



## **CİHANTEFMAD**

Cihannüma Teknoloji  
Fen ve Mühendislik  
Bilimleri Akademi Dergisi

## **JOCTENSA**

Journal of Cihannuma Technology  
Engineering and Natural Sciences Academy

مجلة جهان نوما الأكاديمية للعلوم الفنية والتكنولوجية والهندسية

**ISSN 2822-2342**

**E-ISSN 2822-356X**

[www.cihannumaakademi.org](http://www.cihannumaakademi.org)  
[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

---

**Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik  
Bilimleri Akademi Dergisi**  
*Journal of Cihannuma Technology Engineering and  
Natural Sciences Academy*

مجلة جهان نوما الأكاديمية للعلوم الفنية والتكنولوجية والهندسية

---

ISSN: 2822-2342

E-ISSN: 2822-356X

**Yılda iki sayı yayımlanır.**

*The journal publishes two issues annually.*

تنشر المجلة عددین لكل سنة في مارس، أكتوبر.

**Cilt: 1 - Sayı: 1 - Mart 2022**

*Volume: 1 - Issue: 1 - March 2022*

المجلد - 1 - العدد - 1 : مارس 2022

<http://www.cihannumaakademi.org/cfbad>

[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

**Ankara-TÜRKİYE**

أنقرة - تركيا



**CİHANTEFMAD**  
**Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri**  
**Akademi Dergisi**

**JOCTENSA**  
Journal of Cihannüma  
Technology Engineering and Natural Sciences Academy

**JOCTENSA**  
مجلة جهان نوما الأكاديمية للعلوم الفنية والتكنولوجية والهندسية

**ISSN: 2822-2342**

**E-ISSN: 2822-356X**

**Cilt: 1 - Sayı: 1 - Mart 2022**  
**Volume: 1 - Issue: 1 - March 2022**  
**المجلد - 1 : العدد - 1 : مارس 2022**

[www.cihannumaakademi.org/cfbad](http://www.cihannumaakademi.org/cfbad)  
[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

**Yayımcı / Publisher / الناشر**

**Cihannüma Dayanışma ve İşbirliği Derneği Adına**

**Av. Rıza YORULMAZ**

**On behalf of the Cihannüma Solidarity and Cooperation Association**

**Att. Rıza YORULMAZ**

**بالنيابة عن جمعية جيهانوما للتضامن والتعاون**

**المحامي رضا يورولماز**

## Yazı İşleri Müdürü/ Managing Editor / مدير التحرير

Doç. Dr. Adem POLAT  
Ankara Hacı Bayram  
Veli Üniversitesi,  
Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Adem POLAT  
Ankara Hacı Bayram Veli  
University, Türkiye

الأستاذ المشارك آدم بولات  
جامعة أنقرة حاجي بايرام ولي،  
تركيا

 0000-0002-0710-0421  adem.polat@hbv.edu.tr

## Baş Editör / Editor in Chief / رئيس التحرير

Doç. Dr. Kemal  
ŞAMLIOĞLU  
Ankara Hacı Bayram Veli  
Üniversitesi, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Kemal  
ŞAMLIOĞLU  
Ankara Hacı Bayram Veli  
University, Türkiye

الأستاذ المشارك كمال شاملي أوغلو  
جامعة أنقرة حاجي بايرام ولي،  
تركيا

 0000-0003-4765-5592  ksamlioglu@hbv.edu.tr

## Editör / Editor / محرر

Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ  
Atatürk Üniversitesi,  
Türkiye

Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ  
Atatürk University,  
Türkiye

الأستاذ الدكتور أصلان غولجو  
جامعة أتاتورك،  
تركيا

 0000-0001-6857-7760  agulcu@atauni.edu.tr

## Alan Editörleri / Section Editors / محروو المجالات

Prof. Dr. Adnan ÇALIK  
Isparta Uyg. Bilimler  
Üniversitesi, Türkiye  
Makine Mühendisliği

Prof. Dr. Adnan ÇALIK  
Isparta University of  
Applied Sciences, Türkiye  
Mechanical Engineering

الأستاذ الدكتور عدنان الجالبيك  
جامعة اسبرطة للعلوم التطبيقية،  
تركيا،  
قسم هندسة ميكانيكية

 0000-0002-4991-9048  adnancalik@isparta.edu.tr

Prof. Dr. Bayram Ali  
ERSOY  
Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Türkiye  
Matematik

Prof. Dr. Bayram Ali  
ERSOY  
Yıldız Technical  
University, Türkiye  
Mathematics

الأستاذ الدكتور بايرام علي أرسوي  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا  
رياضيات

 0000-0002-8307-9644  ersoy@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. Erol KAM  
*Yıldız Teknik Üniversitesi,*  
*Türkiye*  
*Fizik*

Prof. Dr. Erol KAM  
*Yıldız Technical*  
*University, Türkiye*  
*Physics*

الأستاذ الدكتور أروول كام  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا  
فيزياء

 0000-0001-5850-5464  [erolkam@yildiz.edu.tr](mailto:erolkam@yildiz.edu.tr)

Prof. Dr. Doğan  
KARADAĞ  
*Yıldız Teknik Üniversitesi,*  
*Türkiye*  
*Çevre Mühendisliği*

Prof. Dr. Doğan  
KARADAĞ  
*Yıldız Technical*  
*University, Türkiye*  
*Environmental*  
*Engineering*

الأستاذ الدكتور دوغان قاراداغ  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا  
قسم الهندسة البيئية

 0000-0002-5217-1173  [dkaradag@yildiz.edu.tr](mailto:dkaradag@yildiz.edu.tr)

Doç. Dr. Abid BALİN  
*İstanbul Üniversitesi,*  
*Türkiye*  
*Endüstri Mühendisliği*

Assoc. Prof. Dr. Abid  
BALİN  
*İstanbul. University, TR,*  
*Industrial Engineering*


الأستاذ المشارك عابد بالين  
جامعة اسطنبول،  
تركيا،  
قسم الهندسة الصناعية

 0000-0002-4590-2935  [abitbalin@istanbul.edu.tr](mailto:abitbalin@istanbul.edu.tr)

Doç. Dr. Zeki Ünal  
YÜMÜN  
*Tekirdağ Namık Kemal*  
*Üniversitesi, Türkiye*  
*Jeoloji Mühendisliği*

Assoc. Prof. Dr. Zeki  
Ünal YÜMÜN  
*Tekirdağ Namık Kemal*  
*University, Türkiye*  
*Geological Engineering*

الأستاذ المشارك زكي أونال يومون  
جامعة تكيرداغ نامق كمال،  
تركيا  
قسم الهندسة الجيولوجية

 0000-0003-0658-0416  [zyumun@nku.edu.tr](mailto:zyumun@nku.edu.tr)

Doç. Dr. Yaşar  
KAHRAMAN  
*Sakarya Üniversitesi,*  
*Türkiye*  
*Makine Mühendisliği*

Assoc. Prof. Dr. Yaşar  
KAHRAMAN  
*Sakarya University,*  
*Türkiye,*  
*Mechanical Engineering*

الأستاذ المشارك ياشار كهرمان  
جامعة ساكاريان،  
تركيا  
قسم الهندسة الميكانيكية

 0000-0002-8102-4009  [kahraman@sakarya.edu.tr](mailto:kahraman@sakarya.edu.tr)

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet  
Arif KAYA  
Tekirdağ Namık Kemal  
Üniversitesi, Türkiye  
Kimya Mühendisliği

Assist. Prof. Dr. Mehmet  
Arif KAYA  
Tekirdağ Namık Kemal  
University, Türkiye  
Chemical Engineering

الأستاذ المساعد محمد عارف كايا  
جامعة تكيرداغ نامق كمال،  
تركيا،  
قسم الهندسة الكيميائية

 0000-0001-9339-338  marifkaya@yalovala.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ümit  
GÜNEŞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Türkiye  
Gemi Mühendisliği

Assoc. Prof. Dr. Ümit  
GÜNEŞ  
Yıldız Technical  
University, Türkiye  
Naval Engineering

الأستاذ المساعد أوميت غونيش  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا،  
قسم الهندسة السفينة

 0000-0001-6942-6403  ugunes@yildiz.edu.tr

### Yayın Kurulu / Editorial Board / مجلس التحرير

Prof. Dr. Aslan  
GÜLCÜ  
Atatürk Üniversitesi,  
Türkiye

Prof. Dr. Aslan  
GÜLCÜ  
Atatürk University,  
Türkiye

الأستاذ الدكتور أصلان  
غولجو  
جامعة أتاتورك، تركيا

Prof. Dr. Bayram  
Ali ERSOY  
Yıldız Teknik  
Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Bayram  
Ali ERSOY  
Yıldız Technical  
University, Türkiye

الأستاذ الدكتور بيرام علي  
أرسوي  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا

Prof. Dr. Bayram  
ŞAHİN  
Ege Üniversitesi,  
Türkiye

Prof. Dr. Bayram  
ŞAHİN  
Ege University,  
Türkiye

الأستاذ الدكتور بيرام شاهين  
جامعة إيجة،  
تركيا

Prof. Dr. Bijan  
DAVVAZ  
Yazd Üniversitesi,  
İran İslam  
Cumhuriyeti

Prof. Dr. Bijan  
DAVVAZ  
Yazd University,  
Islamic Republic of  
Iran

الأستاذ الدكتور بيجان  
داوواز  
جامعة يزد، جمهورية  
ايران الإسلامية

Prof. Dr. Bünyamin  
AYDIN  
*Necmettin Erbakan  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Bünyamin  
AYDIN  
*Necmettin Erbakan  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور بنيامين  
أيدين  
جامعة نجم الدين اربكان،  
تركيا

Prof. Dr. Ekrem  
SAVAŞ  
*Uşak Üniversitesi,  
Türkiye*

Prof. Dr. Ekrem  
SAVAŞ  
*Uşak University,  
Türkiye*

الأستاذ الدكتور أكرم  
ساواش  
جامعة أوشاك، تركيا

Prof. Dr. Erol KAM  
*Yıldız Teknik  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Erol KAM  
*Yıldız Technical  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور إبرول كام  
جامعة يلديز التقنية، تركيا

Prof. Dr. Fahrettin  
GÖKTAŞ  
*Fırat Üniversitesi,  
Türkiye*

Prof. Dr. Fahrettin  
GÖKTAŞ  
*Fırat University,  
Türkiye*

الأستاذ الدكتور فخر الدين  
غوكتاش  
جامعة فرات، تركيا

Prof. Dr. Fatih  
NURAY  
*Afyon Kocatepe  
Üniversitesi,  
Türkiye*

Prof. Dr. Fatih  
NURAY  
*Afyon Kocatepe  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور فاتح  
نوراي  
جامعة أفيون كوكاتبة،  
تركيا

Prof. Dr. Hakkı  
ALMA  
*Iğdır Üniversitesi,  
Türkiye*

Prof. Dr. Hakkı  
ALMA  
*Iğdır University,  
Türkiye*

الأستاذ الدكتور حقي ألما  
جامعة إغدير، تركيا

Prof. Dr. Hasan  
GENÇ  
*Van Yüzüncü Yıl  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Hasan  
GENÇ  
*Van Yüzüncü Yıl  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور حسن غنچ  
جامعة وان يوزونجي  
بيل، تركيا

Prof. Dr. İsmail  
KÜÇÜK  
*İstanbul Sebahattin  
Zaim Üniversitesi,  
Türkiye*

Prof. Dr. İsmail  
KÜÇÜK  
*İstanbul Sebahattin  
Zaim University,  
Türkiye*

الأستاذ الدكتور إسماعيل  
كوجوك  
جامعة إسطنبول صباح  
الدين زعيم، تركيا

<p>Prof. Dr. Jintai DING <i>Tsinhua Üniversitesi, Çin</i></p>	<p>Prof. Dr. Jintai DING <i>Tsinhua University, China</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور جينتاي دينغ جامعة تسينجوا، صين</p>
<p>Prof. Dr. Kostaq HILA <i>Gjirokastrò Üniversitesi, Arnavutluk</i></p>	<p>Prof. Dr. Kostaq HILA <i>Gjirokastrò University, Albania</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور كوستاك هيل جامعة جيروكاسترو، ألبانيا</p>
<p>Prof. Dr. Lokman Hakan TECER <i>İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>Prof. Dr. Lokman Hakan TECER <i>İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور لقمان هاكان تجر جامعة ناميك كمال، تركيا</p>
<p>Prof. Dr. Lokman KUZU <i>Karabük Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>Prof. Dr. Lokman KUZU <i>Karabük University, Türkiye</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور لقمان كوزو جامعة كارابوك، تركيا</p>
<p>Prof. Dr. Mehmet KARACA <i>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi</i></p>	<p>Prof. Dr. Mehmet KARACA <i>Burdur Mehmet Akif Ersoy University</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور محمد كاراجا جامعة بوردور محمد عاكف أرسوي، تركيا</p>
<p>Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK <i>Harran Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK <i>Harran University, Türkiye</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور محمد صبري جيليك جامعة حاران، تركيا</p>
<p>Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ <i>Marmara Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ <i>Marmara University, Türkiye</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور ميتين غوموش جامعة مرمره، تركيا</p>
<p>Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA <i>Yozgat Bozok Üniversitesi, Türkiye</i></p>	<p>Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA <i>Yozgat Bozok University, Türkiye</i></p>	<p>الأستاذ الدكتور مصطفى بويوكاتا جامعة يوزغات بوزوك، تركيا</p>



Prof. Dr. Mustafa  
Kasım  
KARAHOCAGİL  
*Kırşehir Ahi Evran  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Mustafa  
Kasım  
KARAHOCAGİL  
*Kırşehir Ahi Evran  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور مصطفى  
قاسم كاراهوجاقيل  
جامعة كير شهير اهي  
أوران، تركيا

Prof. Dr. Necip  
ŞİMŞEK  
*İstanbul Ticaret  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Necip  
ŞİMŞEK  
*İstanbul Ticaret  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور نجيب  
شيمشك  
جامعة اسطنبول التجارية،  
تركيا

Prof. Dr. Nevzat  
AYDIN  
*Karamanoğlu  
Mehmet Bey  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Nevzat  
AYDIN  
*Karamanoğlu  
Mehmet Bey  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور نوزاد  
أيدين  
جامعة كرمان أوغلو محمد  
بق، تركيا

Prof. Dr. Sophiana  
TAHAR  
*Concordia  
University, Canada*

Prof. Dr. Sophiana  
TAHAR  
*Concordia  
University, Canada*

الأستاذة الدكتورة صوفيانا  
طاهر  
جامعة كونكورديا، كندا

Prof. Dr. Vatan  
KARAKAYA  
*Kırşehir Ahi Evran  
Üniversitesi, Türkiye*

Prof. Dr. Vatan  
KARAKAYA  
*Kırşehir Ahi Evran  
University, Türkiye*

الأستاذ الدكتور وطن  
كاراكايا  
جامعة كير شهير اهي  
أوران، تركيا

Prof. Dr. Violeta  
FOTEA  
*Alexandru Ioan  
Cuza Üniversitesi,  
Romanya*

Prof. Dr. Violeta  
FOTEA  
*Alexandru Ioan  
Cuza University,  
Romania*

الأستاذ الدكتور فيوليتا  
فوتيا  
جامعة الكسندرو ايوان  
كوزا، رومانيا

Prof. Dr. Salem  
ABDULLAH  
*Abdul Wali Khan  
Üniversitesi  
Mardan, Pakistan*

Prof. Dr. Salem  
ABDULLAH  
*Abdul Wali Khan  
University Mardan,  
Pakhistan*

الأستاذ الدكتور سالم  
عبدالله  
جامعة عبد الولي خان  
مردان، باكستان

## **Dış Temsilciler Koordinatörü /General Coordinator of Foreign Editors/**

### **المنسق العام للممثلين في خارج تركيا**

Prof. Dr. Yakup CİVELEK <i>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye</i>	Prof. Dr. Yakup CİVELEK <i>Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye</i>	الأستاذ الدكتور يعقوب جيولك جامعة أنقرة يلدريم بيازيد، تركيا
--	--	--

## **Dış Temsilciler/ Representative of Foreign Country /**

### **الممثلون في الدول الأجنبية**

Levent Ali YILDIZ <i>ABD</i>	Levent Ali YILDIZ <i>USA</i>	لوند علي يلدز الولايات المتحدة الأمريكية
Doç. Dr. Necati ANAZ <i>Kanada</i>	Assoc. Prof. Dr. Necati ANAZ <i>Canada</i>	الأستاذ المشارك الدكتور نجاتي عناز كندا
Doç. Dr.Süleyman ELİK <i>Kore</i>	Assoc. Prof. Dr. Süleyman ELİK <i>Korea</i>	الأستاذ المشارك الدكتور سليمان أليك كوريا
Dr. Recep YÜRÜMEZ <i>Kırgızistan</i>	Dr. Recep YÜRÜMEZ <i>Kyrgyzstan</i>	الدكتور رجب يورومز قيرغيزستان
Dr. Abdullah TIRABZON <i>Bulgaristan</i>	Dr. Abdullah TIRABZON <i>Bulgaria</i>	الدكتور عبدالله طرابزون بلغاريا

## الهدف والمحتوى / Aim and Scope / Amaç ve Kapsam

CİHANTEFMAD Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi, teknoloji, mühendislik ve doğa bilimlerindeki son gelişmeleri bilim insanlarına ve okuyucularına ulaştırmayı hedefler. Dergi, bu üç temel alandaki deneysel ve kuramsal çalışmalarını kendisine konu edinir.

CİHANTEFMAD Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri alanlarında yapılan özgün çalışmalarını yayımlayan, mevcut bilimsel literatürü geliştirerek bilimsel çevrelere sunan, saygın, bilimsel bir dergi olarak Türkçe, İngilizce ve Arapça dillerinde yazılmış araştırma makalelerine ve eser tanıtma yazılarına yer veren, uluslararası hakemli bir dergidir.

JOCTENSA Journal of Cihannuma Technology Natural Science and Engineering Academy aims to provide scientists and readers with the latest developments in technology, engineering and natural sciences. The journal focuses on experimental and theoretical studies in the abovementioned three main areas.

JOCTENSA is an international peer-reviewed journal that publishes authentic studies in the fields of Science, Technology and Engineering Sciences; expands the existing scientific literature and disseminates the studies within scientific circles. As a respected scientific journal, it includes research articles and work reviews written in Turkish, English and Arabic languages.

مجلة "JOCTENSA" جهان نما الأكاديمية للتقنية والعلوم الطبيعية والهندسية تهدف إلى تقديم أحدث التطورات في التكنولوجيا والهندسة والعلوم الطبيعية للعلماء والقراء وتركز المجلة على عملها التجريبي والنظري في هذه المجالات الرئيسية الثلاثة. مجلة "JOCTENSA" هي مجلة دولية خاضعة لاستعراض النظراء تنشر دراسات أصلية في مجالات التكنولوجيا والعلوم والهندسة، وتطور الأدبيات العلمية القائمة وتقدمها إلى الأوساط الأكاديمية، وتشمل مقالات بحثية وأعمالاً باللغات التركية والإنجليزية والعربية كمجلة علمية ذات سمعة طيبة.

## فترة / Period / Periyot

Dergi, yılda iki sayı (Mart, Ekim) yayımlanır.

The journal publishes two issues (March, October) annually.

تنشر المجلة عددین لكل سنة في مارس، أكتوبر.

## رسوم لإصدار المقالة / Article Processing Charge / Makale İşleme Ücreti

Makaleler için makale işleme ücreti talep edilmez.

The journal does not charge an Article Processing Fee (APC).

(APC) المجلة لا تتقاضى رسوم لإصدار المقالات.

## **Hakemlik/ Peer-review / التحكيم**

Dergi çift taraflı kör hakemlik sistemi kullanır. Hakem listesi her yılın sonunda dergi web sayfasında yayımlanır.

The journal uses a double-sided blind review system. The referee list is published on the web page at the end of each year.

تستخدم المجلة نظام مراجعة أعمى على الوجهين. يتم نشر قائمة الحكام على موقع الإنترنت للمجلة في نهاية كل عام.

## **Açık Erişim / Open Access / الوصول المفتوح**

Dergi açık erişimlidir (CC BY-NC).

The journal is an Open Access (CC BY-NC).

. المجلة مفتوحة الوصول (CC BY-NC)

## **Adres / Executive Office / العنوان**

Hacı Bayram Mah. Haşimi (Kutlu) Sok. No: 12 Altındağ, Ankara, Türkiye  
Hacı Bayram District, Haşimi (Kutlu) Street No: 12 Altındağ, Ankara, Türkiye

حي حاجي بيرم سوقاق هاشمي كوتلو. رقم 12: ألتينداغ - أنقرة ، تركيا  
cihantefmad@gmail.com

## **Web siteleri /Websites / مواقع الإنترنت**

<https://www.cihannumaakademi.org/cfbad>

[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

## *Başlarken...*

Medeniyetlerin ortak keşim alanları, bilimsel/ilmî bilgi pratiklerinden hareket etmesidir. Görkemli bir tefekkür alanının maziden beslendiği kaynak, âtiye bırakacağı kaynağın bilimsel sorumluluğunu inşa edicilerin üzerine yükler. Hilmi Ziya Ülken'in *Uyanış Devirlerinde Tercümenin Rolü* adlı eserinde topyekûn bir bilimsel uyanıştan bahsetmesi, medeniyet kurucu dinamikler için yayın faaliyetinin ne kadar kıymetli olduğuna dair temel fikirleri gözler önüne serer. Bu faaliyet, insana (okuma) yazma ve anlatma yeteneğinin hediye edildiği ilk ontolojik yaratım anlarından beri sözün yükseltilmesi ve evrensel insana katkısı için sanata, retoriğe, dile, matematiğe, kimya ve fiziğe başka türlü söylemek gerekirse evrensel insan gerçeğine hediye edilmiş ilmî sorumluluğun ve problem üretme/çoğaltma/ortaya atma çabasının insani ve medeni vazifesidir. Bu bağlamda Cihannüma Dayanışma ve İşbirliği Derneği'nin fikir dergisi olan CihannümaDergi'ye ek olarak lüzumuna binaen bilim dünyasının faaliyet alanına katkı sağlayabilmesi bakımından **Cihannüma Sosyal Bilimler Akademi Dergisi** ve **Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi** adında bilimsel, hakemli uluslararası iki kardeş dergiyi yayın dünyasıyla buluşturmanın mutluluğunu yaşıyoruz. İki derginin de uzun soluklu ve tartışmasız bir bilimsel nitelikte olması için çaba harcayan ve ayrıca ilgi ve heyecanla karşılayan akademik dünyaya hasbi minnettarlığımızı sunmak isteriz. Her türlü manifestonun her türlü gayretle yepyeni dünyalar kurması temennisiyle; Merhaba.

**Doç. Dr. Kemal ŞAMLIOĞLU**

**Ankara, Türkiye, 2022**

## *As a Beginning...*

The common intersection area of civilizations is their move from scientific/research knowledge practices. The source, in which a magnificent field of contemplation feeds from the past, places on the builders scientific responsibility of the source to be left for the future. In the work titled *Role of Translation in the Ages of Awakening* by Hilmi Ziya Ülken, that he mentions about a total scientific awakening reveals evidently how valuable the publishing activity is for the civilization-founding dynamics. Since the first ontological moments of creation, when man was gifted with the ability to (read) write and express, this activity has been a humanistic and civilized duty of scientific responsibility and efforts to generate/increase/reveal problems gifted to arts, rhetoric, language, mathematics, chemistry and physics, in other words, to the universal reality of human beings so that expression might be enhanced and contributions could be made to universal human.

In this context, in addition to Cihannuma Journal, which is a journal of ideas of the Cihannuma Solidarity and Cooperation Association, we are happy to initiate, as considered necessary, two scientific international peer-reviewed journals, **Journal of Cihannuma Social Sciences Academy** and **Journal of Cihannuma Technology, Engineering and Natural Sciences Academy**, within the publishing world, in order to contribute to the fields of the scientific world.

We would like to express our special gratitude to all stakeholders within the academic world who have paid their interests and enthusiasm in the journals and made efforts to ensure both journals to have a long-term and undisputed scientific quality. With the hope that every kind of manifesto with necessary efforts will establish new worlds; Hello...

**Assoc. Prof. Dr. Kemal ŞAMLIOĞLU**

**Ankara, Türkiye, 2022**

تعتمد مجالات التقاطع المشتركة للحضارات على ممارسات و تطبيقات المعرفة العلمية / الأكاديمية. إن المصدر الذي يتغذى منه مجال تأمل تفكير مهيب و رائع من الماضي يضع المسؤولية العلمية للمصدر الذي سيتركه في المستقبل على عاتق البناء. حقيقة أن حلمي ضياء أولكن الذي يتحدث عن صحوة و نحضة علمية كاملة في كتابه بعنوان "دور الترجمة في فترات و عصور الصحوة و النحضة " يكشف عن الأفكار الأساسية و يسير اليها حول مدى أهمية نشاطات النشر للديناميكيات المؤسسة للحضارة. منذ اللحظات الأنطولوجية الأولى للخلق ، حيث كان الإنسان موهوبًا بالقدرة على (القراءة) والكتابة والتعبير ، تم استخدام هذا النشاطات لرفع و تعزيز الكلمة والمساهمة في الإنسان العالمي ، وبمعنى آخر ، المسؤولية العلمية ومحاولة الإنتاج / إعادة الإنتاج / الكشف عن المشاكل والتي وهبت للفن والبلاغة واللغة والرياضيات والكيمياء والفيزياء والواقع الإنساني العالمي.. وإنها مسؤولية بشرية وحضارية للجهود المبذولة لإعادة الإنتاج / الكشف عن المشاكل. في هذا السياق ، بالإضافة إلى "مجلة جهان نوما الفكرية " لجمعية جهان نوما للتضامن والتعاون فيسعدنا أن نصدر مجلتين علميتين بعنوان "مجلة جهان نوما الأكاديمية للعلوم الفنية والتكنولوجية والهندسية " لأنه ضروري و مطلوب و هما مجلتين أخوين علميتين دوليتين محكمتين من أجل المساهمة في مجال نشاطات العالم العلمي والأوساط الأكاديمية. فإننا نعيش بسعادة الفرح و السرور لالتقائهما مع عالم النشر الأكاديمي.

فنحن نود أن نعرب عن امتناننا الخاص و الخالص و العميق للعالم الأكاديمي و الأواسط العلمية ، الذي يسعى جاهدًا لضمان أن تكون كلتا المجلات ذات جودة علمية طويلة الأمد و غير متنازع عليها ، وكما يرحب بهما باهتمام وحماس. وعلى أمل أن يؤسس كل أنواع البيانات و مع كل أنواع الجهد عوالم جديدة ؛ أهلا و مرحبا بكم.

الأستاذ المشارك. كمال شاملى اوغلو

2022 ، أنقرة ، تركيا





## İÇİNDEKİLER / CONTENTS/ المحتويات

### Araştırma Makaleleri / Research Articles/ المقالات البحثية

Adnan Çalık, Ezgi Eylem Bıçaklı, Onur Zerentürk

عدنان جاليق ، ازغي ايليم بيچاكلي ، أونور زرن ترك

Savurma ve Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demirin Mikroyapısal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

1-22

*Comparison of Microstructural and Mechanical Properties of GG-25 Cast Iron Produced by Spinning and Sand Casting Method*

المنتج عن طريق GG-25 مقارنة بين الخصائص الميكروية والميكانيكية لحديد الزهر طريقة الغزل والصب بالرمال

Fatih Sorgulu, Merve Öztürk, Nader Javani, İbrahim Dinçer

فاتح سورغولو ، مروة أوزترك ، نادر جواني ، إبراهيم دينجر

Hidrojen ve Doğal Gaz Karışımının Evsel Cihazlarda Kullanımının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi

23-38

*Experimental and Theoretical Investigation of Utilization of Hydrogen and Natural Gas Blend in Domestic Appliances*

التحقيق التجريبي والنظري في استخدام مزيج الهيدروجين والغاز الطبيعي في الأجهزة المنزلية

Gültekin Güllü

جول تكين جوللو

İstanbul'da Kentsel Dönüşüm, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

39-72

*Urban Transformation, Construction and Demolition Waste in İstanbul*

التحول الحضري والبناء ونفايات الهدم في اسطنبول

Tuncay Tuna, İpek Balnan, Melek Gülnur Samur, Nursel Sezgin

تونجاي تونكا ، ايبك بالنان ، ملك جول نور سامور ، نورسل سزجين

Investigation of Neutron Shielding Behaviour of Unreinforced and Calcite Reinforced Concrete Samples

73-86

*Kalsit Katkılı ve Kalsit Katkılı Olmayan Beton Numunelerde Nötron Zırhlama Davranışının İncelenmesi*

التحقيق في سلوك التدريع النيوتروني في عينات الخرسانة المسلحة بالكالسيت وغير الكالسيت

---

**Erol Kam, Merve Çakar, Zeki Ünal Yümün**

أرول كام ، مروة جاكار ، زكي أونال يومون

**Analyses of Heavy Metals in Sea Sediments from the İzmir Karaburun Region**

87-100

*İzmir Karaburun Bölgesinden Alınan Deniz Sedimentlerinin Ağır Metal Analizi*

تحليلات المعادن الثقيلة للرواسب البحرية المأخوذة من منطقة إزمير كارابورون

---

**Zeki Ünal Yümün, Hızır Ashyüksək, Murat Mücahit Yentür, Melike Önce**

زكي أونال يومون ، حضر أصلي يوكسك ، مراد مجاهد ين تور ، ملكة أونجة

**Measurement of Heavy Metal Concentrations of Marine Sediments in Yalova Section of Marmara Sea By LIBS Method And Evaluation Of Pollution By Principal Component Analysis**

101-117

*Marmara Denizi Yalova Kesiminde Deniz Sedimentlerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının LIBS Yöntemi ile Ölçülmesi ve Kirliliğin Temel Bileşen Analizi ile Değerlendirilmesi*

قياس تراكيز المعادن الثقيلة للرواسب البحرية في قسم يالوفا ببحر مرمرية بطريقة ليبس وتقييم التلوث عن طريق تحليل المكونات الرئيسية

---





## **Savurma ve Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demirin Mikroyapısal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması**

*Comparison of Microstructural and Mechanical Properties of GG-25  
Cast Iron Produced by Spinning and Sand Casting Method*

**Adnan Çalık<sup>1\*</sup>, Ezgi Eylem Bıçaklı<sup>2</sup>, Onur Zerentürk<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4991-9048, [adnancalik@isparta.edu.tr](mailto:adnancalik@isparta.edu.tr)

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9648-5978, [ezgieylembicakli@gmail.com](mailto:ezgieylembicakli@gmail.com)

<sup>3</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4584-0807, [onurzerenturk01@gmail.com](mailto:onurzerenturk01@gmail.com)

Geliş Tarihi 17/01/2022 – Kabul Tarihi 10/03/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.11202223

**ATIF:** Çalık, A., Bıçaklı E.E., & Zerentürk, O. (2022). Savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin mikroyapısal ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-22.

