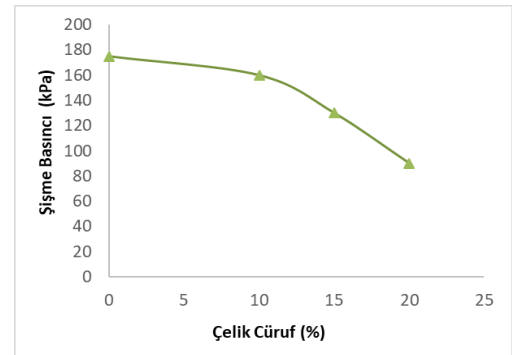


Şekil 6. Optimum su muhtevasının çeşitli yüzdelerde çelik cürufu (SS) ile değişimi.

Zemin ve çelik cürufu arasındaki katyon değişimi, çelik cürufu ilavesiyle zeminin mühendislik özelliklerinin değiştirilmesini etkileyen ana faktör olabileceği ifade edilmektedir [37]. Bu durum, dağınık su tabakasının azalmasını etkilemiş ve zemin-cüruf karışımlarında kil boyutundaki parçacıkların birikmesine yol açmıştır; böylelikle birim hacim ağırlığı artmış, nem içeriği azalmıştır.

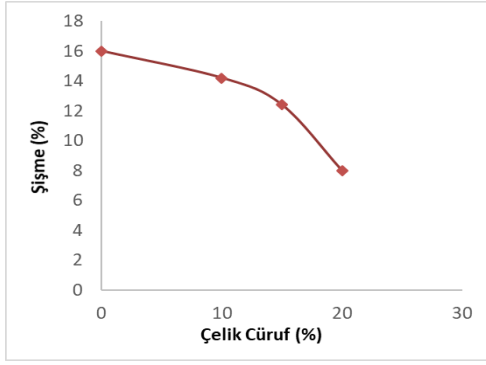
3.3 Çelik Cürufunun Şişme Parametrelerine Etkisi

Hem yalnızca kil hem de stabilize edilmiş kil numuneleri üzerinde şişme basıncı ve şişme yüzdesi testleri yapılmıştır. Kil numunelerine %0, %10, %15 ve %20 oranında çelik cürufu ilave edildi. Şişme basıncı değerleri, genleşmiş zemin numunesine eklenen çelik cüruf yüzdesinin artmasıyla azalmaktadır. %0'dan %20'ye çelik cürufu ilavesi ile şişme basıncı değerleri Şekil 7 'de görüldüğü gibi 175 kPa'dan 97.25 kPa'ya düşmüştür.



Şekil 7. Çeşitli yüzdelerde çelik cürufu ile şişme basıncının değişimi.

Ayrıca eklenen çelik cürufu yüzdesinin artmasıyla şişme yüzdesi değerleri de düşmektedir. Kile %0'dan %20'ye çelik cürufu eklenmesiyle şişme yüzdesi değerleri Şekil 8'de gösterildiği gibi %16 dan %8'e düşmüştür.



Şekil 8. Çeşitli yüzdelerde çelik cürufu ile şişme yüzdesinin değişimi.

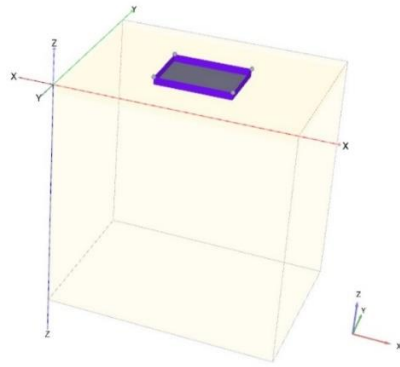
Eklenen çelik cürufu ile yeni oluşan kil parçacıkları arasında sertleşmiş güçlü bağlar oluşur. Yeni oluşturulan bağlar, zemin numunelerinin su emme kapasitesinin azalması nedeniyle meydana gelen şişmeyi güçlü bir şekilde karşılayabilen ve çok düşük şişme basıncı ve yüzdesi ile sonuçlanan zemin parçacıklarını sıkı bir şekilde birbirine yaklaştırır. Ayrıca şişme basıncı ve şişme yüzdesi değerlerindeki azalma, genişleyen bir

zeminin şişmesinin kil mineral bileşimi, mevcut kil dışı malzeme miktarı, yoğunluk, boşluk oranı gibi birçok faktörden etkilenmesinden kaynaklanabilir. Başka bir deyişle, çelik cürufunun (kil dışı malzemeler) varlığı, karışımın birim kütlesi başına kil-mineral içeriğini azaltır, bu da şişen kil parçacıklarının toplam yüzey alanının azalması anlamına gelir ve şişme basınç ve şişme yüzdesi değerlerinde azalmaya neden olmaktadır.

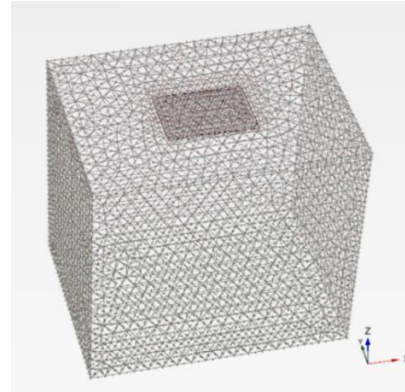
4. Plaxis 3D Analizleri

Analiz modelleri üç boyutlu olarak PLAXIS 3D programında oluşturulmuştur. Analizlerde, kuvvet değerleri için kilonewton

(kN), uzunluk değerleri için santimetre (m) biriminde seçilmiştir. Kil zemin için geometrik modelin genişliği 60 * 45 m ve toplam zemin yüksekliği 60 m, boyutlarında seçilmiştir. Temel 20*15 m boyutlarında 0.5 m derinliğinde radye temel olarak tasarlanmış ve Şekil 9'da oluşturulan model geometrisi görülmektedir.



a) Geometrik Model



b) Mesh Oluşturulması

Şekil 9. Geometrik model ve meshleme

Üç boyutlu programda model oluşturulurken, önce iki boyutta plan düzlemine ait boyutlar girilerek ardından oluşturulan yüzey üzerinde istenilen herhangi bir noktada sondaj kuyusu tanımlanmış, derinlik boyunca zemin profili atanarak üç boyutlu zemin ortamı tanımlanmış olur. Sondaj kuyusu seçilerek,

oluşturulan yüzey üzerinde yatay tabakalanma durumunda 1 adet sondaj kuyusu yardımı ile zemin profili oluşturulmaktadır. Çalışma kapsamında laboratuvarında yapılan zemin deneylerinden elde edilen parametreler Tablo 3'de sunulmuş ve programa bu değerler tanımlanmıştır.

Tablo 3. Kil zemin özellikleri

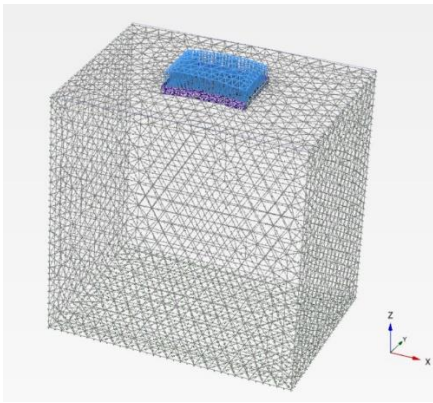
	MC Bünye Modeli	HS Bünye Modeli
γ_k (kN/m ³)	11.8	11.8
γ_d (kN/m ³)	12.8	12.8
E(kN/m ²)	7500	7500
	-	7500
	-	22500
ν	0.35	0.35
G(kN/m ²)	2777.78	2777.78
c(kN/m ²)	85	85

Zeminin malzeme davranışı lineer olmayan bir gerilme deformasyon davranışı sergilediğinden, zeminin yenildiği mertebenin belirlenmesi ve plastik davranışın başladığı bölgenin tanımlanması konusunda, karmaşalar ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden; plastik deformasyonlara neden olan gerilme durumunun tanımlanabilmesi için, elastik modellerin bir göçme kriteri içermesi gerekmektedir. Yaygın olarak kullanılan göçme yüzeylerinden bir tanesi de Mohr-Coulomb göçme zarfıdır. Literatürde dikkate alınarak sayısal analizlerde kil zemin davranışı, “Mohr-Coulomb (MC)” malzeme modeli ve Pekleşen zemin modeli ile hazırlanmıştır. MC malzeme modeli parametrelerinden; zemin kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), doymuş birim hacim ağırlığı (γ_d), içsel sürtünme açısı (Θ), kohezyon (c) ve elastisite modülü (E) değerleri kil numuneleri üzerinde yapılan deneylerden elde edilmiştir. Bir diğer malzeme modeli olan Pekleşen zemin (Hardening soil) modeli ise plastisite teorisi çerçevesinde geliştirilmiş bir modeldir. [37]. Bu model (Duncan ve Chang, 1970) [38] hiperbolik modelin yerini alan çok daha gelişmiş bir versiyonudur. Bu model hiperbolik modelden farklı olarak elastik teori yerine plastik teoriyi kullanır. Bu teoriye bağlı olarak hesaplanan plastik şekil değiştirmeler çoklu yüzey (multi surface) akış kriterine göre hesaplanmaktadır. HS Model gerilmeye bağlı rijitlik değerlerini dikkate almaktadır ki bu durum artan basınçla birlikte tüm rijitliklerin de artması demektir. HS Model, Mohr-Coulomb parametrelerini kullanır ve buna ilave olarak tek rijitlik parametresi yerine; Drenajlı üç eksenli deneylerle elde edilen sekant rijitliği E_{50}^{ref} , Drenajlı odömetre deneyleriyle elde edilen tanjant rijitliği E_{oed}^{ref} , Elastik yükleme/boşaltma rijitliği E_{ur}^{ref} olmak üzere üç farklı rijitlik parametresi kullanmasından dolayı zemin gerçek davranışa daha yakın modellenmektedir. Gerilmeye bağlı rijitlik değeri m yumuşak killer için 0.38~0.84 [39] olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında m değeri 0.5 alınmıştır.

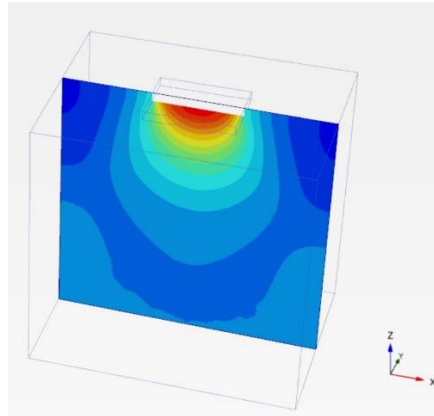
Zemin tanımlamasının yapılmasının ardından, yapısal elemanlar ve yükleme tipinin tanımlandığı yapı (structure) sekmesinden radye “Plate” malzeme modeli kullanılarak modellenmiştir ve temel üzerine yayılı yük tanımlanarak yapısal yükleme durumu yansıtılmıştır. Geometri modeli malzeme ataması yapıldıktan sonra, geometrinin sonlu elemanlara bölünerek çözülmesi yapılmaktadır. Hesaplamanın doğruluğu için, özellikle analiz sırasında gerilim veya gerinimde önemli değişikliklerin beklenebileceği alanlarda, elemanlar yeterince küçük olmalıdır. Bu amaçla model de Medium (orta) mesh kullanılırken temel çevresinde fine (sıkı) mesh tercih edilmiştir. Zemin ortamı oldukça hassas bir çözüm elde etmek amacıyla 10 düğüm noktalı üçgen elemanlarla temsil edilmiştir.

Tüm modellemeler ve atamalar tamamlandıktan sonra analiz aşamasına geçildiğinde, saha şartlarındaki gibi aşama aşama gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, mevcut zemin koşulu için ilk önce başlangıç gerilme durumu tanımlanmaktadır. Zemin profiline bağlı olarak başlangıç gerilme durumu, K0 Procedure dikkate alınmıştır.

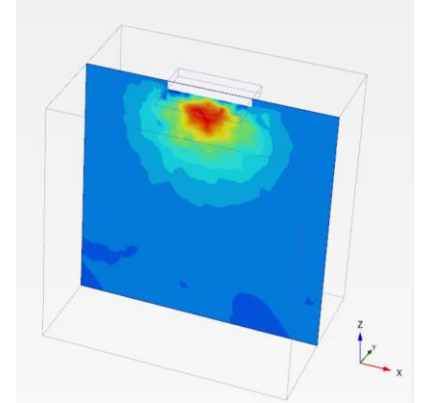
Çalışmalarda sayısal analizleri dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar sırası ile başlangıç gerilme durumunun tanımlanması, kazı yapılması, radye temelin oluşturulması, ilave düşey yükün uygulanması olarak tamamlanmıştır. Başlangıç gerilmeleri oluşturulduktan sonraki hesaplama adımının başlangıcında “initial phase” de oluşan deplasmanlar sıfırlanarak sonraki hesaplama aşamalarında meydana gelecek olan deplasmanlar üzerinde “initial phase” aşamasındaki deplasmanların etkisi kaldırılmış ve diğer üç hesaplama aşamasında plastik analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analizlerin deplasman ve gerilme görselleri Şekil 10’ da sunulmuştur.



Deforme Olmuş Zemin



Şekil Değişirme



Gerilme Dağılımı

Şekil 10. Plaxis 3D analiz görselleri

Modellenen zemin ve temel sisteminde dört aşamada yapılan analizler sonucunda düşey yöndeki deplasmanlar uz ve temel altında oluşan gerilme durumları incelenmiş kil zemin içine cüruf

eklenmesiyle iyileşen parametreler göz önüne alınarak oturma ve gerilme değerlerinin azaldığı Tablo 4’de görülmüştür.

Tablo 4. Plaxis Analiz Sonuçları

Numune	MC		HS	
	Deplasman (m)	Gerilme (kPa)	Deplasman (m)	Gerilme(kPa)
Kil	0.01165	1.009	0.006129	1.069
Kil+%10 Çelik Cürufu	0.01045	0.9771	0.005526	1.063
Kil+%15 Çelik Cürufu	0.01007	0.9012	0.005341	1.060
Kil+%20 Çelik Cürufu	0.0098	0.8074	0.005251	1.059

Zemin stabilizasyon tekniği, zemin boşluklarında ve sıkıştırılabilirliğinde bir azalmaya ve mukavemet ve sertlikte bir artışa neden olmaktadır. Bu nedenle sağlam tabakaların gerilmelerin önemli bir miktarını üstlenmesi, buna bağlı olarak oturmaların azalması ve sistem güvenliğinin artması beklenebilir. Bu çalışmada da mukavemet ve sertlikteki artışla yapılan analizlerde göstermiştir ki oturma değerleri azalmıştır.

Temellerden zemine iletilen gerilmelerin, bu zemin içinde yayılma şekilleri ve oluşturduğu etkileri çok önemlidir. Radye temellerin altında bulunan zemin tabakalarına aktarılan gerilmeler, oturma ve taşıma gücü kontrolleri için irdelenmektedir. Temele etkileyen P yükünün zemin dağılımı aynı σ düşey gerilme yarattığı noktaların birleştirilmesi ile elde edilen Eşdeğer Gerilme Eğrilerine “Basınç Soğanları” da denilmektedir. Zemine çelik cürufu eklenmesiyle mukavemet ve sertlikteki artışla gerilmelerin etki ettiği noktalar yatayda yoğunlaşmıştır. Yalnızca kil zeminin olduğu analizde gerilmeler daha alt kotlarda oluşurken, çelik cürufu oranının artmasıyla bu değerler daha üst kotlara taşınmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışma, çelik cürufunun stabilizatör olarak killi zeminin mühendislik özellikleri üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ve Plaxis 3D programındaki analizlerin sonuçları topluca sunulmuştur. Yapılan testlerin sonuçlarına dayanarak, aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

Zemin numunesine %0'dan %20'ye kadar çelik cürufunun eklenmesiyle likit limit değeri %20 oranında azalmış plastisite indeksi değeri ise %70'ten %55.72'e düşmüştür.

Zemin numunesine %0'dan %20'ye oranında çelik cürufunun ilavesiyle maksimum kuru yoğunluk değerlerinin %7 oranında artış, nem oranının ise %16 azalış gözlemlenmiştir. Kütledeki çelik cürufunun oransal artışıyla kompozit malzeme gibi davranan kilin birim hacim ağırlığındaki artışların gözlenmesi nem içeriğindeki azalma daha da önem kazanmaktadır. Bu sonuçlar, ince fraksiyon ile çelik cürufu arasında puzolanik reaksiyonlar meydana geldikten sonra bazı serbest su moleküllerinin artık mevcut olmadığını göstermiştir.

Kile %0'dan %20'ye çelik cürufu eklenmesiyle zeminin şişme yüzdesi değerleri %16 dan %8'e düşmüştür. Şişme basıncı değerleri %45 oranında azalmıştır.

Bu sonuçlar, atık olarak kullanılan cüruf miktarının en aza indirilmesine ve aynı zamanda geoteknik veya geo-çevresel yapılarda yeniden kullanılmasına önemli bir katkı sağlayan zemin stabilizasyonu için endüstriyel puzolanlar olarak kullanılabileceğini doğrulamaktadır.

Plaxis 3D analizlerinin sonuçları incelendiğinde;

Kil zemin Mohr Coulomb ve Hardenin Soil bünye modeli ile tasarlandığında zemindeki çelik cürufunun %0'dan %20'ye çıkarılması durumunda oturma değerleri %15 oranında azalmıştır. Ancak Mohr Coulomb ve Hardening Soil bünye modeli analizleri değersel olarak kıyaslandığında pekleşen zemin modelindeki oturma değerleri diğerine kıyasla % 20 oranında azalmıştır.

Kaynakça

- [1] Bi, J., Chian, S.C.J.G., (2020). Modelling of three-phase strength development of ordinary Portland cement- and Portland blast-furnace cement-stabilised clay. *Geotechnique*. 70 (1), 80–89.
- [2] Wu, Z., Deng, Y., Cui, Y., et al., (2020). Geological investigation of the settlement behaviour of two highways in Lianyungang region. *Eng. Geol.* 272, 105648.
- [3] Musso, G., Azizi, A., Cristina, J., (2020). A microstructure-based elastoplastic model to describe the behaviour of a compacted clayey silt in isotropic and triaxial compression. *Can. Geotech. J.* 57 (7), 1025–1043.
- [4] Meng, K., Cui, C.Y., Li, H.J., (2020). An Ontology Framework for Pile Integrity Evaluation Based on Analytical Methodology. *IEEE Access*, p. 99.
- [5] Shalabi F. I., Asi I. M., Qasrawi H.Y., (2020), Effect of by-product steel slag on the engineering properties of clay soils, *Journal of King Saud University – Engineering Sciences* (2017) 29, 394–399
- [6] Zumrawi, M. M. E., & Babikir, A. A.-A. A. (2017). Laboratory Study of Steel Slag Used in Stabilizing Expansive Soil. *Asian Engineering Review*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.20448/journal.508.2017.41.1.6>
- [7] B.R. Phani Kumar, R.S. Sharma, (2004) Effect of fly ash on engineering properties of expansive soils, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* 130 (7) 764–767, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2004\)130:7\(764\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:7(764)).
- [8] S. Saride, A.J. Puppala, S.R. Chikyala,(2013) Swell-shrink and strength behaviors of lime and cement stabilized expansive organic clays, *Appl. Clay Sci.* 85 34–45, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.09.008>.
- [9] C.H. Signes, J. Garzon-Roca, Fernández P. Martinez, M.E. Garrido de la Torre, Franco R. Insa,(2016) Swelling potential reduction of Spanish argillaceous marlstone facies tap soil through the addition of crumb rubber particles from scrap tyres, *Appl. Clay Sci.* 132 768–773, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2016.07.027>.
- [10] J.S. Yadav, S.K. Tiwari, (2017). A study on the potential utilization of crumb rubber in cement treated soft clay, *J. Build. Eng.* 9, 177–191, <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.01.001>.

- [11] Yoobanpot N., Jamwawang P., Horpibulsuk S., (2017) Strength behavior and microstructural characteristics of soft clay stabilized with cement kiln dust and fly ash residue, *Appl. Clay Sci.* 141. 146–156, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.02.028>.
- [12] R.M. Nizdam, J.M. Kinuthia,(2010). Sustainable soil stabilization with blast furnace slag – a review, *Proc. Inst. Civil Eng.-Constr. Mater.* 163 157–165.
- [13] J.M. Manso, V. Ortega-Lopez, J.A. Polanco, J. Setién, (2013) The use of ladle furnace slag in soil stabilization, *Constr. Build. Mater.* 40 126–134, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.079>.
- [14] Y. Yi, L. Gu, S. Liu, (2015) Microstructural and mechanical properties of marine soft clay stabilized by lime – activated ground granulated blast furnace slag, *Appl. Clay Sci.* 103 71–76, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.11.005>.
- [15] Mozejko C.A., Francisca M.F., (2020), Enhanced mechanical behavior of compacted clayey silts stabilized by reusing steel slag, *Construction and Building Materials*, 239 117901. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117901>.
- [16] Altun A, Yilmaz I, (2002), Study on steel furnace slags with high MgO as additive in Portland cement, *Cement and Concrete Research*, 32(8), 1247–1249, DOI 10.1016/S0008-8846(02)00763-9.
- [17] Motz H, Geiseler J, (2001) Products of steel slags an opportunity to save natural resources, *Waste Management*, 21(3), 285–293, DOI 10.1016/S0956- 053X(00)00102-1.
- [18] Akinwumi I., (2014). Soil Modification by the Application of Steel Slag, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 58/4 (2014) 371–377. <https://doi.org/10.3311/PPci.7239>.
- [19] Al-Khafaji Z, Al-Naely H, Al-Najar A (2018) A review applying industrial waste materials in stabilisation of soft soil. *Electr J Struct Eng* 18(2):16–23
- [20] Wang, X., Zhang, Z., Song, Z. (2022). Alkali kalıntısı ve çelik cürufu ile stabilize edilmiş deniz yumuşak kilinin mühendislik özellikleri: deneysel bir çalışma ve YSA modeli. *Acta Geotech.* 17, 5089–5112 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11440-022-01498-5>
- [21] Cıkmit A.A., Tsuchida T., Kang G., Hashimoto R., Honda H., (2019). Particle-size effect of basic oxygen furnace steel slag in stabilization of dredged marine clay, *Soils and Foundations*, Volume 59, Issue 5, Pages 1385-1398, ISSN 0038-0806, <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.06.013>.
- [22] C. Shi, J. Qian,(2000) High performance cementing materials from industrial slags a review, *Resour. Conserv. Recycl.* 3 (2000) 195–207, [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(99\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(99)00060-9).
- [23] H. Motz, J. Geiseler, (2001) Products of steel slags an opportunity to save natural resources, *Waste Manage.* 21 (2001) 285–293, [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00102-1).
- [24] Cıkmit A.A., Tsuchida T., Hashimoto R., Honda H., Kang G., Sogawa K., (2019) Expansion characteristic of steel slag mixed with soft clay, *Construction and Building Materials*, 227 (2019) 116799, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116799>.
- [25] Al-Khashab, M. N., & Thafer, A. H. M. (2008). Treatment of Expansive Clayey Soil with Crushed Limestone. *Civil Eng. Dept. College of Eng. Mosul University. Engineering & Technology Journal*, 26, 376-386.
- [26] Chen, M., Zhou, M., & Wu, S. (2007). Optimization of blended mortars using steel slag sand. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 22(4), 741-744.
- [27] Abdalqadir Z.K. , Salih N.B., (2020). An Experimental Study on Stabilization of Expansive Soil Using Steel Slag and Crushed Limestone, *Sulaimani Journal for Engineering Sciences / Volume 7 - Number 1 – April 2020*, <https://doi.org/10.17656/sjes.10120>
- [28] Abdalqadir Z.K. , Salih N.B., Salih S. J. H. (2020) . Using Steel Slag for Stabilizing Clayey Soil in Sulaimani City-Iraq” *Journal of Engineering*, 26(7), pp. 145–157. doi:10.31026/j.eng.2020.07.10.
- [29] Kumar, A., Saha, S., Chattaraj, R. (2020). Çelik Cürufu Yumuşak Kil Stabilizasyonu. *Recent Developments in Sustainable Infrastructure Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 75. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4577-1_11
- [30] Shi, J., Wang S., Cao W., Su J., Zhang X.,. (2022). Mechanical Properties and Strengthening Mechanism of Dredged Silty Clay Stabilized by Cement and Steel Slag, *Materials* 15, no. 11: 3823. <https://doi.org/10.3390/ma15113823>
- [31] Kang, X., Li C., Zhang M., Yu X., ve Yongqing Chen. (2024). Çelik Cürufu-Pirinç Kabuğu Külü Katılaştırılmış Yüksek Plastisiteli Kilin Mekanik Özellikleri ve Stabilizasyon Mekanizması. *Geotechnical Testing Journal* 47/1 : 235–253. <https://doi.org/10.1520/GTJ20220294> .
- [32] ASTM D2487. (2011). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [33] Kalay, E., (2010). Sıkıştırılmış Yüksek Plastisiteli Kil Zemin Stabilizasyonunda Pomza, Mermer Tozu Ve Kirecin Kullanılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 54s.
- [34] ASTM D4318. (2014). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [35] ASTM-D698-12 (2021). Standard practice for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12 400 ft-lbf/ft3 (600 kN-m/m3)). *Book of Standards* 04.08,
- [36] ASTM D4546. (2014) Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Soils. West Conshohocken, ASTM International.
- [37] Schanz, T., Vermeer, P., and Bonier, P. (1999), “Formulation and Verification of the Hardening Soil Model. In *Beyond 2000 in Computational Geotechnics*, Balkema, Rotterdam.
- [38] Duncan, J. M. and Chang, C. Y. (1970), "Nonlinear Analysis of Stress And Strain in Soils", *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol. 96, pp. 1629-1653.