### **Öz**

Bu çalışmada GG-25 dökme demir iki farklı üretim yöntemi ile üretilerek, mikroyapı ve mekanik özelliklerine döküm yönteminin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı döküm sıcaklığı ve kimyasal kompozisyona sahip GG-25 dökme demir savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için her iki yöntem ile üretilen numunelere çekme deneyi ve Brinell sertlik testleri uygulanmıştır. Çekme deneyi için TS EN ISO 6892-1 standartlarına uygun olarak çekme deney numuneleri üretilmiştir. Mikro yapı analizi optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanım değeri ortalama 282 MPa olarak elde edilmiştir. Yapılan test ve analizler sonucunda savurma döküm yöntemi ile üretilen parçaların sertlik ve çekme dayanım değerlerinin kum

kalıba döküm yöntemi ile üretilen parçalardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerin soğuma hızının daha yüksek olduğu savurma döküm yöntemi ile arttığı gözlemlenmiştir. Mikro yapı incelemesinde her iki yöntemle üretilen numunelerin baskın bir şekilde perlitik yapıda olduğu görülmüştür. İki farklı yöntem ile üretilen numunelerin mikro yapı karşılaştırmalarında benzer yapılar elde edilmesine rağmen savurma dökümde homojen yapılı grafit lamellerin sayısına ve lameller arasındaki mesafenin az olmasına bağlı olarak mekanik özelliklerin olumlu yönde değiştiği mikro yapı görüntüleri ve sertlik değerleri ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GG-25 döküm, kum kalıba döküm, savurma döküm, ötektoid reaksiyon, mekanik özellikler.

### **Abstract**

In this study, it was aimed to determine the effect of casting method on microstructure and mechanical properties by producing GG-25 cast iron with two different production methods. GG-25 cast iron with the same casting temperature and chemical composition was produced by centrifugation and sand mold casting method. Tensile test and Brinell hardness tests were applied to the samples produced by both methods to determine the mechanical properties. For the tensile test, tensile test specimens were produced in accordance with TS EN ISO 6892-1 standards. Microstructure analysis was performed using an optical microscope. The average tensile strength value of the samples produced by centrifugal casting method was 282 MPa. As a result of the tests and analyzes, it has been determined that the hardness and tensile strength values of the parts produced by centrifugal casting method are higher than the parts produced by the sand mold casting method. It has been observed that the mechanical properties increase with the centrifugal casting method, where the cooling rate is higher. In the microstructure analysis, it was observed that the samples produced by both methods were predominantly pearlitic. Although similar structures were obtained in the microstructure comparisons of the samples produced by two different methods, it was supported by the microstructure images and hardness values that the mechanical properties changed positively due to the number of homogeneous graphite lamellas and the small distance between the lamellas in centrifugal casting.

**Keywords:** GG-25 casting, sand casting, centrifugal casting, eutectoid reaction, mechanical properties.

## **GİRİŞ**

Döküm, üretilmesi istenen parça şekline sahip bir kalıp boşluğuna ergitilmiş sıvı metalin doldurularak katılaştırılması işlemidir. Döküm işleminden önce metal ergitilerek döküm sıcaklığına çıkarılır. Sıvı metal

kalıp içine doldurulduktan sonra soğumaya başlar ve sıcaklık belli bir değerin altına indiğinde ise metal katı forma geçmektedir. Katılaşmanın tamamlanması ile parça oda sıcaklığına kadar soğumaya devam etmektedir. Bu aşamalarda yüksek miktarda ısı uzaklaşmakta ve faz dönüşümleri olabilmektedir. Dolayısıyla döküm işlemi sırasında parçanın boyut ve şekli belirlenirken aynı zamanda içyapı ve buna bağlı olarak özellikleri de belirlenmiş olmaktadır (Aran, 2007).

Demir ve demir dışı metallerin dökümünde, uygun maliyetli ve refrakter özelliğe sahip kum kalıplar yaygın olarak kullanılmaktadır. Kum döküm, kalıp malzemesi olarak kum esaslı bir malzeme kullanan metal döküm yöntemidir. Döküm ile şekillendirme işleminde üretilen parçaların mekanik özellikleri dökümün yapıldığı kalıba ve kalıp malzemelerine bağlıdır. Kalıp malzemesi olarak ekonomik ve teknolojik avantaj bakımından kum kalıp malzeme en çok kullanılan kalıp malzemesidir. Kalıplama işlemi kum esaslı bir malzemenin bir model etrafında sıkıştırılması ve ardından modelin kalıptan çıkarılması ile gerçekleştirilir. Metal dökümlerin yaklaşık %60'ı kum döküm yöntemi ile gerçekleştirilmektedir (Avcı, 1996; Aran, 2007; Sand Casting, 2021).

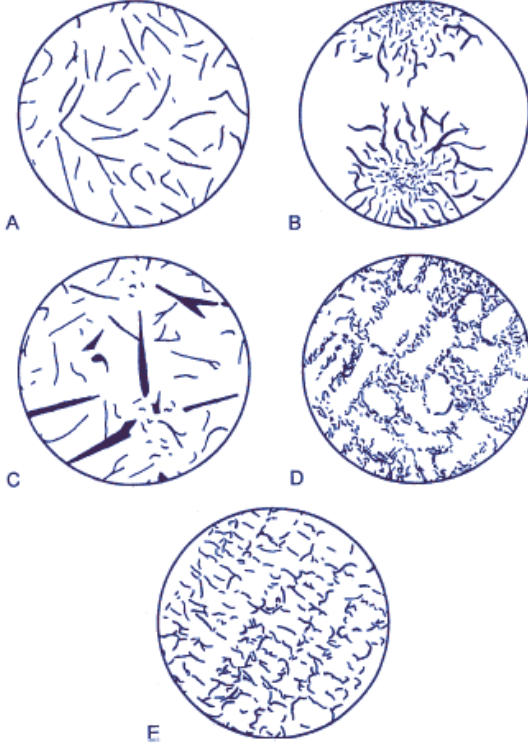
Savurma döküm, ergimiş metali kalıp duvarına atarak istenen şekli oluşturmak için dönen silindirik bir kalıp tarafından oluşturulan merkezkaç kuvvetini kullanarak gerçekleştirilen döküm yöntemidir. Dönen kalıbın merkezkaç kuvveti, ergimiş metal katılaşana kadar sabit basınç altında sıvı metali kalıbın iç boşluğuna (veya boşluklarına) doğru zorlamaktadır. Savurma döküm işlemi için genellikle silindirik dökümler tercih edilmektedir. Bu yöntem ile, belirli uygulamaların taleplerini karşılamak için gerekli olan çok çeşitli mikro yapıları üretilmektedir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen döküm parçalar yüksek derecede metalurjik temizliğe ve homojen mikro yapıya sahip olmaktadır (ASM Handbook, 1998).

Dökme demirler, yalnızca döküm yoluyla şekillendirilebilen, içeriğinde %2-4 karbon ve yapıda grafit oluşumunu sağlayarak grafitin kararlılığını arttırmak amacıyla %0,5-3 silisyum içeren demir karbon alaşımlarıdır. Katılaşma sırasında grafitin lamel morfolojide olduğu dökme demirler gri dökme demir olarak adlandırılmaktadır (Çimenoglu vd. 2001). Gri dökme demir, iyi dökülebilirlik özelliği, korozyon direnci, işlenebilirliği, yüksek sönümlenme kapasitesi, düşük erime noktası, düşük maliyeti (çelikten %20-40 daha az), kullanım esnekliği ve sahip olduğu mekanik özellikleri ile birçok endüstriyel uygulamada tercih edilen bir malzemedir (Behnam vd., 2010). Malzemenin sıkıştırma yüklerine maruz kaldığı disk fren rotorlarında ve hidrolik valflerde, bazı makine bileşenlerinin imalatında ve birçok uygulamada kullanılan önemli bir yapı malzemesi olarak gri dökme demirler karşımıza çıkmaktadır (Akdemir vd., 2011; Taşlıçukur vd., 2012).

Gri dökme demirin mikro yapısı, döküm işleminden önceki kimyasal bileşime, aşılaiıcılarla ve soğutma koşullarına bağlıdır. Mikro yapı, demirli matris içine dağılmış grafit lameller ile karakterize edilmektedir. Döküm uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkileyebilmektedir. Grafit miktarı ve boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, gri dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir. Döküm halindeki mikro yapı, katılaşma süreci ve katı hal dönüşümü (ötektoid reaksiyonu) tarafından belirlenmektedir. Matris mikro yapısı ötektoid reaksiyonun meydana geldiği koşullara bağlıdır. Ötektoid reaksiyonun mekanizmasını etkileyen değişkenler ötektoid sıcaklık aralığında kimyasal bileşim ve soğutma hızıdır. Ötektoid dönüşümün sonucu, dökme demirin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde anahtar role sahiptir (Behnam vd., 2010). Şekil 1'de ISO 945-1 standardında yer alan dökme demir malzemelerde görülen grafit dağılımlarının görünümü verilmektedir.

## Şekil 1

### Dökme Demirlerde Grafit Dağılımlarının Gösterimi



Şekil 1’de lamel grafitli dökme demirlerin mikro yapısında ortaya çıkan grafit tipleri görülmektedir. Katılma anında dökme demir yapısında oluşan grafitlerin büyüklüğü, şekli ve dağılımının metalografik görünüşleri ISO 945-1 standardına göre A, B, C, D ve E tipi olarak isimlendirilmiştir. Matristeki grafit lamelleri, gerçek doğal çentikler ve çatlaklar olarak kabul edilebilecekleri için bu lamellerin şekli ve boyutu önemlidir. Gri dökme demirin statik ve dinamik gücünü önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun yanında döküm süreci ve teknolojisi, gri dökme demirin mikro yapısı ve dolayısıyla mekanik özellikleri üzerinde de etkileyici rol oynamaktadır (Collini vd., 2008).



(Taşlıçukur vd., 2012), GG-25 ve GG-20 dökme demir malzemelerin mikro yapısını ve mekanik özelliklerine bağlı olarak kırılma davranışlarını incelemiştir. Her iki malzemenin de mikroyapısının perlitik olduğunu gözlemlemiştir. GG-20 malzemesinin daha yüksek karbon içeriği nedeniyle GG-25 dökme demire göre daha yüksek dayanıma ve sertliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada (Collini vd., 2008), EN GJL 300 (GG-30) gri dökme demir malzemenin üç farklı dökümhanede üretilmesi sonucu mekanik özelliklerinin ve mikro yapılarının farklılıklarını araştırmışlardır. Aynı kalitede malzemenin farklı ortamlarda yapılan döküm işlemi sonucunda mekanik özelliklerinin değiştiğini gözlemlemiştir. Döküm işlemi sürecinin mikroyapı ve dolayısı ile mekanik özellikleri etkilediğini bildirmişlerdir. (Yörür vd., 2000), yaptıkları çalışmada ZA-8 alaşımını savurma döküm, kokil döküm ve kum döküm yöntemiyle üreterek mekanik ve mikro yapı özelliklerini incelemiştir. Yaptıkları incelemeler sonucunda savurma ve kokil dökümün kum kalıplara yapılan dökümlere göre, sertlik, darbe ve çekme dayanımlarının daha yüksek olduğu, ayrıca mikro yapı incelemelerinde de kuma dökümde daha iri taneli bir yapı oluştuğunu gözlemlemiştir. Bir diğer çalışmada (Santosh vd., 2017), C 355.0 alaşımını basınçlı döküm, kum kalıba döküm ve santrifüj döküm yöntemi ile üreterek mekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini incelemiştir. Basınçlı döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanımlarının ve sertlik değerlerinin diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür incelendiğinde döküm yönteminin ve döküm sürecinin malzemenin mekanik özelliklerine etkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Ancak endüstride yaygın olarak kullanılan, yüksek sağlamlığa ve yüksek aşınma direncine sahip GG-25 dökme demir malzemenin mikro yapı ve mekanik özelliklerine döküm yönteminin etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada GG-25 dökme demir malzeme iki farklı üretim yöntemi ile üretilerek elde edilen dökümlerin mikro yapı ve mekanik

özellikleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan üretim yöntemlerinden ilki, teknolojik avantajları, ekonomik olması ve uygulaması basit bir yöntem olması dolayısıyla kum kalıba döküm yöntemidir. Diğer yöntem olarak ise gözeneksiz ve temiz bir içyapı elde edilmesine olanak sağlayan savurma döküm yöntemi tercih edilmiştir. GG-25 dökme demir, kum kalıba döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilerek mikroyapısal ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

### **Malzeme**

Çalışmada kullanılan (üretilen) GG-25 dökme demir malzemenin kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1**

*Çalışmada Kullanılan GG-25 Dökme Demir Malzemenin Kimyasal Bileşenleri*

Bileşen	Kısaltma	Miktar (%)	
Karbon	C	3,3	[%]
Silikon	Si	2,4	[%]
Mangan	Mn	0,74	[%]
Kükürt	S	0,06	[%]
Fosfor	P	0,1	[%]
Demir	Fe	Kalan	

GG-25 dökme demir malzemenin EN 1561 standardına göre kimyasal bileşimi Tablo 2’de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan GG-25 dökme demir malzemenin Dünya standartlarında farklı karşılıkları mevcuttur. Ancak bu çalışmada GG-25 olarak anılacaktır. Tablo 3’de DIN EN 1561 standardının uluslararası karşılıkları verilmiştir.

**Tablo 2**

*EN 1561 Standartlarına Göre GG-25 Dökme Demir Malzeme Kimyasal Bileşenleri (EN 1561, 2021)*

Bileşen	Kısaltma	Miktar (%)	
Karbon	C	2,95-3,45	[%]
Silikon	Si	2,1-2,90	[%]
Mangan	Mn	0,55-0,75	[%]
Kükürt	S	0,04-0,07	[%]
Fosfor	P	0,1-0,2	[%]
Demir	Fe	Kalan	

**Tablo 3**

*DIN EN 1561 Standardının Eşdeğer Karşılıkları (Akın, 2014)*

Standart adı	Malzeme tanımı
Türkiye TS EN 1561	DDL 25
Avrupa Birliği EN 1561	GJL 250
Almanya DIN 1691	GG 25
ABD	Class 35 B
Fransa NF A32 101	FT 25 D
Japonya JIS G 5501	FC 250

## **Deney Numunelerinin Hazırlanması**

Çalışmada kullanılacak olan silindirik şekle sahip numuneler Silindir Motor Elemanları Anonim Şirketi'nde özel olarak üretilmiş ve temin edilmiştir. Silindir şeklindeki numuneler üzerinden çekme deneyi için TS EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak çekme deney numuneleri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan her iki döküm yöntemi için üçer adet deney numunesi üretilmiştir. Şekil 2'de kum kalıba döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilen deney numuneleri gösterilmektedir.

### **Şekil 2**

*Üretilen Deney Numuneleri*



### **Çekme Deneyi**

Çekme testleri için Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan MTS Bionix marka 25 kN kapasiteli hidrolik çekme deney cihazı kullanılmıştır. Çekme testleri oda sıcaklığında, TS EN ISO 6892-1 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 4'de DIN EN 1561 standartlarına göre GJL EN 250 olarak anılan GG-25 dökme demir malzemenin, döküm çapı 30 mm olan numuneler için mekanik ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

#### **Tablo 4**

*DIN EN 1561 Standartlarına Göre GJL EN 250 (GG25) Dökme Demirin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri*

Mekanik Özellikler	Malzeme Tanımı
	EN GJL 250 (GG-25)
Çekme dayanımı (MPa)	250-300
% Uzama	0,8-0,3
Basma dayanımı (MPa)	3,01xR <sub>m</sub>
Eğme dayanımı (MPa)	1,66xR <sub>m</sub>
Kesme dayanımı (MPa)	290
Burulma dayanımı (MPa)	1,36xR <sub>m</sub>
Elastisite modülü (GPa)	103-118
Poisson sayısı	0,26
Fiziksel Özellikler	Malzeme Tanımı
	EN GJL 250 (GG-25)
Kütle yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	7,20
Özgül ısı (J/KgK)	460-535
Isıl genleşme katsayısı (µm/mK)	10-13
Isıl iletkenlik (100-500°C) (W/mK)	48,5-44,5
Özdirenç (Ω · mm <sup>2</sup> /m)	0,73

#### **Sertlik Testleri**

Sertlik testleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarında bulunan Officine Galileo marka Brinell Sertlik Cihazı'nda 250 kg yükte 10mm çapında çentikli bilye 15 sn uygulanarak yapılmıştır. Sertlik testi her iki yöntem ile üretilen numunelerden üçer adet numuneye uygulanmıştır.

## Mikro yapı analizi

Mikro yapı görüntüleri SDÜ YETEM’de bulunan Olympus BX51TRF-6 marka optik mikroskop kullanılarak elde edilmiştir.

## BULGULAR

### Çekme Test Sonuçları

Savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir deney numunelerinden üçer adet numuneye çekme deneyi uygulanmıştır. Tablo 5’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir numunelere ait çekme dayanım değerleri verilmektedir.

**Tablo 5**

*Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Numunelerin Çekme Dayanım Değerleri*

Numune	Çekme Dayanımı (MPa)
1	255
2	269
3	265

Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelere uygulanan çekme deneyi ile elde edilen çekme dayanım değeri ortalama 263 MPa olarak elde edilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir numunelere ait çekme dayanım değerleri Tablo 6’da verilmektedir.

**Tablo 6**

*Savurma Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Numunelere Ait Çekme Dayanım Değerleri*

Numune	Çekme dayanımı (MPa)
1	274
2	288
3	284

Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelere ait çekme dayanım değerleri ortalama 282 MPa civarındadır. Çekme dayanımları karşılaştırıldığında kum döküm ile üretilen numunelerin çekme dayanımlarının savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanım değerlerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen dökümlerde çentik etkisinin fazla olması mekanik özellikleri olumlu yönde etkilemektedir. Savurma döküm ile kalıcı kalıplarda üretilen silindirik şekilli dökümler, genellikle statik döküm işlemi ile üretilen dökümlerden daha yüksek verim ve daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmaktadır. Savurma döküm yönteminde kalıbın döndürülmesiyle üretilen kuvvet, metalin ince döküm bölümlerine dolmasını sağlamaktadır. Dolayısı ile metal ile kalıp arasında iyi bir temas sağlanmaktadır. Böylece, daha yüksek bir ısı akışı hızı ve daha hızlı bir katılma hızı sağlanarak mekanik özellikler artmaktadır (ASM Handbook 15, 1998).

### **Sertlik Ölçümleri**

Elde edilen GG-25 dökme demir numunelerin Brinell sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Silindir şeklindeki numunelerin her biri için iç ve dış yüzeylerinin üç farklı noktasından alınan ölçümlerin ortalaması alınarak nihai sertlik sonuçları belirlenmiştir. Tablo 7’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerden elde edilen sertlik değerleri verilmektedir.

**Tablo 7**

*Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Elde Edilen Numunelerin Brinell Sertlik Değerleri*

Numune	Sertlik Değerleri (Brinell Sertlik değeri, HB)	
	İç yüzey	Dış yüzey
1	203	216
2	199	211
3	206	209

Kum kalıba döküm ile üretilen GG-25 dökme demir malzemenin sertlik değerleri incelendiğinde matriste ortalama 202 HB, numune yüzeyinden matrise doğru alınan sonuçlarda ise ortalama 212 HB olarak elde edilmiştir. Soğuma ve katılma çeperlerden başladığı için matrise göre sertlik artışı doğaldır. Bu durum soğuma ve katılma sistematığı ile ilişkilidir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin sertlik ölçüm değerleri Tablo 8’de verilmektedir.

**Tablo 8**

*Savurma Döküm Yöntemi ile Elde Edilen Numunelerin Brinell Sertlik Değerleri*

Numune	Sertlik Değerleri (Brinell Sertlik değeri, HB)	
	İç yüzey	Dış yüzey
1	248	254
2	244	252
3	252	259

Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin sertlik değerleri iç yüzeyde ortalama 248 HB ve dış yüzeyde ortalama 255 HB olarak ölçülmüştür. Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerde olduğu gibi savurma döküm yöntemi ile elde edilen silindir şeklindeki numunelerin de iç yüzey ile dış yüzey arasında sertlik değerlerinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen silindir şekilli parçaların kalıp içerisindeki katılma durumu yönlenmiş katılma değildir. Katılma cephesi dıştan iç yüzeye doğru ilerleyerek iç yüzeyde son bulmaktadır. Soğuma hızına bağlı olarak perlit ve ferrit miktarı silindir et kalınlığında değişmektedir (İzgiz, 2010). Silindir şeklindeki numunenin iç ve dış düzeyindeki sertlik farklılıklarının nedeni yapıdaki ferrit ve perlit faz yoğunluklarının soğuma hızına bağlı olarak iki yüzeyde farklı olmasından



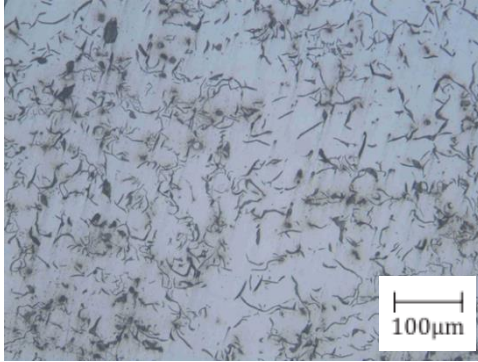
kaynaklanabilir. Katılaşmanın ilk olarak başladığı yüzeyde sertlik değeri daha yüksektir.

### **Mikro Yapı İncelemeleri**

Kum döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapı incelemeleri için optik mikroskop ile mikro yapı görüntüleri alınmıştır. Şekil 3’de GG-25 dökme demir malzemedan kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapı görüntüsü verilmektedir.

### **Şekil 3**

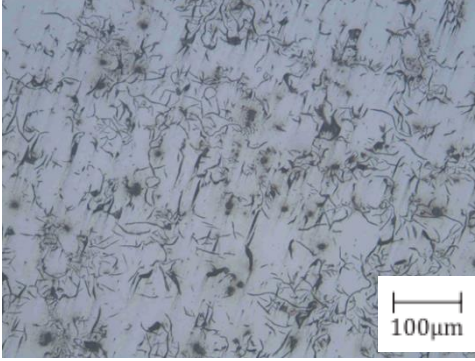
*Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Mikro Yapı Görüntüsü*



Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapısı incelendiğinde ISO 945-1 standardında verilen gri dökme demirlerde mikro yapıda görülen temel grafit tiplerinden A tipi grafit formu olduğu gözlemlenmiştir. Mikro yapı rastgele yönlendirilmiş lamel grafit yapraklardan oluşmaktadır. GG-25 dökme demir malzemedan savurma döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapı görüntüleri Şekil 4’de verilmektedir.

#### Şekil 4

#### Savurma Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Mikro Yapı Görüntüsü



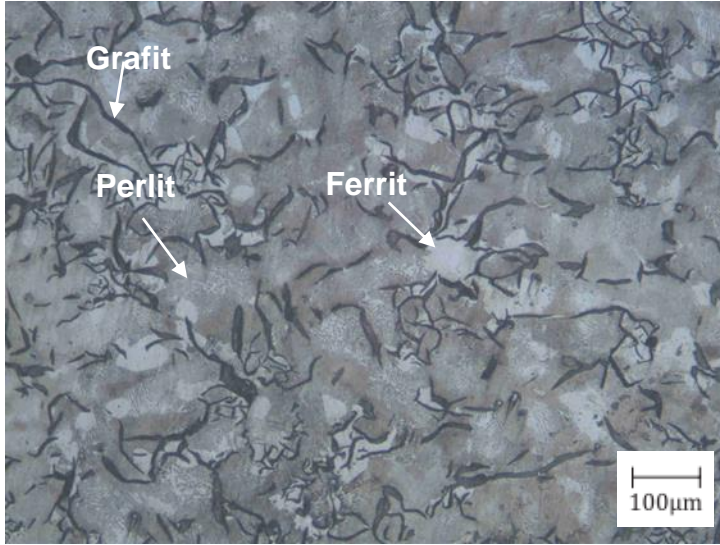
Lamellerin yapısı ve miktarının artmasıyla, lameller arasındaki mesafenin azalması sonucu malzemenin mekanik özellikleri artmaktadır. Gri dökme demirin mikro yapısı, demir matrisine dağılmış grafit lameller şeklindedir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapısında grafit lamellerinin soğuma hızına bağlı olarak çok ince bir yapı sergilediği görülmektedir (Şekil 4). Dökümhane uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkiler, dolayısıyla grafit yapraklarının boyutları ve türü dökümden istenen özellikleri iyileştirebilir. Grafit miktarı, boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, gri dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir. Lameller arası boşluk azaldıkça matrisin mukavemeti ve sertliği artmaktadır (Taşlıçukur vd., 2012). Şekil 4 incelendiğinde savurma döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapısı kum dökümde olduğu gibi grafitler yapraksı yapıda ve rastgele yönlendirilmiştir. Grafit şekil ve boyutlarının savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha küçük ve birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Çekme dayanımı ve sertlik değerlerinin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha yüksek çıkmasının

sebebinin lameller arasındaki mesafenin azalmasına ve lamellerin sayısındaki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir.

Her iki mikro yapıda da yer yer küreselleşmiş grafitlerin varlığı dikkat çekmektedir. Bu durum savurma döküm yöntemi ile elde edilen numunelerde daha belirgindir. Şekil 5’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı gösterilmektedir.

### **Şekil 5**

*Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Matris Yapısı*



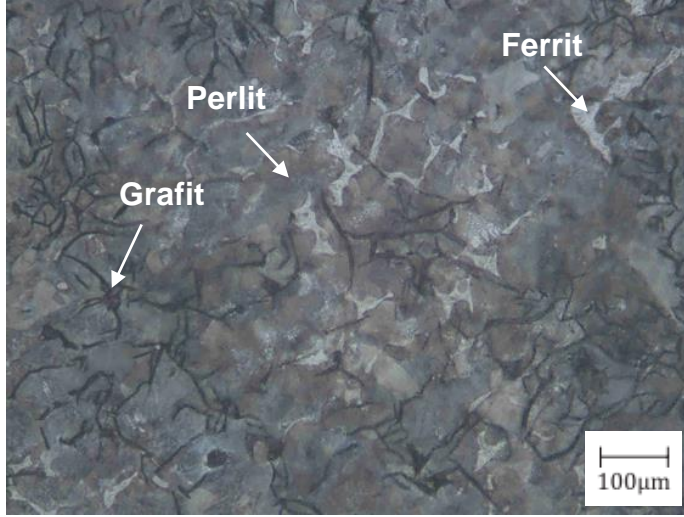
GG25 dökme demir malzemelerinin matrisleri incelendiğinde yapıda perlit ve ferrit fazlarının varlığı görülmektedir. Şekil 5’de resim üzerinde grafit lamelleri, perlit ve ferrit fazı gösterilmektedir. Beyaz bölgeler ferrit fazını, koyu renkli alanlar perlit ve siyah parçacıklar grafit lamellerinin görüntüsüdür. Kum döküm numunenin matris yapısının grafit pulların hâkim olduğu perlit yapıda olduğu gözlemlenmektedir. Üretim yöntemine

bağlı olarak kum kalıba dökümde yavaş soğumanın etkisi ile uzun katılaşma süresine bağlı olarak grafit lamellerin daha kalın yapıda olduğu görülmektedir.

Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapı görüntüleri incelendiğinde bölgesel olarak nispeten ferrit yapısının da olduğu bölgeler vardır. Yüksek mukavemet ve sertlik ile karakterize edilen perlit, ötektoid dönüşümün bir ürünüdür ve grafit lameller ferrit ve sementit düzlemlerinden oluşmaktadır. Dayanımı düşük ve sünekliği yüksek olan ferrit, düşük karbon içeriğine sahip Fe fazıdır. Bu fazın oluşumu, Si gibi elementlerin grafitleştirilmesi veya düşük soğuma oranlarıdır (Collini vd., 2008). Her iki yöntem ile üretilen numunelerin mekanik özellikleri literatür ve GG-25 dökme demir malzeme için belirlenen standartlar ile kıyaslandığında iyi seviyededir. Ancak kum döküm numunelerin mekanik özelliklerinin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelere göre daha düşük olmasının sebebi soğuma hızının yavaş olmasına bağlı olarak grafit boyutlarının artması ile grafit lamellerin daha kaba şekilde olmasına bağlanabilir. Dolayısıyla kum döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mekanik özelliklerinin savurma dökümüne göre daha düşük olması soğuma hızından kaynaklı içyapı farklılıklarıdır. Şekil 6'da savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı verilmektedir.

## Şekil 6

*Savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı*



Perlitin özellikleri büyük ölçüde ferrit-sementit düzlemleri arasındaki boşluğa bağlıdır. Perlitin mekanik mukavemeti, tabakalar arası boşluk azaldığında, örneğin hızlı soğutma ile artmaktadır. Döküm uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkileyebilmektedir. Grafit miktarı ve boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir (Collini vd., 2008). Şekil 6 incelendiğinde, savurma döküm ile üretilen numunenin matrisinde perlit yapısının diğer yöntem ile üretilen numuneye kıyasla daha baskın olduğu görülmektedir. Grafit lamellerin arasındaki mesafenin azaldığı matris yapı görüntüsünde de belirgindir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, aynı kalitede olan ancak iki farklı döküm yöntemi ile özel olarak üretilen GG-25 gri dökme demirin mekanik ve mikroyapısal

özellikleri açısından bir karşılaştırması yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan numuneler dökümhanelerde özel olarak işlenmiştir. Deneysel çalışmanın sonucunda mikro yapı ve mekanik özelliklerin üretim yöntemine bağlı olarak nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. Dökme demir malzemenin mekanik özellikleri oldukça değişkenlik göstermektedir. Kullanılan döküm yöntemi ve soğuma şartları mikroyapı özelliklerini etkilemektedir. Dolayısı ile mekanik özellikler sadece mikroyapının heterojenliğine değil, aynı zamanda kullanılan döküm yöntemine ve soğuma şartlarına bağlıdır. Çekme dayanımı ve sertlik değerleri savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum savurma dökümde soğuma hızının kum kalıba döküme göre daha hızlı olmasına bağlanmaktadır.

Her iki yöntemle üretilen numunelerin mikro yapı görüntülerinde baskın bir şekilde perlitik yapı gözlemlenmiştir. Perlit yapısındaki grafit lamellerin sayısı ve miktarına bağlı olarak mekanik özelliklerin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha iyi olduğu mikro yapı görüntüleri ile desteklenmiştir. Günümüz endüstriyel uygulamalarında çok farklı döküm yöntemleri ile malzeme üretimi gerçekleştirilmesine rağmen, savurma döküm yöntemi ile yüksek mekanik özelliklere sahip malzemeler üretilebileceği belirlenmiştir.