- [39] Kempfert, H. G., & Gebreselassie, B. (2006), "Constitutive Soil Models and Soil Parameters", *Excavations and Foundations in Soft Soils*, 57-116.

Environmentally-Friendly Recycled Leather-Reinforced Composite: Thermal and Acoustic Properties

Murat KODALOĞLU^{1*}, Feyza Akarslan KODALOĞLU²

^{1*}Occupational Health and Safety Program, Vocational School of Technical Sciences, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye
(ORCID: 0000-0001-6644-8068), muratkodaloglu@isparta.edu.tr

² Textile Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Suleyman Demirel University, Isparta, Türkiye Türkiye
(ORCID: 0000-0002-7855-8616), feyzaakarslan@sdu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 15.05.2024 ve Kabul Tarihi 12.06.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1484783)

ATIF/REFERENCE: Kodaloğlu, M., & Kodaloğlu, F. A. (2024). Environmentally-Friendly Recycled Leather-Reinforced Composites: Thermal and Acoustic Properties. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 29-34.

Abstract

Increase in energy consumption and environmental pollution are some of the main problems of today. One of the ways to overcome these problems is to increase the use of recycled materials. Heat and sound insulation in buildings can play an important role in saving energy and reducing environmental pollution with composite materials made from recycled leather. This study investigates the possibility of reusing leather scraps. Composite material was produced by cutting leather waste for thermal and sound insulation of buildings into small pieces and pressing them in a mechanical mold using polyvinyl acetate binder. The effect of the thickness of the developed new leather-added composite materials on their thermal and acoustic insulation properties was examined. When the thermal and acoustic properties of the composites were evaluated, it was determined that the PVA/skin thicknesses forming the mixture varied depending on the mean temperature and frequency (Hz). As a result of the measurements, it was seen that the sound at the 3000 Hz frequency, to which the human ear is most sensitive, was absorbed by 61%.

Keywords: Recycled, Environmentally, Leather, Thermal, Acoustic, Composite.

Çevre Dostu, Geri Dönüştürülebilir, Deri Takviyeli Kompozit: Isı ve Akustik Özellikleri

Öz

Enerji tüketimindeki artış ve çevre kirliliği, günümüzün temel sorunlarından bazılarıdır. Bu sorunların üstesinden gelmenin yollarından biri de geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını artırmaktır. Binalarda ısı ve ses yalıtımı, geri dönüştürülmüş deriden yapılan kompozit malzemeler ile enerji tasarrufunda ve çevre kirliliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir. Bu çalışma, deri artıklarının yeniden kullanılma olasılığını araştırmaktadır. Binaların termal ve ses yalıtımına yönelik deri atıklarını küçük parçalar haline getirip polivinil asetat bağlayıcı kullanarak mekanik bir kalıpta preslenmesiyle kompozit malzeme üretimi yapılmıştır. Geliştirilen yeni deri katkı kompozit malzemelerin kalınlıklarının termal ve akustik izolasyon özelliklerine etkisi incelenmiştir. Kompozitlerin termal ve akustik özellikleri değerlendirildiğinde karışımı oluşturan PVA/deri kalınlıklarının, mean temperature ve frequency (Hz) bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda insan kulağının en hassas olduğu 3000 Hz frekanstaki sesin %61 oranında absorblendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşümlü, Çevreci, Deri, Termal, Akustik, Kompozit.

1. Introduction

Naturally sourced products create an interesting market today with their sustainable environmentally friendly production technologies, reusability and waste recycling features. Among composites, polymers and polymer composites are materials of increasing importance all over the world. They have a wide range of applications in industry due to their high mechanical, physical and chemical properties. Although polymers have many different properties, they cannot fully fulfill the tasks expected from them alone [1,2]. Therefore, they must be supported with different substances.

Since leather has a porous structure, its use in applications for sound and heat insulation has been the subject of many studies. To provide thermal and sound insulation, some traditional materials with essentially low thermal conductivity, structures such as cellulose, felt and leather, are widely used. It is thought that the use of leather wastes, which have porous and light structures with high performance in terms of thermal and acoustic insulation, together with conventional materials or their use instead will provide the desired improvements. The production of materials that will provide the high performance features required by today's technology is important for many sectors. Compared to traditional materials, leather waste materials attract attention due to their structures with superior properties such as high specific surface area, high porosity, low density, low dielectric constant, excellent sound and heat insulation.

The thermal insulation property of a material is measured by thermal conductivity (λ). Thermal conductivity is the rate of heat transfer per unit length of a material in a direction perpendicular to its surface, per unit cross-sectional area of a material, as a result of the temperature gradient. Thermal conductivity is considered the most important parameter for evaluating thermal insulation material. A material with a thermal conductivity lower than 0.07 W/mK can be considered a thermal insulator [3].

Acoustics is a field in which sound production and propagation is studied in different environments. Sound occurs when a material or object vibrates. These vibrations spread from the transmitter to the receiver in the form of waves in a solid, liquid or gas medium. Therefore, a sound wave is the transfer of energy emitted by a source material or object to the medium. A sound wave is characterized by its frequency, wavelength and amplitude. The interaction of sound waves with the surface of the receiver can change the wave properties depending on the surface properties of the receiving material or object. Sound wave can be absorbed, transmitted, reflected, refracted and emitted from the surface. The change in sound properties has been used in many scientific applications to date, including composites used in the field of acoustic insulation [3].

Sound absorption occurs when all the emitted sound waves are absorbed by the receiver. Sound absorption is an important phenomenon when it comes to sound insulation. Different materials are available for sound absorption. Sound absorbers can be porous or resonant type. Fibrous materials convert acoustic energy into heat energy when sound waves hit the absorber. Sound absorption measures the amount of energy absorbed by the material, and the sound absorption coefficient varies between 0 and 1.

Porous absorbers are materials in which sound propagation occurs in a network of interconnected pores in such a way that viscous and thermal effects cause the dissipation of acoustic energy. Carpets, acoustic tiles, open-cell acoustic foams, curtains, cushions, mineral wool such as cotton and glass wool are such materials. Acoustic and thermal effects are affected by other physical properties of the material, such as pore diameter, density and thickness. The thickness of composite structures is one of the important parameters affecting sound absorption. If the acoustic impedance on the surface of composite structures matches that of the environment, the sound will not be reflected back into the environment, the thicker the structure, the greater the sound impedance. In this case, in order to have effective sound absorption in the structure, the thickness of the structure must be at least one tenth of the wavelength of the incoming sound wave. Due to the long wavelength, thicker structures are required to absorb low-frequency sound. The acoustic impedance on the surface of thick composite structures will absorb more sound that is not reflected back into the environment, especially in the low frequency range. The contact between the materials forming the composite structure is the most important, it affects the continuous conduction path in the thickness direction and therefore determines the thickness thermal conductivity.

Lakraflı meat. get. In 2013, the effects of moisture and weight/volume ratio on the thermal conductivity of wastes and composites were experimentally investigated and it was stated that thermal conductivity increased with increasing humidity [4]. Senthil, 2015, Composites were prepared from leather waste by mixing it with natural and synthetic fibers in various proportions. These composites were converted into yarns and fabrics and examined for their physicochemical and mechanical properties. It was stated that it can be used in the textile and leather industry[5]. Teklay, 2017 prepared composite sheets by combining leather wastes and various plant fibers in various proportions. Resin binder and natural rubber latex were used as binding agents. The physicochemical properties of the prepared composite layers were examined. It has been stated that the performance of plant fiber composite sheets varies depending on the nature of the binder and the rate of use [6]. Senthil, 2018, acupuncture-effective leather composite insoles were produced from leather waste and characterized physico-chemically [7]. Li, 2020, Bi/Ce-natural leather composite with X-ray attenuation in the energy range of 20–120 keV, low mass density, good mechanical properties, high water vapor permeability, and excellent bending strength was successfully produced. produced composite sheets using leather fiber and bamboo fiber. The mechanical, thermal and acoustic properties of the composite plate were examined. It has been stated that the produced sheets have application potential [8]. Tauhiduzzaman, 2023, In this study, composite sheets were produced using leather fibers obtained from shaving powder and leather cutting residues and different plant fibers and were characterized physico-chemically. It showed that banana fiber composite was more thermally stable [9]. Kılıç, 2024, Composite materials for automotive bumpers consisting of recycled high-density polyethylene and leather polishing powder waste in different proportions were produced and investigated in terms of mechanical properties[10-15]. Optimum mechanical performance was achieved with composites containing 30% leather polishing powder by weight [16-22].

When current applications are examined in the literature, leather reinforced composite material studies are frequently encountered. In this study, the thermal and acoustic properties of

the composite consisting of PVA/leather and additives were examined depending on the thickness.

2. Materials and Methods

2.1. Used materials

In the preparation of polinivil acetate emulsion composites; Vinyl acetate homopolymer was used as matrix material and waste leather pieces were used as filler. Distribution was achieved homogeneously using a mixer at room temperature. The composite material produced with recycled material from leather production waste was carried out with 2 samples of 15 mm and 30 mm in size according to TS EN ISO 10534-2 Standard. Figure 1 shows the PVA/Leather added composite produced.



Figure 1. Produced PVA/Leather added composite

3. Experimental Studies

3.1. Thermal Conductivity Measurement Results

The device consists of two plates, upper and lower. The temperature of the upper part of these plates is 40°C and the temperature of the lower part is 10°C. The sample is placed between these plates and measurements are taken. The hot plate contacts the composite with a pressure value of 200 Pa. Thermal conductivity was measured according to the international standard ASTM C518 (2017). It was observed that PVA penetrates into the skin and its form is preserved during pressing, and therefore the thickness and heat conduction coefficient of the porous composite structure improves. Figure 2 shows the connection between thermal conductivity coefficient and mean temperature and thickness.

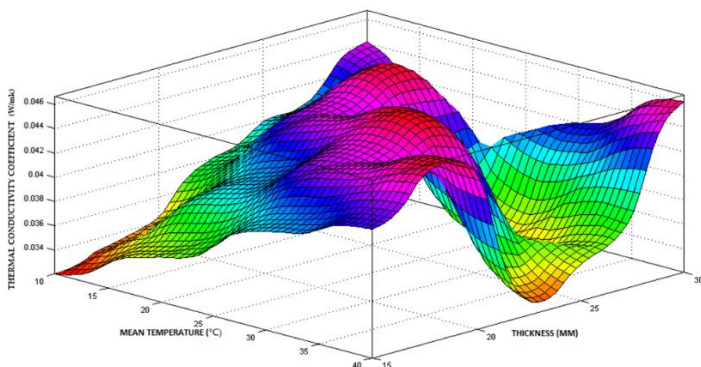


Figure 2. The relationship between thermal conductivity coefficient and mean temperature and thickness

When examined in terms of thickness, considering the lowest transmission coefficient and the highest coefficient values, it is

seen that it varies between 0.0034 and 0.044 W/mk. Figure 3 shows the connection between thermal conductivity coefficient and mean temperature.

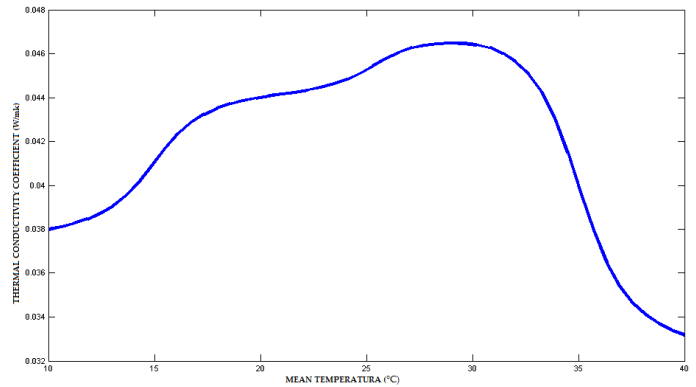


Figure 3. The connection between thermal conductivity coefficient and mean temperature

When the heat conduction coefficient values are examined, it has a low heat conduction coefficient value of 0.0321 W/mK at 10 °C and a high heat conduction coefficient value of 0.041 at 34 °C. Figure 4 shows the connection between thermal conductivity coefficient and thickness.

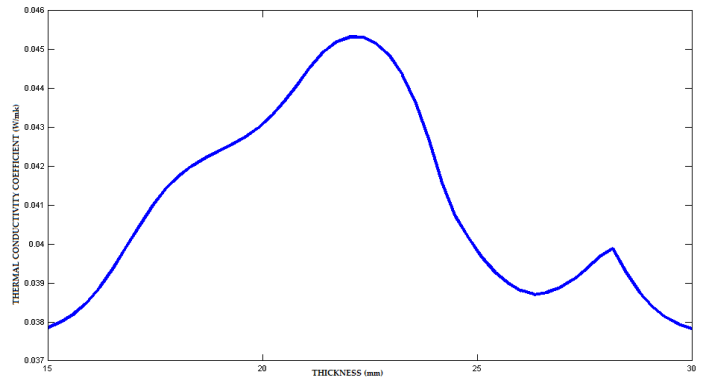


Figure 4. The relationship between thermal conductivity coefficient and thickness

Melting PVA penetrates into the skin and maintains its form during pressing, therefore the heat conduction coefficient of the porous composite structure has improved. A heat conduction coefficient of 0.0464W/mK was obtained at 30 °C temperature and 22.5 mm thickness. However, considering that the heat conduction coefficient value is 0.0339 W/mK, especially at 30 °C temperature and 26 mm thickness, it can be said that there is a negative effect on the composite material due to filling its pores during pressing. This essentially caused a negative effect on the heat conduction coefficient due to the poor thermal stability of PVA.

3.2. Acoustic Measurement Results

3.2.1. Absorption Coefficient Measurement Results

Samples were cut to specific sizes and placed in the device. After the device was turned on, the device's microphones were first calibrated. Microphones control sounds coming from the environment. To ensure accurate measurement, the location of the two microphones is changed. There are two tubes, large and small, and the replacement operations are carried out in these tubes

respectively. Curves are obtained from these two tubes, and these curves are sound absorption coefficient curves. The sound absorption coefficient graph is given in Figure 5.

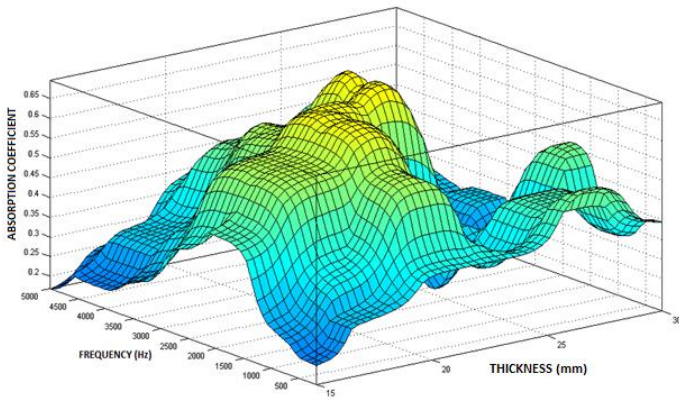


Figure 5. Relationship between absorption coefficient and frequency and thickness

The increase in the thickness of the material also increases the sound absorption coefficient. Low frequencies in the range of 100-500 Hz are the control region, in this part the absorption coefficient of 15 mm sized samples reached 0.0271. This situation is due to the rigid structure of the composite. Therefore, the absorption coefficient value was lower in other thicknesses. Figure 6 shows the connection between absorption coefficient and thickness.

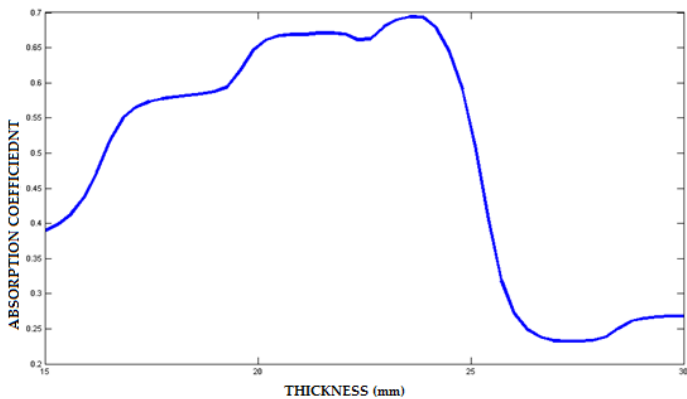


Figure 6. Relationship between absorption coefficient and thickness

In the 23.2 mm thick samples section between 2000-3000 Hz, the samples gave better results in terms of absorption coefficient values. From here it can be said that the leather-reinforced composite will show better sound insulation properties at high frequencies. Figure 7 shows the connection between absorption coefficient and frequency

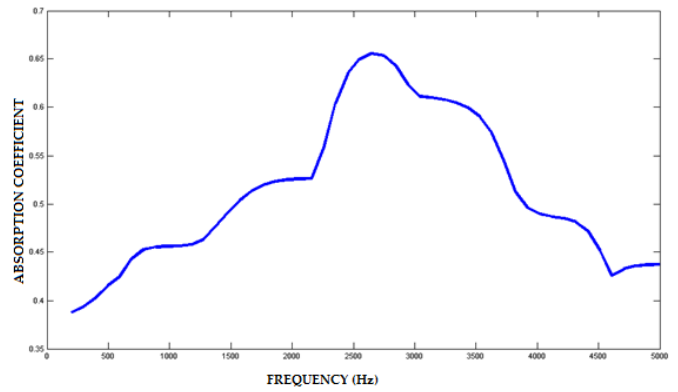


Figure 7. Relationship between absorption coefficient and frequency

It is the overlap frequency region in the 3500-4500 Hz range. Absorption coefficient generally decreases in this region. However, as the frequency value increases to 3000 Hz, the improvement in sound transmission loss values in leather-reinforced composites draws more attention. Low absorption coefficient reaches low and high frequency values, the use of composite samples will be more appropriate at medium frequencies.

3.2.2. Sound Transmission Loss Levels Measurement Results

Sound transmission loss is the logarithmic ratio of the energy coming into the material to the energy transferred to the opposite side. It is basically measured by two methods. These are the impedance tube method and the acoustic room method. In the study, measurements were made using the Impedance (Kundt) tube method. The sound transmission loss graph of the obtained data is given in Figure 8..

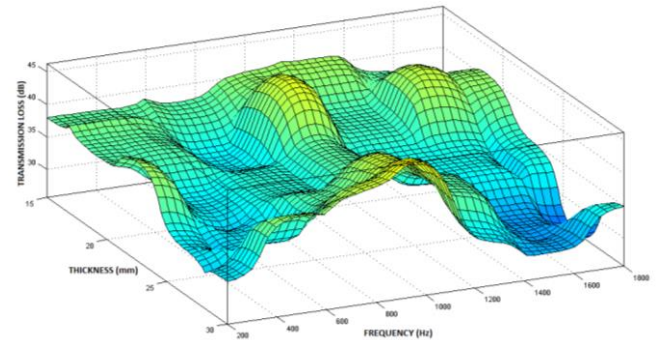


Figure 8. Connection between transmission loss levels and frequency and thickness

As the thickness of the material increases, sound transmission loss levels decrease. High frequencies in the range of 1400-1600 Hz are the control region, in this part, 30 mm size samples reached transmission loss levels of 29.7. This situation is due to the rigid structure of the composite. That's why the transmission loss levels value gave lower results in other thicknesses. Figure 9 shows the connection between transmission loss levels and thickness.

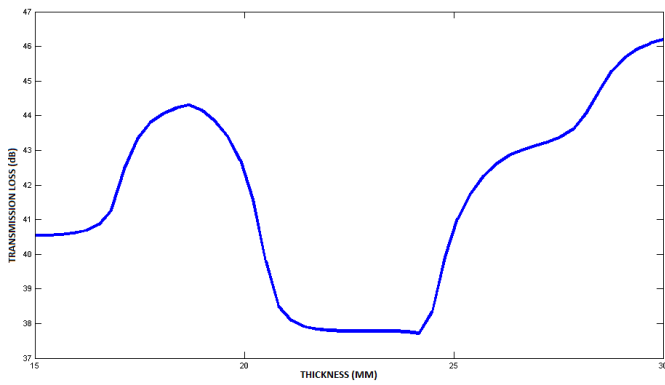


Figure 9. Connection between transmission loss levels and thickness

In the 21.3-23.2 mm thick samples section, the samples gave lower results in terms of transmission loss levels. From this, it can be said that the leather-added composite will show better insulation properties at higher thicknesses. Figure 10 shows the connection between transmission loss levels and frequency.