## **KAYNAKLAR**

- Akdemir, A., Kuş, R., & Şimşir, M., (2011). Investigation of the tensile properties of continuous steel wire-reinforced gray cast iron composite. *Materials Science and Engineering*, 528, 3897–3904. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.01.107>
- Akın, U., (2014). *Kobiler ve mikro işletmelerde demir döküm sanayi sektör analizi*, [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. İTÜ Akademik açık arşiv. <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/15697>

- Aran, A. (2007), *Döküm Teknolojisi, İTÜ Makine Fakültesi* [Ders Notu].  
<http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf>
- ASM International. (1998). *ASM Handbook*.
- Avcı, U. A & Sönmez, H., (1996, Mayıs 22-24). *Dökümde sıcak kumdan kaynaklanan sorunlar ve kalıp kumlarının soğutulması* [Bildiri], 2. Döküm Sempozyumu, Maslak, İstanbul.
- Behnam, M. M. J., Davami, P., & N. Varahram., (2010). Effect of cooling rate on microstructure and mechanical properties of gray cast iron. *Materials Science and Engineering*, 528, 583–588.  
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.09.087>
- Collini, L., Nicoletto, G., & Konecna, R., (2008). Microstructure and mechanical properties of pearlitic gray cast iron. *Materials Science and Engineering*, 488, 529–539.  
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.11.070>
- Çimenoglu, H., Geçkinli, A., E., Baydoğan, M., & Yıldırım, S. (2001). *Çelik Dökme Demirlerin Metalografisi ve Mekanik Muayenesi*. Metalurji Mühendisleri Odası.
- Standards Germany. (2012). Grey cast irons (DIN EN 1561:2012-01).  
<https://asremavad.com/wp-content/uploads/2019/01/DIN-EN-1561-2012.pdf>
- EN (-1561)-GJL-250 (GG25): Gebefe. <http://www.gebefe.ch/pdf/EN-GJL-250.pdf> adresinden 21 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- International Organization for Standardization. (2019). Microstructure of Cast Irons – Graphite Classification by Visual Analysis. (ISO Standart No: 945-1:2019).  
<https://www.sis.se/api/document/preview/80012648/>
- İzgiz, Ş., (2010). Laplanche grafitlesme yatkınlığı ve silindir gömleklerinin savurma dökümünde karbon ve silisyum miktarları. *Metalurji*, 41-55.  
[https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi153/d153\\_4155.pdf](https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi153/d153_4155.pdf)
- Sand casting (2021, Aralık 27). In *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Sand\\_casting](https://en.wikipedia.org/wiki/Sand_casting)

- Santosh, M. V., Suresh, K. R., & Kiran Aithal, S., (2017). Mechanical characterization and microstructure analysis of Al C355.0 by sand casting, die casting and centrifugal casting techniques. *Materials Today: Proceedings*, 4 (10), 10987–10993.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.08.056>
- Taşlıçukur, Z., Altug, G. S., Polat, Ş., Atapek, Ş. H., & Türedi, E. (2012, May 23-25). *Characterization of microstructure and fracture behavior of GG20 and GG25 cast iron materials used in valves* [Paper presentation]. Proceedings of the 21st International Conference on Metallurgy and Materials, Czech Republic.
- Yörür, C., Özyürek, D., Ünal, M., (2000). ZA-8 alaşımının savurma, kokil ve kum kalıplara dökümlerinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *Teknoloji*, 3(4), 115-120.  
<https://jestech.karabuk.edu.tr/arsiv/1302-0056/2000/Cilt%283%29/Say%C4%B1%284%29/115-120.pdf>



### **Yazar Katkıları**

Çalışmanın her aşamasında tüm yazarlar ortak katkı sağlamıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Finansman**

Bu çalışma için herhangi bir finansman desteği alınmamıştır.

### **Etik Bildirim**

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler



## **Hidrojen ve Doğal Gaz Karışımının Evsel Cihazlarda Kullanımının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi**

*Experimental and Theoretical Investigation of Utilization of Hydrogen and Natural Gas Blend in Domestic Appliances*

**Fatih Sorgulu<sup>1\*</sup>, Merve Öztürk<sup>2</sup>, Nader Javani<sup>3</sup>, İbrahim Dinçer<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2734-106X, [fatih@sorgulu.yildiz.edu.tr](mailto:fatih@sorgulu.yildiz.edu.tr)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4414-0916, [merveoz@yildiz.edu.tr](mailto:merveoz@yildiz.edu.tr)

<sup>3</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9788-7888, [njavani@yildiz.edu.tr](mailto:njavani@yildiz.edu.tr)

<sup>4</sup> Ontario Tech University, Ontario, Kanada ve Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7092-2102, [ibrahim.dincer@ontariotechu.ca](mailto:ibrahim.dincer@ontariotechu.ca)

Geliş Tarihi: 5/01/2022 – Kabul Tarihi: 14/03/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.11202244

**ATIF:** Sorgulu, F., Öztürk, M., Javani, N., & Dinçer, İ., (2022). Hidrojen ve doğal gaz karışımının evsel cihazlarda kullanımının deneysel ve teorik olarak incelenmesi. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 23-38.

### **Öz**

Günümüz ekonomilerinde nüfusun artışı ve yaşam kalitesindeki değişiklikler, enerji üretim altyapısında da büyük değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Bu eğilimin nedeni, dünya genelinde artan enerji talebi ve fosil yakıt tüketimidir. Doğal gaz, toplam enerji talebinin üçte birini oluşturan ve küresel olarak en yüksek karbon emisyonunu üreten fosil yakıttır. Hidrojen ise, daha düşük sera gazı emisyonları ve sürdürülebilir enerji sağladığı için başta yenilenebilir enerji bazlı sistemler olmak üzere

\* Sorumlu yazar: [fatih@sorgulu.yildiz.edu.tr](mailto:fatih@sorgulu.yildiz.edu.tr)

entegre enerji sistemlerinde büyük ilgi görmektedir. Bu bağlamda hidrojen, enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik için kritik bir enerji taşıyıcısı olarak görülmektedir. Bu çalışmada hidrojenin doğal gaza karıştırılmasının yanma üzerindeki etkileri deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Doğal gaza hidrojen ilavesiyle hacim bazlı alt ısı değer artarken, Wobbe indeksi ve yoğunluk değerleri düşmektedir. Doğal gazın içerisine karıştırılan hidrojen oranı hacimsel olarak %0'dan %20'ye çıkarıldığında; Wobbe indeksi 50.395 kJ/m<sup>3</sup> değerinden 47.654 kJ/m<sup>3</sup> değerine düşerken, çevreye olan karbondioksit emisyonları %9,1'den %7,9'a azalmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrojen, doğal gaz, karışım, yanma, emisyon.

## **Abstract**

Development of appropriate energy systems and infrastructures is inevitable in societal progress. Renewable energy deployment should be boosted to combat local and global environmental impact in general and climate change in specific, due to the increased carbon dioxide emissions, particularly from fossil fuel processes. Natural gas is a fossil fuel that accounts for one-third of the total energy demand and produces the highest carbon emissions globally. Hydrogen, on the other hand, is among the best candidates to reform the energy trend from fossil fuels to carbon-free sustainable energy systems. In this study, the advantages/disadvantages of blending hydrogen with natural gas on the combustion are investigated experimentally and theoretically. With the addition of hydrogen into natural gas, the volumetric heating value increases, while the Wobbe index and density values decrease. When the proportion of hydrogen blended into the natural gas reaches up to 20% by volume, the Wobbe index decreases from 50,395 kJ/m<sup>3</sup> to 47,654 kJ/m<sup>3</sup>, and the carbon dioxide emission decreases from 9.1% to 7.9%, respectively.

**Keywords:** Hydrogen, natural gas, blend, combustion, emission.

## **GİRİŞ**

Çevresel, ekonomik ve teknik açıdan sürdürülebilir çözümler, artan enerji talebi ve çevre kirliliğinin üstesinden gelmeyi amaçlamaktadır. Enerji sistemlerinde çeşitlilik sağlamak elektrik, ısıtma, soğutma ve temiz su sağlamada hayati önem taşımaktadır. Enerji güvenilirliği, enerji depolama seçenekleriyle entegre edilmiş, yenilenebilir enerji tabanlı sistemlerle sağlanabilir. Günümüzde çevre bilinci her zamankinden daha önemli hale gelmiştir. CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> emisyonları ve yanmamış hidrokarbonlar birincil çevre sorunları olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji ve

depolama seçeneklerini entegre ederek fosil yakıt kaynaklarını akıllıca kullanmak kritik olacaktır. Çevreye zarar vermeden elektrik üretmek için muazzam bir yenilenebilir enerji potansiyeli mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklı sistemler, yaşam kalitesini koruyarak daha temiz bir çevre için umut vadeden alternatiflerdir. Ancak, fosil yakıtlar pek çok ülkede yaygın olarak elektrik, ulaşım, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA, 2021) göre dünyada toplam elektrik üretiminin ortalama %74'ü kömür, doğal gaz, petrol ve nükleer enerji kullanılarak sağlanmaktadır. Elektrik gibi, ısınma ve ulaşım için de fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımı yaygındır. Fosil yakıt kullanımı, insan sağlığına, insan refahına ve ekosistemlere birçok dezavantaj ve zararlar sonuçlanmaktadır (Stougie vd., 2018). Bu zararları, sınırlı fosil kaynaklar ve bunların dünya genelinde heterojen bir şekilde dağılımı, değişen fiyat politikaları, hızlı tüketimleri ve sera gazı emisyonları olarak özetleyebiliriz (Zhang, 2017). Paris'te emisyonlarla mücadele amacıyla düzenlenen Conference of the Parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP21) etkinliğinde, küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi seviyelere göre 2 °C'nin altında tutulması kararlaştırılmıştır (UNFCCC, 2015). İklim değişikliğinin artan görünür etkileri ile son yıllarda dünya ekonomilerinin fosil yakıtlardan çekilme çabaları artmıştır. Enerji sektörünün karbondan arındırılması, fosil yakıtların kullanımının ortadan kaldırılmasını ve/veya en aza indirilmesini gerektirmektedir. 82 milyon nüfuslu Türkiye'de 2020 yılında doğal gaz tüketimi 48 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşmış durumdadır (EPDK, 2021).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi bir fotovoltaik (FV) panel vasıtasıyla elektriğe dönüştürülür. Ticari, konut ve endüstriyel amaçla FV panel kurulumları teknolojinin gelişmesiyle son on yılda hızla artmış durumdadır. Rüzgâr türbinleri de benzer şekilde yıllardır artan bir ilgiyle kurulmaya devam etmektedir. Güneş panelleri ve rüzgâr

türbinleri güneş ışınımı ve rüzgâr hızının elektrik talebinden daha fazla elektrik üretecek seviyede olduğu durumlar için depolama alt üniteleri ile inşa edilmelidir.

Bir kimyasal enerji depolama seçeneği olarak hidrojen, üretilen elektriği çevreye zarar vermeyecek şekilde depolamak için umut verici bir çözümdür. Özellikle yenilenebilir enerjiye dayalı sistemler ile üretilen hidrojen, yakıt hücrelerinde yakıt olarak kullanılmak üzere gaz, sıvı ve metal hidrit formunda depolanır. Burada potansiyel bir çözüm olarak mevcut doğal gaz boru hatlarına hidrojen enjeksiyonu üzerinde durulmuştur. Yüksek hidrojen depolama maliyeti nedeniyle mevcut hatların hidrojen depolanması ve taşınması için kullanılması oldukça ekonomik ve güvenilir bir yöntemdir. Ayrıca burada hidrojen kullanımı için başka bir çözüm analiz geliştirilmektedir. Fazla elektrik kullanılarak üretilen hidrojen, mevcut doğal gaz boru hattına doğrudan enjekte edilebilir ve doğal gaz kullanılan cihazlarda yakıt olarak kullanılabilir. Mevcut doğal gaz şebekesine hidrojen eklenmesi ile, rüzgâr santralleri gibi yenilenebilir enerji sistemlerini daha yaygın olarak kullanmak mümkün olacaktır (Melaina vd., 2013). Ayrıca, hidrojen karbon içermeyen yapısı nedeniyle, yakıt olarak yakıldığında zararlı emisyonlar üretmez. Hidrojen kullanımının hava kirliliği, küresel ısınma ve dolayısıyla iklim değişikliği gibi bazı çevresel ve sosyal sorunların çözümüne yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Sherif vd., 2015). Bu sayede hidrojen için bir depolama seçeneği sunulurken, doğal gaz da daha etkin bir şekilde kullanılabilir. Hâlihazırda tüm dünyada milyonlarca kilometre uzunluğundaki düşük basınçlı doğal gaz boru hatları, hidrojen depolaması ve taşınması için kritik bir yoldur. Türkiye’de hidrojen enjeksiyonuna uygun 38.340 km’lik servis hattı ile düşük basınçlı (dört bar) doğal gaz taşınmaktadır (EPDK, 2019).

Ateşlemeli motorlarında hidrojen ve doğal gaz karışımının yanması üzerine yapılan birçok çalışmaya rağmen, hidrojenin kombi ve ocakta yanmasının performans etkisini analiz etmek için özgün araştırmalara

ihtiyaç vardır. Deheri vd. (2020) motorun optimum performansını ve emisyon özelliklerini belirlemek için sıkıştırma ateşlemeli motorlarda metan, karbondioksit ve hidrojen karışımları ile ilgili çalışma yaptılar. Azot oksit emisyonlarındaki azalmayı ve tepe silindir basıncındaki ve ısı yayma hızındaki artışı hesapladılar. (Mahmood vd., 2018), yakıt olarak hidrojen ve sıkıştırılmış doğal gaz karışımını kullanan bir motor üzerinde deneysel ve teorik bir çalışma gerçekleştirdiler. Değişen tasarım parametreleri için yakıt özelliklerini tanımlamak için hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile bir simülasyon yaptılar. Yakıt karışımının homojenliğini iyileştirdiler.

Hatlardaki direnç problemlerinden dolayı hidrojenin doğal gaz boru hattına karıştırılmasının bir üst limiti bulunmaktadır. Bu limit genellikle hidrojen için hacimce %20 civarındadır (Götz vd., 2016). Mevcut boru hatlarında hidrojenin doğal gaza karıştırılması, Wobbe endeksini düşürür ve yanma özelliğini değiştirir. Öztürk ve Dinçer (2020), evsel cihazlarda kullanım için güneş ve rüzgâr enerjisi destekli hidrojen ve doğal gaz karışım sistemi önermişlerdir. Yapılan analizler sonucunda yanma reaksiyonundan kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının, yenilenebilir hidrojenin doğal gaza %20 hacimsel oranda karıştırılmasıyla azaldığı belirtilmiştir. Performans değerlendirmesine göre, toplam enerji ve ekserji verimliliği için en yüksek değerler mart ayında sırasıyla %67,3 ve %53,2, en düşük değerler ise aralık ayında sırasıyla %58,4 ve %44,2 bulunmuştur.

(Jones & Dunnill, 2021), %0'dan %50'ye kadar farklı hidrojen oranlarına sahip hidrojen ve doğal gaz karışımının yanmasındaki teknik riskleri ve en iyi tasarım koşullarını belirlemek için bir çalışma yaptılar. 1,0–2,4 mm arasında farklı çaplarda brülör ile üfleme eşiğini tanımlamak için deneysel testleri gerçekleştirdiler. Jet başına 80 W'a kadar enerji akış oranlarına sahip bir brülör düşündüler. Hava/yakıt ön karışımının enerji yoğunluğu, toplam molar akış hızı, üfleme başlangıcında üretilen enerji ve jet açıklığı çapının yanan yakıtın çıkış gücüne etkisini karşılaştırdılar.

Sorgulu ve Dinçer (2022), çeşitli yakıtlarla çalışan trijenerasyon sistemlerinin termoeconomik ve çevresel etkilerini analiz etmek için bir çalışma yaptılar. Dizel, kömür, biyogaz ve biyodizel gibi çeşitli yakıtlarla hidrojen doğal gaz karışımını karşılaştırdılar. 100 haneden oluşan bir topluluk için ihtiyaç duyulan elektrik, ısı, temiz su ve doğal gaz karışımı için gereken hidrojeni karşılayacak solar FV panel ve rüzgâr türbini ihtiyacını optimum bir şekilde karşılamak için analiz yaptılar. Sermaye, yakıt, işletme ve bakım maliyetlerini ayrıntılı olarak hesapladılar. Ayrıca yanma sonucu ortaya çıkan karbonmonoksit, karbondioksit, azot oksit, kükürt dioksit, yanmamış hidrokarbonlar ve partikül maddelerin miktarlarını karşılaştırdılar. Hidrojen ve doğal gaz karışımı esaslı (DG-%80 ve H<sub>2</sub>-%20) sistemin enerji ve ekserji verimlerini %27,47 ve %37,43 olarak hesapladılar. Diğer yandan, hidrojenin doğal gaz şebekesine karıştırılmasını ele alan projeler dünya çapında ilgiyle devam etmektedir. Son üç yıl içinde devam eden ve yapılması planlanan projeler Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca planlama aşamasında pek çok proje mevcuttur. Bunlardan bir tanesi de 2025 yılında Birleşik Krallıkta gerçekleştirilmesi planlanan HyNet North West projesidir (HyNet, 2022).

### **Tablo 1**

#### *2018 Yılı ve Sonrasında Başlamış ve Halen Devam Eden Projeler*

Proje İsmi	Ülke	Başlama Tarihi	Hidrojen Üretimi	Uygulama	Kaynak
Jupiter 1000	Fransa	2018	Alkali ve PEM Elektrolizör (1 MW)	Hatta enjeksiyon Metanlaşma	(Jupiter 1000, 2022)

**Tablo 1 (Devam)**

*2018 Yılı ve Sonrasında Başlamış ve Halen Devam Eden Projeler*

Underground Sun Storage	Avusturya	2018	Alkali Elektrolizör (0,6 MW)	Hatta enjeksiyon Depolama	(USS, 2022)
Wind to Gas Südermarsch	Almanya	2018	PEM Elektrolizör (2,5 MW)	Hatta enjeksiyon Depolama	(Hydrogenics, 2019)
HyP SA	Avustralya	2018	Elektrolizör (1,25 MW)	Hatta enjeksiyon Depolama	(HyP SA, 2022)
MéthyCentre	Fransa	2019	PEM Elektrolizör (250 kW)	Ulaşım Metanlaşma	(MéthyCentre, 2022)
H2ORIZON	Almanya	2019	PEM Elektrolizör (880 kW)	Ulaşım	(H <sub>2</sub> ORIZON, 2022)
H2 Wyhlen	Almanya	2019	Alkali Elektrolizör (1 MW)	Depolama	(Energiediens t, 2022)
HyDeploy	Birleşik Krallık	2019	PEM Elektrolizör (0,5 MW)	Hatta enjeksiyon	(HyDeploy, 2022)
Low-Carbon Energy Project	Kanada	2021	PEM Elektrolizör	Hatta Enjeksiyon	(Enbridgegas, 2022)
H2V Product	Fransa	2021	Alkali Elektrolizör (100 MW)	Hatta enjeksiyon	(H2V, 2022)

Bu çalışmada, hidrojenin doğal gaza karıştırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklı deneysel bir sistem Türkiye’de ilk defa kurulmuştur. Bu sistemde FV paneller ve rüzgâr türbinleri yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanılmakta ve üretilen güç, hidrojen üretmek ve doğal gaza karıştırmak için elektrolizör ünitesine beslenmektedir. Hidrojen ve doğal gaz karışımı, kombi ve ocak gibi evsel cihazlara beslenmektedir. Sistem performansı ve doğal gaza hidrojen ilavesinin kombiden atılan baca gazı emisyonlarına etkisi araştırılmıştır. İncelenen sistem, FV paneller,

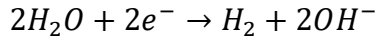


rüzgâr türbinleri, alkali su elektrolizörü, depolama için hidrojen ve oksijen tüpleri, karıştırma ve yakma cihazlarından oluşmaktadır.

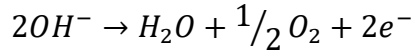
### **DENEYSEL SİSTEM TANITIMI**

Konya’da yer alan GAZBİR-GAZMER laboratuvarında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu desteği, Yıldız Teknik Üniversitesi iştiraki ile kurulan sistemde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kurulan laboratuvarın yer aldığı binanın görüntüsü Şekil 1 (a)’da doğal gaz ve hidrojen hatları ile karışım sistemin bir fotoğrafı da Şekil 1 (b)’de gösterilmektedir. Sistemin elektrik gereksinimi laboratuvar binasının çatısı üzerine kurulmuş olan güneş panelleri ve rüzgâr türbini ile karşılanmaktadır. Sistemde hidrojen üretimi, bir alkali elektrolizör aracılığıyla suyun elektrolizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Alkali elektrolizör ünitesine beslenen su, şebeke suyunun saflaştırılmasıyla elde edilen saf sudur. Elektrolizörde saf su, bir elektrokimyasal proses ile hidrojen ve oksijene ayrıştırılır. Alkali elektrolizörün katot, anot ve toplam reaksiyonları aşağıdaki gibidir:

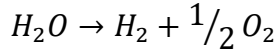
Katot reaksiyonu,



Anot reaksiyonu,



Toplam reaksiyon,



## Şekil 1

(a) Kurulan Laboratuvarın Yer Aldığı Bina

(b) Doğalgaz ve Hidrojen Hatları ile Karışım Sistemin Fotoğrafı

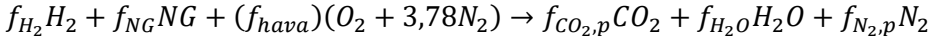


Elektrolizör ünitesinde üretilen maksimum 10 bar basınçtaki hidrojen gazı tüplerde depolanmaktadır. Depolanan hidrojen gazının basıncı, Şekil 2'de gösterilen karışım ünitesinde 4 bar değerine düşürülerek aynı basınçta şebekeden gelen doğal gaz ile homojen olarak karıştırılmaktadır. 4 bar basınçtaki karışım gazının basıncı bir basınç regülatörü aracılığı ile evsel cihazların çalışma basıncı olan 21 mbar değerine düşürülerek ocak ve kombiye beslenmektedir. Karışım gazının homojenliği ocak ve kombi gibi evsel cihazlara beslenmeden önce belirli bölgelerde gaz analiz cihazı ile kontrol edilmektedir. Deneylerde karışım gazındaki hidrojen oranları hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 iken doğal gaz oranları hacimsel olarak %95, %90, %85 ve %80 alınmıştır. Karışım oranları, doğal gaz ve

hidrojen hatlarında bulunan akış kontrol vanaları aracılığı ile sistem üzerinde değiştirilebilmektedir.

## ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER

Hidrojen ve doğal gaz karışımının yanma reaksiyonu, havanın %20,9 oksijen ve %79,1 azottan oluştuğu varsayılarak aşağıdaki gibi yazılabilir:



Burada,  $f$  gazların hacimsel oranlar,  $ü$  ve  $g$ , ürünler ve reaksiyonlara girenler anlamına gelmektedir. Hesaplamalarda şebekede kullanılan doğal gaz (%92,3 metan, %3,42 etan, %1,12 propan, %0,54 bütan, %0,16 pentan, %0,04 hekzan, %2,16 azot, %0,27 karbondioksit) dikkate alınmaktadır. DIN 51857'ye göre yanma odasına beslenen gaz yakıtların akış enerjisini kıyaslamak için kullanılan Wobbe indeksi (WI) şu şekilde tanımlanabilir (Beuth Publishing DIN, 2022):

$$WI_i = \frac{AID_{vol,i}}{\sqrt{\frac{\rho_i}{\rho_{hava}}}} \quad (1)$$

Burada  $AID$  ve  $\rho$  sırasıyla gazların hacimsel alt ısı değeri ( $\text{kJ/m}^3$ ) ve yoğunluğudur ( $\text{kg/m}^3$ ). Güneş paneli enerji dönüşüm verimliliği aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\eta_{FV} = \frac{W_{E,FV}}{IA_{FV}} \quad (2)$$

Rüzgâr türbininin kinetik enerjisi, rotorun süpürülen alanı ( $A_r$ ) dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\dot{E}_{rüzgâr} = \frac{1}{2} \rho_{hava} A_r V_{rüzgâr}^3 \quad (3)$$

Rüzgâr türbini tarafından üretilen net güç, güç katsayısı, mekanik verim ve jeneratörün verimi dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\dot{W}_{jen} = c_p \eta_{mek} \eta_{jen} \dot{E}_{rüzgâr} \quad (4)$$

Güneş panelleri ve rüzgâr türbinlerinden elde edilen fazla elektrik, hidrojen üretmek için elektrolizörde kullanılmaktadır. Elektrolizör ünitesinin enerji verimi aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\eta_{en,EL} = \frac{\dot{m}_{H_2} AID_{H_2}}{W_{EL}} \quad (5)$$

Sistemde kullanılan güneş panelleri ve rüzgâr türbininin teknik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2**

*Sistemde Kullanılan Güneş Panelleri ve Rüzgâr Türbininin Teknik Özellikleri (Sorgulu & Dinçer, 2022)*

Parametreler	Birim	Değer
Rüzgâr Türbini;		
Gücü	kW	2
Kanat Çapı	m	3,3
Optimum Çalışma Hızı	m/s	12,5-25
Elektrik Üretimine Başlama Hızı	m/s	3,8
Güneş Paneli;		
Modül Verimi	%	20,1
Panel Ömrü	yıl	25
Toplam Alan	m <sup>2</sup>	800

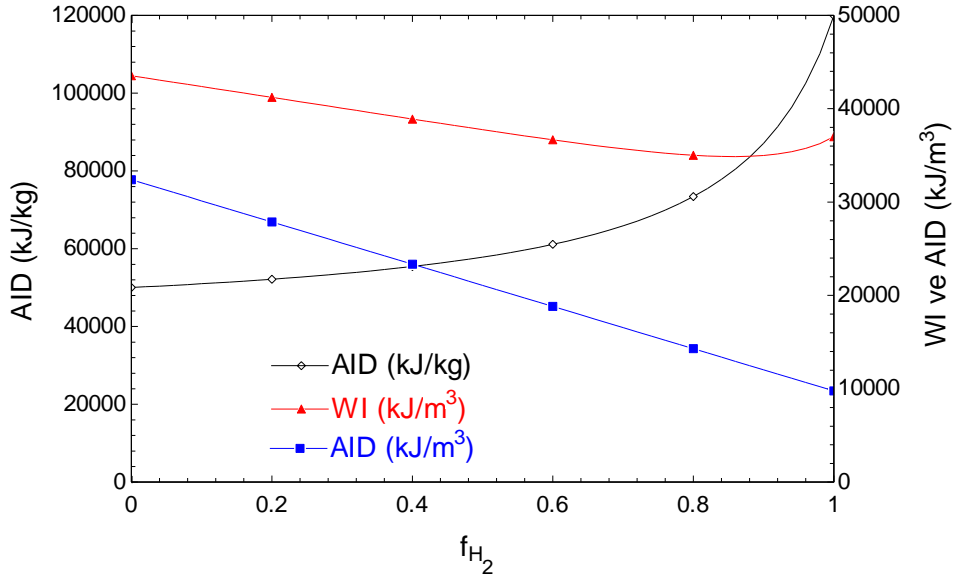
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Hidrojen ve doğal gaz karışımı içerisindeki hacimsel hidrojen oranının kütle ve hacim bazlı alt ısıl değer (AID) ve Wobbe indeksi değerlerine etkisi Şekil 2’de görülebilir. Wobbe indeksi, yakıt olarak kullanılan gazların birbiriyle değiştirilebilirliğinin ve bu gazların enerjiyi iletme yeteneklerinin

göreceli bir ölçüsüdür. Gazların yanma performanslarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

## Şekil 2

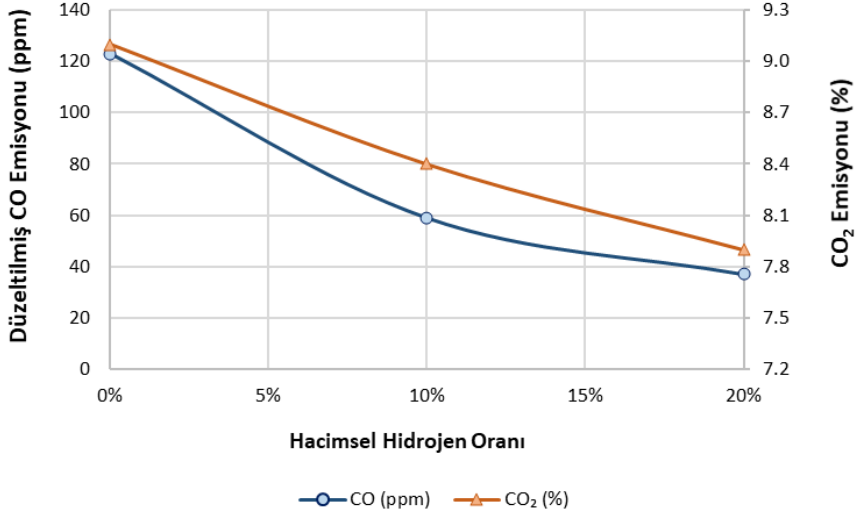
*Karışımın Wobbe İndeksi ve Alt Isıl Değerlerinin Karışımdaki Hidrojen Oranı ile Değişimi*



Kombiden atılan baca gazı içeriği Wöhler A450 marka ve model baca gazı analiz cihazı ile ölçülmüştür. Hacimce %0, %10 ve %20 hidrojen içeren hidrojen ve doğal gaz karışımı için düzeltilmiş karbonmonoksit ve karbondioksit emisyon değerleri Şekil 3'te gösterilmektedir.

### Şekil 3

#### Hidrojen Karışım Oranının Kombideki Baca Gazı Emisyonlarına Etkisi



### SONUÇLAR

Ülkemizde ilk defa hidrojen ve doğal gaz karışımının evsel cihazlarda kullanılması ile ilgili Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Teknik Merkezinde (GAZBİR-GAZMER), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı desteği ile kurulan laboratuvarında kapsamlı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kurulan sistemin elektrik ihtiyacı güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri ile karşılanmaktadır. Hidrojen ve doğal gaz karışımı, doğal gazla çalışan evsel cihazlarda test edilmiştir. Burada deneysel olarak, doğal gaza hidrojen enjeksiyonu ve karışım gazının ocaklarda ve kombilerde yakılması çalışılmıştır. Bu çalışmada elde edilen başlıca bulgular şu şekilde sıralanabilir:

- Doğal gazın içerisine karıştırılan hidrojen oranı hacimsel olarak %0'dan %20'ye çıkarıldığında Wobbe indeksi  $50.395 \text{ kJ/m}^3$  değerinden  $47.654 \text{ kJ/m}^3$  değerine düşmektedir.

- Hidrojenin hacimsel karışım oranı %20 olduğunda, kombi baca gazından çevreye olan karbondioksit emisyonları %9,1'den %7,9'a azalmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Beuth Publishing DIN. (2003). *Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase* (DIN 51857:1997-03). <https://www.beuth.de/de/norm/din-51857/2918924>
- Deheri, C., Acharya, S. K., Thatoi, D. N., & Mohanty, A. P. (2020). A review on performance of biogas and hydrogen on diesel engine in dual fuel mode. *Fuel*, 260, 116337. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116337>
- Enbridgegas (22 Şubat 2022). *Low-Carbon Energy Project*. Enbridge. <https://www.enbridgegas.com/about-enbridge-gas/projects/low-carbon-energy>
- Energiedienst (22 Şubat 2022). *Wasserstoffanlage am Wasserkraftwerk Wyhlen*. Energie Dienst. <https://www.energiedienst.de/produktion/wasserstoff/power-to-gas/>
- EPDK. (2019). *2019 Yılı Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporu*. [https://www.gazbir.org.tr/2019-dogalgaz-sektor-raporu/files/downloads/2019\\_YILI\\_DOGAL\\_GAZ\\_DAGITIM\\_SEKTOOR\\_RAPORU.pdf](https://www.gazbir.org.tr/2019-dogalgaz-sektor-raporu/files/downloads/2019_YILI_DOGAL_GAZ_DAGITIM_SEKTOOR_RAPORU.pdf)
- EPDK. (2021). *2020 Yılı Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu*. [https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/2020\\_Yili\\_Dogal\\_Gaz\\_Sektor\\_Raporu.pdf](https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/2020_Yili_Dogal_Gaz_Sektor_Raporu.pdf)
- Götz, M., Lefebvre, J., Mörs, F., Koch, A. M., Graf, F., Bajohr, S. & Kolb, T. (2016). Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review. *Renewable Energy*, 85, 1371-1390.
- H2ORIZON, (18 Şubat 2022). *H2ORIZON – Mit Windstrom ins Weltall*. Energie & Klimaschutz. <https://www.energie-klimaschutz.de/h2orizon-mit-windstrom-ins-weltall/>

- H2V PRODUCT (22 Şubat 2022). <http://h2vproduct.net/en/h2v-industry-home/>
- Hydrogenics (2019). *State of Play and Developments of Power-To-Hydrogen Technologies* [PowerPoint Sunusu]. Etip Wind. [https://etipwind.eu/wp-content/uploads/A2-Hydrogenics\\_v2.pdf](https://etipwind.eu/wp-content/uploads/A2-Hydrogenics_v2.pdf).
- HyDeploy (22 Şubat 2022). HyDeploy. <https://hydeploy.co.uk/about/technology/>.
- HyNet North West (22 Şubat 2022). HyNet. <https://hynet.co.uk/>.
- Australian Gas Infrastructure Group. (19 Şubat 2022). *Hydrogen Park South Australia*. Australian Gas Infrastructure Group. <https://www.agig.com.au/hydrogen-park-south-australia>
- Jupiter 1000 project (21 Şubat 2022). Jupiter 1000. <https://www.jupiter1000.eu/english>.
- Mahmood, H. A., Adam, N. M., Sahari, B. B., & Masuri, S. U. (2018). Development of a particle swarm optimisation model for estimating the homogeneity of a mixture inside a newly designed CNG-H<sub>2</sub>-AIR mixer for a dual fuel engine: An experimental and theoretic study. *Fuel*, 217, 131-150.
- Melaina, M. W., Antonia, O., & Penev, M. (2013). *Blending hydrogen into natural gas pipeline networks: a review of key issues* (NREL/TP-5600-51995). NREL. <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf>
- MéthyCentre (22 Şubat 2022). Meth Centre. <https://methycentre.eu/>
- Ozturk, M., & Dinçer, I. (2020). Development of renewable energy system integrated with hydrogen and natural gas subsystems for cleaner combustion. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 83, 103583.
- Sherif, S. A., Goswami, D. Y., Stefanakos, E. L., & Steinfeld, A. (Eds.). (2014). *Handbook of hydrogen energy*. CRC Press.
- Sorgulu, F., & Dinçer, I. (2022). Thermoeconomic and impact assessments of trigeneration systems with various fuels. *Fuel*, 317, 123503.



- Stougie, L., Giustozzi, N., van der Kooi, H., & Stoppato, A. (2018). Environmental, economic and exergetic sustainability assessment of power generation from fossil and renewable energy sources. *International Journal of Energy Research*, 42(9), 2916-2926.
- UNFCCC S. (2015). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session, United Nations Framework Convention on Climate Change Bonn; 2015.
- USS, 2030 Underground Sun Storage 2030. (22 Şubat 2022). Underground Sun Storage 2030. <https://www.uss-2030.at/en/>
- Zhang, X. R. (2017). Natural future of energy utilization. *International Journal of Energy Research*, 41(6), 757-760.

### **Yazar Katkıları**

Fatih Sorgulu ve Merve Öztürk: Veri toplama, Analiz, Deneysel Çalışmalar. Nader Javani: Analiz, Değerlendirme. İbrahim Dinçer: Kavramsallaştırma, Proje yönetimi, Denetim.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından çıkar çatışmasının olmadığı rapor edilmiştir.

### **Fonlama**

Herhangi bir fon desteği alınmamıştır.

### **Not**

Yazarlar, veri sağlayan GAZBİR-GAZMER'e (Türkiye Doğal Gaz Dağıtım Şirketleri Derneği Teknik Merkezi) ve deneysel çalışmalara mali destek sağlayan Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na (EPDK) teşekkür eder.

### **Etik Bildirim**

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir



## **İstanbul'da Kentsel Dönüşüm, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları**

*Urban Transformation, Construction and Demolition Waste in İstanbul*

**Gültekin Güllü**

Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye,

ORCID: 0000-0003-1598-5853, [gultekingullu26@gmail.com](mailto:gultekingullu26@gmail.com)

Geliş Tarihi: 17/01/2022 – Kabul Tarihi: 18/03/2022

DOI: 10.55205/joctensa.11202224

**ATIF:** Güllü, G. (2022). İstanbul'da kentsel dönüşüm inşaat ve yıkıntı atıkları. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 39-72.

### **Öz**

Atık yönetimi hizmetleri belediyelerin asli ve önemli görevlerinden biridir. İnşaat ve yıkım atıkları, çoğunlukla kentsel dönüşüm sürecinde binaların yıkılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar iyi yönetilmediğinde bir yandan kaynaklar büyük oranda israf edilirken diğer yandan çevre olumsuz etkilenmektedir. Kaynakları israf etmemek için çevreyi daha iyi korumak için kentsel dönüşüm atıklarının daha iyi yönetimi gereklidir. Atık hiyerarşisine göre bu atıkların seçici yıkım ile kaynağında ayrıştırılması ve bu atıkların sıfır atık döngüsünde geri kazanılarak yeniden kullanılmasının sağlanması gerekmektedir. İstanbul'da kentsel dönüşüm nedeniyle çok fazla inşaat ve yıkım atığı oluşmaktadır. Bu atıklar ekonomik olarak kaynak ya da hammadde olarak değerlendirilmediği için kentsel dönüşüm atıkları sorunu büyümekte ve gelecekte çevresel bir krize dönüşeceği ve sürdürülemez bir boyuta ulaşacağı görülmektedir. Bu atıklar fiilen işlendiğinde çok önemli bir hammadde ve ekonomik değeri olan, kullanım alanı olan ve değerlendirilmesi gereken ikincil bir kaynaktır. Bu çalışmanın amacı; inşaat ve yıkıntı atıklarını bir atık değil, kaynak olarak görmek, üretim sektöründe ekonomik olarak ikincil bir hammadde olarak değerlendirilmesini sağlamaktır. Böylece sürdürülebilir çevre politikaları açısından inşaat ve yıkıntı atıklarının sağlıklı yönetimini yaparak hem doğal kaynakların hem de çevrenin korunmasını sağlamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Dönüşü, Seçici Yıkım, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Miktarı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Geri Dönüşümü; İnşaat ve Yıkım Atıklarının Yönetimi.

## **Abstract**

Waste management services are one of the main and important duties of municipalities. Construction and demolition wastes (CDW) are mostly generated as a result of the demolition of buildings during the urban transformation process. When these wastes are not managed well, resources are wasted to a great extent on the one hand, and the environment is adversely affected on the other. Better management of urban transformation waste in order to better protect the environment and not waste resources; According to the waste hierarchy, it is necessary to separate these wastes at the source by selective destruction and to ensure that these wastes are recovered and reused in a zero waste cycle. A lot of demolition waste is generated in İstanbul due to urban transformation. Since these wastes are not economically considered as a resource or a raw material, the problem of urban transformation wastes is growing and it is seen that it will turn into an environmental crisis in the future and reach an unsustainable dimension. When these wastes are actually processed, they are a very important raw material and a secondary resource with economic value, which has a field of use and needs to be evaluated. The aim of this study; Seeing CDWs as a resource, not a waste, should be evaluated as a secondary raw material in the production sector economically, and to demonstrate its healthy management in terms of both the protection of natural resources and the environment and sustainable environmental policies.

**Keywords:** Urban transformation, selective destruction, amount of construction and demolition waste, recycling of construction and demolition waste, management of construction and demolition waste.

## **GİRİŞ**

Kentsel dönüşümün önemli bir boyutu kentsel dönüşüm atıklarının yönetilmesidir. Kentsel dönüşüm çalışmalarında yapıların yıkılması ve inşası sırasında çok büyük miktarda inşaat ve yıkıntı atığı (İYA) oluşmaktadır. Bu atıkların, kaynak olarak görülerek israf edilmemesi için geri dönüşüm yapılarak, doğal kaynakların ve çevrenin korunması yönüyle iyi yönetilmesi esas olmalıdır.

Öncelikle israfı önlemek için en başta atık oluşmasının önüne geçilmelidir. Atık depolama sahalarına en az atık gönderilecek şekilde

politikalar belirlenmeli ve atıkların geri dönüşümü için çalışmalar yapılmalıdır. Atık oluşmaması için yeniden kullanım öncelikle tercih edilmeli, nihai aşamada oluşan atıklar kaynak olarak görülmeli ve geri kazanılmalıdır. İyi bir atık yönetimi ile kaynaklar verimli bir şekilde değerlendirilirken, çevrenin korunması etkin bir şekilde sağlanabilir.

Bu çalışmada, İstanbul'da oluşan kentsel dönüşüm atık miktarları bütün ilçeler için ayrı ayrı ortaya konulmuş ve bu atıkların nasıl yönetilmesi gerektiği hakkında bir yaklaşım sergilenmiştir. Her konuda olduğu gibi atık yönetimi konusunda da insanın çok bilinçli olması gerekir. İnsan, önce zihnini sonra da yaşam tarzını, atık üretmemek ve israf etmemek üzerine ayarlaması halinde, büyük ölçüde atık oluşumunun önüne geçilecek ve çevre daha iyi korunacaktır.

Bu çalışmada, İstanbul'da oluşan kentsel dönüşüm atık miktarları bütün ilçeler için ayrı ayrı ortaya konulmuş ve bu atıkların nasıl yönetilmesi gerektiği hakkında bir yaklaşım sergilenmiştir. Her konuda olduğu gibi atık yönetimi konusunda da insanın çok bilinçli olması gerekir. İnsan, önce zihnini sonra da yaşam tarzını, atık üretmemek ve israf etmemek üzerine ayarlaması halinde, büyük ölçüde atık oluşumunun önüne geçilecek ve çevre daha iyi korunacaktır. Bu çalışma yapılırken, geniş kapsamlı literatür araştırması yapılmıştır. Kentsel dönüşüm üzerine mevzuat araştırılmış, İYA'nın yönetimi, geri kazanımı ve seçici yıkım konusunda tez, makale, kitap, araştırma, rapor ve ilgili yayınlar incelenmiştir.

Kaymak ve Gürün, şehirlerin varlıkları ve üstlendikleri fonksiyonlarıyla ülkelerin önüne geçtiğini ve birçok alanda ön plana çıktığını belirterek, kentlerde herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda konut hakkı, kişisel hak olan yerleşme özgürlüğünün en önemli yönü olduğunu ifade etmiştir. Kentsel dönüşüm bu vizyon ve yaklaşımla ele alınması halinde, şehirlerin tarihteki yeri daha etkili ve anlamlı olacağını belirterek, kentsel dönüşümün kentlerin

vizyonuna uygun bir şekilde yürütülmesi noktasında literatüre katkı sağlamıştır.

Çolak, kent planlamasında ve kentle ilgili politika üretme sürecinde adaletin en önemli değer olduğunu ifade etmiştir. Adalet üzerine kurulan kentsel planlamanın, adil kentin temelini oluşturacağını belirtmiştir. Adil kentin ana unsurlarının eşit katılım hakkı, kentlilik hakkı, çeşitliliklerin korunması hakkı çerçevesinde ele alarak, bu anlayışla kent analiz edildiğinde ve bütün planlama süreçlerinde adalet ilkelerine göre hareket edildiğinde adil kentin zemini oluşturulabileceği noktasında literatüre katkı sunmuştur. Kentsel dönüş kavramının içerisinde farklı uygulama biçimleri olduğunu belirtilmektedir. Kentlerin köhneleşmiş veya köhneleşmekte olan bölgelerinin hem topluma hem de ekonomiye kazandırılmasında, fonksiyon, konu, amaç ve yöntemleri birbirlerinden belirli ölçüde farklılık gösterdiğini belirterek, kentsel dönüşüm çalışmalarında bu uygulamaların hepsinden yararlanılması gerektiğini ifade ederek literatüre katkıda bulunmuştur.

Salgın ve Coşkun, kentsel dönüşüm uygulamalarının yapısal atık yönetimi açısından başarılı olabilmesi, yapıların yapım ve yıkım süreçlerinin sistematik bir şekilde yönetilmesine bağlı olduğunu, bu bağlamda, yol gösterici olması açısından, yapım ve yıkım süreçlerinde başarılı örnekler veren Hollanda, Norveç ve Singapur'daki uygulamaları anlatılmıştır. Hollanda, Singapur ve İsveç gibi ülkeler sınırlı bir kara parçası üzerinde olması, çevre bilincinin yüksek olması, yeterli doğal kaynaklara sahip olmamaları ve atık depolayacak yeterli alan bulunmaması gibi nedenlerle özellikle yapı sektörüne bağlı malzeme tedariki ve yapı sektöründen kaynaklanan atıkların yeniden değerlendirilmesi sorunu ile karşı karşıya kaldıklarını ifade etmiştir. Belirtilen zorluklarında etkisiyle bu ülkelerin, İYA yönetimi konusunda arayışlara sürüklediğini ve bütün bunlara bağlı olarak başarılı uygulamalar gerçekleştirdiklerini, seçici yıkımın önemine dikkat çekerek literatüre katkı sağlamıştır.

Yüksel, kentsel dönüşümün belirli gerekçelerle yapıldığını, başta mahalleler arasındaki fiziksel, sosyal ve ekonomik farklılıkların giderilmesinin ön görüldüğünü, ayrıca kentsel yoksulluk ve sosyal dışlanma gibi sorunların ortadan kaldırılması da kentsel dönüşümün bir gereği olarak görüldüğünü belirtmiştir. Bunlarla birlikte kentsel yaşam kalitesi standartlarının yeniden ele alınmasının yanında, yapı yoğunluklarının düşürülmesi ve olabilecek deprem zararlarının asgariye indirilmesi de kentsel dönüşümün önemli sebeplerinden olduğunu belirtmiştir. Kentsel dönüşüm projelerinde, orada yaşayan hak sahiplerinin hem mağdur edilmemesi hem de yerlerinden edilmemesi gerektiğini ifade etmiştir. Kentsel dönüşüm plan ve projeleri hazırlanırken sadece çalışma yapılacak alanın düşünülmemesi gerektiği, kent bütünü içindeki durumuna göre, o alanı kentten soyutlamayarak planlanma yapılması gerektiğini ifade etmiş. Kentsel dönüşüm projelerinin ekonomik çıkar amaçlı değil, orada mukim olan halkı yerinden etmeden, halkın ekonomik, sosyal ve kültürel durumunu kapsayacak şekilde, halkın inanç, değer ve yaşam biçimlerine uygun hedefler belirleyerek gerçekleştirilmesi noktasında literatüre katkı sunmuştur.

Ölmez ve Yıldız, inşaat ve yıkım süreçlerinde, İYA oluşumunun azaltmak için izlenecek yöntemleri ortaya koymuş, bu süreçte özellikle doğru malzeme sipariş verilmesini, israfa sebep olacak malzeme alınmaması gerektiğini belirtmiştir. Alınan malzemelerin zarar görmemesi için kullanılacağı zamana kadar doğru şekilde depolanmasını ve iyi korunmasını, artan malzemelerin israf olmaması için çalışmalar yapılmasını belirtmiştir. İnşaat veya yıkım sahasında atıkların ayrılabilmesi ve depolanabileceği bir alan oluşturarak, etkin ve verimli bir toplama ve taşıma sistemi oluşturulması için atıkların yeniden kullanılacağı ve geri kazanılacağı bir plan yaparak İYA'nın geri dönüşümünü ve yönetim konusunda literatüre katkı sağlamışlardır.

Bu makalede İstanbul'da kentsel dönüşümden kaynaklanan inşaat ve yıkıntı atık miktarının nasıl hesaplanacağı, İstanbul'da Esenler Belediyesi kentsel dönüşüm çalışmaları performansı baz alınarak diğer ilçe belediyelerinde yenilenecek ne kadar bina olduğu ve ne kadar yıl içerisinde ne kadar atık oluşacağı belirlenmiştir. Çevrenin korunması ve kaynakların iyi değerlendirilmesi bakımından, bu oluşacak inşaat ve yıkıntı atıklarının iyi yönetilmesi için atık kurulu oluşturulması ve ilgili kuruluşlar ile birlikte çalışmalar yapması vurgulanmış ve yapılması gereken çalışmalar anlatılarak literatüre katkı sağlanmıştır. Bu makale, Güllü, Gültekin. «Kentsel Dönüşüm Atıklarının Yönetimi: Esenler Belediyesi Örneği.» İstanbul: İstanbul Sebhattin Zaim Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2020. Doktora tezinden yararlanarak türetilmiştir.

### **Araştırmanın Kapsamı**

Çalışma alanı olarak, Esenler Belediyesi belirlenmiştir ve Esenler Belediyesi kentsel dönüşüm çalışmalarında nerelerde ne kadar kentsel dönüşüm atığı ortaya çıktığı tespit edilmiş ve buradan elde edilen verilerden hareketle İstanbul'daki diğer ilçelerdeki kentsel dönüşüm atık miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca gelecekte kentsel dönüşüm yapılacak bina stoku tespit edilerek, gelecek yıllarda ne kadar kentsel dönüşüm atığı oluşacağı ve kaç yıl devam edeceği ayrı senaryolar ile ortaya konulmuştur. Ayrıca bu atıkların İstanbul'da nasıl yönetilebileceği anlatılmıştır.

### **Araştırmanın Metodu**

Bu çalışma yapılırken, konuyla ilgili literatür taraması, mevzuat ve Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği incelemesi yapılmıştır. İstanbul'da ve özellikle Esenler Belediyesi'nde konuyla ilgili olan kişiler ile görüşmeler yapılmış ve bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ülkede ve özellikle İstanbul'da kentsel dönüşüm çalışmaları ve İYA'nın yönetimi konusunda gözlemler ve araştırmalar

yapılmıştır. Yapılan araştırma, gözlem ve incelemeler dayalı olarak İstanbul'da hangi kaynaklardan ne kadar İYA oluştuğu ve gelecekte ne kadar oluşacağı ayrı senaryolar ile hesaplanmıştır. Kentsel dönüşüm atıklarının daha iyi yönetimi konusunda ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte koordinasyon sağlanarak, neler yapılması gerektiği ortaya konulmuştur.

### **Materyal ve Yöntem**

Bu çalışma yapılırken, İstanbul'da oluşan kentsel dönüşüm atıklarının miktarı tam bilinmediği ve kentsel dönüşüm atıklarının yönetim süreçleriyle ilgili bir sistem olmadığı için hem oluşan atık miktarının belirlenmesi hem de bir yönetim modeli oluşturmak için materyal olarak Esenler Belediyesi'nden elde edilen bilgiler ve derlenen veriler kullanılmıştır. Yöntem olarak belediyelerin ilgili müdürlükleri ile görüşmeler yapılmıştır. İstanbul'da, özellikle kentsel dönüşüm ve atık yönetimi konusunda yetkili olan ve çalışmalar yapan resmî kurumlar ile görüşmeler yapılmıştır. Ayrıca kentsel dönüşüm atıkları konusunda, İstanbul'da daha önce yapılmış olan çalışmalar araştırılmış ve incelenmiştir. Bu konuda yapılmış olan plan, proje ve raporlar araştırılmıştır. Konuyla ilgili olarak yine kaynakçada yer almayan pek çok yerli ve yabancı kaynak araştırılmış ve incelenmiştir.

### **İSTANBUL'DA OLUŞAN KENTSEL DÖNÜŞÜM ATIK MİKTARI**

Öncelikle İYA'nın geri kazanımı esastır. Geri kazanılamayan İYA gerekli ayrıştırma ve boyut küçültme yapıldıktan sonra katı atık depolama alanında günlük örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Ayrıca hafriyat toprağı ile İYA'nın karıştırılmaması gerekir. Sağlıklı bir geri kazanım ve bertaraf sisteminin oluşturulması için atıkların kaynağında ayrılması ve seçici yıkım yapılması gerekir. Bitkisel toprak dışındaki hafriyat toprağı ise öncelikle dolgu ve katı atık depolama alanlarında günlük örtü malzemesi olarak ve benzeri amaçlarla kullanılabilir. Hafriyat toprağını tekrar



kullanmanın mümkün olmadığı durumlarda ise, dolgu alanlarında depolanmaktadır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2013).

Atık, kapsamı çok geniş bir kavramdır. Genel anlamda üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından istenmeyen, çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyale atık denir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Üretilen her şey kullanım ömrünü tamamladıktan sonra atığa dönüşür. Ancak bütün atık olan materyallerden yaşam döngüsünün son aşamasına kadar faydalanılmalıdır. Kentsel dönüşüm, yapım ve yıkım süreçlerini kapsar. Kentsel dönüşüm atıkları ifadesiyle, aslında yapım ve yıkım atıklarını yani, inşaat ve yıkım atıklarını ifade etmiş oluyoruz. İstanbul'da kentsel dönüşümün yoğun olarak devam etmekte ve çok fazla İYA oluşmaktadır.

### **Esenler Belediyesinde Oluşan Kentsel Dönüşüm Atık Miktarı**

2012 yılında 6306 Sayılı Kanun çıktıktan sonra Esenler Belediyesi kentsel dönüşüm çalışmaları daha fazla hızlanmıştır. Kentsel dönüşümden kaynaklanan yıkımlara bağlı olarak da İYA miktarı artmıştır. Esenler Belediyesinde İYA, vatandaşların yaptığı yıkımlar, İlçe belediyesinin yaptığı yıkımlar, bina tamir, bakım ve onarım faaliyetlerine bağlı olarak oluşmaktadır. Bir de yeni yapılan bina inşaat çalışmalarında da belirli oranda İYA oluşmaktadır.

Esenler Belediyesinde yapılan hesaplamalara göre, İYA miktarları hesaplanırken Esenler Belediyesinde ortalama bina kat yüksekliği 5 ve yapılan hesaplamalara bağlı olarak ortalama bir katın alanı 100 m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Ayrıca 1 m<sup>2</sup> bina alanını için ortalama 1 ton atık çıktığı hesaplanmıştır (Güllü, 2020). Genel olarak İYA oluşumu evsel atıklarda olduğu gibi istikrarlı ve süreklilik göstermez, ekonomik, siyasi ve mevsimsel şartlara göre yıllara, hatta mevsimlere ve aylara göre çok farklılıklar gösterebilir. Tablo 1'de 2013 yılından 2020'ye kadar oluşan yıllardaki, Esenler Belediyesinde vatandaşların yaptığı yıkımlara bağlı olarak oluşan İYA miktarları görülmektedir.

**Tablo 1**

*Esenler Belediyesinde Vatandaşların Yaptığı Yıkımlarda Oluşan İYA Miktarı*

Yıllar	Yıkım Ruhsatı sayısı	Ortalama Bina Katı	100m2 Alan, Atık Miktarı (Ton)	Vatandaş Yıkımları İYA (Ton)
2013	750	5	100	375.000,00
2014	720	5	100	360.000,00
2015	730	5	100	365.000,00
2016	756	5	100	378.000,00
2017	736	5	100	368.000,00
2018	220	5	100	110.000,00
2019	54	5	100	27.000,00
<b>Toplam</b>	<b>4412</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>1.983.000,00</b>

**Tablo 2**

*Esenler Belediyesinin Yaptığı Yıkımlarda Oluşan İYA Miktarı*

Yıllar	Kentsel Dönüşüm (KD.)	Bina sayısı	Birim m2/(Ton)	Toplam Alan (m2)	Toplam İYA (Ton)
2013	Kamulaştırma ve Diğer	86	1	500	43000
2014	Havaalanı Mahallesi KD.	254	1	500	127000
2015	Kamulaştırma ve KD.	83	1	500	41500
2016	Kamulaştırma ve KD.	63	1	500	31500
2017	Kamulaştırma	9	1	500	4500
2018	Kamulaştırma	15	1	500	7500
2019	Kamulaştırma ve KD.	19	1	500	9500
<b>Toplam</b>		<b>529</b>	<b>1</b>	<b>3500</b>	<b>264500</b>

Tablo 2 'de Esenler Belediyesinde kentsel dönüşüm, kamulaştırma ve diğer sebeplere bağlı olarak oluşan İYA miktarları görülmektedir. Tablo 3'te ise Esenler Belediyesi yıllara göre binaların tamir ve onarım işlerine bağlı olarak oluşan ve belediyenin bu atıkların evsel atıklara karıştırılmadan toplamış olduğu İYA miktarları görülmektedir.

Bina inşaatlarında oluşan atık miktarı, teorik olarak yapılan hesaplamalarda inşaat sırasında kullanılan malzemenin %1-10 arasında değişmektedir (Maçin, 2017). Literatürde Belçika deneyimlerinde yapımda kullanılan malzeme miktarının %10-15 arasında olduğu belirtilmektedir (Lauritzen, 2018). Ancak Esenler Belediyesi de bu konuda uzman mühendis Hasan Atmaca ile yapılan görüşmede, yapım sürecinde kullanılan malzeme miktarının yaklaşık %5'i kadar İYA oluştuğu ifade edilmiştir. Burada hesaba katılan %5'lik oran literatüre bakarak ve bu konudaki deneyimlere dayalı olarak alınmıştır (Güllü, 2020). Tablo 4'te Esenler Belediyesi'nde yıllara göre oluşan toplam İYA miktarları görülmektedir.

### **Tablo 3**

#### *Esenler Belediyesinde Tamir ve Onarımdan Kaynaklanan İYA Miktarı*

Yıllar	İYA (Ton)	İri Atıklar (Ton)	Toplam (Ton)
2013	5519	3873	9392
2014	5624	4873	10497
2015	5597	4650	10247
2016	4867	7636	12503
2017	5361	7685	13046
2018	2624	16189	18813
2019	6200	10065	16265
<b>Toplam</b>	<b>35792</b>	<b>54971</b>	<b>90763</b>

**Tablo 4**

*Esenler Belediyesinde Yıllara Göre Oluşan Toplam İYA Miktarı*

Yıllar	Yıkım Ruhsatı İYA (Ton)	Belediye Yıktığı İYA (Ton)	Belediye Topladığı İYA (Ton)	Toplam Yıkımlar İYA (Ton)	Yapım İYA (%5)	Toplam İYA (Ton)
2013	375000	43000	5519	423519	21176	444695
2014	360000	127000	5624	492624	24631	517255
2015	365000	41500	5597	412097	20605	432702
2016	378000	31500	4867	414367	20719	435085
2017	368000	4500	5361	377861	18893	396754
2018	110000	7500	2624	120124	6006	126130
2019	27000	9500	6200	42700	2135	44835
<b>Toplam</b>	<b>1983000</b>	<b>264500</b>	<b>35792</b>	<b>2283292</b>	<b>114165</b>	<b>2397456</b>

Hesaplama da belirli bir sapma öngörülerek, atık miktarının belirlenmesinde hem bina taban alanları ortalamasında hem bina kat yükseklikleri ortalamasında hem de binalarda kullanılan ortalama malzeme miktarlarında belirli bir sapma olacağı dikkate alınarak %5 ± sapma alınmıştır. Yapılan bu hesaplama ya göre Tablo 5’te görüldüğü gibi yıllık oluşacak olan İYA miktarının ortalaması 325.369 ton ile 359.619 ton arasında değişmektedir.

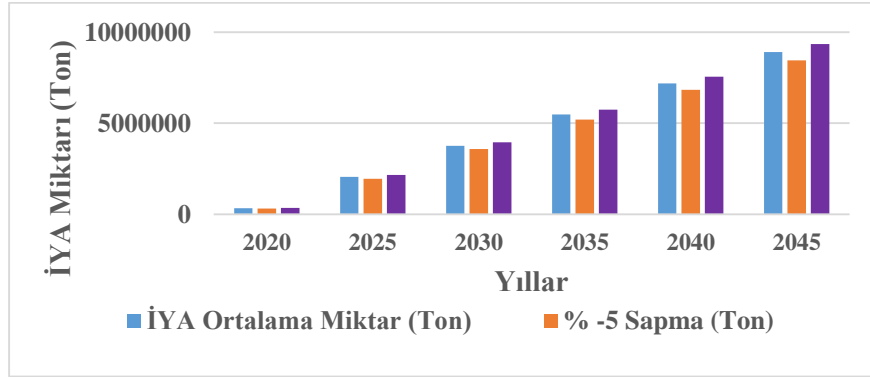
**Tablo 5**

*Esenler Belediyesinde Yıllık %5 ± Sapma ile Oluşacak Ortalama İYA Miktarı*

Yıllar	İYA Ortalama Miktar (Ton)	% -5 Sapma (Ton)	% +5 Sapma (Ton)
2020	342494	325369	359619
2025	2054964	1952216	2157712
2030	3767434	3579062	3955806
2035	5479904	5205909	5753899
2040	7192374	6832755	7551993
2045	8904844	8459602	9350086

**Şekil 1**

*Esenler Belediyesinde Yıllık %5 ± Sapma İle Oluşacak İYA Miktarı*



Şekil 1’de Esenler Belediyesinde yıllık % 5 ± sapma ile oluşan 2020-2045 arasında oluşacak İYA miktarı gösterilmiştir. Hesaplama yapılırken, Esenler Belediyesi 2013 tarihli 1/1000 ölçekli İmar Planı’ndaki verilerden yararlanılmıştır. Esenler İlçesi 2013 tarihli 1/1000 ölçekli İmar Planı, verilerine bakıldığında 2013 yılı için 26.527 adet yapının, 5.116 adedinin ruhsatlı ve 21.411 yapının ruhsatsız ve kaçak olarak yapıldığı ifade edilmektedir. Bu ruhsatsız yapıların hiç birisi mühendislik ve yapı denetimi

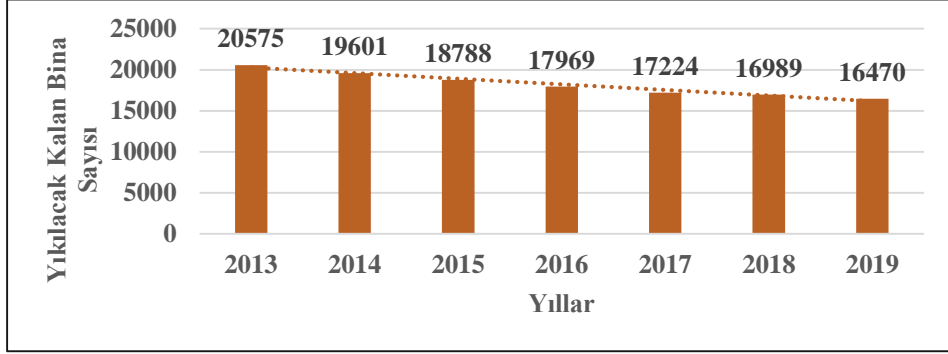
hizmeti alınmadan, deprem ve yapı yönetmeliklerine uygun olarak yapılmadığı için riskli ve yıkılması gereken binalar olarak değerlendirilmektedir. (İstanbul Esenler Belediyesi, 2013).