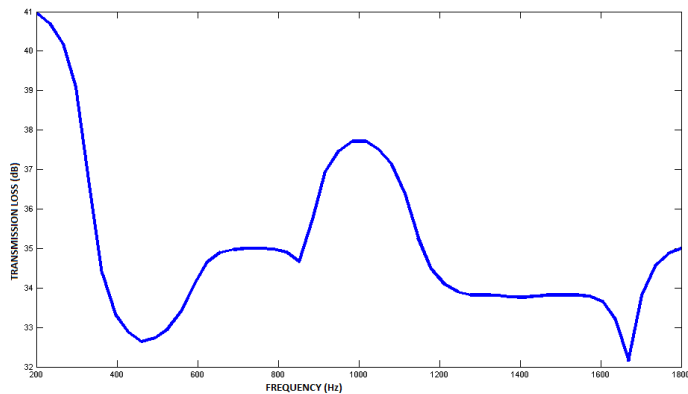


Figure 10. Connection between transmission loss levels and frequency

It is the overlap frequency region in the 1000-1200 Hz range. Transmission loss levels generally decrease in this region. However, in the frequency range of 450-650 Hz, there was an improvement in sound transmission loss values in PVA/leather added composites. It reaches low sound transmission loss values at low and high frequencies, and the use of composite samples at medium frequencies will be more appropriate.

4. Results and Discussion

According to the heat conduction coefficient measurement results;

Obtaining highly porous structures in thermal insulation contributes positively. When comparing PVA/leather added composite structures, samples with thicker structure showed good performance. PVA addition caused the thermal conduction coefficient to increase and therefore gave a good result in terms of performance. According to the thermal conductivity results; The 15 mm thick composite material gave the highest thermal conductivity value, and the 30 mm thick composite material gave the lowest value. The material, which has a low thermal conductivity coefficient, is ideal for thermal insulation applications.

According to the results of sound absorption coefficient measurements,

The main parameter effective in sound absorption coefficient is size. Especially when looking at the sound insulation values between 3000-4000 Hz, 25-27 mm thick composites showed good performance in terms of sound absorption. The sound absorption coefficient increases with the thickness of the samples. It is thought that increasing the material thickness causes an increase in the amount of micropores in the sample. The friction between the sound waves and the surface increases and the amount of sound energy converted into lost heat energy increases. The lowest result was for the 15 mm thick material and gave a sound absorption coefficient value of 0.37. The highest value was for the 24 mm thick material and gave a sound absorption coefficient value of 0.68. Leather reinforced composites have better acoustic absorption behavior at high frequencies than synthetic fiber reinforced composites.

According to the sound transmission loss measurement results;

It is seen that PVA/leather added composites give better results. The composite has a rigid structure. Rigid structures generally affect the sound transmission loss performance positively. While it is more appropriate to use 25-30 mm thick composites with PVA/leather additives in the low (0-400 Hz) and medium frequency (800-1200) ranges, it is not appropriate to use 20-25 mm thick composites in the high frequency (above 1300).

5. Conclusion

In this study, composite containing PVA/leather was produced. The resulting composite structure aims to minimize heat losses and reduce the reach of sounds at frequencies audible to the human ear. Thermal and acoustic tests were performed on the prepared samples, respectively, and the obtained data were interpreted. Sound absorption coefficient, sound transfer loss and heat conduction coefficient measurement results show that the produced composite meets the desired properties. When the thermal and acoustic properties of the composites were evaluated, it was determined that the PVA/skin thicknesses forming the mixture varied depending on the mean temperature and frequency (Hz).

To reduce the heat conduction coefficient value of layered structures; It is necessary to increase their thickness and at the same time obtain a more voluminous structure. Obtaining highly porous structures in thermal insulation contributes positively to the heat conduction coefficient value.

In order to increase the sound absorption coefficient values of layered structures and to positively affect the sound transfer loss values; Their thickness needs to be increased. As a result of the measurements, it was seen that the sound at the 3000 Hz frequency, to which the human ear is most sensitive, was absorbed by 61%. It is also thought that the thickness of the layered structure consisting of skin may have increased the sound absorption coefficients. The sound transfer loss value of the resulting layered structure was low. The reason for this is that the thickness of the layered structures, unlike the materials used in previous studies, is thought to increase the roughness of the channels in the composite containing PVA/leather, and as a result, the friction between the surface in contact with the sound waves and the sound waves will increase. The amount of sound energy increases with the increase in the amount of friction, and the

increase in the amount of pores in the material used for insulation purposes in sound insulation applications has increased the insulation feature of the material.

As a result, leather waste was evaluated and a new composite material that was low-cost, sustainable and respectful of nature was produced. This new composite material can be used in heat and sound insulation in the construction and automotive sectors. This study contributed to the literature on thermal and acoustic properties.

References

- [1] Mrowiec, B. (2018). Plastics in the circular economy (CE). *Environmental Protection and Natural Resources*, 29(4), 16-19.
- [2] Choudhary, K., Sangwan, K. S., & Goyal, D. (2019). Environment and economic impacts assessment of PET waste recycling with conventional and renewable sources of energy. *Procedia CIRP*, 80, 422-427.
- [3] Padhye, R., & Nayak, R. (Eds.). (2016). *Acoustic textiles* (p. 242). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- [4] Lakraflı, H., Tahiri, S., Albizane, A., Bouhria, M., & El Otmani, M. E. (2013). Experimental study of thermal conductivity of leather and carpentry wastes. *Construction and Building Materials*, 48, 566-574.
- [5] Senthil, R., Inbasekaran, S., Gobi, N., Das, B. N., & Sastry, T. P. (2015). Utilisation of finished leather wastes for the production of blended fabrics. *Clean technologies and environmental policy*, 17, 1535-1546.
- [6] Teklay, A., Gebeyehu, G., Getachew, T., Yaynshet, T., & Sastry, T. P. (2017). Conversion of finished leather waste incorporated with plant fibers into value added consumer products—An effort to minimize solid waste in Ethiopia. *Waste management*, 68, 45-55.
- [7] Senthil, R., Sastry, T. P., Saraswathy, G., Das, B. N., & Gobi, N. (2018). Leather insole with acupressure effect: new perspectives. *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 175-182.
- [8] Li, Q., Wang, Y., Xiao, X., Zhong, R., Liao, J., Guo, J., ... & Shi, B. (2020). Research on X-ray shielding performance of wearable Bi/Ce-natural leather composite materials. *Journal of Hazardous Materials*, 398, 122943.
- [9] Tauhiduzzaman, M., Mottalib, M. A., Rahman, M. J., & Kalam, M. A. (2023). Preparation and characterization of composite sheets from solid leather waste with plant fibers: a waste utilization effort. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-14.
- [10] Kılıç, E., Fullana-i-Palmer, P., Fullana, M., Delgado-Aguilar, M., & Puig, R. (2024). Circularity of new composites from recycled high density polyethylene and leather waste for automotive bumpers. Testing performance and environmental impact. *Science of The Total Environment*, 919, 170413.
- [11] Lakraflı, H., Tahiri, S., Albizane, A., El Houssaini, S., & Bouhria, M. (2017). Effect of thermal insulation using leather and carpentry wastes on thermal comfort and energy consumption in a residential building. *Energy Efficiency*, 10(5), 1189-1199.
- [12] Çeven, E. K., & Günaydin, G. K. (2018). Investigation of moisture management and air permeability properties of fabrics with linen and linen-polyester blend yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4 (130), 39-47.
- [13] Pu, H., Shu, C., Dai, R., Chen, H., & Shan, Z. (2022). Mechanical, thermal and acoustical characteristics of composite board kneaded by leather fiber and semi-liquefied bamboo. *Construction and Building Materials*, 340, 127702.
- [14] Massoudinejad, M., Amanidaz, N., Santos, R. M., & Bakhshoodeh, R. (2019). Use of municipal, agricultural, industrial, construction and demolition waste in thermal and sound building insulation materials: A review article. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17, 1227-1242.
- [15] Ghermezgoli, Z. M., Moezzi, M., Yekrang, J., Rafat, S. A., Soltani, P., & Barez, F. (2021). Sound absorption and thermal insulation characteristics of fabrics made of pure and crossbred sheep waste wool. *Journal of Building Engineering*, 35, 102060.
- [16] Thilagavathi, G., Muthukumar, N., Krishnanan, S. N., & Senthilram, T. (2019). Development and characterization of pineapple fibre nonwovens for thermal and sound insulation applications. *Journal of Natural Fibers*.
- [17] Chen, Y. X., Wu, F., Yu, Q., & Brouwers, H. J. H. (2020). Bio-based ultra-lightweight concrete applying miscanthus fibers: Acoustic absorption and thermal insulation. *Cement and Concrete Composites*, 114, 103829.
- [18] Karimi, F., Soltani, P., Zarrebini, M., & Hassanpour, A. (2022). Acoustic and thermal performance of polypropylene nonwoven fabrics for insulation in buildings. *Journal of Building Engineering*, 50, 104125.
- [19] Mehrzad, S., Taban, E., Soltani, P., Samaei, S. E., & Khavanin, A. (2022). Sugarcane bagasse waste fibers as novel thermal insulation and sound-absorbing materials for application in sustainable buildings. *Building and Environment*, 211, 108753.
- [20] Islam, S., & Bhat, G. (2019). Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles. *Journal of environmental management*, 251, 109536.
- [21] Samanta, K. K., Mustafa, I., Debnath, S., Das, E., Basu, G., & Ghosh, S. K. (2022). Study of thermal insulation performance of layered jute nonwoven: a sustainable material. *Journal of Natural Fibers*, 19(11), 4249-4262.
- [22] Ali, M., Alabdulkarem, A., Nuhait, A., Al-Salem, K., Iannace, G., & Almuzaiqer, R. (2022). Characteristics of agro waste fibers as new thermal insulation and sound absorbing materials: hybrid of date palm tree leaves and wheat straw fibers. *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 6576-6594.

Maden Sahaları İhale Süreçlerinin İncelenmesi

Behzat Gökçen DEMİR^{1*}, Akın AKBULUT², Ali Koray ÖZDOĞAN³

^{1*} Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1767-009X), demirbehzatgokcen@gmail.com

² Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5109-5682), akbulutakin@gmail.com

³ X Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9542-1008), akozdogan@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 04.04.2024 ve Kabul Tarihi 07.08.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1464982)

ATIF/REFERENCE: Demir, B., G., Akbulut, A., & Özdoğan, A. K. (2024). Maden Sahaları İhale Süreçlerinin İncelenmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 35-41.

Öz

Ülkemizde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin esas ve usullerini düzenleyen 3213 sayılı Maden Kanunu gereğince, ekonomik olarak işletilebilir maden rezervi olduğu düşünülen bir alanda maden arama faaliyetlerinde bulunulabilmesi için arama ruhsatının alınması gereklidir. Ekonomik olarak rezervi ortaya çıkarılan/tespit edilen bir madenin işletilmesine yönelik olarak arama ruhsat döneminde sonra ise öncelikle işletme ruhsatının, daha sonra işletme izninin alınması gereklidir. Kanun kapsamında, belirli grup madenler için arama ruhsat dönemi bulunmamakta, doğrudan işletme ruhsatına hak sağlanabilmektedir. Maden Kanunu kapsamında maden arama veya işletme ruhsat hakkı elde edilmesinin birçok farklı yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden birisi ihale yolu ile maden ruhsatına hak sağlanmasıdır. Gerçek veya tüzel kişiler, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG)'nin yaptığı maden sahası ihalelerine müracaat ederek, şartları sağlamaları ve ihale sonucunda hak sağlamaları durumunda maden arama veya işletme ruhsat hakkı elde edebilmektedir. Maden sahalarının ihale işlemleri, Maden Kanunu ve Kanunun alt düzenlemelerinden biri olan Maden Sahaları İhale Yönetmeliği hükümleri çerçevesinde gerçekleştirilir. Söz konusu Yönetmelik hükümlerinde, maden sahalarının ihalesine müracaat edecek olan gerçek veya tüzel kişilerin yasal olarak taşınması gereken bazı özel şartlar düzenlenmiştir. Ayrıca, yine Yönetmelik kapsamında maden sahalarının ihalesine katılmayı planlayan kişilerin hazırlaması gereken bilgi, belgeler ve mali yükümlülükler ile maden sahalarının ihalesinin nasıl yapılacağı gibi önemli birçok hüküm düzenlenmiştir. Bu çalışmada, maden sahalarının ihale süreçlerinin başvuru, ilan ve sonuçlandırılma gibi aşamalarını içeren ara ve ana süreçleri genel olarak değerlendirilerek, tesis şartlı ihale, küçük alanların ihalesi ve diğer ihale süreçleri ise çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Maden Sahaları, İhale, Maden Ruhsatı.

Review of Tender Processes of Mining Fields

Abstract

Pursuant to the Mining Law No. 3213, which regulates the principles and procedures of mining activities carried out in our country, an exploration licence must be obtained in order to carry out mineral exploration activities in an area that is considered to have economically exploitable mineral reserves. After the exploration licence period, it is necessary to obtain an operation licence and then an operation permit for the operation of a mine whose reserves have been discovered/identified economically. Within the scope of the Law, there is no exploration licence period for certain groups of mines, and the right to an operating licence can be obtained directly. Within the scope of the Mining Law, there are many different methods of obtaining mining exploration or operation licence rights. One of these methods is to obtain mining licence rights through a tender. Real or legal persons may apply to the mining site tenders held by the General Directorate of Mining and Petroleum Affairs (MAPEG) and obtain a mining exploration or operation licence right if they meet the conditions and are granted the right as a result of the tender. The tender procedures of mining sites are carried out in accordance with the provisions of the Mining Law and the Mining Sites Tender Regulation, which is one of the sub-regulations of the Law. The provisions of the Regulation set out some special conditions that real or legal persons who will apply for the tender of mining sites must

legally meet. In addition, the Regulation also regulates many important provisions such as the information, documents and financial obligations to be prepared by the persons who plan to participate in the tender of the mining sites and how the tender of the mining sites will be held. In this study, the intermediate and main processes of the tender processes of mining sites, including stages such as application, announcement and finalisation, are evaluated in general, and the tender with facility conditions, the tender of small areas and other tender processes are excluded from the scope of the study.

Keywords: Mining Fields, Tender, Mining Licence.

1. Giriş

Ülkemiz madenlerinin milli menfaatlerimize uygun bir şekilde aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesine yönelik esas ve usuller, 3213 sayılı Maden Kanunu ile düzenlenmiştir. Kanun'un 2'nci maddesinde maden; yerkabuğunda veya su kaynaklarında doğal olarak yer alan, ekonomik ve ticari anlamda değeri bulunan ve diğer doğal kaynaklar (petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları) dışında kalan her türlü madde olarak tanımlanmıştır. Kanun'un yine aynı maddesinde madenlerin, I., II., III., IV. ve V. grup olarak beş ana grup altında ruhsatlandırılabilceği hükme bağlanmıştır. Bu sayılan gruplar içerisinde I., II. ve IV. grup madenlerin alt bentleri de bulunmaktadır [1].

Ülkemizde madenlerin aranabilmesi için arama ruhsatının alınması zorunludur. Arama ruhsat aşamasının sonunda ekonomik olarak işletilebilir olduğu tespit edilen madenlerin üretimi için öncelikle işletme ruhsatı, sonrasında ise işletme izninin alınması gereklidir. Maden Kanunu kapsamında, I. grup ve II. grup (a) ve (c) madenler için arama ruhsat dönemi bulunmamakta ve bu grup madenler için doğrudan işletme ruhsatı düzenlenmektedir. Maden Kanunu gereğince, II. grup (b) bendi ve IV. grup dışında kalan maden grupları ihale yolu ile ruhsatlandırılmaktadır. MAPEG tarafından yapılacak ihale sonucunda hak sağlanması halinde, I. grup (b) bendi ile II. grup (a) ve (c) bendinde sayılan madenler için doğrudan işletme ruhsatı, III. ve V. gruplarda sayılan madenler için arama ruhsatı düzenlenmektedir. Geçmiş dönemlerde ruhsata konu olmuş II. grup (b) bendi ve IV. grup maden alanları da ihale yolu ile yeniden ruhsatlandırılabilir. Maden Kanunu'nun 16'ncı maddesi gereği, MAPEG'in uygun görüşü ile belirlenerek ihale edilen I. grup (a) bendi madenlerin ihale işlemleri ise büyükşehir belediyesi bulunan illerde Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlıkları, diğer illerde ise İl Özel İdareleri tarafından yapılmaktadır. Kamu kurum ve kuruluşlarının projelerinde kullanılacak hammaddenin üretimi için düzenlenen hammadde üretim izinleri, maden ruhsatı değildir ve ihale yapılmadan ilgili kamu kurum ve kuruluşunun talebi dikkate alınarak düzenlenir [2].

Maden Kanunu kapsamında maden hakkına bağlı olarak maden ruhsatı elde edilmesi temel olarak müracaat, ihale veya devir alma gibi farklı kazanım yolları ile gerçekleşmektedir. İhale süreci ise, ihalesi yapılan maden grubu (veya alt bent) sayısı dikkate alındığında önemli bir ruhsat edinme türüdür. Aynı bir husus olarak, Maden Kanunu'nun 30'uncu maddesi gereğince, ihalelik sahalar, madencilik faaliyetleri ile ilgili konularda uzmanlaşmış Devlet (kamu) kurum ve kuruluşlarına Bakan (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı) onayı ile ihale edilmeksizin verilebilir [3].

05.06.2004 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan 5177 sayılı Kanun ile 3213 sayılı Maden Kanunu'nda yapılan değişiklik sonrasında, Maden Kanunu'nun 30'ncü maddesi gereğince yapılan maden sahalarının ihale işlemlerine ilişkin

açıklayıcı ve detaylı hükümler genel olarak, 03.02.2005 tarih ve 25716 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği ve sonrasında 06.10.2010 tarih ve 27751 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği hükümlerinde yer almıştır. 21.09.2017 tarih ve 30187 sayılı Resmi Gazete'de, Maden Yönetmeliği ve Maden Sahaları İhale Yönetmeliği olarak iki ayrı yönetmeliğin yayımlanması ile maden sahalarının ihale işlemlerine yönelik ayrı ve özel bir düzenleme getirilerek, bu alanda daha düzenleyici ve geniş bir mevzuat yürürlüğe konulmuştur.

I. grup (a) bendi madenlerin dışında kalan maden sahalarının ihaleleri, MAPEG tarafından yapılmakta ve yapılan ihale açık ihale yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda ilk aşamada, ihaleye katılmak isteyen gerçek veya tüzel kişilerin teklifleri, kapalı teklif olarak alınır. İkinci aşamada ise geçerli olan kapalı teklifler birden fazla ise aritmetik ortalamasının %50'sinin üzerinde kalan teklifleri veren kişiler arasında açık artırma usulü ile ihaleye devam edilir. İhaleye katılan kişi sayısı veya geçerli teklif sayısı tek ise, bu tek kişinin teklifi üzerinden değerlendirme yapılarak ihale sonuçlandırılır [4]. Maden sahalarının ihale işlemlerinin elektronik ortamda yapılabilmesi amacıyla MAPEG tarafından geliştirilen e-ihale yazılımı tamamlanarak test çalışmalarına başlanılmıştır. Bu kapsamda gerekli işlemler tamamlandıktan sonra ilerleyen zamanlarda elektronik ortamda (e-ihale şeklinde) maden sahaları ihaleleri gerçekleştirilebilecektir. Maden sahalarının ihale işlemlerini gerçekleştirme görevi MAPEG organizasyon şeması içerisinde İhale ve Proje Geliştirme Dairesi Başkanlığı'na verilmiştir [5,6].

MAPEG tarafından yapılan ihaleler, ağırlıklı olarak bu çalışmanın kapsamını oluşturan ve herhangi bir nedenle (terk, iptal gibi) hükümden düşmüş veya taksir edilmiş olan alanlar ile II. grup (b) bendi ve IV. grup dışında kalan maden gruplarının yeni maden alanlarına yönelik olarak yapılan ihalelerdir. Bu ihaleler dışında, Maden Sahaları İhale Yönetmeliği kapsamında genel olarak, (a) ruhsat sahaları arasında kalan ve tek başına madencilik yapılamayacak büyüklükte olan alan (küçük alanların) ihalesi, (b) tesis şartlı ihale, (c) daha önce kısıtlanan ve kısıtlama gerekçesi ortadan kalkan ruhsat sahalarının ihalesi, (d) 6309 sayılı Kanun (mülga) döneminden gelen ve hukuku devam eden ruhsatların çakışmalı alanlarda bulunan yeni madenler için yapılan ihale, (e) Maden Kanunu'nun 29'uncü maddesinin sekizinci ve dokuzuncü fıkraları gereğince iptal edilmiş olan ruhsat sahaları (alan sınırlandırmasına bakılmaksızın), havza madenciliğini geliştirmek ve jeolojik yapının aydınlatılması için oluşturulmuş yeni alanlar ile ihalelik durumda bulunan sahaların birleştirilmesi sonucu oluşturulan alan ihaleleri de yapılabilmektedir [7]. Çalışmanın konusu dışında kalan ihale işlemleri, genel olarak daha az sayıda yapılan özel ihaleler olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışma kapsamında, ağırlıklı olarak yapıldığı belirtilen ihale yöntemlerinin başvuru, ilan ve sonuçlandırılma gibi aşamalarını içeren ara ve ana süreçleri genel olarak değerlendirilmiştir. MAPEG tarafından 287. ihale grubu olarak ilan edilen maden sahaları ihalesi (özellikle ihale şartnamesi) örnek olarak alınmıştır. I. grup (a) bendi madenlerin ihale

süreçleri ile tesis şartlı ihale, küçük alanların ihalesi ve diğer ihale süreçleri ise çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

2. Maden Sahaları İhale İlanı ve Başvurusu

2.1. İhale İlanı

MAPEG tarafından ihale edilmek üzere gruplar halinde oluşturulan maden sahalarının ihale ilanları öncelikle Resmi Gazete’de yayımlanır. Resmi Gazete ilanında; ihaleye konu maden sahalarının MAPEG’in internet sayfasında (www.mapeg.gov.tr) ilan edileceği tarih, yapılacak ihalenin şekli, ihaleye yönelik bilgiler, maden sahalarının ihalesine katılım için gerekli başvuru şekli ve ihalesine başvuru yapılmayan maden sahalarının yeniden ihale edileceği hususlarına yer verilmektedir. Resmi Gazete ilanından sonra, ihale tarihinden en az on beş gün öncesinde olacak şekilde ihale ilanı ve ihalesi yapılacak maden sahaları ile ilgili açıklayıcı bilgiler MAPEG’in internet sayfasında da duyurulur. MAPEG’in ilanında/duyurusunda; Resmi Gazete’de yayınlanan ihale ilan bilgileri, ihale edilecek maden sahaları bilgileri (il, erişim numarası, ruhsat grubu, alanı, pafta-koordinat bilgileri), mali yükümlülüklerin (ihale teminat tutarı, işletme ruhsat taban bedeli tutarındaki ihale istek bedeli, ihale şartname bedeli gibi) ödeme yerleri ve süreleri, ihale teklif zarfının teslim edileceği yer ve saat bilgileri, ihalenin yapılacağı yer, tarih ve saat bilgilerine yer verilmektedir [8]. Ayrıca, MAPEG tarafından yapılan ilanlarda ihale şartnamesi, örnek belgeler (teklif mektubu, teminat mektubu, müracaat formu için) ve sahaların Google Earth programı üzerinde yer aldığı .kml uzantılı dosyalar da yer alabilmektedir [9]. 2024 yılı için işletme ruhsat taban bedeli 99.913 TL, ihale şartname bedeli ise 5.230 TL olarak belirlenmiştir [10,11].