Buradan hareketle hesaplamalar yapılmış, 2020 başı itibariyle Esenler Belediyesinde, kalan yıkılacak bina sayısı 16.470 olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan hesaplamada, Esenler Belediyesi 2013'ten bu tarafa yedi yıllık performansın ortalaması ile hareket edilmesi halinde kalan binaların tamamını yaklaşık 24 yıllık sürede bitirmek mümkündür. Ancak Esenler Belediyesinde çok geniş bir bölge olan askeri alanın rezerv alan olarak ilan edilmesine bağlı olarak, Esenler Belediyesinde devam eden kentsel dönüşüm çalışmalarını, çok büyük ölçekte tetiklendiği için bu öngörülen süreden çok daha önce tamamlanabilir. Yine belediyenin geçmişteki kentsel dönüşüm performansı değerlendirildiğinde, 21.411 binadan 4941 yıkıldığı için ortaya çıkan bina sayısına göre performans %24'tür. Yine 2013 yılında mevcut olan 26.527 yapının 5.116 adedi ruhsatlı olduğu için bunları sağlam ve riskli bina grubuna dâhil etmezsek, yaklaşık %20 civarındaki binanın kentsel dönüşüme bağlı olarak yıkılmayacağını öngörebiliriz (Güllü, 2020).

Genel olarak bu hesaplamalardan hareket edildiğinde toplam yapı stokundan bu %44'lük oranı çıkardığımızda, Kentsel dönüşüm kapsamında yıkılacak bina oranının %56 olduğu görülmektedir. Bu oran, Esenler Belediyesinin 2019 yılında yapmış olduğu Kuzey Rezerv Alanı 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planı Açıklama Raporu'nda yaklaşık %60 olarak ifade edilmiştir. Buradan da anlaşılmaktadır ki, Esenler Belediyesinde yenilenmesi gereken yapı stoku yaklaşık %56-60 arasındadır (Güllü, 2020). Şekil 2'de Esenler Belediyesinde yıkılacak kalan bina sayısı ve belediyenin kentsel dönüşüm performansı görülmektedir.

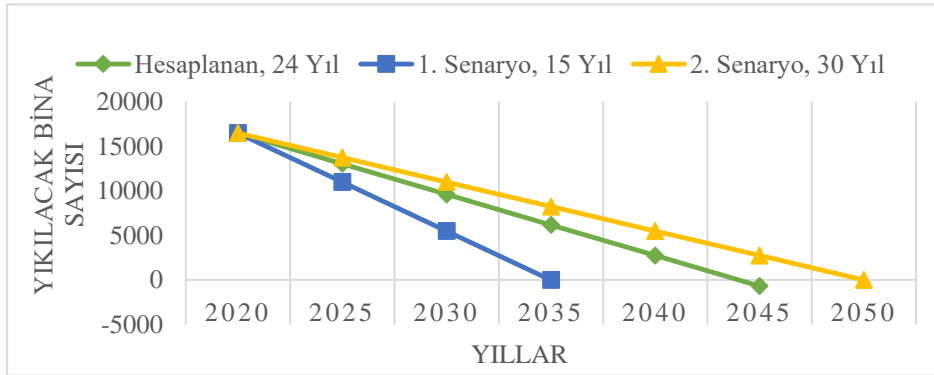
## Şekil 2

Esenler Belediyesinde Yıllara Göre Yıkılacak Kalan Bina Sayısı



## Şekil 3

Esenler Belediyesinde Yıkılacak Binalarla ilgili Senaryolar



Esenler Belediyesinde Kentsel dönüşümde yıkılacak binaların tamamlanması sürecini iki farklı senaryo ve buna bağlı oluşacak İYA miktarını konusunda, 2020 yılı sonrası için bir projeksiyon ortaya koyabiliriz. Özellikle Esenler Belediyesinin kuzeyindeki askeri alanın rezerv alan olarak tahsis edilmesine bağlı olarak daha hızlı bir performans ile birinci senaryoya göre 15 yılda tamamlanırsa, her yıl ortalama sadece bu binaların yıkılmasına bağlı olarak 549.000 ton İYA oluşacak ve bu süreç

2035 yılında tamamlanacaktır. İkinci senaryoya göre; olabilecek aksaklıklar, ekonomik krizler ve olağan üstü durumlar göz önüne alınırsa ve süreç mevcut performansın altına düşer ve 6 yıl uzarsa, sadece bina yıkımlarına bağlı olarak her yıl oluşacak ortalama İYA miktarı 275.000 ton olacak ve bu süreç 2050 yılında tamamlanacaktır (Güllü, 2020). Bununla ilgili durum, Şekil 3'te görüldüğü gibidir.

### **İstanbul'un Diğer İlçelerinde Oluşan Kentsel Dönüşüm Atık Miktarı**

İstanbul'da Marmara Depremi'nden önce yapılan yapıların yapı niteliği, yapı kalitesi yapı malzemelerinin karakterizasyonu, ortalama kat yükseklikleri birbirine yakındır. Dolayısıyla Esenler Belediyesinde ki elde edilen bulgulardan hareket ederek İstanbul'daki bütün ilçelerdeki İYA miktarını ve önümüzdeki süreçte ne kadar İYA oluşacağını yaklaşık olarak hesaplayabiliriz. Bunun için özellikle Esenler Belediyesinde geçmiş yedi yılın İYA ortalamasını alarak kişi başına yıllık oluşan İYA miktarı ve Esenler Belediyesinde şimdiye kadar yapıların % kaçının yenilendiğini ve kalan yapıların geçtiğimiz yedi yıllık süreçte Esenler Belediyesindeki ortalama performans ile çalışılması halinde tamamının kaç yılda yenileneceğini hesap ederek ne kadar İYA oluşacağını hesaplayabiliriz.

Esenler Belediyesinde elde edilen verilerden hareket ederek, aynı yaklaşımı İstanbul'daki bütün ilçeler için ayrı ayrı sergileyerek yaptığımızda, aşağıda görülen tablodaki sonuçlar elde edilmektedir. Tabloya bakıldığında ilçelere ait bina sayıları ve bağımsız bölüm sayıları görülmektedir. Burada bağımsız bölüm sayısını bina sayısına böldüğümüzde binalara ait ortalama kat yüksekliğini hesaplamış oluruz. Buna göre değerlendirdiğimizde ortalama kat yüksekliğinin en fazla olduğu ilçeler 2020 yılı itibariyle, ortalaması 10 katın üstünde olan sırasıyla Kadıköy, Güngören, Bahçelievler, Beylikdüzü ve Bakırköy ilçeleridir. Bunların yanında yine ortalama katsayısı 10 kata yakın olan ilçeler Şişli,



Esenyurt ve Zeytinburnu ilçeleridir. Bu ilçeler İstanbul'da özellikle son yıllarda yüksek katlı binaların çok fazla tartışıldığı yerler olmuştur.

Marmara depremi öncesi yapılmış olan binalar genel olarak çok yüksek katlı binalar olmayıp, Esenler Belediyesindeki yapı stokuna benzer şekilde ortalama 5 katlı binalar olarak değerlendirilebiliriz. Çünkü özellikle 2010 yılından sonra, bu ortalama 5 katlı binalar yıkılarak, yerlerine daha fazla emsaller verilerek yüksek katlı binalar yapılmış ve ilçe belediyelerindeki ortalama kat yükseklikleri 2010 yılından sonra bundan dolayı artış göstermiştir. Ayrıca aşağıdaki tabloda, Esenler Belediyesinde hesapladığımız bilgi ve verilerden hareketle, İstanbul'daki bütün ilçelerimizi ayrı ayrı kendi durumlarına göre değerlendirilerek, İYA hesaplaması yapılmıştır

**Tablo 6**

*İstanbul'daki İlçelerde Oluşacak Ortalama İYA Miktarları*

İlçeler	Bina Sayısı	Bağımsız Bölüm	Kat Ortalaması	Yıkılacak Bina	Toplam İYA (Ton)	Yıllık İYA (Ton)
Esenyurt	41409	397531	9,6	23189	11594520	483105
K.Çekmece	38331	324112	8,5	21465	10732680	447195
Kadıköy	24398	319162	13,1	13663	8197728	341572
Pendik	48646	308251	6,3	27242	13620880	567537
Ümraniye	49952	302251	6,1	27973	13986560	582773
Fatih	45093	293574	6,5	25252	12626040	526085
Bağcılar	42625	281185	6,6	23870	11935000	497292
Üsküdar	43763	254157	5,8	24507	9802912	408455
Bahçelievler	21913	248072	11,3	12271	6135640	255652
Maltepe	27461	243723	8,9	15378	7689080	320378

**Tablo 6 (Devam-1)**

*İstanbul'daki İlçelerde Oluşacak Ortalama İYA Miktarları*

Kartal	28361	215161	7,6	15882	7941080	330878
Ataşehir	28260	214233	7,6	15826	7912800	329700
Kâğıthane	27820	207873	7,5	15579	7789600	324567
G.O.Paşa	27592	196879	7,1	15452	7725760	321907
Sultangazi	34051	192589	5,7	19069	7627424	317809
Başakşehir	22962	190801	8,3	12859	6429360	267890
Avcılar	26263	185416	7,1	14707	7353640	306402
Şişli	19077	184450	9,7	10683	6409872	267078
Esenler	25142	179025	7,1	14080	7039760	293323
Sarıyer	48262	175423	3,6	27027	8108016	337834
Eyüpsultan	30611	171473	5,6	17142	6856864	285703
Bayrampaşa	20373	154473	7,6	11409	5704440	237685
Beyoğlu	26045	151480	5,8	14585	5834080	243087
B.Çekmece	30547	147887	4,8	17106	6842528	285105
Sancaktepe	29236	147137	5,0	16372	6548864	272869
Beylikdüzü	13429	145364	10,9	7520	3760120	156672
Zeytinburnu	14586	137701	9,4	8168	4084080	170170
Silivri	52198	135257	2,6	29231	5846176	243591
Güngören	10737	129143	12,0	6013	3006360	125265
Tuzla	24115	120933	5,0	13504	5401760	225073
Bakırköy	11684	119083	10,2	6543	3925824	163576

**Tablo 6 (Devam-2)**

*İstanbul'daki İlçelerde Oluşacak Ortalama İYA Miktarları*

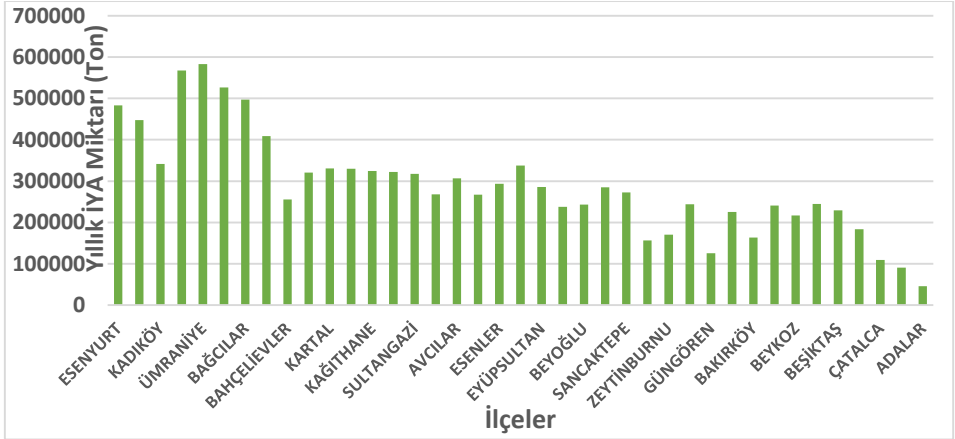
Sultanbeyli	34359	118416	3,5	19241	5772312	240513
Beykoz	46396	113716	2,5	25982	5196352	216515
Arnavutköy	34940	110286	3,2	19566	5869920	244580
Beşiktaş	16387	109336	6,7	9177	5506032	229418
Çekmeköy	19654	103277	5,3	11006	4402496	183437
Çatalca	23350	55388	2,4	13076	2615200	108967
Şile	19378	37567	1,9	10852	2170336	90431
Adalar	6483	21205	3,3	3631	1089144	45381
<b>Toplam</b>	<b>1.135.889</b>	<b>7.142.990</b>	<b>6,3</b>	<b>636.098</b>	<b>318.048.920</b>	<b>11.295.468</b>

Kentsel dönüşüm çalışmaları eski yapı stokunun yenilenmesi için yapıldığı için İYA miktarını hesaplarken Esenler Belediyesindeki ortalama kat yüksekliği ve bina taban alanı esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yine Tablo 6'ya bakıldığında, bütün ilçelerdeki yıkılacak bina sayıları ve toplam olarak ortaya çıkacak İYA miktarı görülmektedir. Tabloyu incelediğimizde kentsel dönüşüm kapsamında İstanbul'da 2020 yılı itibariyle toplamda yaklaşık olarak 636.098 binanın yıkılacağı ve bu yıkımlar sonucunda yaklaşık olarak 28 yılda toplamda 318.048.920 ton İYA oluşacağı ve 28 yıl süresince her yıl ortalama olarak 11.295.468 ton İYA ortaya çıkacağı görülmektedir.

Yapılan hesaplamalara bağlı olarak, İstanbul'daki ilçelerde oluşan İYA miktarı Şekil 4'te daha açık olarak görülmekte olup önümüzdeki kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında en fazla İYA miktarı Ümraniye, Pendik, Fatih ve Bağcılar ilçelerinde ortaya çıkacağı görülmektedir. En az ise Adalar, Çatalca ve Şile Belediyelerinde oluşacağı hesaplanmıştır.

#### Şekil 4

#### İstanbul'da İlçelerde Yıllık Ortalama Oluşacak İYA Miktarları



#### İstanbul'da İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Oluşum Senaryoları

İstanbul'daki İYA ile ilgili yukarıda yapılan hesaplamalara bakıldığında hiçbir zaman bulunan değerler mutlak doğru olmayıp, bilimsel olarak belirli bir sapma oluşacaktır. Burada hesaplama yapılırken, atık miktarını belirlenmesinde hem bina taban alanları ortalamasında hem bina kat yükseklikleri ortalamasında hem binalarda kullanılan ortalama malzeme miktarlarında ve ilçeler arasındaki farklılıklarda göz önüne alınarak belirli bir sapma olacağı dikkate alınarak  $\pm 5\%$  sapma alınmıştır.

**Tablo 7**

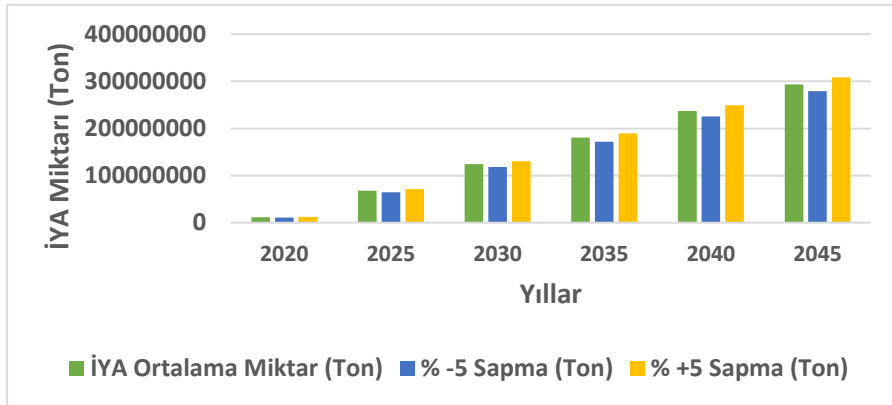
*İstanbul'da Yıllık %5 ± Sapma ile Ortalama Oluşacak İYA Miktarı*

Yıllar	İYA Ortalama Miktar (Ton)	% -5 Sapma (Ton)	% +5 Sapma (Ton)
2020	11.295.468	10.7306.95	11.860.241
2025	67.772.808	64.384.168	71.161.448
2030	124.250.148	118.0376.41	130.462.655
2035	180.727.488	171.691.114	189.763.862
2040	237.204.828	225.344.587	249.065.069
2045	293.682.168	278.998.060	308.366.276

Yapılan bu hesaplama göre, Tablo 7'de görüldüğü gibi İstanbul'da oluşacak olan İYA miktarının yıllık ortalaması 10.730.695 ton ile 11.860.241 ton arasında değişmektedir. Tablo 7'de ve Şekil 5'te önümüzdeki yıllarda, İstanbul'da %5 ± sapma ile yıllık oluşacak ortalama İYA miktarları görülmektedir.

**Şekil 5**

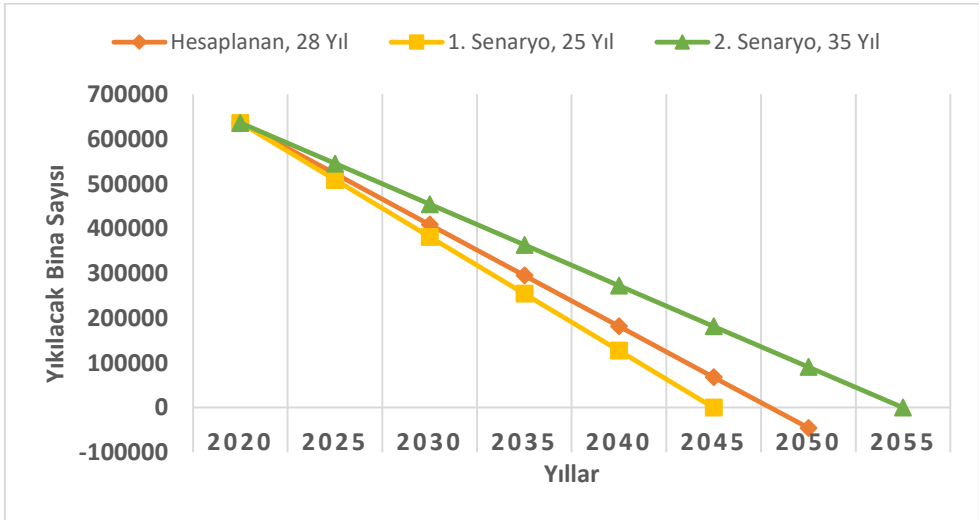
*İstanbul'da %5 ± Sapma İle Yıllık Oluşacak İYA Miktarı*



İstanbul'da, 2020 yılından başlayarak yukarıdaki hesaplamalara göre kentsel dönüşüm sürecinde yıkılacak binaların kaç yılda tamamlanacağı ve buna göre oluşacak İYA miktarını hesaplamak için bir projeksiyon sunulabilir. Özellikle İstanbul'un birinci derece deprem bölgesinde olması ve yaklaşan deprem riskine bağlı olarak daha hızlı bir performans gösterilmesi durumunda birinci senaryoya göre kentsel dönüşüm süreci 25 yılda tamamlanırsa, her yıl ortalama olarak 12.721.957 ton İYA oluşacak ve bu süreç 2045 yılında tamamlanacaktır. İkinci senaryoya göre; olabilecek aksaklıklar, ekonomik krizler, siyasi kavgalar ve olağan üstü durumlara göre süreç belirlenen performansın altına düşer ve 35 yıla çıkarsa, her yıl oluşacak ortalama İYA miktarı 9.087.112 ton olacak ve bu süreç 2055 yılında tamamlanacaktır. Bu senaryoların gösterimi Şekil 6'daki gibidir.

## Şekil 6

*İstanbul'da Kentsel Dönüşümde Yıkılacak Bina Senaryolar*



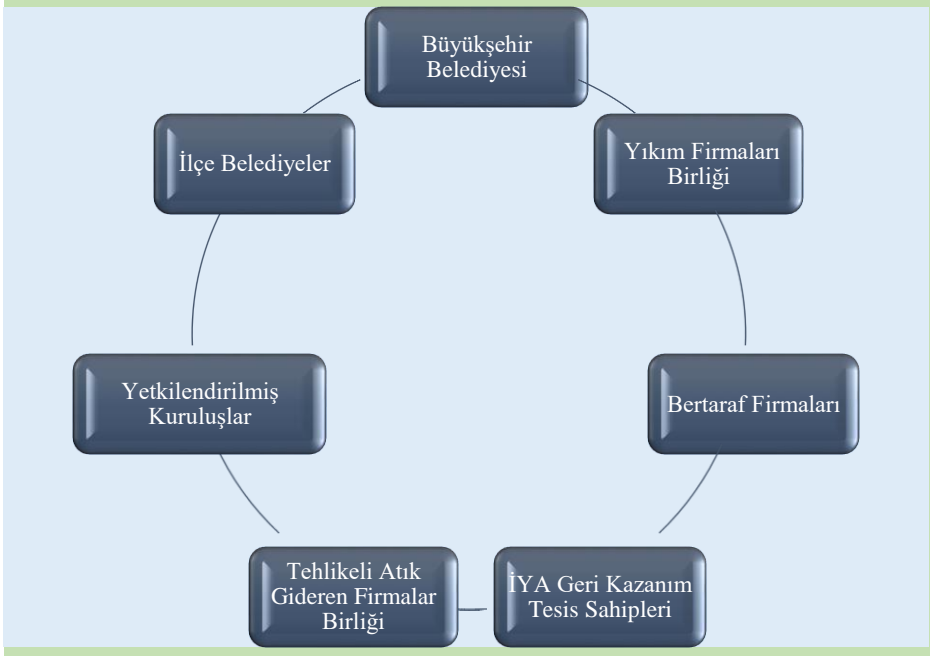
İstanbul'da binaların yenilenmesi, farklı sebeplere bağlı olarak yıkılıp tekrar yapılması her zaman dinamik bir süreç olup bu süreçlere bağlı olarak da sürekli olarak her yıl İYA oluşacaktır. Ancak bu oluşun İYA'nın iyi değerlendirilmesi gerekir. Bu hem çevrenin korunması hem israfın önüne geçilmesi hem de ekonomik olarak ve doğal kaynakların verimli olarak kullanılması bakımından gereklidir. Bunun için özellikle İstanbul gibi büyük bir şehirde, kentsel dönüşüm çalışmalarının da uzun yıllar devam edeceği iyi hesap edilerek, yapılacak fizibilite çalışmalarına bağlı olarak zaman kaybetmeden İstanbul'da ihtiyaç olan, İYA işleme ve geri kazanım tesisleri hızlı bir şekilde kurulmalıdır.

## **İSTANBUL'DA KENTSEL DÖNÜŞÜM ATIKLARI YÖNETİMİ**

İstanbul'da atık yönetimi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin koordinasyonunda 39 ilçe belediyesi ile yürütülmektedir. Büyükşehir belediyelerinde İYA'nın sağlıklı olarak yönetimi, denetimi, izlenmesi, değerlendirme ve kayıtların tutulması için bazı çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak ilçe belediyeleri ve büyükşehir belediyesi tarafından atık kabul izin belgesi ve atık taşıma izin belgesi düzenlenmektedir. Bu izin belgeleriyle, İYA ve hafriyat toprağının daha iyi yönetilmesi için izinsiz yapılan faaliyetlerin önüne geçilerek, kaçak dökümlerin önlenmesi, çevrenin korunması, oluşabilecek her türlü olumsuzlukların önüne geçilmesi, yapılan çalışmaların denetim, kontrol ve kayıt altına alınması hedeflenmektedir.

## Şekil 7

### Büyükşehirlerde İYA Yönetimindeki Kuruluşlar



Şekil 7’de Büyükşehirlerde İYA yönetiminde sorumlu kuruluşlar görülmektedir. İstanbul’da kentsel dönüşüm atıklarının iyi yönetimi için özellikle büyükşehir belediyesi, ilçe belediyeleri ve İYA alanında lisanslı firmaları bir zincirin halkaları gibi birbirine bağlı üzerlerine düşen görev ve sorumlulukları yerine getirirlerse, bu alanda yaşanan pek çok problem çözülebilir. Büyükşehir belediyesi, İYA konusunda koordinasyonu sağlayan, bertaraf ve geri dönüşüm tesislerini kuran, kurduran ve atık tesislerinin işletilmesi için çalışmalar yaparken, ilçe belediyeleri ise İYA’nın kaynağında ayrıştırılması, seçici yıkım, çevrenin korunması, verilerin raporlanması gibi konulara odaklanmalıdır.



İYA geri dönüşümüne devlet desteği sağlanmalıdır. Vergilerde indirim, yetkilendirilmiş kuruluşlara ücreti mukabili teslim, belirli oranda atıkları hammadde olarak kullanım zorunluluğu, İYA işleme tesisi sahiplerine malzeme sağlama garantisi ve üretilen malzemelere alım garantisi verilmesi gibi destekler, İYA'nın yönetimini çok kolaylaştırır ve geri dönüşüm oranını önemli oranda yükseltecektir. Bütün bu çalışmaların iyi yürütülebilmesi için büyükşehir belediyesi koordinasyonunda ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte "Atık Kurulu Kurulması" ile İYA daha sağlıklı yönetilebilir. Yukarıdaki şekilde görülen kurum ve kuruluşlar arasındaki yönetişimin iyi yürütülmesi halinde, İstanbul'da İYA yönetimi daha sağlıklı yürütülebilir.

### **İlçe Belediyeleri**

Büyükşehir belediyelerinde yıkım ruhsatları ve inşaat ruhsatları ilçe belediyeleri tarafından verildiği için İYA konusunda yapılacak düzenleme, iş ve işlemler birinci derecede ilçe belediyelerini ilgilendirmektedir. Burada özellikle yıkım ruhsatı verilmeden önce, yıkılacak binalardan oluşan İYA'nın, seçici yıkım prosedürlerine uygun olarak yürütülmesi, İYA'nın kaynağında ayrıştırılarak, nerelerde ve nasıl değerlendirileceği gibi hususlar belirlendikten sonra yıkım ruhsatı verilebilir (Güllü, 2020).

İlçe belediyeleri İYA yönetimini gelişmiş ülkelerde olduğu gibi; sürdürülebilir çevre, kaynakların doğru kullanılması ve israfın önlenmesi boyutlarıyla sağlıklı yürütebilmeleri için hem yasal olarak hem yönetsel olarak hem de teknik gereklilikler sağlamaları ve iyi işleyen bir sistem ve yönetim modeli oluşturabilirlerse, İYA'nın daha iyi yönetilmesi konusunda önemli katkılar sağlayabilirler.

### **Yıkım Yapan Firmalar**

Yapım ve yıkım atığı üreticileri, İYA yönetimi konusunda bilinçli olmaları, yasalara, belirlenen ilke ve kurallara bağlı hareket etmeleri ve lisanslı firmalarla birlikte çalışmalarını gerekir. Kentsel dönüşüm konusunda

yıkım yapan, kaynağında ayrıştırma yapan, taşıyan ve geri dönüşüm yapan firmalar ise gerekli şartları sağlayarak, lisanslı hale getirilmelidir. İlgili Bakanlık ise bu konuda dünyadaki gelişmeleri ve uygulamaları yakından takip ederek, ülkemizin şartlarına göre politikalar belirlemesi, planlar yapması ve gerekli yasal düzenlemeleri oluşturması gerekir.

Ayrıca yıkım firmalarının kendi aralarında tek bir çatı altında toplanarak güçlü bir kurumsal yapı oluşturabilirler. Avrupa’da bu anlamda bütün Avrupa ülkelerindeki yıkım çalışmalarını yakından takip eden, The European Demolition Association (EDA), İYA konusunda kayıtları ve geri dönüşüm çalışmalarını takip etmektedir. Bunun yanında bütün yıkım firmalarının EDA’ya üye olma zorunluluğu vardır. EDA, her yıl Avrupa’daki İYA durumu hakkında raporlar yayınlamaktadır. Ayrıca bu kuruluş yıkım firmalarını koordine ederek, İYA konusunda her türlü toplantılar, eğitimler, yayınlar yapmakta ve Yıkım firmalarının sözcülüğünü yapmaktadır. İstanbul’da da yıkım firmaları adına bu tür çalışmaları yapacak bir birliğin veya ülkemizde bu anlamda yetkilendirilmiş bir kuruluşun olması önemli bir eksikliği giderecektir (Güllü, 2020).

### **Yetkilendirilmiş Kuruluşlar**

Geri kazanım tesislerini, belediyeler ve gerekli izinleri alan özel firmalar kurabilirler. Bu tesislerin verimli olarak çalışması için ekonomik olarak zarar etmeyecek şekilde çalıştırılması için özellikle belediyeler ve hükümet tarafından desteklenmelidir. Belediyeler özellikle işlenecek malzeme teslim edilmesi garantisi ile birlikte, geri kazanılan ve tasnif edilen malzemeler için öncelikli olarak alım garantisi vermeleri halinde ihtiyaca göre, geri kazanım tesis planlaması yapıldığında geri kazanım tesisleri inşaat firmaları veya daha başka girişimci firmalar tarafından bu tesisler rahatlıkla kurulabilir.

Burada, özellikle İYA’nın %90’ından fazlasını oluşturan beton atıkları ve tuğla atıklarının geri kazanılmasını sağlayan firmaların varlığı önem arz

etmektedir. Bunun için inşaat firmaları ve beton üreticileri ile birlikte hareket edilmelidir. Beton üreticilerine piyasaya sundukları beton miktarının belirli bir miktarı kadar, beton atıklarını geri kazanma şartı getirilmelidir. Bunun için beton üreticileri adına beton atıklarının geri kazanımını takip edecek yetkilendirilmiş bir kuruluş olmalıdır. Aynı şekilde bu doğrultuda, yetkilendirilmiş kuruluş kurmaları, tuğla ve kiremit üreticisi firmalar için de zorunlu hale getirilmelidir (Güllü, 2020).

İYA'nın geri kazanımında asıl problem beton atıkları ve tuğla atıklarının geri kazanılmaması ve bu atıkları işleyen tesislerin olmamasıdır. Beton ve tuğla atıkları geri kazanım tesislerinde işlendiği ve boyuta göre tasnif edildiği zaman daha geniş kullanım alanı bulmaktadır. İYA geri kazanımında esas büyük miktarı beton oluşturduğu için özellikle beton atıklarının geri kazanılacağı bu alana yatırım yapılması gereklidir. Kentsel dönüşümde yıkım faaliyetlerine bağlı olarak oluşan demir, ahşap, cam ve plastik gibi atıkların geri kazanımı, yetkilendirilmiş kuruluş statüsüne uygun şekilde gerek lisanslı firmalar aracılığı ile gerekse hurdacılar tarafından yapılabilir.

### **Bertaraf Yapan Firmalar**

Hafriyat toprağı atık değil, değerlendirilmesi gereken bir kaynaktır. Ancak, genel olarak İstanbul'da İYA'nın geri kazanımı yapılmadığı için ve İYA'nın ayrıca depolandığı 3. Sınıf atık depolama sahaları olmadığı için bu atıklar hafriyat toprağı dolgu alanlarında depolanmaktadır. Bu durumun düzeltilerek, İYA'nın hafriyat toprağı dolgu alanlarına karıştırılmasının önüne geçilmelidir. Seçici yıkıma bağlı olarak kaynağında ayrıştırılan kentsel dönüşüm atıklarının hiçbir şekilde değerlendirilemeyen kısımları üçüncü sınıf inşaat ve yıkıntı atıkları inert atık depolama tesislerinde depolanmaktadır. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'de, düzenli depolama tesisleri; birinci sınıf, ikinci sınıf ve 3. sınıf düzenli depolama tesisleri olmak üzere sınıflandırılmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

Ayrıca düzenli depolama sahaları yasal olarak belirlenen kurallara uygun olarak işletilmesi gerekir. Özellikle tehlikeli atıkların özel yöntemlerle bertaraf edilmesi gerekir ve diğer atıklara, 2. Sınıf ve 3. Sınıf düzenli depolama tesislerinde depolanan atıklara karıştırılmaması gerekir. Maalesef Türkiye’de büyükşehir belediyelerine ait 1. Sınıf ve 3. Sınıf depolama tesisleri olmayıp genel olarak 2. Sınıf evsel atık depolama tesisleri olduğu için 1. Sınıf depolama tesislerine depolanması gereken tehlikeli atıklar ve 3. Sınıf depolama tesislerine depolanması gereken inert atıklar, evsel atıklarla karışık olarak 2. Sınıf depolanma tesislerinde depolanmaktadır (Güllü, 2020).

### **Tehlikeli Atık Gideren Firmalar**

Yasal olarak tehlikeli atıkların temizlenmesi zorunludur. Bu zorunluluktan kaynaklı olarak, tehlikeli atıkların giderilmesi için lisanslı firmalar vardır. Belediyeler, yıkım ruhsatı vermeden yıkılacak binalarla ilgili asbest içermediğine dair rapor istemektedir. Yıkılacak binalarda sadece asbest için değil bütün tehlikeli atıkların giderildiğine ve tehlikeli atıklardan temizlendiğine, tehlikeli atık yönünden, yıkılacak binanın temiz olduğuna dair rapor istenmelidir. Belediyeler tehlikeli atıkların giderilmesinde, lisanslı firmalarla birlikte çalışarak, tehlikeli atıkların tespiti ve giderilmesi süreçlerini yerinde denetlenmeli ve kontrol etmelidir.

### **İstanbul’da Kentsel Dönüşüm Atıklarının Geri Kazanan Firmalar**

İstanbul’da geri kazanılan atıkların kullanımıyla ilgili pek çok alternatif vardır. Bilindiği gibi İYA işlendikten ve belirli boyuta göre tasnif edildikten sonra, beton üretiminde agrega malzemesi, yol dolgu malzemesi, kanallarda boruların etrafında dolgu malzemesi, bordür ve parke döşemelerinde alt temel dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yine, kanal drenaj malzemesi, bina temellerinde geri dolgu ve drenaj malzemesi, istinat duvarı drenaj ve dolgu malzemesi, katı atık depolama sahalarında yol ve platform

malzemesi, şantiyelerde yol malzemesi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (İSTAÇ, 2013).

İstanbul'da kentsel dönüşüm atıklarının işlendiği ve geri kazanıldığı tesislere ihtiyaç vardır. Öncelikle kentsel dönüşümden kaynaklanan atıkların geri kazanımı için seçici yıkım yapılmalı ve belirli standartların sağlanması gerekir. Buna bağlı olarak fiyatların oluşması için bir pazarın ve İYA geri kazanılmış malzemeleri borsasının kurulması gerekir. Bunu niçin bu konularda faaliyet gösteren firmalarla çalışmalar yapılmalıdır.

Seçici yıkım ile atıklar ayrı ayrı gruplandırılacak ve değerlendirilmesi için uygun yerlere yönlendirilecektir. Burada hassas konu atıkların yönlendirileceği firmaların önceden belirlenmesi ve bu atıkları işleyen lisanslı firmalar olması gerekir. İstanbul'da İYA'nın en önemli kısmını yaklaşık %90'ını beton ve tuğla oluşturduğu için özellikle bu alanda geri kazanım çalışmalarına yoğunluk verilmelidir. Burada en hassas konu beton atıklarının agrega olarak hazırlanması ve kullanım kılavuzları ve standartların oluşturulması gereklidir. Tuğla ve kiremitlerin ise tekrar aynı amaçla değerlendirilmesi için özellikle tuğla ve kiremit fabrikalarında kullanılması amacıyla ilgili kuruluşlarla çalışmalar yapılabilir (Güllü, 2020).

İstanbul'da her yıl milyonlarca ton İYA oluşmakta ve bu süreç yıllar boyu devam edeceği için İYA pazarı ve borsasının oluşturulması önemli bir konudur. Kentsel dönüşüm atıkları kaynak olarak görülmeli ve geri kazanılmalıdır. Bunun için İYA'nın daha bilimsel kriterlere göre işlenmesi ve değerlendirilmesi için belediyelerin bu konuda öncülük etmeleri gerekir. Bu tesisleri doğrudan kendileri kurup işletebilecekleri gibi, bu alanda çalışma yapan girişimci firmalara, kuracakları tesislerde işlenecek İYA sağlama garantisi ve işlenen malzemelere alım garantisi vererek geri kazanım tesisi kurdurabilirler.

## **Yapım ve Yıkım Atığı Üreticilerinin Sorumlulukları**

Atık üretenler, ürettikleri atıkların gerçek sahibidir. Yapım ve yıkım faaliyetlerinde bulunan atık üreticileri, bu atıkların çevresel, ekonomik, iş sağlığı ve güvenliği boyutlarıyla belirlenen ilkelere ve yürürlükte olan mevzuata göre lisanslı firmalarla çalışmaktan, atıkları kaynağında ayrıştırmaktan ve ayrıştırılan malzemelerin ilgili yerlere tesliminden sorumludurlar. Ancak bina sahipleri, yıkım firmaları ile yıkım sözleşmesi yaparak bütün sorumluluğu onların üzerine yıkarak işin içerisinden çıkmaktadırlar. Aslında bu sorumluluk tamamen devredilemeyen ve müteselsilen devam eden bir sorumluluktur (Güllü, 2020).

Kentsel dönüşüm kapsamında çalışma yapan gerçek ve tüzel kişiler bağlı olduğu ilçe belediyesinden yıkım ruhsatı almak zorunda olduğu için, ilgili belediyenin yıkım ruhsatı verirken, ilgilileri yıkım atıklarının nasıl değerlendirileceği konusunda rehberlik etmesi, yönlendirmesi ve denetlemesi gerekir. Burada İYA'nın ekonomik olarak değerlendirilmesinden elde edilen gelir ve atıkların bertaraf edilmesi için harcanan masrafları, İYA'nın sahibi olarak, yapı sahiplerine aittir. Yapı sahipleri İYA yönetiminde belirlenen kurallara uymak zorundadır.

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

İstanbul'da İYA'nın özellikle kaynağında ayrıştırılması, seçici yıkım yapılması, geri kazanım ve bu atıkların değerlendirilmesi konusunda İBB ve İlçe belediyeleri arasında ciddi anlamda kopukluk yaşanmakta ve bu alanda belediyeler tarafından plan, program ve çalışma yapılmadığı için bir boşluk oluşmuş ve bu boşluk yıkım firmaları ve hurdacılar tarafından giderilmeye çalışılmaktadır. İlçe belediyeleri ve İBB arasındaki kopukluktan dolayı sağlıklı kayıt sistemi oluşturulmadığı için İBB'de ve İstanbul'da ilçe belediyelerinde oluşan İYA miktarı tam olarak bilinmediği için veriler Esenler kapsamında belirlendikten sonra buradaki verilerden hareketle İstanbul ölçeğinde de gerekli hesaplamalar ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bütün bunlara bağlı olarak

İstanbul'da İYA yönetiminin sağlıklı olarak yapılması için hem merkezi hükümeti hem ilçe belediyeleri hem de İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ni kapsayan bir yönetim modeli ortaya konulmuştur.

Öncelikle İstanbul'da devam eden kentsel dönüşüm çalışmalarının seyrine bakıldığında, özellikle 2012 yılında 6306 sayılı Kanun'un çıktıktan sonra çalışmalar hızlanmıştır. Yapılan kentsel dönüşüm çalışmalarına bu hızla devam edilmesi halinde, yapılan hesaplamalara göre kentsel dönüşüme tabi yapı stokunun 28 yılda tamamlanacağı ve her yıl ortalama 11.295.468 ton İYA'nın ortaya çıkacağı görülmektedir. Mevcut durumda İstanbul'da bu atıkları geri kazanacak yeterli çalışmalar yapılmadığı için çoğunlukla İYA hafriyat toprağının depolandığı alanlara karıştırılmakta, hafriyat toprağının depolandığı alanlar ve çevre kirletilmekte ve büyük bir kaynak israfı yaşanmaktadır.

Hafriyat toprağı ve İYA hakkındaki yönetmelik, 2004 yılında çıkarılmış, daha sonra güncellenmediği için yetersizdir. Ayrıca hafriyat toprağı ve İYA aynı yönetmelikte birlikte düzenlendiği için hafriyat toprağı atık olmadığı halde atılmış gibi bir algı oluşmuş ve İYA ile hafriyat toprağı özellikle taşıma ve depolama sürecinde birbirine karıştırılmaktadır. Bunun sonucu olarak kaynaklar hem israf edilmekte hem kirletilmekte hem de çevre tahrip edilmektedir.

İstanbul'da kentsel dönüşüm konusunda yapılan ve yürütülen çalışmalar farklı boyutları ile tartışılmakla birlikte, kentsel dönüşüm sürecinde oluşan atıklar da birçok yönüyle kendi çerisinde yasal, yönetsel ve teknik altyapıda görülen eksiklikleri ile tartışılmaktadır. Özellikle İstanbul'da oluşan İYA miktarının tam bilinmemesi ve hafriyat toprağı ile karışık olarak depolanması kaynakların israfı ve çevreye olan olumsuz yönleriyle tartışma konusudur.

Diğer taraftan, seçici yıkım yapılmaması ve İYA'nın kaynağında ayrıştırılmaması, geri kazanım ve geri dönüşüm konusundaki çalışmaların yetersiz olması başka bir tartışma konusudur. Yine İYA konusunda büyükşehir, ilçe belediyeleri ve diğer ilgili kuruluşlar arasındaki koordinasyonsuzluk ve yönetim boşluğunun oluşması ayrı bir tartışmadır. Bütün bunlarla birlikte gelişen ve değişen şartlara göre kentsel dönüşüm atıklarının yasal yönden

eksikliklerin olması ve bu konuda yapılan yasal çalışmaların çıkarılamaması da ayrı bir tartışma konusudur. Bütün bu konuların kentsel dönüşümün yoğun olarak yaşandığı İstanbul gibi büyük bir şehirde sağlıklı olarak tartışılması ve gerekli kararların alınması, kentsel dönüşüm atıklarının daha iyi yönetilmesi için çok daha fazla önem taşımaktadır.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bütün bu çalışmalarla birlikte, İstanbul'daki İYA yönetiminden sorumlu olan aktörler görev, yetki ve sorumluluklarını yerine getirdikleri zaman İYA yönetimi sürdürülebilir çevre, israfın önlenmesi, kaynakların verimli olarak kullanılması ve geri kazanım hedeflerinin ölçülerek geliştirilmesi noktasında önemli bir gelişme sağlanacaktır. Hatta İstanbul'da İYA'nın, sıfır atık plan, program ve felsefesine uygun olarak yönetim sistemini kurmakta mümkündür. Burada özellikle Büyükşehir ve ilçe belediyeleri birlikte iyi çalışırsa ve aralarında kopukluk ve boşluk olmadığı takdirde kurulacak sistem daha sağlıklı işleyecektir.

İstanbul'da İYA konusunda sağlıklı bir veri olmadığı için İBB bununla ilgili bir sistem kurarak hangi ilçe ve hangi kurumdan ne kadar İYA oluştuğunu ve bu oluşan İYA'nın nerede ve nasıl değerlendirildiği ile ilgili çalışma yaparak, İYA ile ilgili bütün verileri kayıt altına alacağı ve raporlayacağı bir sistem kurmalıdır. İBB, İYA bileşenleri konusunda ilgili yetkilendirilmiş kuruluşlar ile birlikte çalışmalar, anlaşma ve protokoller yaparak İYA geri kazanım ve İYA kullanım alanlarını genişletilmelidir.

İstanbul'da İYA'nın ve diğer atıkların doğru bir şekilde yönetilmesi ve sağlıklı bir şekilde geri kazanımı için İBB "Atık Kurulu" oluşturmalıdır. Bu kurulun nasıl çalışacağı, kurulda hangi kurum ve kuruluşların olacağı, kurulun görev, yetki ve sorumlulukları, atık ücretlerinin belirlenmesi, depolama, bertaraf ve geri kazanım tesislerinin kurulması gibi atıkla ilgili önemli konular bu kurulda görüşülerek kararlar alınmalıdır. İstanbul için oluşturulacak "Atık Kurulu" gerekli değerlendirme ve raporlar doğrultusunda hem ilçe



belediyelerde hem de Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan çalışmaların tek bir merkezden yönetilmesi için karar merci olmalıdır. Bu kurulun çalışmaları, görev ve sorumlulukları ayrıca düzenlenmelidir.

İBB'nin inşaat ve yıkıntı atıkları konusunda stratejik planı olmalıdır. İBB hem kendi yaptığı yıkımlar için hem de ilçe belediyelerde yapıların yıkılmasına bağlı olarak, yasal altyapı oluşturarak seçici yıkım zorunlu hale getirerek, İYA'nın kaynağında ayrıştırılmasını sağlamalıdır. İBB'nin İstanbul'da özellikle İYA yönetimi konusunda ilçe belediyeleri ile arasında ciddi bir boşluk olup, Büyükşehir Belediyesi ilçe belediyeleri ile arasındaki bu kopukluğu giderecek çalışmaları yapması gerekir. İstanbul'da İYA geri kazanım tesisi olmadığı için İBB İstanbul'da oluşan İYA miktarını dikkate alarak, tesis ihtiyacını planlanmalıdır. Tesisler ihtiyaca göre kentsel dönüşüm atıklarının yoğun olarak olduğu lokasyonlara yakın yerlerde, orta veya küçük ölçekli sabit ve mobil olarak kurulabilir.

## **KAYNAKLAR**

- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). *Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Atık Yönetimi Yönetmeliği*.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2004). *Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği*.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/03/20040318.htm#25>
- Çolak, Y. (2013). *Planlamada Adil Kent Yaklaşımı Çerçevesinde Kentsel Dönüşüm Uygulamalarının İncelenmesi: İstanbul Esenler İlçesi Örneği*. [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
- Esenler Belediyesi. (2013). *Esenler İlçesi 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Raporu*. İmar Planı Raporu, İstanbul.

- Güllü, G. (2020). *Kentsel Dönüşüm Atıklarının Yönetimi: Esenler Belediyesi Örneği*. [Doktora Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi].
- İSTAÇ. (2013) İYA Geri Dönüşüm Malzemesi Kullanılabilir Alan ve Malzeme Kalitesinin Araştırılabilirliği Araştırması. Araştırma, İstanbul.
- Kaymak, M., & Gürün, F. (2018). 2017 Şehircilik Şurası ve Kentsel Dönüşüm. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 13(49), 42-61.
- Lauritzen, E. K. (2018). *Construction, Demolition and Disaster Waste Management: An Integrated and Sustainable Approach*. CRC Press.
- Maçın, K. E. (2017). *Kentsel dönüşüm sürecinde enkaz atıkları yönetimi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Ölmez E., & Yıldız Ş., (2008). İnşaat yıkıntı atıklarının yönetimi ve planlanan İstanbul modeli. Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu 02-06 Kasım 2008.
- Polat, Y. A. (2000). Türkiye’de Kentsel Dönüşüme Bütüncül Bir Bakış: Elaziğ Örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(1), 185-202. <https://doi.org/10.18069/fusbed.10461>.
- Salgın, B., & Coşgun, N. (2018). Kentsel Dönüşüm Uygulamalarında Yapısal Atık Sorunu ve Çözüme Yönelik Öneriler: Kayseri Örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 465-476. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.387388>.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2013). *Ulusal Geri Dönüşüm ve Strateji Belgesi 2014-2017*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141230M1-12-1.pdf>
- Yüksel, Ö. (2007). *Kentsel dönüşümün fiziksel ve sosyal mekâna etkisi: Kuzey Ankara girişi kentsel dönüşüm projesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

### **Yazar Katkıları**

Makale tek bir yazar tarafından ele alınmıştır. Doğrudan başka bir yazar tarafından katkı sağlanmamıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından çıkar çatışması olmadığı rapor edilmiştir.

### **Fonlama**

Herhangi bir fon desteği alınmamıştır.

### **Not**

Bu makale, Güllü, Gültekin. «Kentsel Dönüşüm Atıklarının Yönetimi: Esenler Belediyesi Örneği.» İstanbul: İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2020. Tezimden yararlanarak türetilmiştir.

### **Etik Bildirim**

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.



## Investigation of Neutron Shielding Behaviour of Unreinforced and Calcite Reinforced Concrete Samples

*Kalsit Katkılı ve Kalsit Katkılı Olmayan Beton Numunelerde Nötron  
Zırhlama Davranışının İncelenmesi*

**Tuncay Tuna<sup>1\*</sup>, İpek Balnan<sup>2</sup>, Melek Gülnur Samur<sup>3</sup>, Nursel Sezgin<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Turkish Energy Nuclear and Mineral Research Agency, İstanbul, Türkiye, ORCID:  
0000-0002-7900-2978, tuncaytuna26@gmail.com

<sup>2</sup> Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1150-651X,  
balnanipek@gmail.com

<sup>3</sup> Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7370-2407,  
mgulnursamur@gmail.com

<sup>4</sup> Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6046-1990,  
nurselsezgin19@gmail.com

Received: 3/01/2022 – Accepted: 9/03/2022

DOI: 10.55205/joctensa.11202235

**Citation:** Tuna, T., Balnan İ., Gülnur, M., & Sezgin, N. (2022). Investigation of neutron shielding behaviour of unreinforced and calcite reinforced concrete samples, *Journal of Cihannuma Technology Engineering and Natural Sciences Academy*, 1(1), 73-86.

### Abstract

Neutron particles are different, due to their nature of interacting directly with the atomic nucleus and making indirect ionization. In this study calcite containing and non-calcite containing concrete samples neutron shielding capabilities was compared with each other. CaCO<sub>3</sub> (calcite) added concrete and pure concrete was experimentally compared against an isotropic Am-Be neutron source. Naturally, calcite containing concrete was in heavy form in comparison with pure concrete, means that the aim of these experiment is comparing neutron shielding properties of heavy and light concrete. In both samples, thickness of the samples was started with 2 cm and reach to 10 cm with 2 cm increases.

\* Corresponding author: tuncaytuna26@gmail.com

The effect of thickness and the effect of material type on neutron shielding was investigated. According to the test results, pure concrete samples shows better shielding characteristics.

**Keywords:** Neutron, concrete, shielding, radiation, calcite

## **Öz**

Nötron parçacıkları, atom çekirdeği ile doğrudan etkileşime girme ve dolaylı iyonizasyon yapma yapıları nedeniyle diğer radyasyon türlerinin oluşturduğu etkilerden farklı etkiler oluştururlar. Bu çalışmada kalsit içeren ve içermeyen beton numunelerin nötron zırlama yetenekleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.  $\text{CaCO}_3$  (kalsit) katkılı beton ve saf beton deneysel olarak izotropik Am-Be nötron kaynağı karşısında karşılaştırılmıştır. Doğal olarak kalsit içeren betonun saf betona göre ağır formda olması, bu çalışmanın amacının ağır ve hafif betonun nötron radyasyonuna karşı koruyuculuk özelliklerini karşılaştırmak olduğu anlamına gelir. Her iki örnekte de örneklerin kalınlığı 2 cm ile başlamış ve 2 cm'lik artışlarla 10 cm'ye ulaşmıştır. Kalınlığın etkisi ve malzeme tipinin nötron zırlama davranışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, saf beton numunelerinin daha üstün özellik gösterdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Nötron, beton, zırlama, radyasyon, kalsit

## **INTRODUCTION**

Radiation is a phenomenon that arises from natural and artificial sources and has been found since the existence of the world. Radiation in the form of photons and particles is an energy transport, cosmic radiation is naturally found in the universe and artificial radiation sources are used in many different fields, especially in medicine, industry and research and development activities (Aboeazz and Hassan, 2018; Başıyigit at al. 2011; Biarrotte at al. 2004; Ipe, 2010; Sariyer at al., 2015; Singh and Badiger, 2014). The type of radiation that is dangerous for living tissues is ionizing radiation, which can cause permanent damage to the tissues on a cellular scale by causing ionization in material. X-rays and gamma rays are types of radiation in the form of photons, while alpha and beta particles and neutrons are in the form of particles. Although the damage caused by each radiation in living tissue or organ is different, neutrons are considered as a severe and

dangerous type of radiation for living tissues, since they interact directly with the nucleus of the atom and also cause indirect ionization (Gökoğlan at al., 2020; Nami, 2015). In order to prevent uncontrolled exposure to radiation, precautions such as shielding of radiation sources and adjusting the distance between the source and the living beings are used (Başyiđit at al., 2011; Dees, 2017; Rwashdy at al., 2016; Tesch and Zazula, 1991).

Depending on the type and energy of the radiation sources, the shielding materials to be used should also different (Jumpee and Wongsawaeng, 2015; Tesch and Zazula, 1991). X-rays and gamma rays interact predominantly with the electron shell of the atom, so that if an atom has more electrons (i.e. with increasing atomic number  $Z$ ), probability of interaction is getting higher, while heavy materials with higher atomic number should be used for shielding. On the other hand, the situation is completely different for neutrons (Adeli at al., 2016; Soltani at al., 2016). Neutrons have no net electric charge, so they are not affected by electric forces and act directly on the nucleus of the atom, not on the electron shell. Therefore, they are highly sensitive to light atoms such as hydrogen, oxygen, etc., which have a higher probability of interaction with neutrons (Rwashdy at al., 2016; Sarıyer and Küçer, 2015). In contrast, metals show a relatively lower probability of interaction with neutrons which means a fairly high depth of penetration. For this reason, it is desirable that the material to be used for shielding should be rich in light elements such as hydrogen (Araz at al., 2021; Piotrowski, 2021). After thermalizing the neutrons with this light atomic nuclei, neutrons can easily absorbed by elements with high thermal neutron cross sections (Özcan at al., 2022; Özdemir at al., 2016). Shielding characteristics of many different materials have investigated yet. Gamma and neutron shielding properties of zinc extraction residue containing bricks were analyzed and its stated that gamma shielding capabilities of materials were higher than neutrons

(Gencel at al., 2021). In another study, investigation of the shielding ability of a composite material, concrete matrixed colemanite, was performed and effect of sample thicknesses was revealed as the thickness of the shielding material increases, the neutron shielding ratio of the composite material increases (Tuna and Bayrak, 2017). Different ratios of boron carbide added to polyester matrix in a novel study with different thicknesses and both the effects of boron carbide amount and sample thicknesses were investigated by Tuna at al. (2021)

In this study, concrete mixtures created with two different contents were discussed. While one of the mixtures is concrete with calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) additives distinctively from other studies, the other is pure concrete mixture. While calcite-added concrete is heavy concrete, pure concrete is lightweight. Thus, it is aimed to compare the neutron shielding properties of heavy and light concrete. The effect of thickness on neutron shielding was also investigated by preparing samples of different thicknesses in both mixtures.

## **MATERIALS AND METHOD**

Calcite material ( $\text{CaCO}_3$ ), known as marble powder after the supply of sea sand and cement was obtained from a local marble factory in Turkey.

During the preparation of the samples, to get pure concrete samples, materials was mixed by mechanical mixing for five minutes to ensure homogeneity by setting the cement/sand ratio to 1. Then, this mixture was poured into wooden molds prepared in five different thicknesses 2-4 6-8-10 cm and molded (Figure 1a-b). In second mixture, the calcite and concrete mixture, the Calcite/(Cement+Sand) ratio was adjusted to 1 and mixed mechanically for five minutes and the molding processes were repeated with the same thicknesses (Figure 2a-b). All samples were kept for a week at room temperature in order to ensure sufficient drying and solidification. All samples possess integrity with chosen cement/sand ratios. Further investigations could

be targeted to get samples with different ratios and analyze the cement/sand ratio effect in our experimental perspective.

**Figure 1a-b**

*Pure concrete samples*



**Figure 2a-b**

*Calcite added concretes*



In the study, an Am-Be isotropic neutron source with 2 Ci activity was used as a neutron source. Firstly, background values were determined by taking blank counts just by removing the paraffin blocks in front of the outlet beam of the source in the Howitzer, ( $I_0$ ) without samples.



Then, each of the prepared samples was placed in front of the source and 5 measurements of 60 seconds were taken from each sample (I). A Radeye NL brand He-3 detector was used as a neutron detector (Figure 3).

**Figure 3**

*Neutron shielding test system with Am-Be neutron source and He-3 detector*



In Table 1, the counting results from pure concrete samples are given. Permeability rates ( $I/I_0$ ) in Table 2 permeability percentages in Figure 4, are given.

**Table 1**

*Counting Results of Pure Concrete Samples*

Sample Thicknesses	Blank Count	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Concrete	941	520	390	191	149	127
	902	511	329	191	165	124
	891	527	368	207	167	120
	906	603	334	206	154	126
	876	561	383	206	172	124
Average	903	544.4	360.8	200.2	161.4	124.2

**Table 2***Permeability rate of pure concrete samples*

Sample Thicknesses	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
	55.14	41.36	20.25	15.80	13.47
	52.25	33.64	20.25	16.87	12.68
The Rate of Permeability ( $I/I_0$ )	52.86	36.91	20.76	16.75	12.04
	64.29	35.61	21.96	16.42	13.43
	60.58	41.36	22.25	18.57	13.39
Average	57.02	37.78	21.10	16.88	13.00

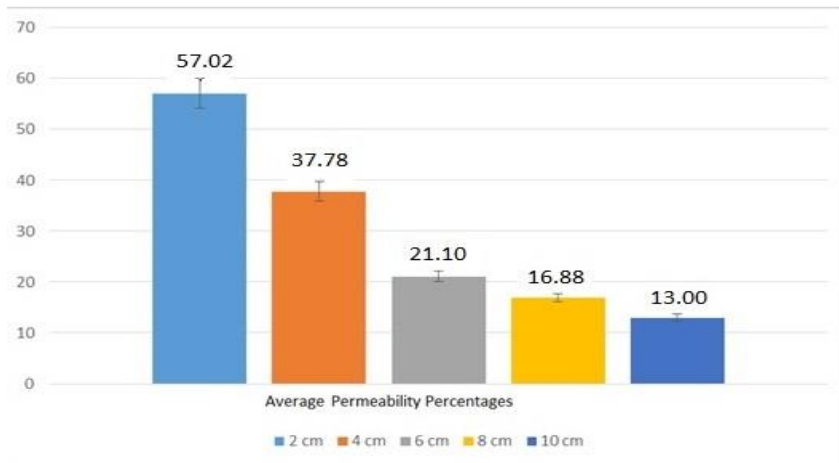
**Figure 4***Permeability percentages of pure concrete samples*

Table 3 shows the  $I$  and  $I_0$  values obtained from the measurements for calcite concrete samples. Permeability rates ( $I/I_0$ ) are given in Table 4. In Figure 5, the graph of the permeability percentages is given.

**Table 3**

*Counting Results of Calcite-Concrete Mixed Samples*

Sample Thicknesses	Blank Count	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Calcite+Concrete Mixture	941	715	392	238	192	135
	902	679	413	267	181	144
	891	723	413	252	200	144
	906	701	391	251	179	132
	876	705	397	270	179	137
Average	903	704.6	401.2	255.6	186.2	138.4

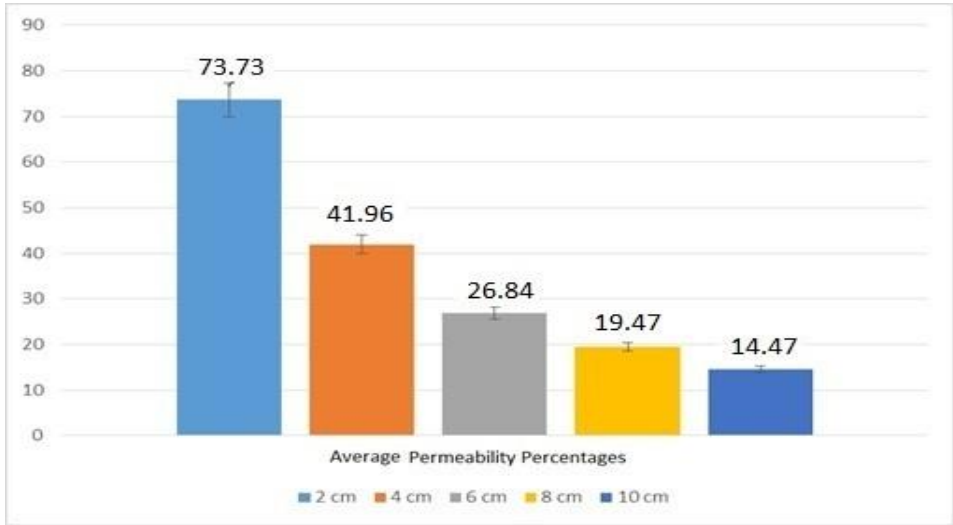
**Table 4**

*Permeability Rate of Calcite-Concrete Mixed Samples*

Sample Thicknesses	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
The Rate of Permeability (I/Io)	75.82	41.57	25.24	20.36	14.32
	69.43	42.23	27.30	18.51	14.72
	72.52	41.42	25.77	20.06	14.44
	74.73	41.68	26.76	19.08	14.07
	76.13	42.87	29.16	19.33	14.79
Average	73.73	41.96	26.84	19.47	14.47

**Figure 5**

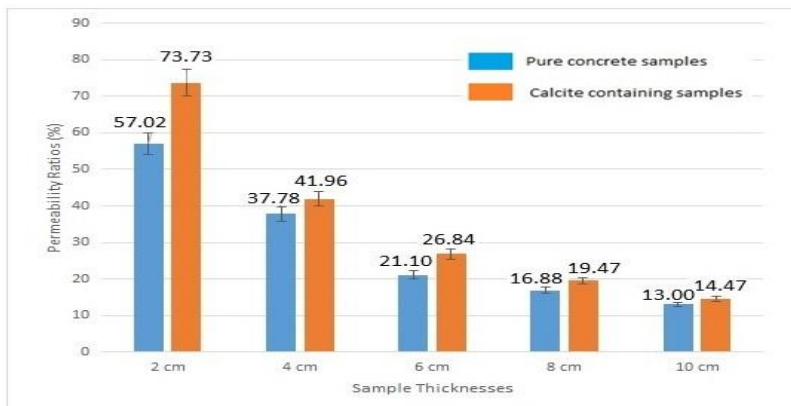
*Permeability Percentages of Calcite Concrete Samples*



Both types of concretes shielding results can be seen side by side in Figure 6 to be able to make comparison of results of the neutron experiments easier.

**Figure 6**

*Comparison of Permeability Percentages of Samples*



## **RESULTS AND DISCUSSION**

As a result of this experiment, it was determined that the neutron shielding of the calcite mixed concrete was weaker than the pure concrete as can be seen obviously from Figure 6 above. Calcite added concrete passes neutrons more (when each thickness value is compared within itself) than normal concrete. Among the most obvious reasons for this, it can be stated that the calcite-added concrete is insufficient in terms of light elements and it is a heavier material than normal concrete. Results that reached from concretes reinforced with high thermal neutron cross section materials as mentioned in Tuna and Bayrak (2017) and Tuna et al. (2021) were satisfying when compared with calcite reinforced samples so that boron like elements could choose for reinforcing concrete like matrixes.

In addition, according to the test results, it was observed that the shielding ratio increased in both concrete types with the increase of the sample thickness (Figure 4-5). At the same time, when evaluated in terms of thickness and holding efficiency, the results show us that the ideal thickness is around 10 cm.