2.1. İhale Başvurusu

Maden Sahaları İhale Yönetmeliği’nin ihaleye müracaat başlıklı 6’ncı maddesi gereğince, maden sahalarının ihalesine katılmak isteyen gerçek veya tüzel kişilerin, ihalenin yapılacağı tarih/gün ve saatte usulüne uygun olarak başvuruda bulunması zorunludur. Yine aynı maddenin ikinci fıkrasının (a) bendinde gerçek kişiler için, (b) bendinde ise tüzel kişiler için belirtilen bilgi ve belgeler ile müracaat edilmesi gereklidir. İhaleye katılacak olan gerçek veya tüzel kişiler; katılacakları her ihale için gerekli olan bilgi ve belgeleri tam ve eksiksiz olarak, ihale teklif zarfı kapalı olacak şekilde, MAPEG’in internet sayfasında ilan edilen yer, tarih ve saat aralığında sıra numarası karşılığında, ihale komisyonuna teslim etmekle yükümlüdür [12]. Posta veya diğer yollardan yapılan başvurular geçersiz sayılmaktadır [9].

MAPEG tarafından, ayrı ayrı zarflar içerisine konulacak ihale teminat mektubu ve ihale teklif mektubu ile birlikte diğer müracaat evraklarının tamamının büyük bir zarfa (dış zarf olacak şekilde) konularak ihale teklif dosyası zarfının hazırlanması zorunlu tutulmuştur. İhale teklifi için oluşturulacak olan kapalı zarfın üzerine teklif verilecek maden sahasının ili ve erişim numarası yazılmalıdır. Bu bilgilerin dışında, gerçek kişiler için müracaatta bulunan kişinin adı ve soyadı ile T.C. kimlik numarası, tüzel kişiler için ise tüzel kişiliğin unvanı, vergi dairesi ve numarası ile varsa vekilin adı ve soyadı ile T.C. kimlik numarası bilgileri yazılmalıdır. İhale teklifinin bulunduğu zarfın üzerine, ihale komisyonu tarafından, sıra numarası kaydedilir. Bilgi ve belgelerde eksiklik olması durumunda yapılan müracaatlar geçersiz sayılarak değerlendirmeye alınmaz. İhaleye katılacak olan gerçek veya tüzel kişiler tarafından, ihale işlemleri için gerekli olan bilgi ve belgelerin her ihale teklifi için ayrı ayrı

olacak şekilde verilmesi zorunludur. Hazırlanan bilgi ve belgeler, ihaleye müracaat eden gerçek veya tüzel kişilere iade edilmemektedir. Ayrıca söz konusu belge ve bilgiler farklı bir ihale müracaatı için de kullanılamamaktadır [9, 12].

Maden sahaları ihalelerine katılım için ihale teminatı verilmesi gerekir. İhale teminatı, ihaleler için bankalardan alınacak olan geçici ve süresiz bir teminat mektubu veya MAPEG tarafından belirlenmiş banka hesabına Türk Lirası cinsinden yatırılan nakit para olarak kabul edilir. İhale teminatı, işletme ruhsat taban bedelinden ve MAPEG’in internet sayfasında ilan edilen taban ihale bedelinden az olmamak kaydıyla, ihaleye girecek kişi tarafından verilen kapalı teklifin %20’sinden az olamaz. Aksi bir durumda yapılan teklif geçersiz sayılır. Açık artırma için ek bir ihale teminatı alınmamaktadır. MAPEG gerekli görülen hallerde ihale şartnamesinde belirterek, teminat miktarı ve oranını değiştirebilir. İhale teminatını örnek ile açıklamak gerekirse, taban ihale bedelinin 100.000 TL olarak belirlenmesi halinde ihale teminatının en az 100.000 TL olması gerekir. Bu durumda 500.000 TL’ye kadar teklif verilebilir. Eğer taban bedelinin beş katının üzerinde örneğin 800.000 TL teklif verilirse ihale teminatının -taban ihale bedelinden fazla olacak şekilde- 160.000 TL olarak yatırılması veya sunulması gereklidir. İhale teminatı hesaplamalarında kullanılan taban ihale bedeli ise MAPEG tarafından, ihalesi yapılacak olan maden sahasının konumu, safhası, rezerv bilgileri ve piyasa şartları dikkate alınarak işletme ruhsat taban bedelinden az olmayacak şekilde belirlenir. İhale teminatı dışında ihaleye katılmak amacı ile gerçek veya tüzel kişiler tarafından ihale şartname bedeli ve işletme ruhsat taban bedeli tutarı kadar ihale istek bedeli yatırılmalıdır [9, 13].

2.1.1. İhale Şartnamesi

MAPEG tarafından hazırlanacak olan ihale şartnamesinde, Maden Sahaları İhale Yönetmeliğinin 7’inci maddesi sayılan hususlara yer verilmesi zorunludur. Bu kapsamda, maden sahalarının ihale şartnamesi, yapılacak olan ihalenin özelliklerini, şartlarını, ihtiyaç duyulan bilgi ve belgeleri belirtecek şekilde MAPEG tarafından hazırlanarak internet sayfasında yayımlanır. Ayrıca, ihaleye müracaat eden gerçek veya tüzel kişiler, öncelikli şartlardan biri olarak ihale şartname bedelini MAPEG tarafından belirlenecek banka hesabına yatırmak zorundadır. Yönetmelik hükümlerinde sayılan hususların yanında, MAPEG’in gruplar halinde yayımlandığı ihale ilanlarının şartnamelerinde detaylı olarak açıklayıcı ve yönlendirici bilgiler de yer alır. Yayımlanan güncel (287. ihale grubu) ihale şartnamesinde, ihale sürecinde ve sonrasında ihale kapsamında talep edilebilecek her türlü bilgi ve belgenin Türkçe olarak verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Teklif sahipleri, ihaleye katılım için MAPEG’e ibraz etmiş oldukları bilgi, belge ve beyanların doğruluğundan sorumlu olmakla birlikte, MAPEG doğruluk ve geçerlik noktalarında ek bilgi ve belge talep etme hakkına sahiptir [9, 14]. 287. grup ihale şartnamesinde on altı başlık altında ihalenin kapsamı şu şekilde ilan edilmiştir [9]:

- Tanımlar ve kısaltmalar,
- İhalenin konusu,
- Tekliflerin verileceği yer ve son teklif verme tarihi,
- İhaleye katılmayacak olanlar ve yasaklar,
- İhaleye katılabilmek için verilmesi gereken belgeler,
- Taban ihale bedeli,
- İhale teminatı,
- Tekliflerin hazırlanması,
- İhale usulü ve tekliflerin değerlendirilmesi,

- 1) İhale onayı,
- i) İhale bedeli ve ödeme şekli,
- j) İhale iptali,
- k) İhale sonucu ruhsat almaya hak kazanan teklif sahibinin yükümlülükleri,
- l) Ruhsatlandırma,
- m) Diğer hususlar,
- n) Uyuşmazlıkların çözümü.

3. İhale Başlangıcı ve Sonuçlandırılması

3.1. İhale Komisyonu

Maden sahaları ihalelerinin gerçekleştirilebilmesi için MAPEG tarafından beş asil ve beş yedek üyenin yer aldığı ihale komisyonu oluşturulur. Bu komisyon, MAPEG bünyesinde görev yapan bir genel müdür yardımcısı başkanlığında, daire başkanları ve konusunda uzman personelden seçilir. İhtiyaç duyulması halinde birden fazla ihale komisyonu da oluşturulabilir.

İhale komisyonunda kararlar, çoğunluğun katılımı ile alınır. Asil olarak yer alan üyenin mazereti nedeni ile komisyona katılamaması durumunda, yedek üye asil üyenin yerine komisyona katılır. Komisyon kararlarında çekimser kalınması gibi bir durum söz konusu olmamaktadır. Eğer, komisyon üyesi karara katılmıyor ise karşı oyunun gerekçesini kararın altına yazarak imzalamak zorundadır. İhale komisyon başkanına ve üyelerine verilmek üzere, ihalesi yapılacak olan her maden sahası ile ilgili olarak, ihale şartnamesi ve maden sahasının bilgilerinin bulunduğu bir dosya hazırlanır [15].

3.2. Tekliflerin Değerlendirmesi

İhale başvurusunda kapalı olarak sunulan ihale teklif zarfları, MAPEG'in ihale salonunda ihale komisyon üyeleri ve ihaleye katılan kişiler huzurunda açılır. İhale komisyonu tarafından, ihaleye müracaat eden kişilerin belgeleri incelenir. İnceleme sonucunda evraklarının eksik olduğu tespit edilen kişilerin teklifleri geçersiz sayılır. Aynı erişim numaralı maden sahasına; aynı gerçek veya tüzel kişi tarafından birden fazla, aynı gerçek kişi hem kendi, hem de başka gerçek ve/veya tüzel kişi adına asaleten/vekâleten ve aynı gerçek kişi birden fazla vekâleten müracaat yapılamaz. Aksi durumda yapılmış teklifler geçersiz sayılır. Aynı erişim numaralı sahaya, şirket adına müracaat edilmesi durumunda, şirketin yönetim kurulu üyeleri ve şirket yetkilileri kendi adına veya vekâleten aynı sahaya müracaatta bulunamaz. Aksi durumda sadece tüzel kişinin müracaatı kabul edilir.

Kapalı tekliflere göre teminat miktarları yeterli olmayan kişilerin teklifleri geçersiz sayılır. Teklifleri uygun olmayan kişilerin durumu bir tutanakla tespit edilir. İhaleye katılmak için müracaatta bulunan ancak tekliflerin açılması sırasında salonda hazır bulunmayan ve açık artırmaya katılmayan kişilerin kapalı teklifleri geçerli sayılır. İhale ilanına çıkarılan maden sahasının ihalesine tek bir kişinin katılması veya geçerli tek bir teklifin olması halinde bu teklife göre ihale süreci tamamlanır. Geçerli kapalı teklifin birden fazla olması durumunda, tekliflerin aritmetik ortalamasının %50'sinin üstünde teklif vermiş olan kişiler, açık artırmaya katılmaya hak kazanır. Geçerli tüm kapalı tekliflerin aritmetik ortalamasının %50'sinin altında kalan teklifler değerlendirmeye alınmaz ve bu kişiler açık artırmaya katılamaz (teklif veren gerçek veya tüzel kişilerin aritmetik ortalamasının %50'sinin üzerinde bir teklifin kalması halinde bu teklife göre ihale sonuçlandırılır).

Açık artırmaya, kapalı teklif aşamasında verilen en yüksek bedel üzerinden olacak şekilde, kapalı teklif aşamasında açık artırmaya hak kazanmış olan en düşük teklifi veren kişiden başlanır. Eğer kapalı tekliflerde eşitlik olursa, teminatı düşük olan teklif sahibinden açık artırmaya başlanır. Bu noktada, sunulan teminatlarda eşit ise, ihale müracaat numarasındaki öncelik dikkate alınarak sırasıyla teklif artırımı yapılır.

İhale şartnamesinde, açık artırmadaki artırım oranlarının alt ve üst sınırları belirtilir. Örnek olarak, 287. ihale grubu için ihale şartnamesinde, artırım aralığının bir önceki teklifin %5 (yüzde beş) fazlasının altında ve %20 (yüzde yirmi) fazlasının üstünde olamayacağı belirtilmiştir. Örnek olarak; 200.000 TL olan bir önceki teklifin artırım aralığı 210.000 ile 240.000 TL'dir. Her artırma aşamasında ilk artırmaya başlayan kişiden başlanılarak ihale tamamlanıncaya kadar açık artırmaya devam edilir. Teklif sırası gelmesine rağmen teklifi artırmayan kişiler açık artırma dışında kalmaktadır.

İhaleye giren kişilerin, kapalı veya açık artırmada yaptıkları en yüksek teklifler esas alınarak, en yüksek tekliften başlanılarak ihale bedeli yatırma takip çizelgesi oluşturulur. İhaleye katılanlar ile komisyon üyeleri tarafından ihale tutanağı ve ihale bedelleri yatırma takip çizelgesinin imzalanması sonucunda ihale gerçekleştirilmiş olur [4, 9, 16].

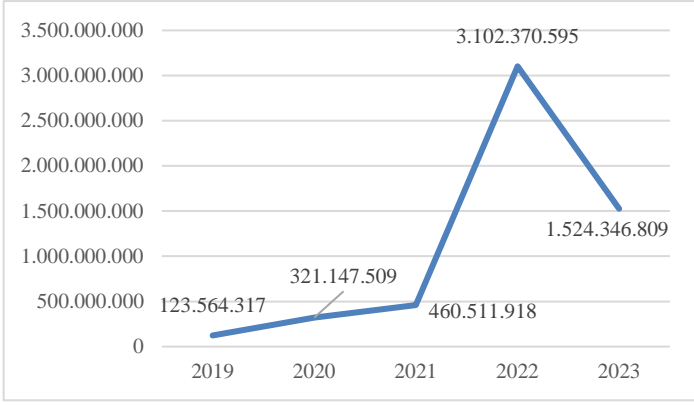
3.3. İhale Sonuçlanması ve Kesinleşmesi

İhale komisyonu tarafından, teklif edilen ihale bedelinin uygun bulunması halinde ihaleyi kazanmış olan kişiye, ihale bedelinin yatırılması için on iş günü süre verilir. Birden fazla kişinin ihaleye katılmış olması durumunda ise ikinci ve daha sonraki sırada bulunan tekliflerin sahiplerine ise beşer iş günü süre verilir. İhale bedeli yatırma takip çizelgesi sıralamasında kendisinden önce gelen kişi tarafından yükümlülüğün yerine getirilmemesi durumunda, sırası gelen kişi, beş iş günü içerisinde teklif etmiş olduğu ihale bedelini belirlenen ilgili yerlere yatırmak zorundadır.

İhale bedeli yatırma takip çizelgesi, ihaleye müracaat eden kişilerin takip etmeleri amacıyla MAPEG'in internet sayfasında yayımlanır. Bu noktada, ihaleye müracaat eden kişilere ayrıca bir tebligat yapılmaz. İhaleyi kazanan ve sırası gelen kişi, ihale bedelini süresi içerisinde yatırmaz ise hakkını kaybetmiş olur ve yatırdığı/sunduğu ihale teminatı irat kaydedilir. İhaleyi kazanan kişi tarafından ihale bedelinin yatırılmasına kadar sıralamada yer alan diğer kişilerin ihale teminatları iade edilmeden bekletilir. Sırası gelen kişinin ihale bedelini yatırması durumunda ihale süreci sonlandırılarak, sıralamada sonra gelen kişilerin ihale teminatları iade edilir.

Maden sahalarının ihalesi, MAPEG Genel Müdürlük Makamının onayı ile kesinlik kazanır.

Maden sahalarının ihaleleri sonucunda elde edilen ihale bedeli geliri genel bütçeye gelir olarak kaydedilerek, MAPEG tarafından hazine hesabına aktarılır. [3, 17]. Son beş yıl (2019-2023) verileri incelendiğinde; tahsil edilen ihale bedelleri, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında her yıl bir önceki yıla göre artış gösterirken, 2023 yılında 2022 yılına göre neredeyse yarısına yakın bir düşüş göstermiştir (Şekil 1). 2019-2023 yıllarında tahsil edilen en yüksek ihale bedeli 3.102.370.595 TL ile 2022 yılında, en düşük ihale bedeli ise 123.564.317 TL ile 2019 yılında gerçekleşmiştir. İhale bedeli dışındaki bazı ödeme kalemleri (ihale şartnamesi, ihale istek/müracaat bedeli gibi) MAPEG gelirleri olarak sayılmaktadır [5, 6, 18].



Şekil 1. Hazineye aktarılan ihale bedellerinin yıllara göre dağılımı

3.4. İhalenin Sonucunun İlanı ve Tebligat

İhale sonucunda düzenlenen ihale tutanağı ve ihale bedeli yatırma takip çizelgesi tebligat yerine geçtiğinden ihalenin sonuçları ile ilgili ayrıca bir tebligat yapılmamaktadır. İhale sonuçları, MAPEG'in internet sayfasında da ilan edilir. Kapalı teklif verdiği halde ihalenin yapıldığı salonda hazır bulunmayan veya hazır bulunmasına rağmen ihale komisyonunca hazırlanan ihale tutanağı ve ihale bedeli yatırma takip çizelgesine imza atmayan müracaatçılar/kişiler ve ihaleye teklif vermiş olanlar da ihale tutanağını ve ihale bedeli yatırma takip çizelgesini imzalamış sayılır [19].

3.5. İhale Sonucunda Ruhsatlandırma

İhaleyi kazanan gerçek veya tüzel kişiye, ihale bedelinin yatırılmasını müteakip arama veya işletme ruhsatı düzenlenmesi amacıyla, arama ruhsatları için Maden Kanunu'nun 16'ncı maddesi, işletme ruhsatları için ise Maden Kanunu'nun 24'üncü maddesi belirtilen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için iki ay süre verilir. Talep sahibi, kanuni süresi içinde yükümlülüklerini yerine getirmese ruhsat hakkını kaybeder. Bu gibi durumlarda yatırılan ihale istek bedeli ve ihale bedeli iade edilmez ve maden sahası ise yeniden ihalelik duruma getirilir [3, 20]. Ayrıca, ihale bedelinin yatırılmasından sonra saha bilgileri incelenmek üzere Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Taşınmaz Komisyonuna gönderilir.

MAPEG tarafından yapılan ihale sonucunda hak sağlanması (yükümlülüklerin yerine getirilmesi ve Taşınmaz Komisyonu tarafından uygun bulunması) halinde, I. grup (b) bendi, II. grup (a) ve (c) bendi madenler için doğrudan işletme ruhsatı, III. ve V. grup madenler için arama ruhsatı düzenlenir. Ayrıca, II. grup (b) bendi ve IV. grup maden alanlarının da ihale edilmesi sonucunda hak sağlanması halinde arama ruhsatı düzenlenir [3].

2014-2023 yılları arasındaki on yıl boyunca yapılan maden sahası ihale sayıları dikkate alındığında, 2016 yılından itibaren her yıl bir önceki yıla göre artış gösteren ihale sayısının 2022 ve 2023 yıllarında bir önceki yıla göre azalma gösterdiği, özellikle 2020 ve 2021 yıllarında diğer yıllara göre daha fazla maden sahasının ihale edildiği anlaşılmaktadır (Tablo 1). İhale sonucunda düzenlenen ruhsat sayıları incelendiğinde ise bir önceki yıla göre artış ve azalma eğiliminin değişiklik gösterdiği görülmektedir [6]. Teknik ve mali yükümlülüklerle ilişkin süreler, taşınmaz komisyonu kararı gibi süreçler dikkate alındığında, herhangi bir yıl içerisinde ihalesi sonuçlanan bir maden sahasının ruhsatlandırılması bir sonraki yılda/yıllarda olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, bir yıl için verilen iki sayısal değer

birbiri ile tamamen ilişkili olamayacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak, bu veriler son on yıl ölçeğinde genel olarak değerlendirildiğinde, toplam ihale sayısı (12.745) içerisinde ihale sonucunda düzenlenen toplam ruhsat sayısının (3.676) yaklaşık %29 olduğunu göstermektedir. Bu oran ile ihale edilen her maden sahasının ruhsatlandırılmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1. Yıllar İtibarıyla İhale Edilen ve İhale Sonucunda Düzenlenen Ruhsat Sayısı [6]

Yıl	İhale Edilen Ruhsat Sayısı	İhale Sonucunda Düzenlenen Ruhsat Sayısı
2014	434	212
2015	294	63
2016	605	109
2017	1.218	375
2018	1.255	308
2019	1.265	247
2020	2.114	901
2021	2.604	343
2022	1.502	664
2023	1.454	454
Toplam	12.745	3.676

3.6. İhalesine Müracaat Yapılmayan Maden Sahaları

Maden Kanunu kapsamında ihale edilmesine rağmen ihalesine müracaat yapılmayan maden sahaları yeniden/tekrar ihale programına alınır ve yapılacak olan yeni ihalede, ihale taban bedeli tekrar belirlenebilir [21].

Maden Kanunu'nun 30'uncü maddesi gereğince, bir maden sahasının ihalesinin iki kez ihalesi yapılmasına rağmen, sahanın ihalesine bir müracaat olmaması halinde ilgili sahanın aramalara açık hale getirileceği MAPEG tarafından ilan edilir. İlgili sahaya, ilan edildikten sonraki bir aylık süre içerisinde müracaat olursa, maden sahası belirlenen ihale taban bedeli üzerinden ruhsatlandırılır. Eğer, maden sahasına yapılan müracaat sayısı birden fazla olursa, müracaat eden kişiler arasında yeniden ihale edilir [3].

3.7. İhalenin İptal Edilmesi veya Ertelenmesi

MAPEG, gerekli görülen hallerde, maden sahaları ihalelerini iptal edebilmekte ya da erteleyebilmektedir. Teklif zarfları açılmadan ihale ertelenirse, ertelenen ihaleye sadece daha önce başvuruda bulunan kişiler katılabilir. İhalenin iptal edilmesi durumunda ise ihaleye müracaat eden kişiler herhangi bir hak talep edemez. Ancak, bu kişiler yatırmış oldukları işletme ruhsat taban bedeli ve teminatlarını iade alabilir. İhale teklif zarflarının kapalı olarak teslim edilmesi veya ihalenin yapılması için belirlenen tarihin, önceden öngörülemediği bir tatil gününe rast gelmesi durumunda gerekli iş ve işlemler, tatili günü/günlerini takip eden ilk iş gününde aynı yerde ve saatte yapılmaktadır [22].

4. İhaleye Katılacak Kişilerin Sorumlulukları ve Yaptırımlar

Maden arama veya işletme ruhsat hakkı elde edebilmek için maden sahalarının ihalesine katılan ve ciddi yatırımcı olan gerçek veya tüzel kişileri korumak, gerçek yatırımcıların önünü açmak adına ihalelere katılacak olan kişilere yüklenen birtakım sorumluluklar bulunmaktadır. Ayrıca, yapılacak ihale süreçlerinin düzenini bozmaya yönelik durumlarda (hile, tehdit, sahte belge kullanımı gibi) uygulanan yasal yaptırımlar bulunmaktadır.

İhale sonucunda, maden ruhsatı almaya hak kazandığı halde, mali ve teknik gibi konularda gerekli olan kanuni yükümlülüklerini yerine getirmeyen gerçek ve tüzel kişiler, MAPEG tarafından yapılacak ihalelere kendi adlarına veya vekaleten bir yıl süre ile katılamazlar.

Tehdit, hile, nüfuz kullanmaya ve çıkar sağlama veya başka yollar kullanarak maden sahaları ihalelerine fesat karıştıranlar ile ihale süreçlerinde sahte belge kullanan veya kullanmaya teşebbüs edenler hakkında Cumhuriyet Savcılığına suç duyurusunda bulunulur. Bu kişiler veya bu kişilerin adına hareket etmiş oldukları gerçek veya tüzel kişiler, MAPEG tarafından yapılacak ihalelere kendi adların veya vekaleten iki yıl süre ile katılamazlar. Ayrıca, sahte belge kullanarak maden sahası ihalesini kazandığı tespit edilenler ile ilgili olarak, müracaat eden kişinin teminatı irat kaydedilir. Bu durumda ihaleden alınan ruhsat iptal edilerek ihale bedeli iade edilmez. Ancak bu durum maden sahası ihalesi için müracaatta bulunan diğer kişilere bir hak sağlamaz.