## **REFERENCES**

- Aboelezz, E., & Hassan, G. M. (2018). Resolving the limitations of using glycine as EPR dosimeter in the intermediate level of gamma dose. *Radiation Physics and Chemistry*, 145, 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.12.006>
- Adeli, R., Shirmardi, S. P., & Ahmadi, S. J. (2016). Neutron irradiation tests on B4C/epoxy composite for neutron shielding application and the parameters assay. *Radiation Physics and Chemistry*, 127, 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.06.026>
- Araz, A., Kavaz, E., & Durak, R. (2021). Neutron and photon shielding competences of aluminum open-cell foams filled with different epoxy mixtures: An experimental study. *Radiation Physics and Chemistry*, 193, 109333. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109333>

- Chemistry, 182, 109382.  
<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109382>
- Basyigit, C., Uysal, V., Kilinçarslan, Ş., Mavi, B., Günoğlu, K., Akkurt, I., & Akkaş, A. (2011, December). Investigating radiation shielding properties of different mineral origin heavyweight concretes. In AIP conference proceedings, 1400(1), 232-235.  
<https://doi.org/10.1063/1.3663119>
- Biarrotte, J., Mueller, A. C. & Carlucci B., (2004). PDS-XADS Preliminary Design Studies of an Experimental Accelerator-Driven System, Workshop Proceedings.
- Dees, C. (2017). Neutron Radiation Shielding Strategies for Glovebox Applications (No. INL/CON-17-41743). Idaho National Lab.(INL), Idaho Falls, ID (United States).
- Gencil, O., Bozkurt, A., Kam, E., Yaras, A., Erdogmus, E., & Sutcu, M. (2021). Gamma and neutron attenuation characteristics of bricks containing zinc extraction residue as a novel shielding material. *Progress in Nuclear Energy*, 139, 103878.  
<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2021.103878>
- Gökoğlan, E., Ekinci, M., Özgenç, E., Derya, İ. Ö., & AŞIKOĞLU, M. (2020). Radyasyon ve insan sağlığı üzerindeki etkileri. *Anatolian Clinic the Journal of Medical Sciences*, 25(3), 289-294.  
<https://doi.org/10.21673/anadoluklin.709434>
- Ipe, N. E., Fehrenbacher, G., Gudowska, I., Paganetti, H., Schippers, J., & Roesler, S. (2010). PTCOG Publications Sub-Committee Task Group on Shielding Design and Radiation Safety of Charged Particle Therapy Facilities. [https://www.ptcog.ch/archive/Software\\_and\\_Docs/Shielding\\_radiation\\_protection.pdf](https://www.ptcog.ch/archive/Software_and_Docs/Shielding_radiation_protection.pdf)
- Jumpee, C., & Wongsawaeng, D. (2015, April). Innovative neutron shielding materials composed of natural rubber-styrene butadiene rubber blends, boron oxide and iron (III) oxide, In *Journal of Physics: Conference Series*, 611(1), 012019). IOP Publishing Ltd.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/611/1/012019>

- Nami, Y. (2015). "Biological Effects of Radiation", Nuclear Medicine Seminars, 1(3), 139-143. <https://doi.org/10.4274/nts.0022>
- Özcan, M., Kam, E., Kaya, C., & Kaya, F. (2022). Boron-containing nonwoven polymeric nanofiber mats as neutron shields in compact nuclear fusion reactors. International Journal of Energy Research. <https://doi.org/10.1002/er.7652>
- Özdemir, T., Akbay, I. K., Uzun, H., & Reyhancan, I. A. (2016). Neutron shielding of EPDM rubber with boric acid: mechanical, thermal properties and neutron absorption tests. Progress in Nuclear Energy, 89, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2016.02.007>
- Piotrowski, T. (2021). Neutron shielding evaluation of concretes and mortars: A review. Construction and Building Materials, 277, 122238. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122238>
- Rwashdy Q., Günoğlu K., Akyıldırım H., Akkurt İ. (2016), "Investigation of Radiation Shielding Properties of Some Steels", 3rd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering.
- Sarıyer, D. & Küçer, R., (2015). Study of Neutron Attenuation Properties of Materials of Different Density, SDU Journal of Science, 10(1), 49-53.
- Sarıyer, D., Küçer, R., & Küçer, N. (2015). Neutron shielding properties of concretes containing boron carbide and ferro-boron. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 1752-1756. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.320>
- Singh, V. P., & Badiger, N. M. (2014). Gamma ray and neutron shielding properties of some alloy materials. Annals of Nuclear Energy, 64, 301-310. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2013.10.003>
- Soltani, Z., Beigzadeh, A., Ziaie, F., & Asadi, E. (2016). Effect of particle size and percentages of Boron carbide on the thermal neutron radiation shielding properties of HDPE/B4C composite: Experimental and simulation studies. Radiation Physics and Chemistry, 127, 182-187. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.06.027>

- Tesch, K., & Zazula, J. M. (1991). Shielding properties of iron at high energy proton accelerators studied by a Monte Carlo code. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 300(1), 179-187. [https://doi.org/10.1016/0168-9002\(91\)90721-2](https://doi.org/10.1016/0168-9002(91)90721-2)
- Tuna, T., & Bayrak, K. (2017). Investigation of the Shielding Capability of Concrete Matrixed Colemanite Reinforced Shielding Material. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 2(2), 57-63. <https://doi.org/10.30931/jetas.336562>
- Tuna, T., Eker, A. A., & Kam, E. (2021). Neutron shielding characteristics of polymer composites with boron carbide. *Journal of the Korean Physical Society*, 78(7), 566-573. <https://doi.org/10.1007/s40042-021-00089-z>.



## **Author Contributions**

All authors conceived of the presented idea and take responsibility in literature review. Planning methodology to reach the conclusion was performed by all authors. İpek Balnan, Melek Gülnur Samur fabricated the samples and carried out the experiments. Tuncay Tuna and Nursel Sezgin processed the experimental data. Tuncay Tuna wrote the manuscript with support from İpek Balnan, Melek Gülnur Samur and Nursel Sezgin. All authors discussed the results, provided critical feedback, helped shape the research and contributed to the final manuscript.

## **Conflict of Interest**

The Authors declare that there is no conflict of interest.

## **Funding**

No funding has been received.

## **Notes**

Special thanks for TENMAK Nuclear Energy Institute-Technology Development and Nuclear Research Department for their great support in experiments.

## **Ethical Statement**

There is no requirement of Ethics Committee Approval for review articles.



## Analyses of Heavy Metals in Sea Sediments from the İzmir Karaburun Region

*İzmir Karaburun Bölgesinden Alınan Deniz Sedimentlerinin Ağır Metal  
Analizleri*

**Erol Kam<sup>1\*</sup>, Merve Çakar<sup>2</sup>, Zeki Ünal Yümün<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup> Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5850-5464,  
erolkam@hotmail.com

<sup>2</sup> Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8300-8643,  
mrveecakarr@gmail.com

<sup>3</sup>Namık Kemal University, Çorlu, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0658-0416,  
zyumun@gmail.com

Received: 25/02/2022 – Accepted: 22/03/2022

DOI: 10.55205/joctensa.11202238

**Citation:** Kam, E., Çakar, M., & Yümün Z. Ü. (2022). Analyses of heavy metals in sea sediments from the İzmir Karaburun region. *Journal of Cihannuma Technology Engineering and Natural Sciences Academy*, 1(1), 87-100.

### Abstract

The present study aimed to determine heavy metal pollution in the İzmir Karaburun region of Turkey by analyzing the marine sediments within the İzmir Karaburun peninsula. Sediment samples were taken using a drilling method from six different regions on the peninsula and analyzed using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). The percentage of the elements in the samples that matched the standard elements described in the device were determined. The results showed that potassium (K) with a 97% matching percentage and iron (Fe) with a 94% matching percentage was intensive in six different regions. In the first, fourth, and sixth regions, silver (Ag), which is a frequent heavy metal, was found at a high incidence of 50% as regards that in other regions. The results of these analyses were parallel to each other in six different regions in the İzmir Karaburun

\* Corresponding author: erolkam@hotmail.com

peninsula, and amount of possibly toxic heavy metals were found. When the LIBS conclusions were compared with the conclusion found in the literature, the existence of some elements, such as mercury (Hg), lead (Pb), and arsenic (As), which are known to be toxic elements and a danger to human health, were found in only trace amount; as a consequence, we supposed that there is no heavy metal pollution that could pose a hazard to human health and marine ecosystems within that region.

**Keywords:** Heavy metal, LIBS, marine sediments, Karaburun

## **Öz**

Bu çalışmada İzmir Karaburun bölgesindeki deniz sedimentleri analiz edilerek bölgedeki ağır metal kirliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sediment örnekleri sondaj yöntemi kullanılarak altı farklı bölgeden alınmış ve lazer indüklenmiş plazma spektroskopisi (LIBS) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Cihazda önceden kalibre edilmiş tanımlı elementler ile analiz sonucunda tespit edilen element yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda %97 eşleşme oranıyla potasyum (K) elementi ve %97 eşleşme oranıyla demir (Fe) elementinin altı farklı bölgede de yoğun olduğu tespit edilmiştir. Bu elementlerin yanı sıra birinci, dördüncü ve altıncı bölgelerde, yaygın ağır metaller olarak karşımıza çıkan gümüş (Ag) elementi diğer bölgelere göre %50 gibi yüksek bir oranda tespit edilmiştir. Altı farklı bölgede de tespit edilen elementler birbiriyle benzerlik göstermiş olup, her bölgede bu ağır metallere eser miktarlarda rastlanmıştır. Yapılan LIBS analizi sonucunda tespit edilen veriler literatür ile karşılaştırıldığında, toksik element oldukları bilinen ve insan sağlığı açısından tehlikeli olarak adlandırılan civa(Hg), kurşun(Pb) ve arsenik(As) gibi ağır metallerin tespit edilmediği yada eser miktarlarda tespit edildiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre bölgede insan sağlığına ve deniz ekosistemine tehlike oluşturabilecek bir ağır metal kirliliğine rastlanmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, LIBS, deniz sedimentleri, Karaburun

## **INTRODUCTION**

Environmental pollution a major problem for natural ecosystems and human health. One of the biggest environmental problems is heavy metal pollution. Heavy metals cannot be degraded physically, chemically, or biologically (Duffus,2002); therefore, they accumulate in their environment and appear within a wide area as pollution in the soil, air, water, and sediment. These heavy metals can be taken into the human body through nutrition, contact, and respiration. Some of these, such as iron (Fe), nickel

(Ni), copper (Cu), and selenium (Se) are heavy metals that our bodies need; however, at specific concentrations ( $>1-10$  ppm), they become toxic. Apart from these heavy metals, nonvital heavy metals, such as cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg), show toxic effects from their initial concentrations and seriously threaten human health, even at low concentrations (i.e., 0.001–0.1 ppm) (Bengtson, 2017; Järup, 2003; Özbolat, 15) therefore, it is of great importance that these heavy metals be detected in terms of both environmental pollution and human health. Various methods, such as X-ray fluorescence (XRF) and inductively coupled plasma–optical emission spectrometry (ICP–OES) have been used in several studies to detect heavy metals (Peralta et al., 2020; Turner & Taylor, 2018; Yumun & Kam, 2019).

These preferred methods have advantages and some disadvantages. Some of the disadvantages are damage to the sample and a long pretreatment process. The laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) method, which was the preferred technique in the present study, has many advantages over other conventional methods. Although preliminary preparation is not required for LIBS, analyzes are conducted within a very short period of time and without damaging the sample. These advantages allow the LIBS method to be used in several different fields, such as forensics, medicine, food, archeology, metallurgy, geology, and environmental studies (Abbas vd., 2021; Bengtson, 2017; Jiang vd., 2021; Lee vd., 2021). In the present study, heavy metal analyses were conducted on sediment samples taken from six different regions in the İzmir Karaburun peninsula of Turkey using the LIBS method. Heavy metal pollution within the region was determined, and its effects on the environment and human health were investigated.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Sample collection**

In the present study, sediment samples taken from six different points within the İzmir Karaburun peninsula were examined. The points where the samples were to be taken were carefully selected to analyze a large area of the peninsula. Sediment samples were obtained from a depth of ~5–15 m using the drilling method. The map and coordinate information of the sampled points are shown in Fig. 1 and Table 1.

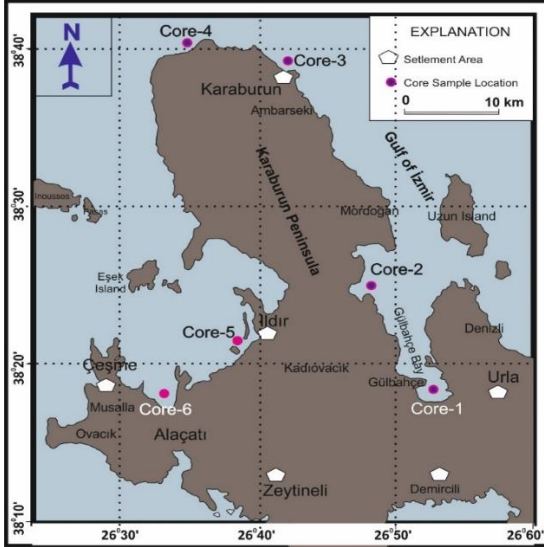
**Table 1**

*Sample Coordinates*

---

Sample Number	Y West	X North
Core 1	472533.00 d E	4241089.00 m N
Core 2	464609.43 d E	4253153.77 m N
Core 3	450908.18 d E	4281133.54 m N
Core 4	458971.45 d E	4275944.35 m N
Core 5	453766.15 d E	4248539.62 m N
Core 6	444920.00 d E	4241972.00 m N

---

**Figure 1***İzmir Karaburun Sediment Sample Locations***LIBS method**

LIBS is a fast optical emission spectroscopy method that uses a short laser pulse to create a microplasma at the sample surface. With this method, a comprehensive element analysis can be conducted, including analysis of light elements, such as hydrogen (H), beryllium (Be), lithium (Li), carbon (C), nitrogen (N), oxygen (O), sodium (Na), and magnesium (Mg). The detection limit for heavy metal elements is within the low ppm range. LIBS can be applied to a wide variety of matrices, including metals, semiconductors, glasses, biological tissues, plastics, soils, and electronic materials (Pasquini vd., 2007; Schechter, 1997). In this analyses, the laser pulse focused on the sample and a small portion of the sample mass was removed. With this laser ablation process, the ablated mass interacted with the laser pulse to create a high-energy plasma containing excited atoms and

ions (Fogarassy vd., 1996). When the laser pulse ended, the plasma began to cool. During the plasma cooling process, the electrons of the excited atoms and ions fell into their natural ground state, causing the plasma to emit light having separate spectral peaks. The light emitted from the plasma was transmitted to the spectrometer by a collector lens. The transmitted beam was analyzed by matching atomic lines within the LIBS spectrum. Approximately 0.1 after plasma formation on the sample, the first ionic diffusion followed by atomic diffusion from the elements could be detected. Calibration curves were then drawn when determining the concentration of any element in the sample, and the slopes of these curves provided information about the sensitivity of the method (Castle vd., 1998; Kam & Önce, 2016; Rusak vd., 1997; Song vd., 1997; Yümün & Önce, 2017). In the present study, a UK origin Ecco brand LIBS device was used (Yümün at al., 2019).

### **Sample Preparation**

Using the drilling method, the samples taken from ~5–15 m deep within the sea were dried in an oven at 50–70°C. The dried samples were then crushed and turned into powder, after which 3 g powdered sample was mixed with 0.9 g cellulose and pressed under pressure at ~1450.37 psi for 5s. These pressed samples, or “pellets” were then used for LIBS analyses.

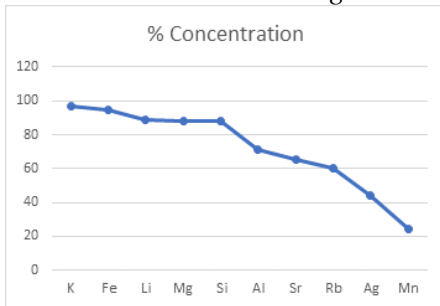
## **RESULT AND DISCUSSION**

### **Evaluation of LIBS results**

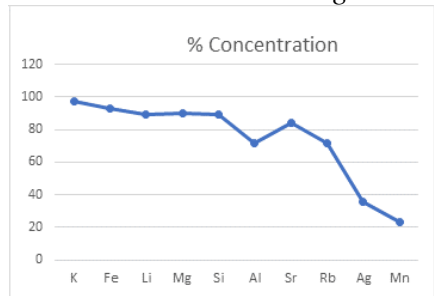
The analyses of the heavy metals in the sediment samples were conducted using the LIBS method. As a result of the analyses, 22 different elements were detected in each of the sediment samples. Among the detected elements, K, Fe, Li, and Mg were matched at a high rate to the standards within all six regions. Low percentage of aluminum (Al), silver

(Ag), and manganese (Mn) were also detected. Element percentages for the six different regions are provided in Figs. 2– 7.

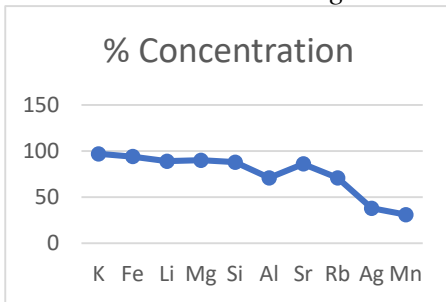
**Figure 2**  
*Core 1 Element Percentages*



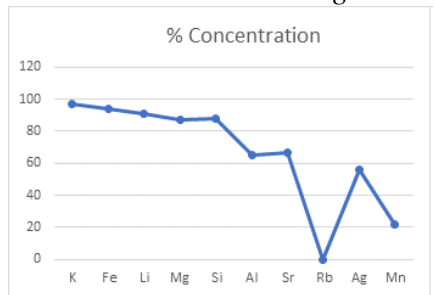
**Figure 3**  
*Core 2 Element Percentages*



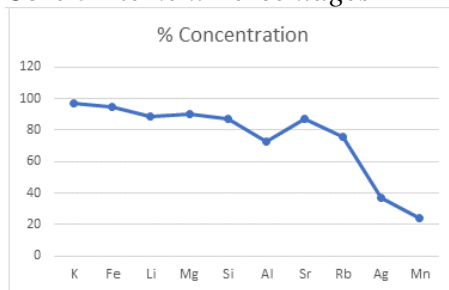
**Figure 4**  
*Core 3 Element Percentages*



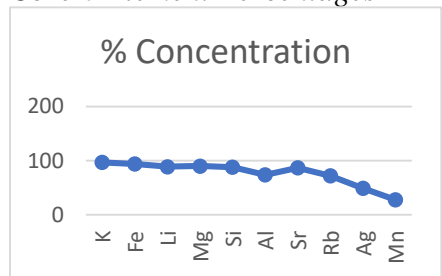
**Figure 5**  
*Core 4 Element Percentages*



**Figure 6**  
*Core 5 Element Percentages*



**Figure 7**  
*Core 6 Element Percentages*

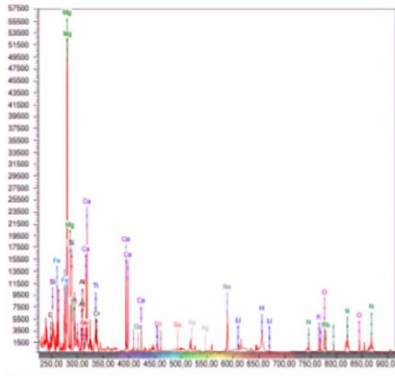




In the present study, the elemental distributions within the six different regions were examined, and it was determined that the element types and percentages within the regions were similar to each other. As a result of these findings, we observed that the LIBS method was successful for detecting heavy metals within the regions. The LIBS spectral analysis results are shown in Figs. 8–13.

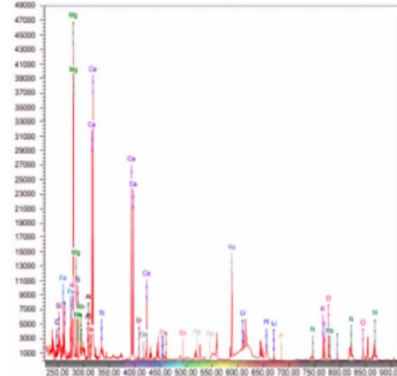
**Figure 8**

*Core 1 LIBS Spectral Analysis*



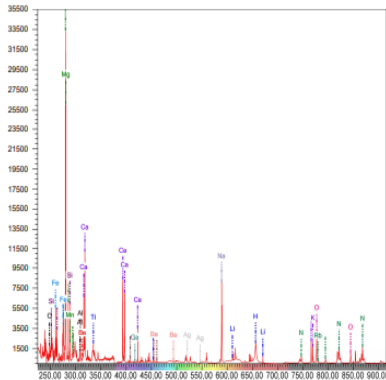
**Figure 9**

*Core 2 LIBS Spectral Analysis*



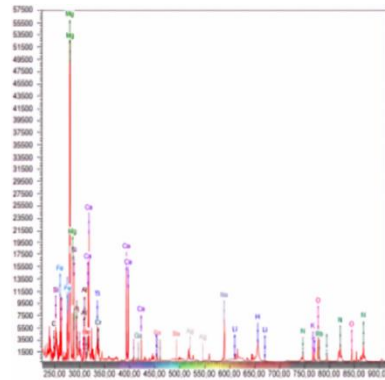
**Figure 10**

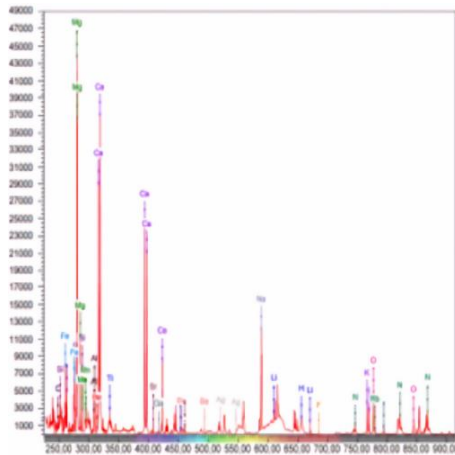
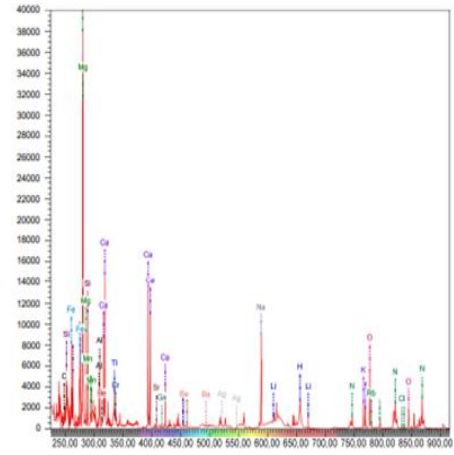
*Core 3 LIBS Spectral Analysis*



**Figure 11**

*Core 4 LIBS Spectral Analysis*



**Figure 12***Core 5 LIBS Spectral Analysis***Figure 13***Core 6 LIBS Spectral Analysis*

## CONCLUSION

In the present study, the results of LIBS analyses performed on the sediment samples taken from six different points within İzmir Karaburun peninsula were evaluated. The results indicated that high amounts of K (97%), Fe (94%), Li (89%), and Mg (89%) were found within each region. In addition, heavy metals, such as Al (71%), Ag (36%), and Mn (25%), were detected at low concentrations. Heavy metals, such as Cd, Pb, As, and Hg, detected in aquatic environments are potentially harmful substances and are reported as priority hazardous substances by the European Commission (Directive 2013/39/EU) (El Nemr vd., 2016; Hussain & Gondal, 2008; Kontas vd., 2020; N'guessan vd. 2009; Yümün, 2017). When the results of the analyses in the present study were evaluated, we observed that Hg, Pb, and As, which are harmful to human health and marine ecosystems, were not found within the İzmir-Karaburun region; therefore, we suggest that

there is no heavy metal pollution that threatens the health of humans and other animals within that region.

### **ACKNOWLEDGEMENT**

The authors thank the Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordinator for providing support for the project (#FYL-2020-3971).

### **REFERENCES**

- Abbas Q., Israr M.A., Haq S.U., Nadeem A., (2021). Exploiting calibration free laser-induced breakdown spectroscopy (CF-LIBS) for the analysis of food colors. *Optik*, 236, 166531. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.166531>
- Bengtson, A. (2017). Laser Induced Breakdown Spectroscopy compared with conventional plasma optical emission techniques for the analysis of metals—A review of applications and analytical performance. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 134, 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2017.05.006>
- Bliefert C.,(2004). *Umweltchemie*. Auflage, Wiley-UCH.
- Castle, B. C., Talabardon, K., Smith, B. W., & Winefordner, J. D. (1998). Variables influencing the precision of laser-induced breakdown spectroscopy measurements. *Applied Spectroscopy*, 52(5), 649-657. <https://doi.org/10.1366/0003702981944300>
- Duffus, J. (2002). "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807. <https://doi.org/10.1351/pac200274050793>
- El Nemr, A., El-Said, G. F., Khaled, A., & Ragab, S. (2016). Distribution and ecological risk assessment of some heavy metals in coastal surface sediments along the Red Sea, Egypt. *International Journal of Sediment Research*, 31(2), 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2014.10.001>

- Fogarassy E. , Geoghegan D. , Stuke M. , (1996). Laser Ablation, <https://doi.org/10.1016/C2009-0-13249-X>
- Hussain, T., ve Gondal, M. A., (2008). Monitoring and Assessment of Toxic Metals in Gulf War Oil Spill Contaminated Soil Using Laser-induced Breakdown Spectroscopy, *Environmental monitoring and assessment*, 136(1-3), 391-399. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9694-2>
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jiang, L., Sui, M., Fan, Y., Su, H., Xue, Y., & Zhong, S. (2021). Micro-gas column assisted laser induced breakdown spectroscopy (MGC-LIBS): A metal elements detection method for bulk water in-situ analysis. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 177, 106065. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2021.106065>
- Kam, E. & Önce, M. (2016). Pollution potential of heavy metals in the current sea sediments between Bandirma (Balıkesir) and Lapseki (Çanakkale) in the Marmara Sea. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 1(3), 141-148. <https://doi.org/10.30931/jetas.297619>
- Kontas, A., Uluturhan, E., Alyuruk, H., Darilmaz, E., Bilgin, M., & Altay, O. (2020). Metal contamination in surficial sediments of Edremit Bay (Aegean Sea): spatial distribution, source identification and ecological risk assessment. *Regional Studies in Marine Science*, 40, 101487. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101487>.
- Lee, Y., Oh, S. W., & Han, S. H. (2012). Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) of heavy metal ions at the sub-parts per million level in water. *Applied spectroscopy*, 66(12), 1385-1396. <https://doi.org/10.1366/12-06639R>
- N'guessan, Y. M., Probst, J. L., Bur, T., & Probst, A. (2009). Trace elements in stream bed sediments from agricultural catchments (Gascogne region, SW France): where do they come from?. *Science of the total environment*, 407(8), 2939-2952. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.047>

- Özbolat, G., & Abdullah, T. U. L. İ. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521. <https://doi.org/10.17827/aktd.253562>
- Pasquini, C., Cortez, J., Silva, L., & Gonzaga, F. B. (2007). Laser induced breakdown spectroscopy. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(3), 463-512. <https://doi.org/10.1021/ac303220r>
- Peralta, E., Pérez, G., Ojeda, G., Alcañiz, J. M., Valiente, M., López-Mesas, M., & Sánchez-Martín, M. J. (2020). Heavy metal availability assessment using portable X-ray fluorescence and single extraction procedures on former vineyard polluted soils. *Science of the Total Environment*, 726, 138670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138670>
- Rusak, D. A., Castle, B. C., Smith, B. W., & Winefordner, J. D. (1997). Fundamentals and applications of laser-induced breakdown spectroscopy. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 27(4), 257-290. <https://doi.org/10.1080/10408349708050587>
- Schechter, I. (1997). Laser Induced Plasma Spectroscopy: A Review of Recent Advances. *Reviews in Analytical Chemistry*, 16(3), 173-298. <https://doi.org/10.1515/REVAC.1997.16.3.173>
- Song, K., Lee, Y. I., & Sneddon, J. (1997). Applications of laser-induced breakdown spectrometry. *Applied Spectroscopy Reviews*, 32(3), 183-235. <https://doi.org/10.1080/05704929708003314>
- Turner, A., & Taylor, A. (2018). On site determination of trace metals in estuarine sediments by field-portable-XRF. *Talanta*, 190, 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.08.024>
- Yümün, Z. Ü. (2017). The effect of heavy metal pollution on foraminifera in the Western Marmara Sea (Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 129, 346-365. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.01.023>
- Yümün, Z. Ü., & Önce, M. (2017). Monitoring heavy metal pollution in foraminifera from the Gulf of Edremit (northeastern Aegean Sea) between İzmir, Balıkesir and Çanakkale (Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 130, 110-124. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.03.015>

- Yumun, Z. U., & Kam, E. (2019). Ecological analysis of heavy metal and radioactivity potential of Holocene sediments in Iznik Lake. *Nukleonika*, 64, 103-09. <https://doi.org/10.2478/nuka-2019-0013>
- Yümün, Z. Ü., Kam, E. & Melike, Ö. N. C. E. (2019). Analysis of Toxic Element with Icp-Oes and Libs Methods in Marine Sediments Around the Sea of Marmara in Kapıdağ Peninsula. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 4(1), 43-50. <https://doi.org/10.30931/jetas.567378>

### **Author Contributions**

All authors contributed jointly at every stage of the study.

### **Conflict of Interest**

No conflict of interest was reported by the authors.

### **Funding**

Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordinator.  
(#FYL-2020-3971).

### **Ethical Statement**

Ethics committee approval is not required for the study.



## Measurement of Heavy Metal Concentrations of Marine Sediments in Yalova Section of Marmara Sea By LIBS Method And Evaluation of Pollution By Principal Component Analysis

*Marmara Denizi Yalova Kesiminde Deniz Sedimentlerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının Libs Yöntemi ile Ölçülmesi ve Kirliliğin Temel Bileşen Analizi ile Değerlendirilmesi*

**Zeki Ünal Yümün<sup>1\*</sup>, Hızır Aslıyüksek<sup>2</sup>, Murat Mücahit Yentür<sup>3</sup>,  
Melike Önce<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Namık Kemal University, Çorlu, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0658-0416, zyumun@nku.edu.tr

<sup>2</sup>İstanbul University, Cerrahpaşa Institute of Forensic Medicine and Forensic Sciences, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6845-3717, doktorhizir@gmail.com

<sup>3</sup>İstanbul Sabahattin Zaim University, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4382-7502, myentur@hotmail.com

<sup>4</sup>Namık Kemal University, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3238-3726, e-mail: monce@nku.edu.tr

Received: 27/01/2022 – Accepted: 16/03/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.11202233

**Citation:** Yümün, Z. Ü., Aslıyüksek, H., Yentür, M. M., & Önce M. (2022). Measurement of Heavy Metal Concentrations of Marine Sediments in Yalova Section of Marmara Sea By Libs Method And Evaluation Of Pollution By Principal Component Analysis. *Journal of Cihannuma Technology Engineering and Natural Sciences Academy*, 1(1), 101-117.