Maden sahalarının ihalelerine; Devlet memurları, diğer kamu görevlileri, MAPEG'in merkez veya taşra teşkilatında çalışan yevmiyeli ve mukaveleli personel katılamazlar [23].

Maden sahaları ihalelerinde, MAPEG'in ihale edilen saha için maden rezervi ve tenörü konusunda bir sorumluluğu bulunmamaktadır. İhale edilen saha için rezerv ve tenör garantisi verilmemektedir. Ayrıca, ihaleyi kazanan kişi tarafından madenin rezervi, türü ve niteliği ile ilgili olarak MAPEG aleyhine herhangi bir itiraz ileri sürülemez. Teklif sahibi ihaleye konu olan maden sahasının ayıplı olduğunu hiçbir şekilde, hiçbir makam ve kurum nezdinde ileri süremez ve iddia edemez. Maden Kanunundaki yükümlüklerin yerine getirilmemesi halinde ihale bedeli de dahil olmak üzere, yoksun kalınan kâr veya maden sahası için yapılan yatırım giderleri adı altında hiçbir bedel talep edilemez [9].

4. Sonuç

I. grup (b) bendi, II. grup (a) ve (c) bendi, III. grup ve V. grup maden ruhsat hakkı almak isteyen gerçek veya tüzel kişilerin, -bu gruplara yönelik müracaat aşaması olmadığından- MAPEG tarafından düzenlenen maden sahası ihalelerine katılım sağlamaları gerekmektedir. Ayrıca, müracaat aşaması olan ancak daha önce ruhsata konu olmuş olan II. grup (b) bendi ve IV. grup maden alanları da ihale edilebilmektedir.

Maden sahaları ihale ilanı Resmi Gazete'de yayımlandıktan sonra ihale tarihinden en az on beş gün önce MAPEG'in internet sitesinde ilan edilir [8].

Maden sahası ihale başvuru aşamasından sonra, tekliflerin değerlendirilmesi sonucunda geçerli teklif birden fazla ise, tekliflerin aritmetik ortalamasının %50'sinin üstünde geçerli teklif vermiş olan gerçek veya tüzel kişiler, açık artırmaya katılabilir.

Maden sahaları ihalesi sonucunda, en yüksek tekliften başlanılarak ihale bedeli yatırma takip çizelgesi oluşturulur. İhale tutanağı ve ihale bedeli yatırma takip çizelgesi tebligat niteliğindedir. Yapılan ihaleler, MAPEG Genel Müdürlük Makamının onayı ile kesinleşir. İhale sonuçları, MAPEG'in internet sitesinde de ilan edilir.

İhale yolu ile maden ruhsatı almaya hak kazanmasına rağmen teknik ve mali gibi kanuni yükümlülüklerini yerine getirmeyen gerçek veya tüzel kişiler, MAPEG tarafından yapılacak ihalelere, kendi adına veya vekaleten bir yıl süre ile katılamazlar [23].

Maden sahaları ihalelerine fesat karıştıranlar ile sahte belge kullanan veya kullanmaya teşebbüs edenler hakkında Cumhuriyet Savcılığına suç duyurusunda bulunulur. Ayrıca, sahte belge kullanıldığının tespiti durumunda idari yaptırımlar uygulanarak, ihale yolu ile elde edilen maden ruhsatı iptal edilir [23].

İhalesine başvuru yapılmayan maden sahalarının yanında, ihale sonucunda yükümlülüklerin yerine getirilmemesi nedeniyle maden ruhsatına hak sağlanamayan talepler de olabilmektedir. Sonuç olarak, ihale edilen her maden alanının ruhsatlandırılması söz konusu değildir.

Maden sahaları ihaleleri sonunda kesinleşen ihale bedelleri genel bütçeye (hazineye) gelir kaydedilmektedir. Son yıllarda artış eğiliminde olan toplam ihale bedelleri, 2023 yılında 2022 yılına göre azalma göstererek 1.524.346.809 TL olmuştur.

5. Teşekkür

Bu makalenin oluşturulması aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile katkıda bulunan Maden Teknikeri Sn. Hakan MERİÇ'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] 3213 sayılı Maden Kanunu. (1985). Madde 1, 2. Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3213&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- [2] 3213 sayılı Maden Kanunu. (1985). Madde 14, 16 ve 24. Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3213&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- [3] 3213 sayılı Maden Kanunu. (1985). Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3213&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=55>.
- [4] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 5. Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [5] Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (2023). 2022 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Adresi: https://www.mapeg.gov.tr/Uploads/Dosyalar/MAPEG%202022%20Y%C4%B1%20C4%B1%20C4%B0dare%20Faaliyet%20Raporu%2028.02.2023%2016_50.pdf
- [6] Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (2024). 2023 Yılı İdare Faaliyet Raporu. Erişim Adresi: <https://www.mapeg.gov.tr/Uploads/Dosyalar/MAPEG%202023%20Y%C4%B1%20C4%B1%20C4%B0dare%20Faaliyet%20Raporu.pdf>

- [7] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 2. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [8] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 14 ve 15. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [9] 287. Grup İlanı. (2024). Erişim Adresi: <https://www.mapeg.gov.tr/Home/Announcement/3281%20287Grup-Ihale-Ilani>
- [10] 2024 Yılı Şartname Bedeli. (2024). Erişim Adresi: <https://www.mapeg.gov.tr/Home/Announcement/3221%202024-Yili-Ihale-Sartname-Bedeli>
- [11] 2024 Yılı Mali Yükümlülükler. (2024). Erişim Adresi: <https://www.mapeg.gov.tr/Home/Announcement/3201%202024-Yili-Mali-Yukumlulukler>
- [12] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 6. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [13] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 17, 18. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [14] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 7. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [15] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 13 ve 16. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [16] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 20. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [17] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 21, 22. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [18] Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (2022). 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Adresi: <https://www.mapeg.gov.tr/Uploads/Dosyalar/MAPEG%202021%20Y%20C4%B1%20C4%B0dare%20Faaliyet%20Raporu%20180322.pdf>
- [19] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 24. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [20] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 25. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [21] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 19. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [22] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 23. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- [23] Maden Sahaları İhale Yönetmeliği. (2017). Madde 26. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23905&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

Determination Of Weld Thickness In Hollow Section Connection Under Local Buckling Effect

. İlyas Devran ÇELİK¹, Mehmet FENKLİ², Mustafa SİVRİ^{3*}, Tuğrul TULUNAY⁴

¹ Süleyman Demirel Üniverstesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9011-4041), devrancelik@sdu.edu.tr

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID:0000-0001-7660-9849) mehmetfenkli@isparta.edu.tr

^{3*} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2756-5357), mustafasivri@isparta.edu.tr

⁴ Süleyman Demirel Üniverstesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1849-8690), tugrultulunay@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 02.11.2023 ve Kabul Tarihi 07.08.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1384943)

ATIF/REFERENCE: Çelik İ. D., Fenkli, M., Sivri, M., & Tulunay, M. (2024). Determination Of Weld Thickness in Hollow Section Connection Under Local Buckling Effect. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (2), 42-58.

Abstract

Hollow section profiles are widely used in the structural steel industry. An important point to take into consideration in such connections is the continuous transfer of internal forces from element to element. One of the measures taken to ensure this continuity is to use end plates. The connection between plates and elements is mainly provided by welds. The aim of this study is to determine an optimum weld thickness for connections subjected to local buckling of box-beam-columns under bending. Corner and circular fillet welds were used to join the designed plates with box columns and beams. Hollow section profile connections were experimentally studied in the Steel Structure Laboratory of the Department of Civil Engineering of Süleyman Demirel University. Results were used to develop numerical models. Ansys Workbench was used in numerical models to analyze the corner welds of different thicknesses and lengths depending on plate dimensions and to examine their behavior. It was detected that in corners which the stress concentrations occur, weld thickness greatly impacts the structural behavior.

Keywords: Hollow section beam-column connections, calculation and construction principles 2016, design of steel structures, welded connections under local buckling, weld thickness.

Kutu Kesitli Birleşimlerde Kaynak Kalınlığının Bölgesel Burkulma Davranışına Etkisi

Öz

Kutu kesitli profiller yapısal çelik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür bağlantılarda dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta iç kuvvetlerin elemandan elemana sürekli olarak aktarılmasıdır. Bu sürekliliğin sağlanması için alınan önlemlerden biri de plakaların kullanılmasıdır. Plakalar ve elemanlar arasındaki bağlantı esas olarak kaynaklarla sağlanır. Bu çalışmanın amacı, eğilme altında yerel burkulmaya maruz kalan kutu kolon- kiriş birleşimleri için optimum kaynak kalınlığının belirlenmesidir. Tasarlanan plakalar, köşe ve dairesel köşe kaynaklarla kutu kolon-kiriş birleşimlerinde kullanılmıştır. Kutu profil bağlantıları Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Çelik Yapı Laboratuvarında deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar sayısal modeller geliştirmek için kullanılmıştır. Plaka boyutlarına bağlı olarak farklı kalınlık ve uzunluktaki köşe kaynaklarının analiz edilmesi ve davranışlarının incelenmesi amacıyla sayısal modellerde Ansys Workbench programı kullanılmıştır. Gerilme yığılmalarının yoğunlaştığı köşe noktalarında kaynak kalınlığının yapı davranışını büyük ölçüde etkilediği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kutu kesitli kiriş-kolon birleşimleri, hesap ve yapı prensipleri 2016, çelik yapıların tasarımı, yerel burkulma altında kaynaklı birleşimler, kaynak kalınlığı.

1. INTRODUCTION

Hollow section profiles are widely used in the structural steel industry in Turkey and in other countries. Cross-sectional properties of hollow section profiles make the connection details of these types of profiles different from those of other hot-rolled ones. The main reason for this is that they are closed section and cold-formed beams. This changes the connection details and urges designers to take additional measures depending on the internal forces of the system behavior. Unwanted deformations, and sudden capacity loss and brittle behavior due to those deformations are observed unless additional measures are taken for connections designed using hollow section profiles. There are many studies that address the prevention of this situation.

Easterling and Gonzales (1993) used three types of steel elements (flat plates, gusset plates and U profiles) and three types of weld configurations to investigate shear lag effects in elements and connections under tensile load. They analyzed the design conditions of the steel elements according to the existing AISC specifications. Twenty-seven specimens produced using welded connections were loaded and tested to failure. Korol (1996) investigated shear lag effects under the tensile loads of welded, slotted connections commonly used in closed section members. He analyzed the effects of weld length, weld distance, and other parameters on connection strength and behavior. 18 specimens were experimentally tested. Fracture was observed in 11 specimens due to block shear failure and in 7 specimens due to shear lag. Cheng et al. (1998) conducted endurance tests on 9 specimens with three different tube sizes and four weld lengths. Fracture was observed in 7 specimens due to ductility while deformation was observed in 2 specimens starting at the weld. Depending on plate orientations and connection types, Zhao et al. (1999) investigated the behavior of longitudinal fillet welds of high-strength ($f_y=450$ MPa) cold-formed rectangular hollow section box profiles with a thickness of less than 3 mm. They analyzed the effect of load conditions, end return welds, and box profile-plate orientation on weld strength. Cheng and Kulak (2000) examined shear lag effect in end regions of closed-section tensile members welded to the gusset plate. 9 different test specimens with 3 different cross-sections and different weld lengths were prepared. An elasto-plastic model was developed using material properties to numerically analyze the connections. It was argued that ductility might decrease if end return weld is performed. Willibald et al. (2004) compiled previous experimental and numerical studies and compared them with connection details developed for welded and slotted connection of tube profiles. Four of the six specimens failed by shear lag, one failed due to block shear tear-out and one failed due to both shear lag and block shear tear-out. Ovalization was observed in all specimens before failure. Taking into account weld length, element length and weld symmetry, Humphries and Birkemoe (2004) experimentally examined the behavior of various sections under tensile load. Ling et al. (2006) investigated shear lag failure in plate welded connections of VHS (Very High Strength) steel tubes. All 16 specimens failed by shear lag and their final strength was determined. Willibald et al. (2006) performed compressive force and tensile force tests on 13 gusset plate elliptical section members. Experimental study results were compared with current design procedures and recommendations of other studies. The effect of connection length, location of the profile section on the plate and distances between welds were taken into account in the test specimens. Abi-Saad and Bauer (2006) analyzed the shear lag

effect causing a reduction in strength of steel tension members and adopted an analytical approach to evaluate strength reduction calculations. The approach is based on the assumption that, similar to the Whitmore concept, forces along inclined lines in member ends can be used in connection plates. They illustrated the method with examples for elastic, plastic and ultimate stress conditions on a basic weld. Martinez-Saucedo et al. (2006) tested 8 specimens with 3 different types of connections under axial tension and pressure loads, and used the finite element method (ANSYS) for analysis. Martinez-Saucedo et al. (2008) examined the behavior of plate end connections of closed-section members under inelastic cyclic loading. They conducted tests on three types of connections, including two new modified slotted plate connections, in order to avoid traditional slotted, plate connection and sudden failures. Zhao et al (2008) conducted an experimental study on weld lengths and types of end welds at welded slotted plate connections of square and rectangular hollow section profiles. They tested a total of 30 square and rectangular specimens using 16 separate connection configurations. They addressed the effect of weld location, weld length-section ratios and gusset plates on connections. Zhao et al (2009) performed tests on welded slotted plate connections of square and rectangular hollow section profiles by taking into account weld lengths, profile-plate orientation and weld thickness. They used the finite element method to develop models taking corner strengths of profiles into account, and performed parametric studies using those models, and then compared the test results with standard strength estimates. Martinez-Saucedo and Packer (2009) analyzed limit states to determine the capacity of welded, slotted, plate connections of slotted end hollow structural section connections under tensile loads according to American, Canadian, and European specifications. Schmidt and Morgan (2011) investigated the behavior of tubular steel members and their connections. Three connection details and two types of steel were used, one of which was a conventional semi-rigid steel and the other was a cold-formed rimmed steel.

This study addressed the active force- and local buckling-dependent behavior of welds used in hollow section profile connections under bending and revealed capacity losses due to this behavior. Results were used to determine an optimum weld thickness for box section profiles.

2. Material and Method

This study investigated the behavior of welds depending on local deformations in welded connections of hollow section profiles under bending and analyzed the effect of welds on nodal point capacity. Box section joints were experimentally studied in the Steel Structure Laboratory of the Department of Civil Engineering of Süleyman Demirel University. Results were used to develop numerical models, which were then used to calibrate the numerical models. Based on the calibrated numerical models, the same connections were re-analyzed for different weld thicknesses in order to reveal the behavior of the weld under possible deformations. Then, an optimum weld thickness for welds used in this type of connections was determined.

Models were developed based on specimens used in an experimental study. RHS 200.200.5 mm box beam column and RHS 150.200.4 mm rectangular hollow section beams were welded to obtain specimens. The connection was rigidized with an end plate to avoid possible local deformations on the column under cyclic and statically incremental loads. In this type of

connections, the operation of the end plate and column section as a whole under bending is of great importance for joint rigidity. Although the plate and column head cooperate partially in the pressure zone, especially under bending, they behave independently of each other in the tensile zone. For this reason, welding gaps were opened in the end and body regions on the end plate, and fillet welding as well as peripheral welding was performed to join the plate and the column.

Figure 1 shows the layout and images of the end plate welded to the column. The end plate designed as a rigidizing plate has been geometrically designed to surround the column to control deformation in the column upper end and panel area. The connection was confined to the plate edge and joined under the plate using the column holes over the column head along the plate in order to prevent the plate from moving independently of the column profile. Figure 1 shows the dimensions of the plate. P_v is the longitudinal length of the plate with 300, 350, 400 mm. P_h is the horizontal length of the plate, which completely covers the column face, and therefore, the value is constant (200 mm). This value of the plate is included in the study as 50, 75 and 100 mm. The diameter of the fillet welds allowing the plate to cooperate with the column head at the connection is 15 mm, and they were placed at a distance of 50 mm on the plate and 100 mm on the edge of the plate.

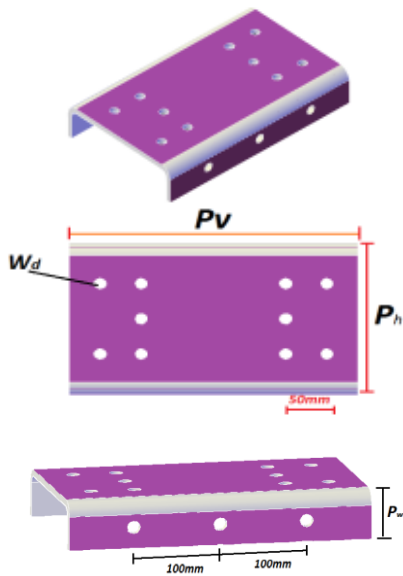


Figure 1. End plate layout and views

The fillet weld dimension parameters for the experimental specimens were scaled based on the joint geometry, and no calculation was performed. However, the parameters in this study were calculated by considering the specifications of Regulation 2016 on Design, Calculation and Construction Principles of Steel Structures, and numerical models were developed and analyzed for the new values. The numerical models were divided into 9 main groups taking into account plate dimensions. These groups were divided into subgroups, including the changes in weld thickness and fillet weld dimension parameters of the connection. Table 1 shows the 9 numerical models and their nomenclatures.

In graphs and tables, experimental models are presented with D and numerical models are presented with S.

Table 1. End plate dimensions used in numerical models

Numerical Model No	Column (mm)	Beam (mm)	End Plate	Plate Thickness t (mm)	P _w (mm)	P _v (mm)	P _h (mm)	Weld Thickness a(mm)
SM-1	200*200*5	150*200*4	YES	8	50	300	200	3
SM-2	200*200*5	150*200*4	YES	8	75	300	200	3
SM-3	200*200*5	150*200*4	YES	8	100	300	200	3
SM-4	200*200*5	150*200*4	YES	8	50	350	200	3
SM-5	200*200*5	150*200*4	YES	8	75	350	200	3
SM-6	200*200*5	150*200*4	YES	8	100	350	200	3
SM-7	200*200*5	150*200*4	YES	8	50	400	200	3
SM-8	200*200*5	150*200*4	YES	8	75	400	200	3
SM-9	200*200*5	150*200*4	YES	8	100	400	200	3

Figure 2 shows the variance of the dimensional parameters determined for the fillet welds in the numerical models. Table 2 shows the model nomenclature for these variables.

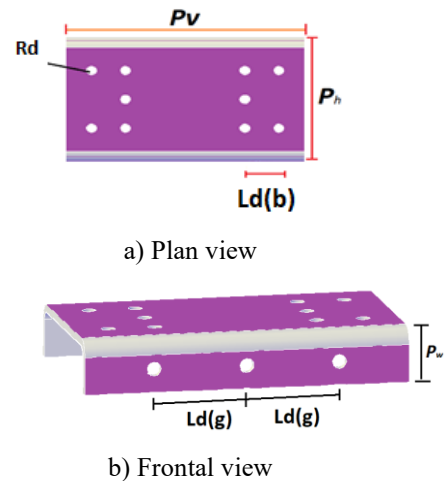
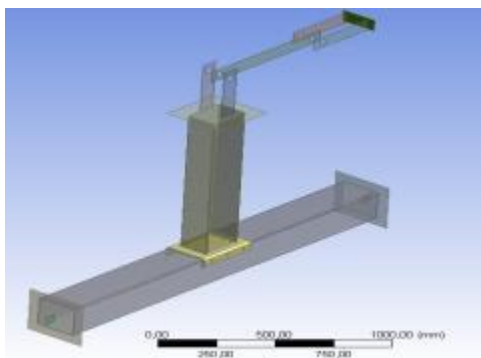


Figure 2. Variables defined for end plate fillet welds

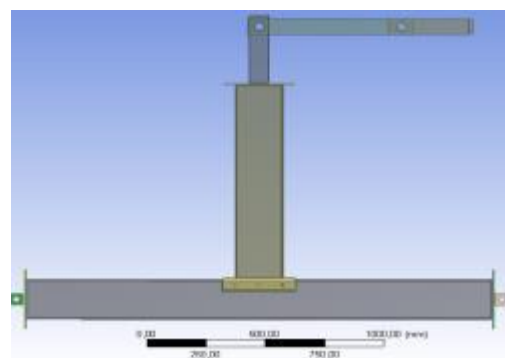
The models were analyzed using the Ansys WorkBench V15.0 finite element analysis software. The models were analyzed using the Ansys WorkBench V15.0 finite element analysis software. Ansys can perform nonlinear analysis for both material and geometry. For this reason, profile, weld and bearing plates were modeled considering the nonlinear material properties. Column, beam, loading arm and bearing plates were modeled as "shell" elements, while rider plate and welds were modeled as "solid" elements. Figure 3 shows the shape of the numerical model.