### Abstract

The wastes formed as a result of increasing settlements, industrial establishments, agricultural activities and shipping activities on the shores of the Marmara Sea cause the

\* Corresponding author: zyumun@nku.edu.tr



pollution of the Sea of Marmara. Although the pollution in seawater is diluted in a short time by waves and water currents, heavy metals and other pollutants that precipitate chemically and physically create permanent pollution in the sediments. Heavy metal concentrations in Yalova and its surroundings were analyzed by LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) method in order to control the pollution in this region. In the analyzes made, the percent availability of heavy metals in the sediments was evaluated. With Principal Component Analysis (PCA), heavy metal contamination levels caused by domestic and industrial wastes in the sediments were analyzed and the results were interpreted. The high levels of Ca, Na, Mg elements in the region depend on the presence of carbonate rocks in the region. The presence of Fe, Al and some trace elements is due to the prevalence of volcanic and magmatic rocks in the region. The fact that the elements with high economic value such as Al, Ag and Ti are especially high in Core 1-6 is due to the granitic rocks outcropping in the eastern part of the study area where the samples were taken in, and it is an indication of the existence of important mineral mineralizations in the region. This situation shows that heavy metal pollution in the marine environment consists of both anthropogenic and natural sources.

**Keywords:** Sea Sediment, LIBS, PCA, Marmara Sea, Yalova

## **Öz**

Marmara Denizi'nin kıyılarında artan yerleşim yerleri, sanayi kuruluşları, tarımsal faaliyetler ve gemicilik faaliyetleri sonucu oluşan atıklar, Marmara Denizi'nin kirlenmesine neden olmaktadır. Deniz suyunda meydana gelen kirlilikler dalga ve su akımlarıyla kısa zaman içinde seyrelse de kimyasal ve fiziksel olarak tabana çökelen ağır metal ve diğer kirleticiler sedimentlerde kalıcı kirlilikler meydana getirirler. Yalova ve çevresinde oluşan kirliliklerin kontrol altına alınabilmesi açısından bu bölgede ağır metal konsantrasyonları LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde sedimentlere karışmış ağır metallerin yüzde olarak bulunabilirlikleri değerlendirilmiştir. Temel Bileşen Analizi (PCA) ile de sedimentlerde evsel ve endüstriyel atıkların neden olduğu ağır metal kontaminasyon seviyeleri analiz edilerek sonuçları yorumlanmıştır. Ca, Na, Mg elementlerinin bölgede yüksek oranlarda bulunması, bölgedeki karbonatlı kayaların varlığına bağlıdır. Fe, Al ve diğer eser elementler ise volkanik ve magmatik kayaların bölgede yaygın olmasından ileri gelmektedir. Al, Ag ve Ti gibi ekonomik değeri yüksek elementlerin özellikle Core 1-6'da yüksek olması bölgedeki granitik kayalara bağlı olup, bölgede önemli maden cevherleşmelerinin varlığına bir işaretidir. Bu durum denizel ortamda oluşan ağır metal kirliliklerinin hem antropojenik hem de doğal kaynaklardan oluştuğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz sedimenti, LIBS, PCA, Marmara Denizi, Yalova

## INTRODUCTION

Today, the most dangerous pollutants that pollute the environment and pose a risk to life are heavy metals. With the development of technology, heavy metals are found in high or trace amounts in almost every material we use in our daily life. One of the most important causes of environmental pollution is the discharge of heavy metal wastes used in an industry into the aquatic environment without being sufficiently separated. Heavy metals are not biodegradable in their environment. When heavy metals and water contaminated with them are discharged into aquatic environments such as streams, lakes, seas and oceans without being treated, they become highly toxic to the living system and its environment in that region. In addition, when these toxic substances are mixed with biological treatment systems, they show toxic properties for microorganisms that have an important role in the biological treatment system (Sağlam & Cihangir, 1995; Önce, Balman, & Kam, 2021.; Dökmeci, 2021). Heavy metals enter into the systems of the proteins in living things that perform their vital functions such as oxygen, nitrogen and sulfhydryl, make bonds and thus precipitate the enzymatic system. In addition, some heavy metals compete with metals with physiological functions and take their place. Considering these properties of heavy metals, their detection in all living environments (sediment, water, air, soil) becomes very important. In this process, the LIBS method is more useful than traditional old methods because of the fast and practical detection of metals. The LIBS method is a clean analysis method that reduces the sample preparation process, does not require reagents, and gives fast results. The fact that the measuring devices give results in a short time facilitates the analysis in the field. Thanks to the LIBS analysis method, environmental pollution is identified without wasting time and the process of taking precautions is accelerated (Yümün & Kam, 2019; Sarah, Jose, & Almiral, 2021; Kumar P., et al., 2011). Today, the LIBS

method is used successfully in various fields (environment, health, industrial production, forensics, etc.) (Villas-Boas, et al., 2016; Sankaran, Ehsani, & Morganc, 2015; Guang, Qias, Chen, Ding, & Tian, 2015). In this study, heavy metal analyzes of ten marine sediment samples taken from the Yalova coastal part of the Marmara Sea were carried out by the LIBS method. PCA analysis was applied for the analytical interpretation of the obtained results. There are many studies on the LIBS method in the Marmara Sea and the surrounding areas (Önce, Balnan, & Kam, 2021; Yümün, Kam, & Önce, 2019). In these previous analyzes, heavy metal concentrations that cause marine pollution were evaluated. Conducting this study contributed to the consideration of all studies as a whole.

## **MATERYAL METOD**

### **Sampling**

In the study area, ten core (gravity core) samples were taken within approximately 10-20 m from the sea coast. The location map of the study area and sample locations are given in Figure 1 and their coordinates are given in table 1. The storage, transportation and preservation of sediment samples were carried out according to “TS EN ISO 5667-15 Water Quality-Sampling-Part 15: Protection and Transport Guide of Sludge and Sediment Samples”. Sample points were determined in a way and number to characterize the sediment quality in the region and the variation of this quality within the region. In the selection of the sample locations, industrial zones, waste discharge areas and regions where the effluent of wastewater treatment plants are discharged were taken into account. Care was taken not to physically interfere with the sediment to be sampled before sampling. Depending on the sedimentation rate, samples were taken from the top layer of the sediment from a depth of 0 to 50 cm. In regions with high flow velocity, sampling depth was chosen as more than 5 cm (Yümün & Kam,

2019-1; INT-1, 2015; Yümün Z.Ü. and Kam E., 2019-2; Dökmeci, 2021; Kontas, et al., 2020).

### **Analysis Method**

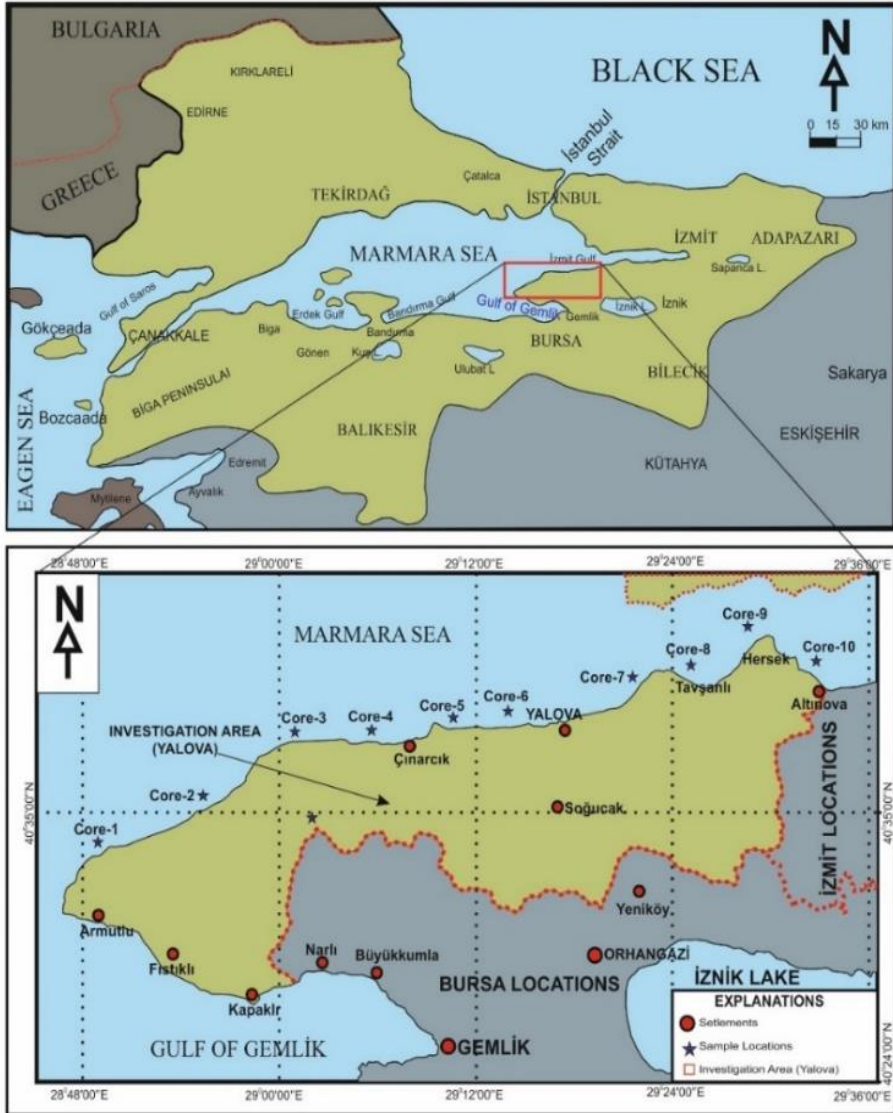
Laser-Induced Plasma Spectroscopy (LIBS) is a method used for multi-element analysis of materials (Barbini et al., 1999; Yang, 2009). In this technique, a focused, high-intensity, powerful laser beam hits the solid surface of the sample under study. As a result, a high-density plasma cloud is formed near the expanding surface (Yang, 2009). The optimum instrumental parameters for soil analysis were obtained when the repetition rate,  $t_d$  and  $t_w$ , were equal to 10 Hz, 1  $\mu$ s and 10  $\mu$ s, respectively. Standard reference material (SRM-2586) was used to prepare the pellets (Daniel, Pereira-Filho, & Konieczynski, 2017; Yümün, Kam, & Önce, 2019-3).

### **Sample Preparation and Measurements**

For elemental analysis, 25 g of each sediment sample was taken from each core. The sediment samples taken were collected in a specially made pellet container with 20-25 gr and compressed in the press machine under a pressure of about 100 bar for 5 seconds. This shape of the samples is called “pellet”. Standard reference material (SRM-2586) uses to prepare pellets for the parameter analysis. The pelleted samples place in sealed bags and sent for LIBS analysis (Yümün & Kam, 2019; Daniel, Pereira-Filho, & Konieczynski, 2017; Imam, Aziz, Chaudhary, Rizvi, & Ali, 2018).

**Figure 1**

*Location Map of the investigation area and samples.*



**Tablo 1***Core coordinates, depths and lithologies of samples*

Sample No	Coordinat		Depth (m)	Lithology
	Y (North)	X (East)		
Core-1	4490806.68	650935.56	12.00	Sandy Silt- Clay
Core-2	4495209.07	660644.89	13.00	Sandy Silt- Clay
Core-3	4500426.93	666593.4	12.50	Sandy Silt- Clay
Core-4	4502037.00	670824.00	13.50	Sandy Silt- Clay
Core-5	4502616.00	676534.00	16.20	Sandy Silt- Clay
Core-6	4503311.00	682500.00	18.60	Sandy Silt- Clay
Core-7	4504259.00	689241.00	20.00	Sandy Silt- Clay
Core-8	4507026.00	698699.00	17.40	Sandy Silt- Clay
Core-9	4510209.00	708649.00	19.00	Sandy Silt- Clay
Core-10	4508757.00	715575.00	14.50	Sandy Silt- Clay

## ANALYSIS RESULTS

### **LIBS Analysis and Evaluation of Analysis Results With PCA Analysis**

LIBS analysis results (%) of ten Core samples taken from the study area are given in table 2. Principal Component Analysis (PCA) was used to evaluate these results empirically and analytically. Principal Component Analysis (PCA); It is one of the multivariate data analysis techniques used to reduce the data size (Yalçın, Kılıç, Nyamsari, Yalçın, & Kılıç, 2016). In this technique, the total variation in the data set, it is explained through new 'principal components' that allow the original variables to be restated in several linear combinations and have no correlations between them. The best results in PCA are obtained when the variables that make up the data set have the highest negative or positive correlation with each other (Caneque, ve diğerleri, 2004; Panthija, Rai, Rai, & Thankur, 2010; Yoon,

Choi, Moon, & Choi, 2021; Özkan, Büyükişik, Konaş, & Türkdogan, 2017). Table 3 contains the results of the PCA analysis. Looking at the cumulative sum, 9 samples provided 100% of the variance for 21 elements. The first sample accounted for 30.638% of the variance, the second sample 27.828%, the third 14.344%, the fourth sample 10.603%, the fifth sample 8.322, the sixth sample 4.816%, the seventh sample 2.205, the eighth sample 1.1% and the ninth 0.188% explains.

**Table 2**

*LIBS analysis results*

Sample Locations	Yalova 1 (%)	Yalova 2 (%)	Yalova 3 (%)	Yalova 4 (%)	Yalova 5 (%)	Yalova 6 (%)	Yalova 7 (%)	Yalova 8 (%)	Yalova 9 (%)	Yalova 10 (%)
<i>Ba</i>	92	91	89	80	92	91	88	86	84	88
<i>Li</i>	90	91	88	89	89	91	88	91	83	90
<i>Mg</i>	89	88	86	86	87	90	88	90	90	89
<i>O</i>	88	87	85	89	90	87	88	88	89	88
<i>Si</i>	88	86	86	82	88	87	88	82	84	86
<i>Ga</i>	85	89	93	75	87	78	79	49	90	74
<i>Rb</i>	74	75	-	76	76	70	71	52	74	69
<i>Al</i>	74	73	73	72	73	85	84	74	74	75
<i>Na</i>	73	94	72	72	90	78	93	70	72	76
<i>Sr</i>	65	60	87	77	88	82	50	76	61	77
<i>K</i>	65	59	-	63	65	64	65	63	67	65
<i>Ag</i>	64	54	-	61	-	66	72	-	-	-
<i>H</i>	55	50	46	-	56	-	-	57	-	-
<i>Fe</i>	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
<i>Ti</i>	71	71	77	69	68	73	76	66	80	72
<i>Ca</i>	71	73	74	78	79	66	74	72	75	77
<i>Be</i>	-	-	72	-	46	64	50	-	54	63
<i>N</i>	-	-	63	68	68	71	69	59	75	78
<i>Mn</i>	-	-	49	-	-	-	-	43	-	-
<i>F</i>	-	-	-	57	-	-	-	-	-	70
<i>Cl</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	69	-

The chart of the Eigenvalues is given in Figure 3. Using Eigenvalues, there are factors to be interpreted in PCA analysis. These factors which obtained from the analyzes greater than 1 are considered significant, and factors less than 1 are not considered. The total variance associated with each factor is shown in the Scree Plot Chart. The break occurred after the 5th point in the graph given in Figure 3 and a certain decrease has been observed.

**Table 3**

*Explanation of total variance on elements in the Yalova coastal sediments*

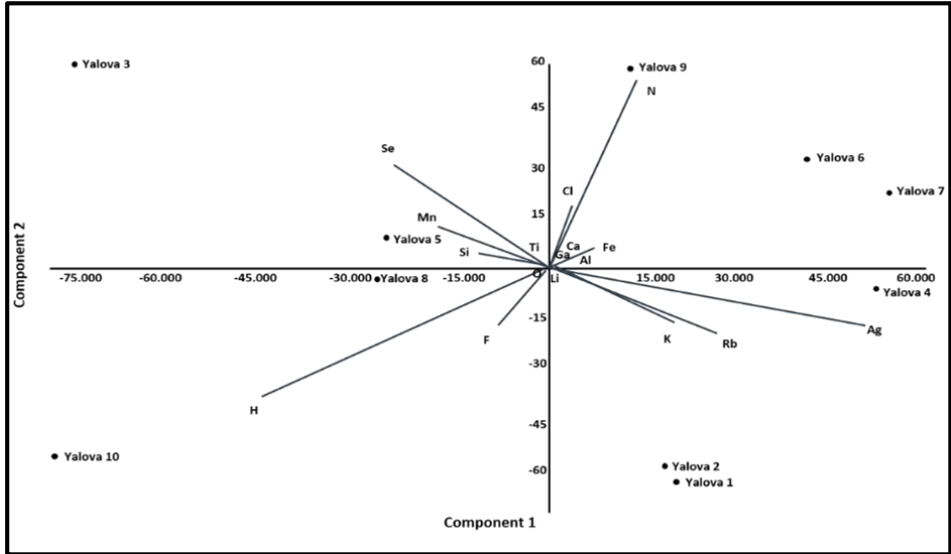
<i>PC</i>	<i>Eigenvalue</i>	<i>%Variance</i>	<i>Cumulative %</i>
1	2302.2	30.638	30.638
2	2091.03	27.828	58.466
3	1077.8	14.344	72,810
4	796.712	10.603	83,413
5	625.301	8.3217	91,735
6	361.856	4.8157	96.550
7	165.657	2.2046	98.755
8	79.3972	1.0566	99.812
9	14.1579	0.18842	100.00

Hence, the factor number was determined as four. No significant downward trend is seen after five and other factors. In other words, the contributions of the four and the following factors to the variance are close to each other. The results of the principal component analysis (PCA) of the elements as shown in Table 3 indicates that the six components retained have a good representation of all the elements.



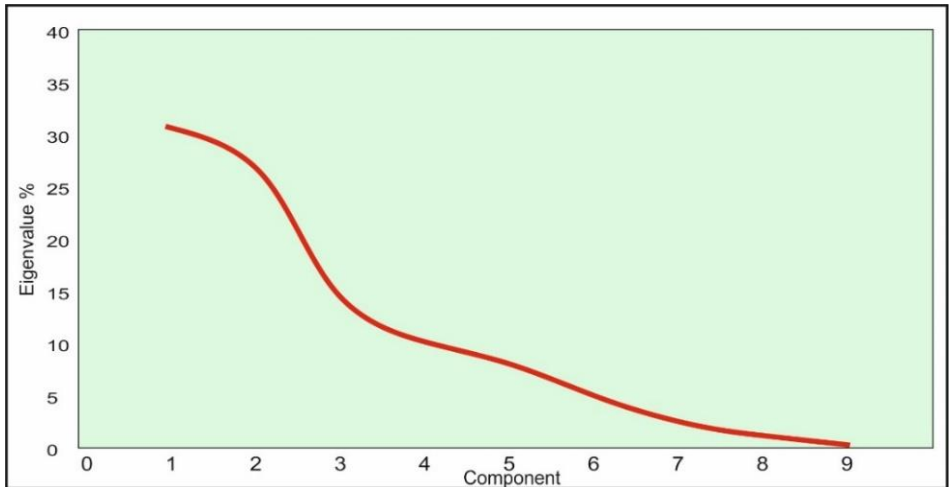
**Figure 2**

*Principal Component Analysis (PCA) Results*



**Figure 3**

*Scree Plot Chart Showing the Factor Analysis of the Elements in the Composition of Marine Sediments*



## **Study Area Geology and Evaluation of the Effect of Geological Structure on Element Presence**

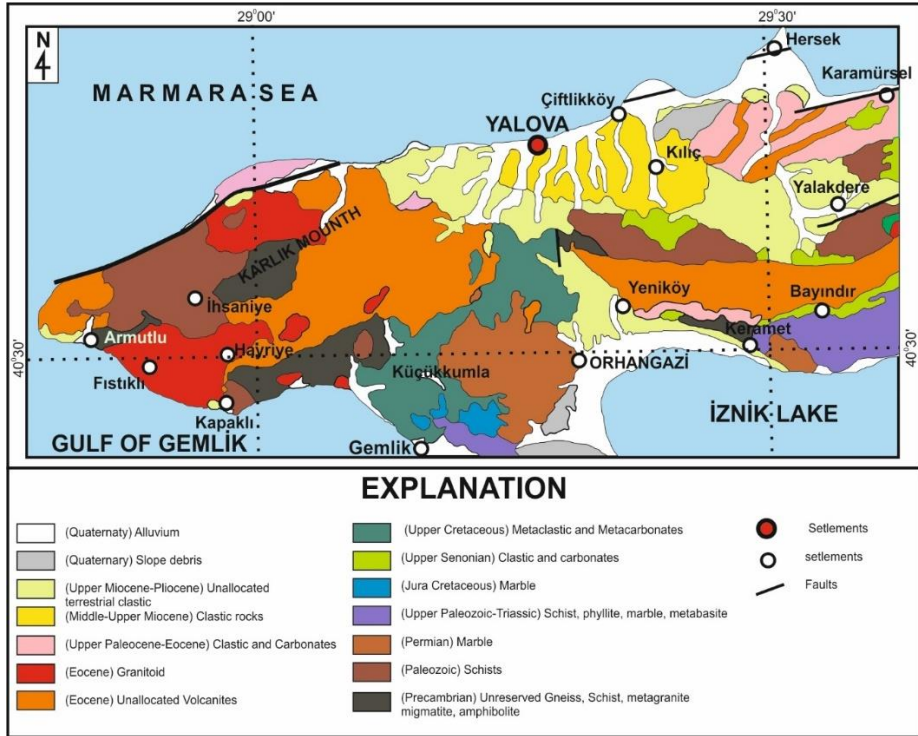
The research area has a slightly sloping topography, and the adjacent land areas are at different heights between 10-15 meters compared to sea level. Various lithological units representing different times from the Paleozoic to the Present are exposed in the study area (Figure 4). At the basement of the field are the Pamukova metamorphics, which are thought to be Precambrian-Lower Paleozoic aged, and the Lower Triassic?-Cretaceous aged Iznik Metamorphics, which show less metamorphism (Göncüoğlu, et al., 1986; Göncüoğlu, et al., 1992).

At the top, the Upper Cretaceous Bakacak formation, Upper Paleocene-Middle Eocene aged İncebel formation, and Eocene aged Sarısu formation overlying the basement are sedimentary and volcano-sedimentary units. During the Eocene period, the Fistikli Granitoid was emplaced in the region. In the upper part, Miocene aged Kılıç formation, Upper Miocene-Lower Pliocene aged Yalakdere formation, Pleistocene aged marine terrace deposits and current alluviums are located. The coastline gained its current position in the Holocene and the marine successions in the flow direction of Safran Stream continue to develop today (Erendil, et al., 1991; Günay, 2018).

The high levels of Ca, Na, Mg elements in the region depend on the presence of carbonate rocks such as Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) and Magnesium ( $\text{MgCO}_3$ ). Fe, Al and other trace elements depend on the prevalence of igneous and igneous rocks in the region. The reason why elements such as Al, Ag and Ti are especially high in the first 6 samples (Core 1-6) is thought to be due to the proximity of granitic rocks to these locations. The presence of these elements with high economic value is an important finding and detailed studies are recommended for detailed extraction of mineral enrichments.

**Figure 4**

*Geological map of the study area and its surroundings (Bayrak, Yümün, & Kam, 2018; Turkecan & Yurtsever, 2002)*



## CONCLUSION

In this study, LIBS analysis was used to analyze heavy metal pollution of marine sediments of the Yalova coast. PCA analysis was performed to evaluate the results of the LIBS analysis. Due to the redundancy of the spectral data of the ten samples obtained, it becomes difficult for us to analyze them. It is also difficult to analyze spectral lines from LIBS spectra. Therefore, PCA analysis was used to help us reduce and compress data by selecting only the principal components (PCs). As a result of the analysis, it was seen that the LIBS technique is capable of performing the separation

and differentiation of various samples, no matter how small the differences in element composition. In PCA analysis based on LIBS spectra, common points were found in the elemental composition of the sediment samples. It can comment on the pollution of the Yalova seacoast, whose element composition is obtained. By determining the lithological characteristics of the sediments around the study area, a more realistic evaluation of the LIBS analysis results was provided. Here, it is understood that there may be significant mineral enrichment, especially in the locations where Core 1-6 samples are found.

## REFERENCES

- Barbini, R., Colao, F., Fantoni, R., Palucci, A., & Capitelli, F. (1999.). Application of laser induced breakdown spectroscopy to the analysis of metals in soils. *Appl. Phys. A* 69., 175–179.
- Bayrak, K., Yümün, Z., & Kam, E. (2018). Determination of Natural Radiation Levels in İzmit Gulf Altınova Shipyard Area. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 12 (34), 7-11.
- Caneque, V., Perez, C., Velasco, S., Diaz, M., Lauzurica, S., Alvarez, I., . . . De la Fuente, J. (2004). *Carcass and Meat Quality of Light Lambs Principal Component Analysis*”, *Meat Science*, 67., 595-605.
- Daniel, F., Pereira-Filho, E., & Konieczynski, P. (2017). Comparison of ICP OES and LIBS Analysis of Medicinal Herbs Rich in Flavonoids from Eastern Europe. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 28, No. 5, 838-847.
- Dökmeci, A. (2021). Concentrations Of Different Macro And Trace Elements In Sediment And Fish Samples From The Coast of Tekirdag Marmara Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*.30, 1902-1915.
- Erendil, M., Göncüoğlu, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B., . . . Temran, A. (1991). Geology of Armutlu Peninsula. *MTA Report*. 9165., 2-20.

- Göncüoğlu, M., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., & Ürgün, B. (1992). Introduction To The Geology Of Armutlu Peninsula. *ISGB-92, Guide Book, Ankara-Turkey,*, 26-36.
- Göncüoğlu, M., Erendil, M., Tekeli, O., Ürgün, B., Aksay, A., & Kuşçu, İ. (1986). Geology of the eastern part of the Armutlu Peninsula. *MTA Rap.7493.*, 2-18.
- Guang, Y., Qias, S., Chen, P., Ding, Y., & Tian, D. (2015). Rock and soil classification using PLS-DA and SVM combined with a laser-induced breakdown spectroscopy Library. *Plasma Science and Technology* 17(8), 656-667.
- Günay, Y. (2018). Evaluation of Morphotectonics of Çalidere Basin (Armutlu Peninsula, Yalova) by Geomorphological Analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 16(2), 259.
- Imam, A., Aziz, M., Chaudhary, K., Rizvi, Z., & Ali, J. (2018). Libs-PCA based discrimination of Malaysian coins. *Imam, A.M, Aziz, M.S., Chaudhary, K., Rizvi Z., Ali J., (2018). , International Laser Technology and Optics Symposium (ILATOS 2017).*, 1027-012012.
- INT-1. (2015). Communiqué on Sampling and Biological Sampling from Surface Water, Groundwater and Sediment. . <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150221-11.htm>.
- Kontas, A., Ulutarhan, E., Alyürük, H., Darılmaz, E., Bilgin, M., & Altay, O. (2020). Metal contamination in surficial sediments of Edremit Bay (Aegean Sea): Spatial distribution, source identification and ecological risk assessment. *Regional Studies in Marine Science*, 101487-101495.
- Kumar, P., & Kumar, S. (2011). Kumar P. A. , Kumar R. , Kumar Singh V. , Agrawal R. , Rai S. , Kumar Rai A. (2011), Assessment of LIBS for Spectrochemical Analysis. *A Review, Applied Spectroscopy Reviews*, 14-40.
- Kumar, P., Kumar, R., Kumar, S., Agrawal, R., Rais, S., & Kumar, R. (2011). Assessment of LIBS for Spectrochemical Analysis: A Review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 14-40.
- Önce, M., Balman, İ., & Kam, N. (2021.). Determination of Heavy Metal Distribution of Yenikapı (İstanbul) Sea Sediments Using Libs

- Method. *European Journal of Science and Technology*. 22(60)., 125-132.
- Özkan, E., Büyükişik, H., Konaş, A., & Türkdoğan, M. (2017). A survey of metal concentrations in marine sediment cores in the vicinity of an old mercury-mining area in Karaburun, Aegean Sea. *Özkan E.Y., Büyükişik H.B., Konaş A., Türkdoğan M. (2017), Environ Sci Pollut Res. 24., 13823-13836.*
- Panthija, S., Rai, N., Rai, A., & Thankur, S. (2010). Contaminant Concentration in Enviromental Samples Using LIBS and CF-LIBS. *Applied Physics B*. 98, 231-241.
- Sağlam, N., & Cihangir, N. (1995). Biosorption Studies of Heavy Metals by Biological Processes. *Hacettepe University Journal of Education Faculty,11*, 157-161.
- Sankaran, S., Ehsani, R., & Morganc, K. (2015). Sankaran S., Ehsani R. and Morganc K.T. (2015), Detection of Anomalies in Citrus Leaves Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). *Applied spectroscopy 69(8)*, 913-919.
- Sarah, C., Jose, J., & Almiral, R. (2021). Characterization and forensic analysis of soil samples using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). *Anal Bioanal Chem.*, 400, 3341–3351.
- Turkecan, A., & Yurtsever, A. (2002). 1:500.000 Scale Geological Maps of Turkey (İstanbul Map). *General Directorate of Mieral Research and Explanation, No.1.*, 1.
- Villas-Boas, P., Romano, R., Franco, M., Ferreira, E., Ferreira, E., Crestana, S., & Milori, D. (2016). P R, Romano R.A., Franco M.A.de M., Ferreira E. C., Ferreira E. J., Crestana S., Milori D. M. B. P., (2016). Laser-induced breakdown spectroscopy to determine soil texture: A fast analytical technique. *Geoderma 263*, 195-202.
- Yalçın, F., Kılıç, S., Nyamsari, D., Yalçın, M., & Kılıç, M. (2016). Principal Component Analysis of Integrated Metal Concentrations of Boğaçayı Riverbank Sediments in Turkey. *Pol.J. Environmental Stud.* 25(2), 471-485.

- Yang, N. (2009). Elemental Analysis of Soil Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy . *University of Tennessee. Master Theses.*, 1-155.
- Yoon, S., Choi, J., Moon, S.-J., & Choi, J. (2021). Yoon S., Choi J., Moon Seung-Jae and Choi J. H. (2021), Determination and Quantification of Heavy Metals in Sediments through Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Partial Least Squares Regression. *Applied Sciences*, 11(15), 7154.
- Yümün, Z., & Kam, E. (2019.). Analysis and Correlation of Element Concentrations of Marine Sediments between Silivri (İstanbul) and Çanakkale Strait with ICP-OES and LIBS Methods. *European Journal of Science and Technology*, 17., 951-958.
- Yümün, Z., & Kam, E. (2019-2). Yümün Z.Ü. and Kam E. (2019), Ecological analysis of heavy metal and radioactivity potential of Holocene sediments in Iznik Lake. *Nükleonika*, 103-109.
- Yümün, Z., Kam, E., & Önce, M. (2019). Analysis of Toxic Element with Icp-Oes and Libs Methods in Marine Sediments Around the Sea of Marmara in Kapıdağ Peninsula. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*. 4(1), 43-50.
- Yümün, Z., Kam, E., & Önce, M. (2019). Analysis of Toxic Element with Icp-Oes and Libs Methods in Marine Sediments Around the Sea of Marmara in Kapıdağ Peninsula. *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*. 4(1), 43-50.
- Yümün, Z., Kam, E., & Önce, M. (2019-3). Analysis of Toxic Element with Icp-Oes and Libs Methods in Marine Sediments Around the Sea of Marmara in Kapıdağ Peninsula.
- Yümün Z.Ü., Kam E. and Önce, M. (2019). *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*. 4(1), 43-50.

### **Author Contributions**

All authors contributed jointly at every stage of the study.

### **Conflict of Interest**

No conflict of interest was reported by the authors.

### **Funding**

No funding has been received.

### **Ethical Statement**

Ethics committee approval is not required for the study.