Table 2. Sub-groups based on weld thickness and fillet weld dimensions

	Numerical Model No	Rd (mm)	Ld(b) (mm)	Ld(g) (mm)	Weld Thickness a (mm)	End Plate	Plate Thickness t (mm)	Pw (mm)	Pv (mm)	Ph (mm)
1	SM-1/3-D15	15	50	100	3	YES	8	50	300	200
2	SM-1/3-D16	16	64	100	3	YES	8	50	300	200
3	SM-1/6-D15	15	50	100	6	YES	8	50	300	200
4	SM-1/6-D16	16	64	100	6	YES	8	50	300	200
5	SM-2/3-D15	15	50	100	3	YES	8	75	300	200
6	SM-2/3-D16	16	64	100	3	YES	8	75	300	200
7	SM-2/6-D15	15	50	100	6	YES	8	75	300	200
8	SM-2/6-D16	16	64	100	6	YES	8	75	300	200
9	SM-3/3-D15	15	50	100	3	YES	8	100	300	200
10	SM-3/3-D16	16	64	100	3	YES	8	100	300	200
11	SM-3/6-D15	15	50	100	6	YES	8	100	300	200
12	SM-3/6-D16	16	64	100	6	YES	8	100	300	200
13	SM-4/3-D15	15	50	100	3	YES	8	50	350	200
14	SM-4/3-D16	16	64	100	3	YES	8	50	350	200
15	SM-4/6-D15	15	50	100	6	YES	8	50	350	200
16	SM-4/6-D16	16	64	100	6	YES	8	50	350	200
17	SM-5/3-D15	15	50	100	3	YES	8	75	350	200
18	SM-5/3-D16	16	64	100	3	YES	8	75	350	200
19	SM-5/6-D15	15	50	100	6	YES	8	75	350	200
20	SM-5/6-D16	16	64	100	6	YES	8	75	350	200
21	SM-6/3-D15	15	50	100	3	YES	8	100	350	200
22	SM-6/3-D16	16	64	100	3	YES	8	100	350	200
23	SM-6/6-D15	15	50	100	6	YES	8	100	350	200
24	SM-6/6-D16	16	64	100	6	YES	8	100	350	200
25	SM-7/3-D15	15	50	100	3	YES	8	50	400	200
26	SM-7/3-D16	16	64	100	3	YES	8	50	400	200
27	SM-7/6-D15	15	50	100	6	YES	8	50	400	200
28	SM-7/6-D16	16	64	100	6	YES	8	50	400	200
29	SM-8/3-D15	15	50	100	3	YES	8	75	400	200
30	SM-8/3-D16	16	64	100	3	YES	8	75	400	200
31	SM-8/6-D15	15	50	100	6	YES	8	75	400	200
32	SM-8/6-D16	16	64	100	6	YES	8	75	400	200
33	SM-9/3-D15	15	50	100	3	YES	8	100	400	200
34	SM-9/3-D16	16	64	100	3	YES	8	100	400	200
35	SM-9/6-D15	15	50	100	6	YES	8	100	400	200
36	SM-9/6-D16	16	64	100	6	YES	8	100	400	200



a) Numerical model general view



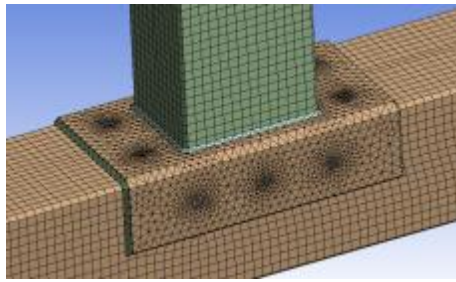
b) Numerical model sectional view

Figure 3. ANSYS numerical model general views

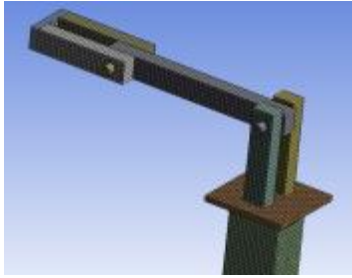
For analysis results to be real-like, the quality of the member's mesh (finite element) must be high in the modeling phase. In order for this mesh quality to be high, the mesh geometry should be as smooth as possible and reach enough numbers. If the mesh quality is low, load transfer becomes discontinuous and results become less accurate. If mesh, that is, the finite element

fragmentation, is performed too often, the result will not change and the resolution time will be longer, as the number of elements and the number of nodes will increase. For this, it is necessary to perform meshing in an appropriate range. The mesh range suitable for Ansys was determined to range from 24000 to 25000 and

analysis was performed within this range. Figure 4 shows the desired mesh structure.



a) Nodal point mesh model



b) Mesh model

Figure 4. Ansys model meshed model general view

The finite parts were defined as shell and solid by the software. The definition of an element as solid or shell in the software depends on its geometry. In this context, the finite parts in the weld and end plate with variable forms were introduced as solid to the software. The other parts with a uniform (rectangular, square, etc.) form were defined as shell elements.

The study aimed to determine an optimum weld thickness for a connection exposed to local buckling in the column and beam under bending. Therefore, the numerical model focused more on the weld member than on the column and beam, and their behavior was evaluated. Many studies have ignored welds in such connections and directly connected the structural members together. The models in this study took the weld into account and tried to determine an optimum weld thickness. In other words, this study examined the possible deformations in welds. Estimates of these deformations were evaluated performing stress analysis on the welds.

In the models, fixed bearings which are free to rotate round the Z axis on the reaction wall connections of bearings but are otherwise limited in the other directions were defined. This was generated using the "remote displacement" command in the Ansys.

In order for the model to behave rigidly, the joints were connected to each other using the "bonded" command, which bonds the two surfaces (column-column end plate) to each other. The algorithm for the nonlinear buckling analysis of the model was primarily based on linear buckling, and the optimal buckling mode was determined. Nonlinear numerical analysis was carried out considering the effects of nonlinear materials based on deformation.

Local deformations are observed in the column, beam and cross member at a node point designed using box beam profiles under bending. These deformations in the structural member play a role in the connection exhibiting rigid or semi-rigid behavior. Studies indicate that local buckling effects on the column play an

active role in connection behavior. CIDECT and Euro Code 3 Part 8 have addressed this extensively. These regulations have established criteria for rigid and semi-rigid definition of such connections and developed empirical formulas based on some coefficients calculated using column and beam dimensions for the determined stiffness range. Ultimate bearing capacities of connections have been determined using those formulas. Figure 5 shows the connection in CIDECT and Eurocode.

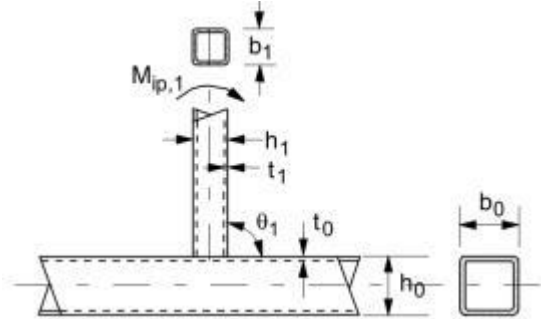


Figure 5. Connections and dimensional parameters used in connections in CIDECT and Eurocode

The coefficients in the design guides mentioned above; the beam width/column width ratio, β , and the column wall thickness/column depth ratio, γ , are proportional coefficients. Joint rigidity was defined based on these coefficients. Depending on the value of the factor β , which plays a key role in determining rigidity, deformations on the column are observed in the head or body or both. In general terms, when $\beta = 1.0$, deformation is observed in both the head and body of the column, and the joint exhibits rigid behavior. When $\beta < 0.9$, the deformation is limited only to the column head, and the joint exhibits semi-rigid behavior. The definition and accepted formulations here are based on the dimensional parameters of the structural member in question and on possible deformation regimes. However, in this type of welded connections, welds connecting the joints together should preserve the integrity of the weld and be free of any discontinuities that may occur with any fracture or failure in order for the accepted formulations to be effective. This study demonstrates the behavior of the welds, which are used in these types of connections under bending, and examines their effect on capacity.

Welding is a thermal connection method which causes changes in the chemical structure of the structural member that it connects. The most significant change in these types of thermally connected joints takes place on the carbon structure of the material, which causes the material to become brittle, and thus, lose its ductility, and results in undesired and sudden deformations. This applies to all weld connections. Therefore, all regulations in the literature define safety coefficients for welds separately from those of other connection types. However, the definitions for welds assume that the connected member maintains its section integrity under the influence of internal forces and that the connection is rigid. However, the occurrence of local buckling in connections where box beam profiles are used, particularly in the joint area, brings about additional stresses which are not calculated for welds. For this reason, dimensional parameters such as weld thickness and length defined for welds are insufficient. This study evaluated the weld dimension parameters defined in the literature and determined the ideal dimension parameters for the numerical model.

3. Research Findings and Discussion

Analyses were grouped under 9 main models. These models consist of end plates depending on geometrical features varying according to fixed column and on the beam size. This study is about the performance of dimensional variables of connected welds under local deformations. To this end, the 9 main models were divided into 36 sub-models under different combinations of dimensions and geometric layout of welds used in the connections. At this point, two different analyses were performed for the end plate-column connection girth seams corner weld thickness and beam-end plate girth seams corner weld thickness. The former is $a = 3 \text{ mm}$, which is the value calculated for such a connection according to the criteria in the Regulation 2016, AISC 360-10 and Euro Code for the Design, Calculation and Construction of Steel Structures. The latter is $a = 6 \text{ mm}$, which is defined by the TÜBİTAK 111-M-125 project for this type of connection member and calculated using the $(A_{beam} \times 1400 = 0,7 \times l_{weld} \times a_{weld} \times 1100)$ formula.

Other parameters included in the study are the fillet welds used to ensure the performance of the end plate together with the column to which it is connected. The first of these are intermediate distances between end plate and fillet weld $L_d(b) = 50\text{mm}$, intermediate distances between body and fillet weld $L_d(g) = 100\text{mm}$, and fillet weld diameter $D_d = 15\text{mm}$, which are the parameters of the experimental specimens used for calibration. The other group values defined for fillets welds are those obtained using the criteria in the regulations. These values are intermediate distances between end plate upper region and fillet weld $L_d(b)=64\text{mm}$, intermediate distances between body and fillet weld $L_d(g)=100\text{mm}$ and fillet weld diameter $D_d=16\text{mm}$.

Table 3 shows the mechanical properties of the welds used in numerical analysis. These values are used in modeling of welds in numerical analysis (Values are the factory data for the inert-gas unalloyed welding wire).

Table 3. Mechanical properties of welds used in manufacturing

Yield Stress (kg/mm ²)	Ultimate Stress (kg/mm ²)	Elongation (%)	Elasticity Modulus (kg/mm ²)
46	59	28	21000

The numerical models were calibrated to experimental specimens, therefore, the mechanical properties of the profiles were defined according to the mechanical values of the profiles used in the experiments. For this reason, the steel material properties include the tensile test results of the specimens taken from the experimental specimens of the project 111-M-125. Figure 6 shows the result of the tensile test for the steel used in the specimens.

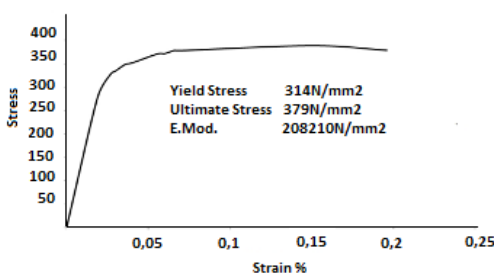
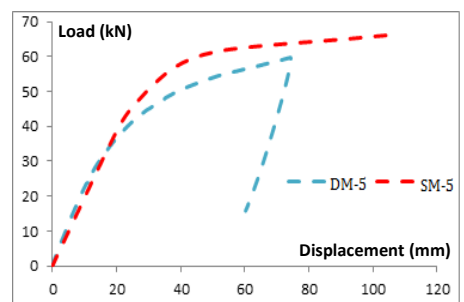
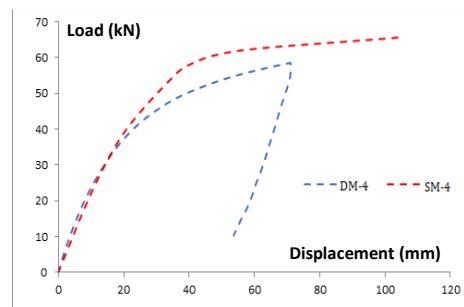
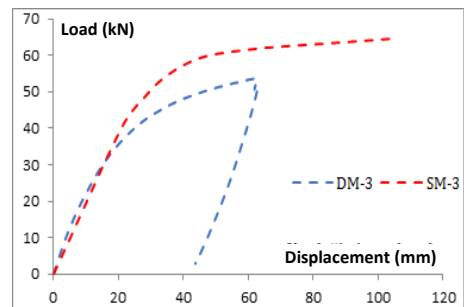
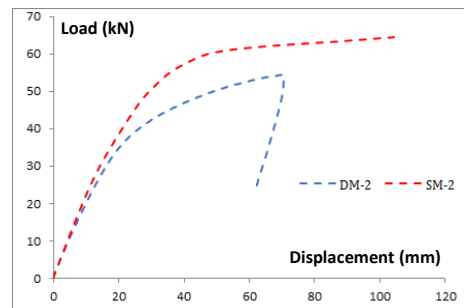
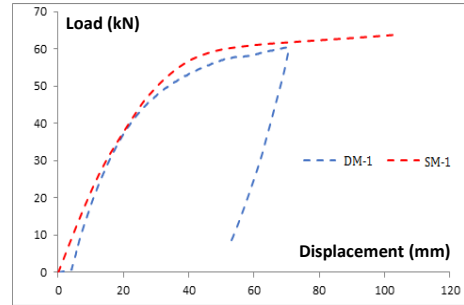


Figure 6. Stress-deformation diagram of tensile test

This study investigates the effect of variation in dimension parameters of welds used in welded box section connections exposed to bending on weld and joint performance. Evaluations were made on the numerical models developed using the results in the experimental models. Figure 7 compares the load-displacement curves obtained from the experimental results for these connections and the results of the models developed using the ANSYS Workbench V15 for the specimens.



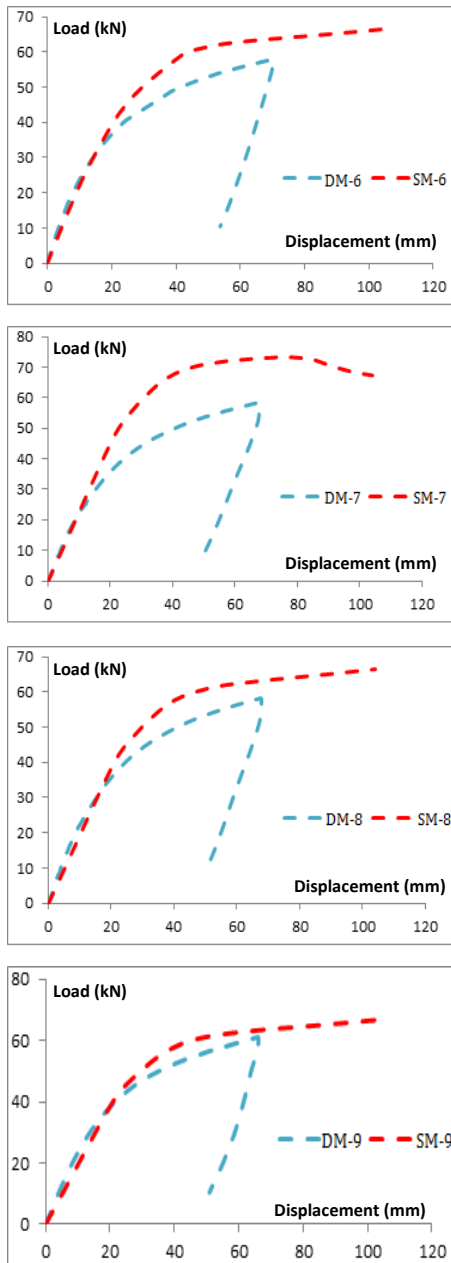


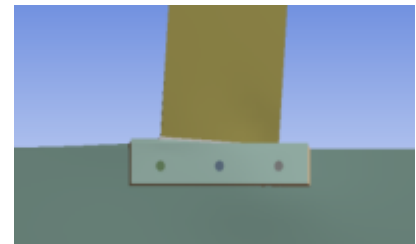
Figure 7. Comparison of load-displacement graphs of experimental and numerical models

The capacity curves in Figure 7 show that the load-displacement values for all the models are particularly in line with the linear boundaries. The differences in some graphs are due to the fact that the beam element became brittle owing to thermally connected weld in the experimental study and that the brittle beam element tore in the boundary line where it was welded using seam welding. The graphs are different because numerical models did not define the embrittlement of the material depending on the thermal effect in this boundary line. However, since the graphics are in harmony in general, the numerical models were verified. The sub models developed based on the subsequent weld dimensions were replicated using these numerical samples.

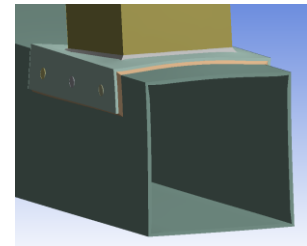
The local deformations in the 9 main models defined according to the end plate dimensional parameters depended on the dimensions of the plate along the column and its depth. This study discusses the variations in local deformation of welds according to the formation pattern and first explains the deformation algorithm in the connection before interpreting the

graphics in this section. The analysis results and stress-deformation distributions obtained according to the results show that similar behaviors are observed for different stress values. For this reason, common results obtained in all items were explained through SM1-3/D15 model data.

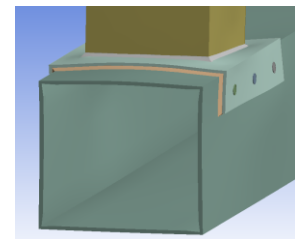
The first model, SM1-3 / D15, which differs from the main models due to weld thickness and dimension factors, was analyzed under repetitive cyclic loading using ANSYS Workbench V15. Figure 8 shows the views of the deformed state of the node. When the deformed state is interpreted as a pressure zone and a tensile zone, the column head and body (panel region) move in the same direction in the tensile zone. Thus, internal forces can easily be transferred from the column head to the body. The deformation due to the forces transmitted in the same direction is parallel to each other at the head and body, and the column section properties significantly affect the capacity.



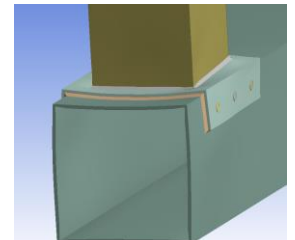
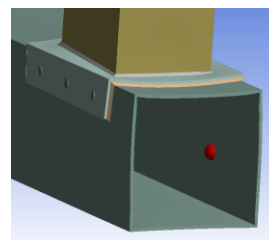
a) Deformed side view



b) Tensile zone views



c) Tensile zone views

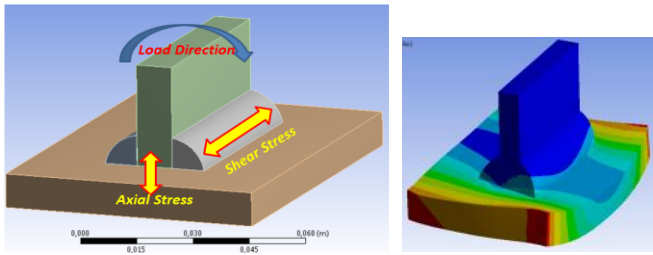


d) Pressure zone views

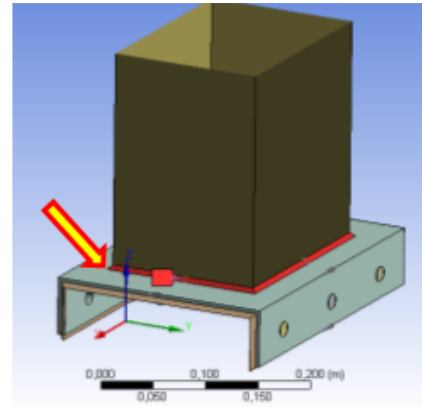
Figure 8. SM-1 Model post analysis general views

However, the views for the pressure zone in Figure 8 show that the column head plate used the body as a bearing and behaved like a simple beam (membrane behavior), therefore, the cross-sectional capacity was insufficient. In this model, the views of the deformation of the connection were similar in all other models

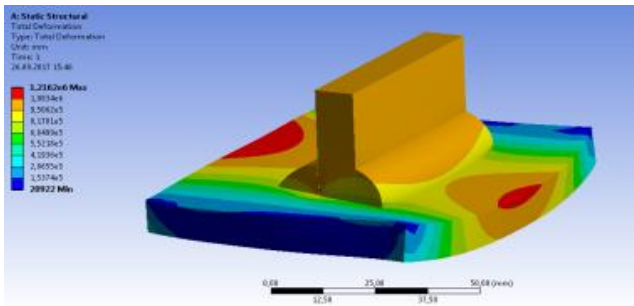
and it was only that the deformation in term of the stiffness dimension provided by the end plate was more controlled.



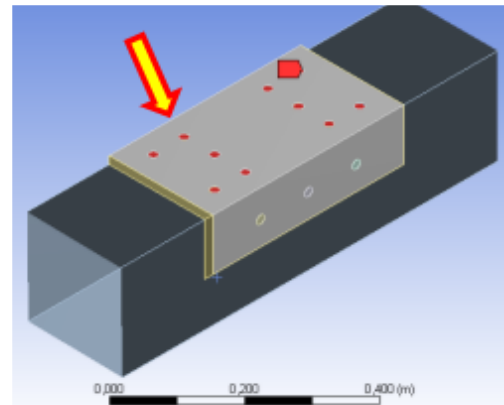
a) Types of stress in corner weld



b) Beam circumference corner weld



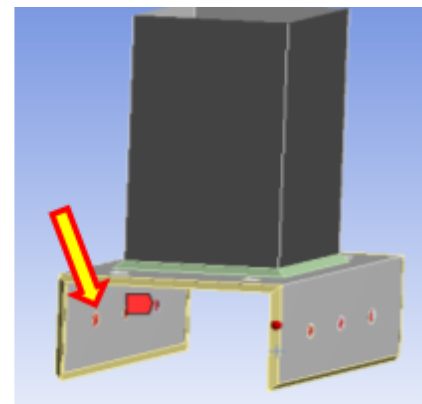
b) Deformed stress distributions



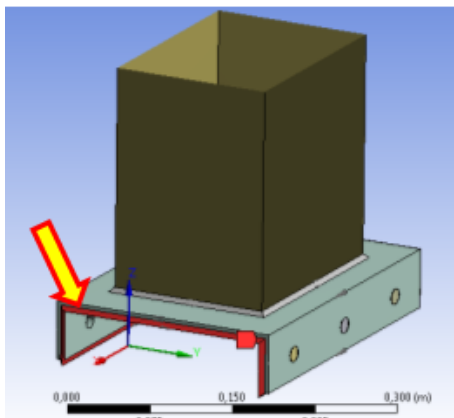
c) Plate head fillet welds

Figure 9. Stress distributions in pressure and tension zones under bending

Figure 9 shows that the behavior of the section in the stress zone and tensile zone is different. The movement of the column and end plate in the tensile zone together also applies to the welds connecting these two elements. The circumferential welds are subjected to extra shear stresses other than normal stresses due to the shape and sequence of the deformations in the column head and body in the stress zone. The next section will interpret the deformation-related behavior of the welds in relation to the graphs obtained from the analyses. The welds in the graphs will be referred to as in Figure 10.



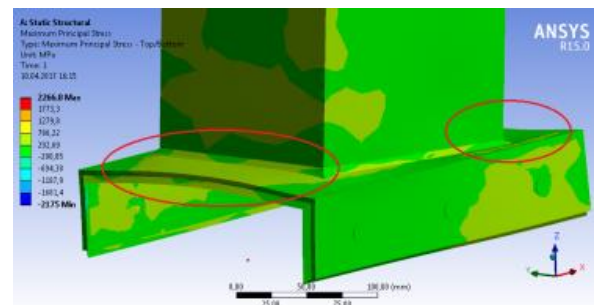
d) Plate body fillet welds



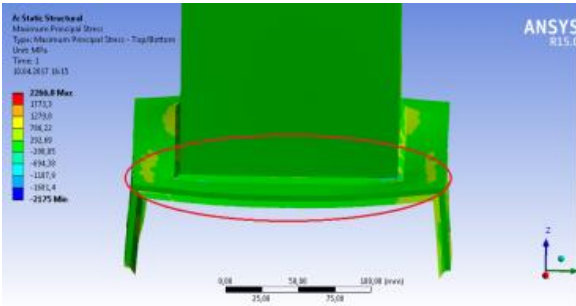
a) Plate circumference corner weld

Figure 10. Nomenclature of welds

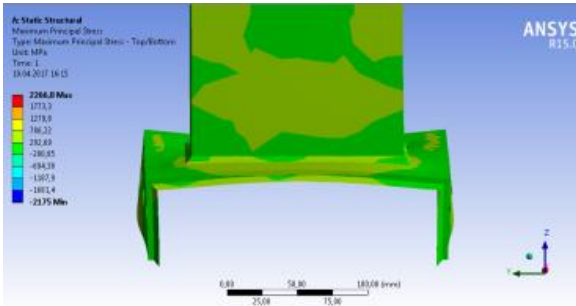
Figure 11 shows the stress distributions for the deformed state of the circumferential welds connecting the end plate-column and beam-end plate.



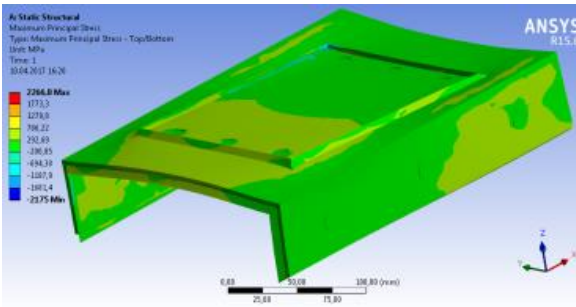
a) Tensile zone stress distribution general view



b) Pressure zone stress distribution general view



c) Circumferential weld pressure zone stress distribution general view



d) Circumferential weld tensile zone stress distribution general view

Figure 11. Deformed welds stress distributions

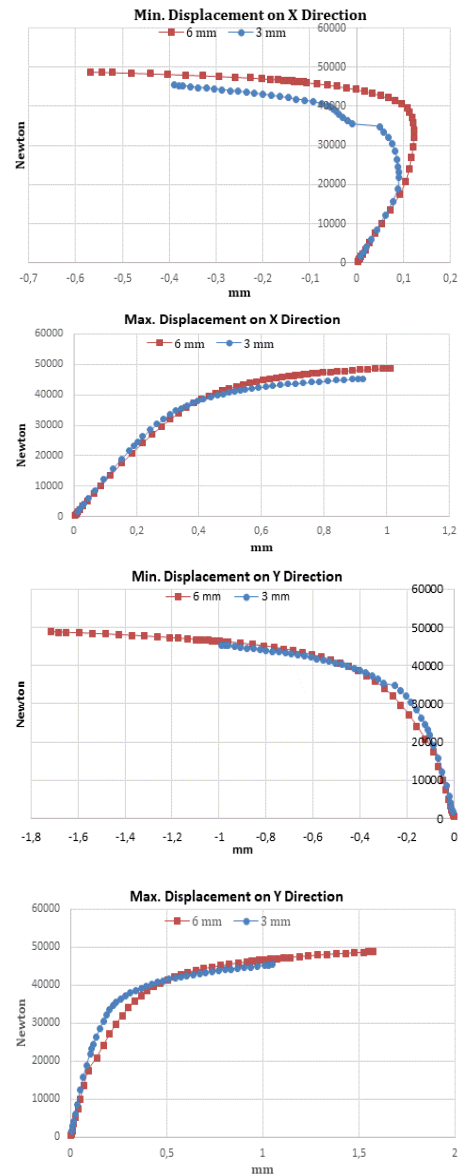
The graphs show that the stresses in the circumferential welds connecting the plate-column and beam-plate in the tensile zone are in the same direction and continuous as the profiles. However, stresses from the profiles in the stress zone disintegrate in the welds, and even changes signs at the corner points. The change in sign of the stress applied in the same plane and in the same direction in the weld is due to the deformations depending on the membrane behavior of the profile.

Maximum and minimum displacement values of all three axes of the seams and the stress and deformation curves were plotted to examine the effect of the local deformations of the connection on the welds. The data were compared within themselves and with each other.

Figure 12 shows the X direction displacement values of the circumferential weld with a 3 mm and 6 mm thickness of plate-column connection under load. The X direction displacement values of the plate circumferential weld are in the same direction as active force applied to the joint, and the maximum values represent the tensile zone and the minimum values represent the stress zone. The results of the deformed state show that, under bending, local deformation first and effectively occurred in the stress zone, and afterwards, interaction with other regions resulted in deformation, depending on the section effects. This is also

apparent in the graphics in this section. The X direction minimum and maximum displacement values in Figure 12 shows that the 3 mm and 6 mm welds are in harmony with each other in the tensile zone but the curves are different from each other in the welds in the stress zones where local deformation occurs and that the shear line is clearly visible in the curve for the 3mm weld.

The end plate-column connection circumferential weld Y direction displacement values in Figure 12 are affected by the local deformation of the column body. Occurrence of the deformation in the plate under confinement effect first in the head and then in the body reduced the interaction of the welds. For this reason, the same results were obtained for the seams with different thicknesses in the displacement analyses in this section. Figure 12 shows the Z direction displacement values of the end plate-column joints circumferential welds. The Z direction is the same as the deformation of displacement values. Using the same structure member and the same rigid plate evened out the deformation of the joint. The curves in the graph show that the 3-mm weld is parallel to the 6-mm weld while the former is below the latter in terms of rigidity.



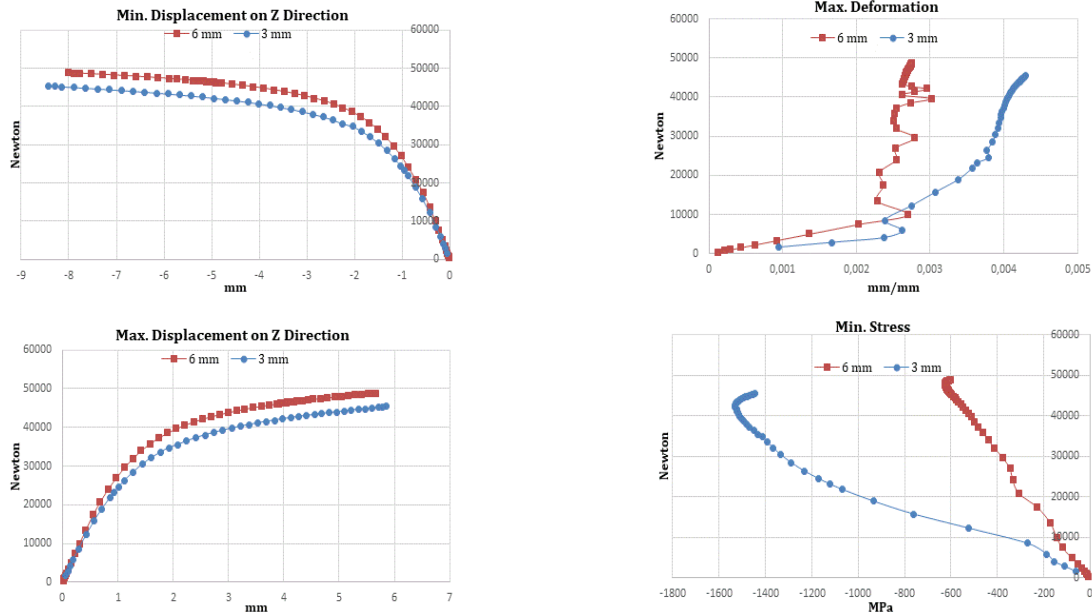


Figure 12. X, Y, Z direction load-displacement graphs of end plate circumferential weld

The plate circumference displacement curves according to numerical analysis results of SM1-3/D15 and SM1-6/D15 models are given as load-deformation and load-stress curves in Figure 13. The graphics clearly show the behavior of the 3mm and 6mm weld in the connection undergoing local deformation. The situation in which the different thicknesses of the welds exhibit the local effect most prominently in the X direction displacement curves has also been confirmed by the deformation curves.

The harmony of the welds in the tensile zone, where the X direction maximum displacements were expressed, was also similar in this section. In the maximum deformation graph, the 6mm and 3mm welds had different values in the linear zone but in the same direction, whereas the deformation rate of the 3 mm weld was higher than that of the 6-mm weld in the plastic zone. In the stress zone where the deformation in the connection was active, the 6 mm weld was able to control the deformation of the joint while the 3 mm weld failed to have enough stiffness and deformed more than the 6 mm weld. The curves of load-stress distributions clearly show that the local deformations had a large effect on the behavior of the weld. The graphs of maximum and minimum stress distributions clearly show that the 6 mm welding stress values were within the linear boundaries whereas the 3 mm welds exceeded the limits.

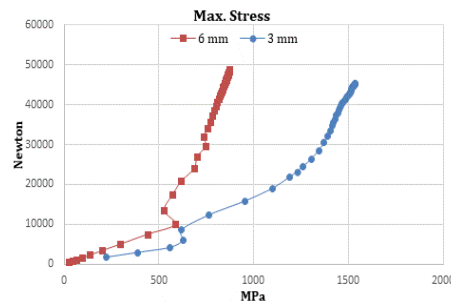
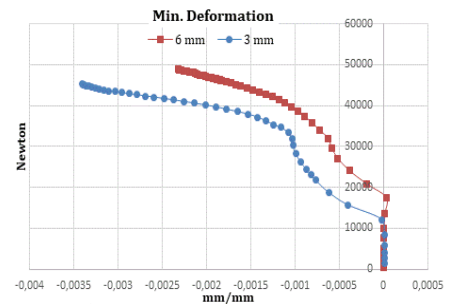
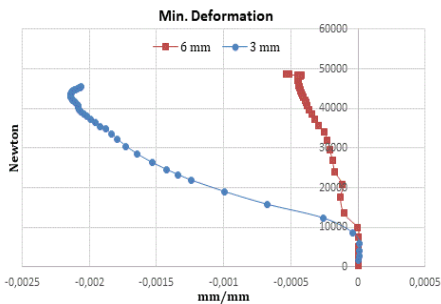


Figure 13. Graphs of plate circumference corner weld

Figure 14 shows the deformation and stress diagrams of the plate head fillet welds used to ensure that the end plates used to prevent possible deformation of the column in the connection under bending was connected to the column head. The fillet weld thicknesses used in the connection were equal to the thickness of the plate (8mm). The diameter was 15mm and the interspace is 50mm. The results in the graph were separated for the plate circumference corner weld thickness. For this reason, the dimensional effect of the plate circumference corner weld did not significantly alter the behavior of those upper fillet welds whereas the results of the 3mm circumferential weld model were less than those of the 6mm circumferential weld model.

Stress values show that the plate head was fully connected to the column head by the fillet weld and that the stresses were in agreement with the deformation and stress distribution in the column head.



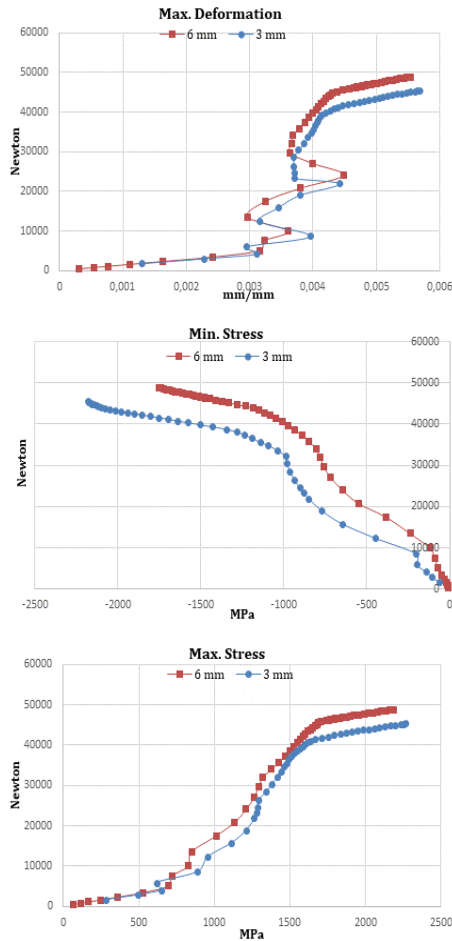


Figure 14. Graphs of plate head fillet welds

Figure 15 shows the plate body fillet weld deformation and stress values. The values yielded similar results to those of the upper fillet weld. The plate body fillet welds provided rigid connection to the column body, deformed along with the column body, and made the stress transfer continuous. The results of the 3 mm circumferential weld model were again less than those of the 6mm circumferential weld model.

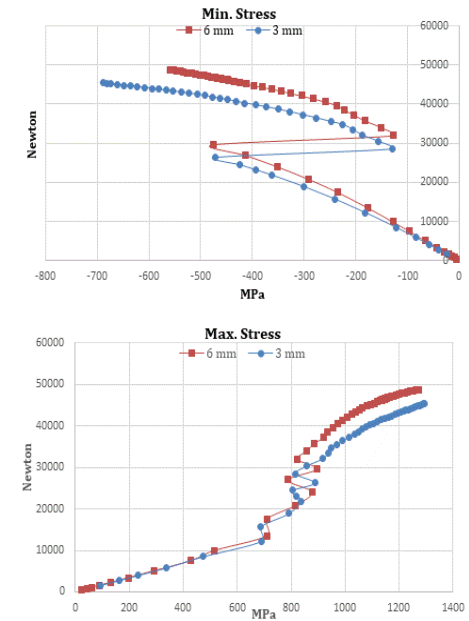
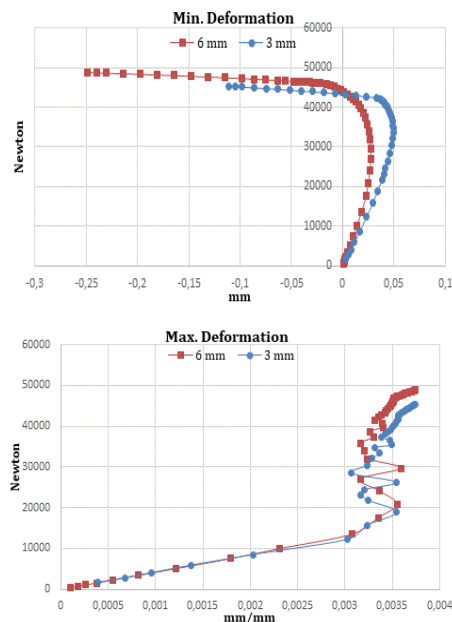
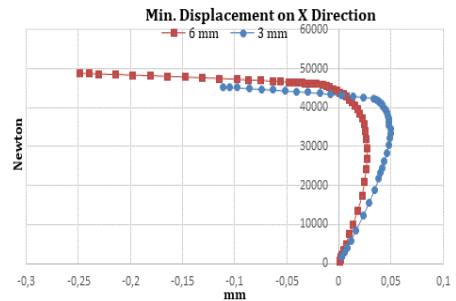


Figure 15. Graphs of plate body fillet welds

In the models, the beam-end plate in the other connection, where the weld thickness was a parameter, was a circumferential weld. The behavior of the weld used in this section was based on the deformation of the end plate to which it was connected. The end plate used to absorb and prevent the deformation of the connection played an active role in the connection and therefore no local deformation was observed at the beam and end plate joint. For this reason, the changes in the welds did not depend on the deformation, and were caused by the brittleness of the thermally connected member under cyclic loading. This is evident in the experimental study, the results of which were used to calibrate the numerical models. This is explained in detail in the 111-M -125 TUBITAK project.

Figure 16 shows the weld displacement values. Deformations in the beam circumferential weld joints were avoided, and therefore, 3 mm and 6 mm welds gave similar results. Circumferential weld Y displacement values are given. This graph shows that the deformations obtained for both thicknesses were similar, and that the 6mm weld was more efficient in terms of capacity and stiffness than the 6mm weld. The graph also shows the displacement values of the circumferential weld Z direction and the results are similar.



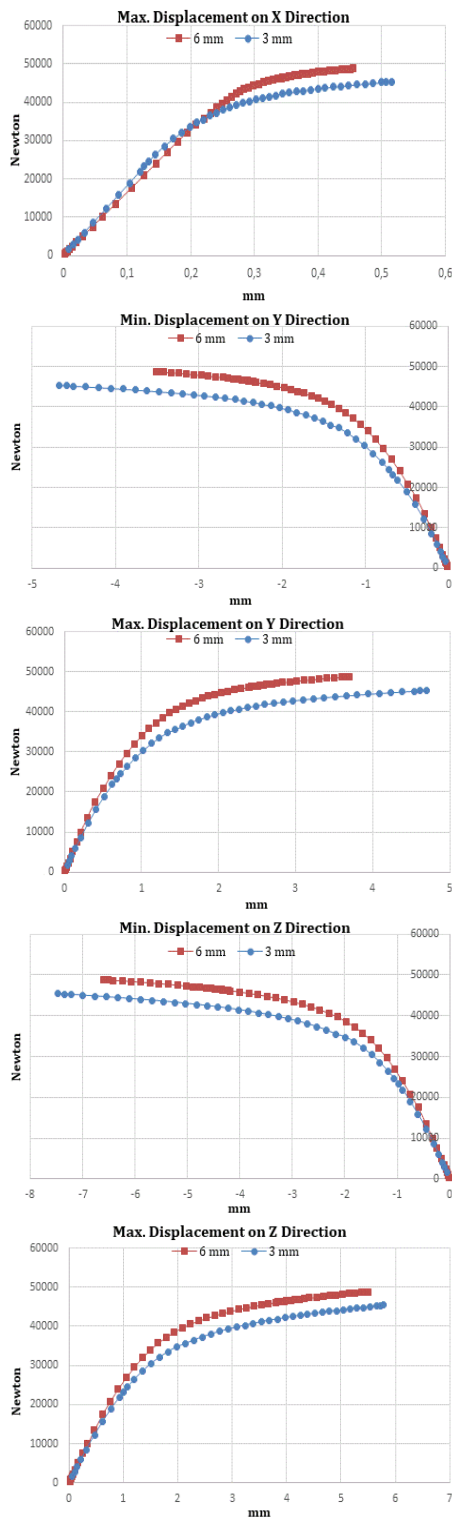


Figure 16. X, Y, Z direction load-displacement graphs of beam-end plate circumferential weld

The results of the load-deformation curves of the beam-end plate circumferential welds are also similar for the load-deformation graphs given in Figure 17. The graphs show that the maximum deformation in the tensile zone was located at a parallel slope for both welds, whereas neither of the welds distorted the weld integrity in the stress zone, where displacements were effective on the seam behavior, and had enough rigidity. In the 3 mm weld, the deformation ratio in the range near the maximum of the load increased markedly, which was due to the fact that the stresses on the weld exceeded the linear boundary. This was the case for the effective area of the 3 mm weld was weaker than that

of the 6mm weld. However, this change did not depend on deformation but on stress accumulation. Figure 17 shows the plate circumferential weld load-stress distributions. As can be seen from this section, the 6 mm welds were within the linear boundaries while the 3mm welds had values in the plastic zone.

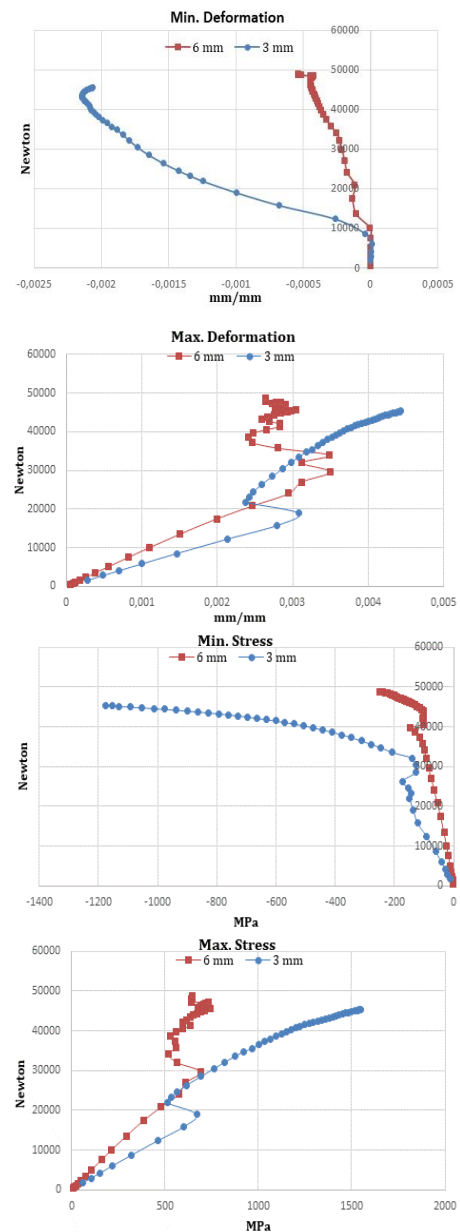


Figure 17. Graphs of beam/end plate circumferential welds

This study analyzed 36 different models under static incremental load using different weld dimension parameters in areas where local deformation was effective in a connection that was rigidized using an end plate. The effect of local deformation of the welds was investigated using weld load-displacement, load-deformation and load-stress curves. The results of the analysis show that the displacement values of deformations under bending were, albeit small differences, similar in all models.

For this reason, instead of analyzing the results of all models separately, the values of model SM1-3/D15 were explained in a representative and comprehensive manner in the previous section. In this section, the load-deformation and load-stress curves demonstrating the behavioral differences in the welds affected by the local deformation of the connection were presented comparatively for the 6 mm circumferential weld. The results show that the deformation of the 3 mm weld was high in the

connection and that it exceeded the linear stress limits and failed to preserve its integrity. For this reason, this section investigated the results for the weld thickness calculated according to the formulation defined in the project of TÜBİTAK 111-M125 for the models used in the study and confirmed the calculated value under deformations.

Figure 18 shows the effect of dimensional change, the activity of which increases in the plate body, on the weld, that is, it comparatively presents the results to express the effectiveness of the welds against deformation in the models in which Group 1 end plate defined in Table 1 was used. According to Figure 18, the effectiveness of the end plate increased and welds exhibited similar behavior in dimensional changes. However, in the case where the smallest plate was used, that is, for the model with effective deformations, the 6 mm weld differed from other models but all welds were within linear boundaries according to stress values.

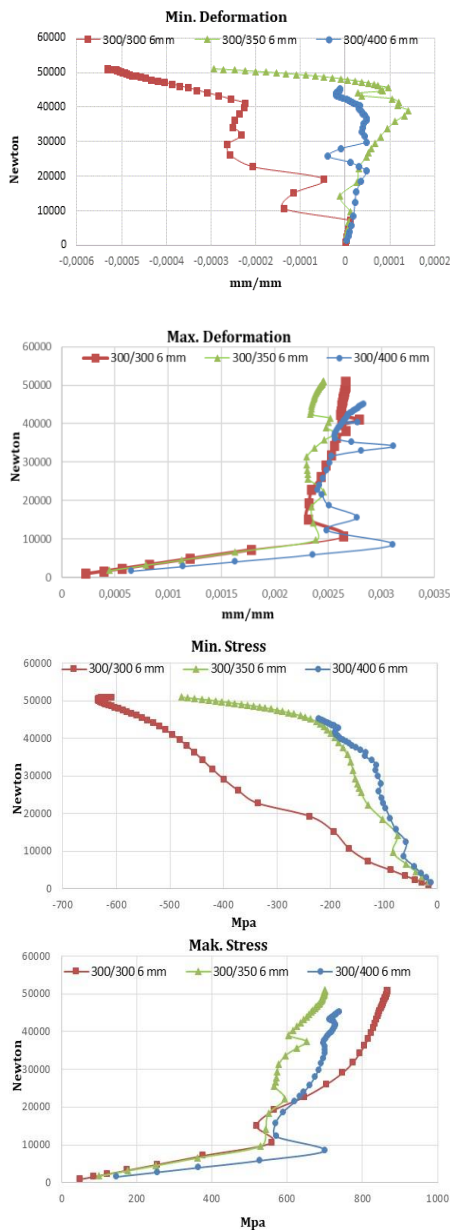


Figure 18. Graphs of plate circumferential weld for Group 1 end plate

Figure 19 shows the deformation and stress values of the beam-end plate circumferential welds in which Group 1 end plate was used. The figure shows that the 6 mm weld was actively used

in all end plates and that the stress values on the weld ensured linear boundaries for all results.

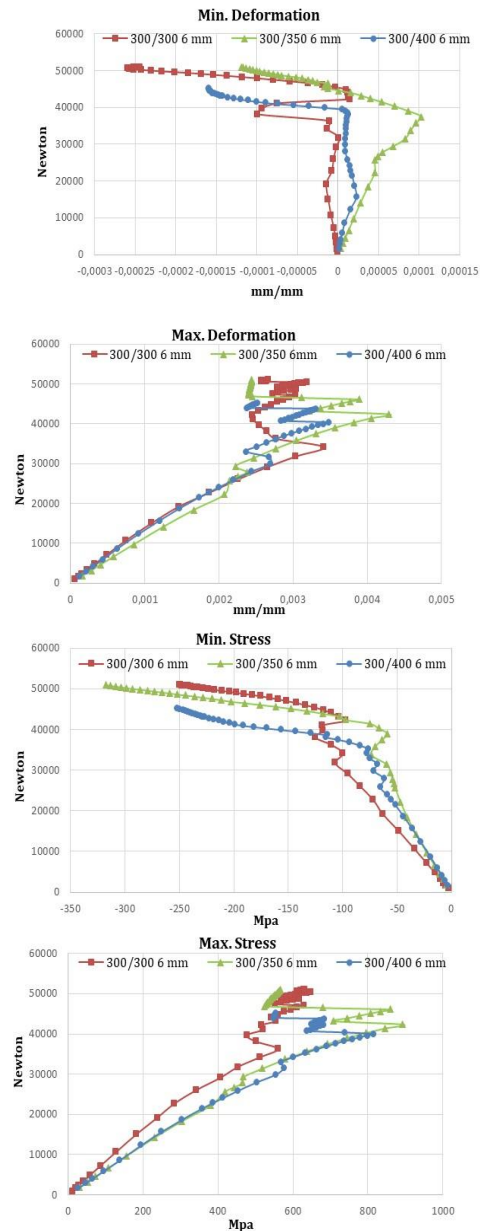


Figure 19. Graphs of beam-end plate circumferential weld for Group 1 end plate

Figure 20 shows the results of the model in which Group 2 plate head was used. The increase in the confinement effect on the column with an increase in the plate size, and confronting the stress and internal forces from the beam in a wider area reduced the deformations on the column to a minimum, which increased the effectiveness of the welds involved in these parts. The stress-deformation graphs in Figure 20 show that the values of the welds in all models overlapped and that all the stresses remained within the linear boundaries.

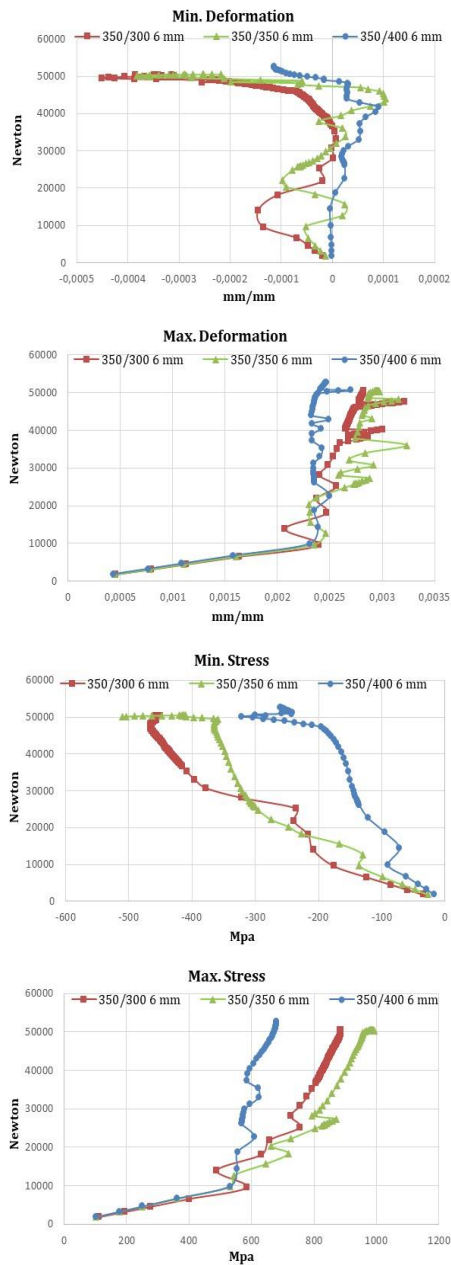


Figure 20. Graphs of plate circumferential weld for Group 2 end plate

The graphs of deformation and stress distributions in Figure 21 belong to the connection point of the beam and end plate. The increase in the confinement effect of the plate on the column positively affected the rigidity of the column and of the plate connected to this column. Therefore, the values of the welds in this section were within the desired limits. The deformations were relatively smaller. The stress values in the linear boundary confirm these results.

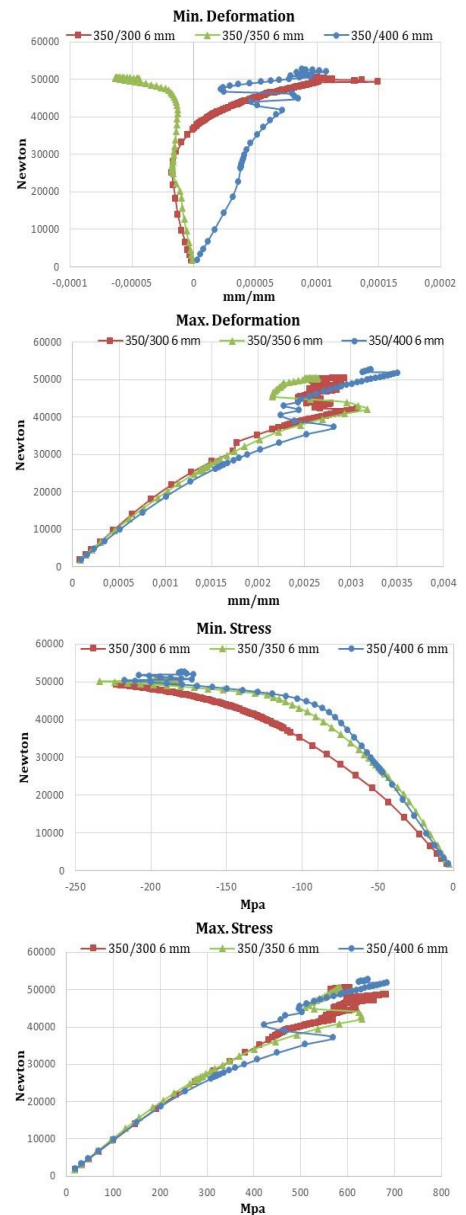
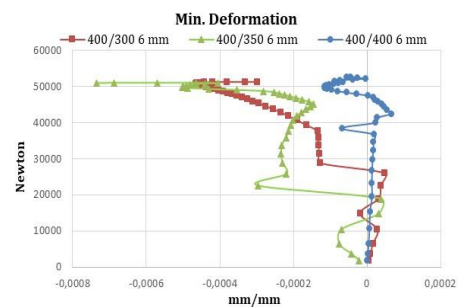


Figure 21. Graphs of beam circumferential weld for Group 2 end plate

The data in Group 3 models in which plates with the largest dimension parameters were used are in agreement with other results. In other words, the increase in the confinement effect of the plate positively affected the welding behavior, the deformation tendencies of the welds decreased, and thus the stress values decreased in the elastic zone. The graphs illustrating this are given in Figure 22.



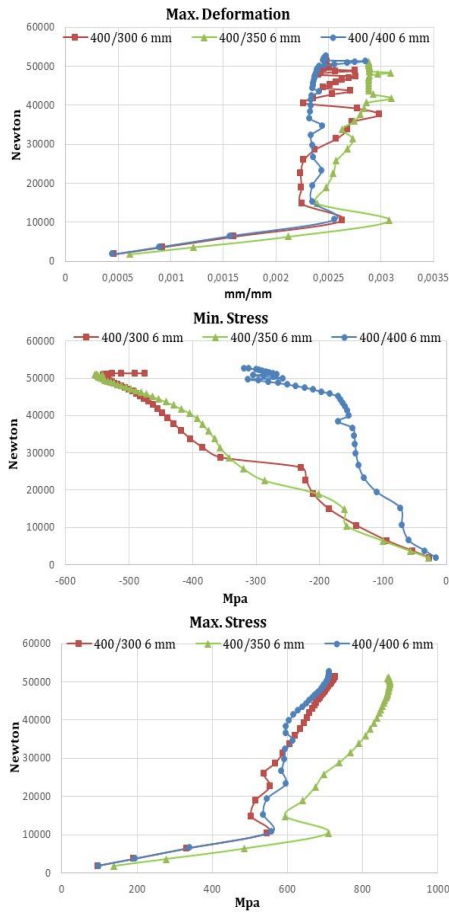


Figure 22. Graphs of plate circumferential weld for Group 3 end plate

In Group 3 models in which plates with the largest dimension parameters were used, the plate confined the column head and body better, thus, preventing deformation and optimizing the weld behavior. This has also been confirmed by the stress and deformation graphs of the circumferential welds. The graphs are given in Figure 23.

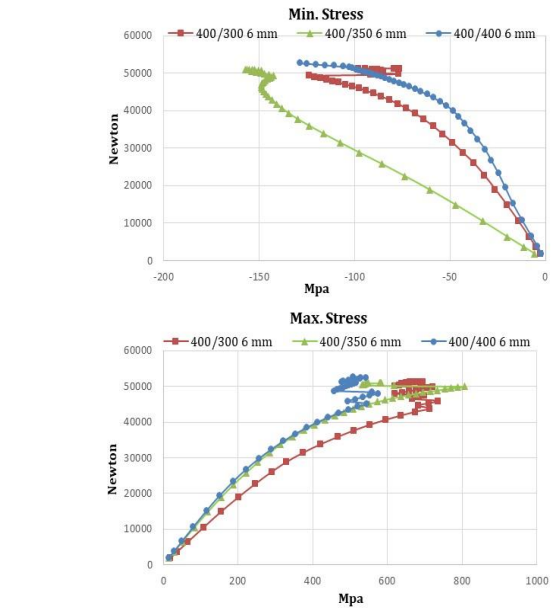
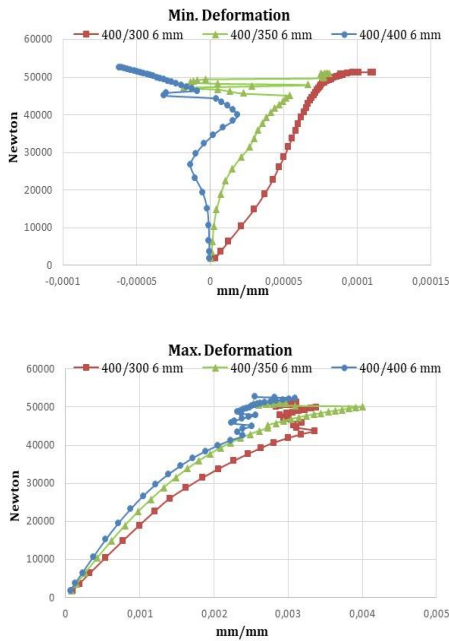
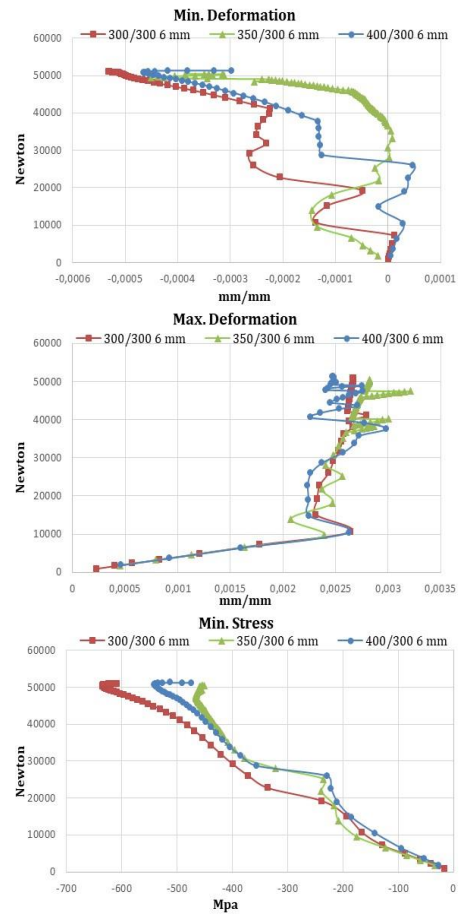


Figure 23. Graphs of beam circumferential weld for Group 3 end plate

Figure 24 analyzed the behavior of the welds in the end plate of the models formed for Groups 1, 2 and 3 end plate with a body length of 50 mm constant and a longitudinal distance of 300, 350 and 400 mm. The most effective result was obtained from Group 1 and 2 plates. However, in terms of stress distributions, the results were similar for all welds.



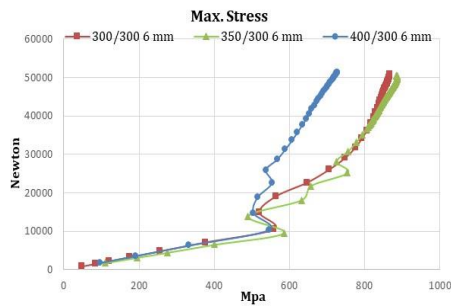


Figure 24. Graphs of plate circumferential weld for length change graphs of 50 mm end plate

Figure 25 analyzed the behavior of the welds in the end plate of the models formed for Groups 1, 2 and 3 end plate with a body length of 75 mm constant and a longitudinal distance of 300, 350 and 400 mm. The most effective result was obtained from Group 1 and 2 plates. However, the results were similar for all welds in terms of stress distributions.

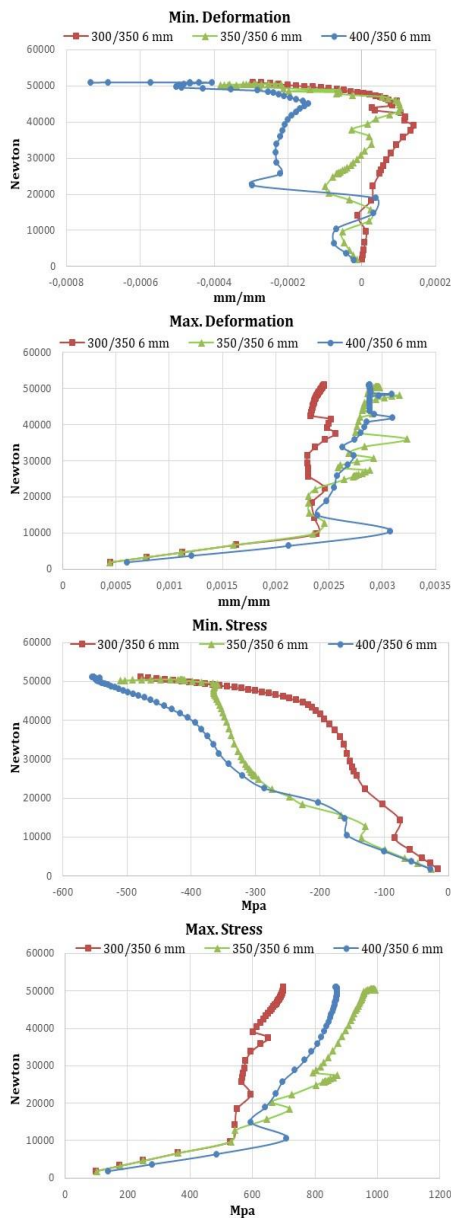


Figure 25. Graphs of plate circumferential weld for length change graphs of 75 mm end plate

Figure 26 analyzed the behavior of the welds in the end plate of the models formed for Groups 1, 2 and 3 end plate with a body length of 100 mm constant and a longitudinal distance of 300, 350 and 400 mm. The greatest confinement effect was in this comparison. The results of the welds for all models were the same in terms of stress and deformation. In other words, every case, where deformations were effectively controlled, positively affected the weld behavior.

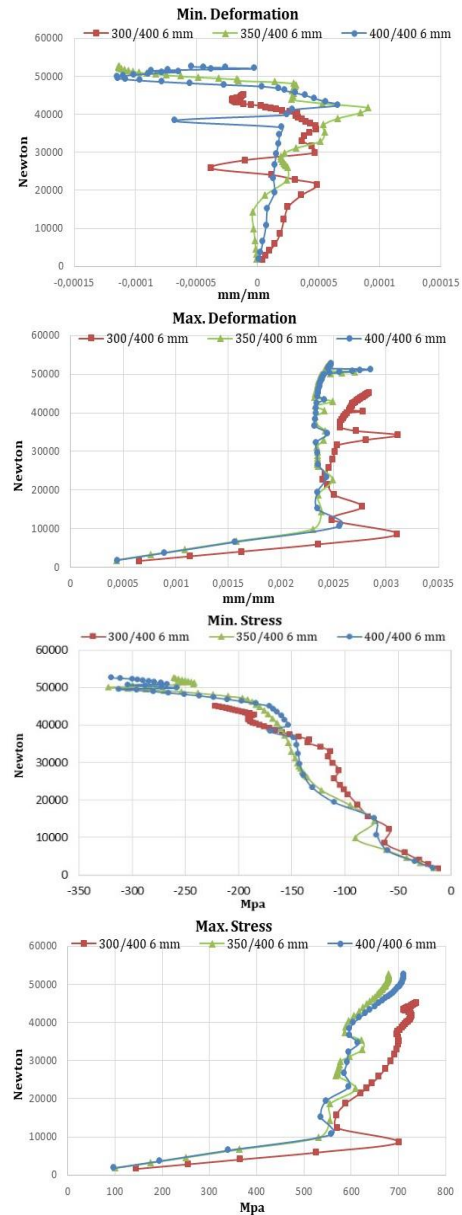


Figure 26. Graphs of plate circumferential weld for length change graphs of 100 mm end plate

4. Conclusion and Recommendations

Section, connection and system integrity must be protected under effective loads so that the capacity value of a structural member composing a joint can be calculated based on the inertia value. This can only be achieved by avoiding local buckling effects on the section and by maintaining the continuity of the connecting parts holding the joint together.

Continuous plates can control the deformation of connections designed using hot-rolled open-section profiles but not in cold-rolled box beam profiles. Some studies have used box fillets, confinement plates and end plates to prevent the local deformation

of box beam connections under bending. In this study, an end plate was used to control the deformation and capacity of the node point. 36 models were developed using welds with different dimension parameters, and they were examined under static incremental load using ANSYS WorkBench. The main determining variable in the models is the circumferential welds that connect the column with the end plate. Based on the relevant specifications, a 3 mm weld thickness calculated for the connection and a 6mm thickness calculated according to the assumptions of TÜBİTAK 111-M125 project were used.

The results show that welds must be protected from additional forces other than the accepted stresses for welds in order to obtain capacity values under the static calculation rules. In other words, in a connection under load, when stress values in welds are supported by additional stresses due to unexpected deformations, weld integrity is compromised and linear boundaries are exceeded and fracture occurs in the welds. The results also show that the optimum weld thickness (3 mm) specified by the regulations is insufficient for this connection. In the models, in which the second value (6mm) was used, the weld provided the required capacity and the section integrity remained intact although deformations were observed in the connections. In addition, the dimensional values specified by the regulations are sufficient and effective for fillet welds used to keep the connection between the end plate and column continuous.

In conclusion, in cases where the local deformation of a joint under bending are prevented, the formula used for the weld thickness defined by the relevant regulation is insufficient. Therefore, additional stresses due to deformations should also be taken into consideration for weld thickness in box beam connections where deformations cannot be adequately controlled.

References

- [1] Abi-Saad, G., & Bauer, D. (2006). Analytical approach for shear lag in welded tension members. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(4), 384-394.
- [2] Cheng, J. J. R., Kulak, G. L., & Khoo, H. A. (1998). Strength of slotted tubular tension members. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 25(6), 982-991.
- [3] Cheng, J. R., & Kulak, G. L. (2000). Gusset plate connection to round HSS tension members. *Engineering Journal-American Institute Of Steel Construction*, 37(4), 133-139.
- [4] ÇYTHY (2016). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik.
- [5] Design Guide 3, (2009). For Rectangular Hollow Section (Rhs) Joints Under Predominantly Static Loading. Comité International Pour Le Développement Et L'étude De La Construction Tubulaire.
- [6] Easterling, W. S., & Gonzales, L. (1993). Shear lag effects in steel tension members. *Engineering Journal*, 3, 77-89.
- [7] Eurocode 3, (2003). Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints. European Committee For Standardization, Brussels.
- [8] Fenkli, M., Çelik, İ., D., Kımilli, N.A., Sivri, M., 2017. "Investigation of Capacity on the Hollow Sections Connections with Stiffening Plate" *Advanced Steel Construction.*, Vol. 3, March 2017. DOI : 10.18057/IJASC.2017.13.1.
- [9] Humphries, M. J. R., & Birkemoe, P. C. (2004, June). Shear lag effects in fillet-welded tension connections of channels and similar shapes. In *Proceedings of the ECCS/AISC Workshop on Connections in Steel Structures V: Innovative Steel Connections*, Amsterdam, The Netherlands (pp. 3-4).
- [10] Korol, R. M. (1996). Shear lag in slotted HSS tension members. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 23(6), 1350-1354.
- [11] Ling, T. W., Zhao, X. L., Al-Mahaidi, R., & Packer, J. A. (2007). Investigation of shear lag failure in gusset-plate welded structural steel hollow section connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 63(3), 293-304.
- [12] Martinez-Saucedo, G., Packer, J. A., & Willibald, S. (2006). Parametric finite element study of slotted end connections to circular hollow sections. *Engineering Structures*, 28(14), 1956-1971.
- [13] Martinez-Saucedo, G., Packer, J. A., & Christopoulos, C. (2008). Gusset plate connections to circular hollow section braces under inelastic cyclic loading. *Journal of Structural Engineering*, 134(7), 1252-1258.
- [14] Martinez-Saucedo, G., & Packer, J. A. (2009). Static design recommendations for slotted end HSS connections in tension. *Journal of Structural Engineering*, 135(7), 797-805.
- [15] Schmidt, L. C., & Morgan, P. R. (2011). Member Ductility and Design Detail of Some Welded Joints. *International Journal of Space Structures*, 26(3), 155-161.
- [16] Willibald, S., Packer, J. A., & Martinez-Saucedo, G. (2006). Behaviour of gusset plate connections to ends of round and elliptical hollow structural section members. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(4), 373-383.
- [17] Willibald, S., Packer, J. A., Martinez Saucedo, G., & Puthli, R. S. (2004, June). Shear lag in slotted gusset plate connections to tubes. In *Proceedings of the ECCS/AISC Workshop, Connections in Steel Structures V: Innovative Steel Connections* (pp. 3-5).
- [18] Zhao, R. G., Huang, R. F., Khoo, H. A., & Cheng, J. J. R. (2007). Experimental study on slotted rectangular and square hollow structural section (HSS) tension connections. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(11), 1318-1330.
- [19] Zhao, R., Huang, R., Khoo, H. A., & Cheng, J. R. (2009). Parametric finite element study on slotted rectangular and square HSS tension connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 65(3), 611-621.
- [20] Zhao, X. L., Al-Mahaidi, R., & Kiew, K. P. (1999). Longitudinal fillet welds in thin-walled C450 RHS members. *Journal of Structural Engineering*, 125(8), 821-828.