

# KÖMÜR

## COAL Türkiye

### Türkiye 23. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı

Proceedings of the 23rd International Coal Congress and Exhibition of Türkiye

12-13 Eylül 2024  
September 12-13 2024

Editörler/ Editors

Dr. Özgür Yılmaz, Dr. Emre Günay



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ  
UCTEA CHAMBER OF MINING ENGINEERING ZONGULDAK BRANCH

# TÜRKİYE 23. ULUSLARARASI KÖMÜR KONGRESİ VE SERGİSİ BİLDİRİLER KİTABI

*Proceedings of the  
23<sup>rd</sup> International Coal Congress and Exhibition of Türkiye*



12-13 Eylül / *September* 2024  
Zonguldak, Türkiye

**Editörler / *Editors***

**Doç. Dr. Özgür YILMAZ**

**Dr. Emre GÜNAY**



**TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ**  
*UCTEA CHAMBER of MINING ENGINEERING ZONGULDAK BRANCH*

**Türkiye 23. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı**  
*Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Coal Congress and Exhibition of Türkiye*

**12-13 Eylül / September 2024**  
**Zonguldak, Türkiye**



© 2024 TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi  
Bu bildiriler kitabının yayım hakkı TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesine aittir.  
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

All right reserved © 2024

No parts of this book may be reproduced or published in any form without written permission of the UCTEA the Zonguldak Branch of Chamber of Mining Engineers of Türkiye.

ISBN : 978-605-01-1649-6  
Kapak Tasarımı : Dr. Çağlar UZUN  
Editörler : Dr. Özgür YILMAZ / Dr. Emre GÜNAY  
Dizgi : Dr. Özgür YILMAZ / Dr. Emre GÜNAY  
Web : <https://komurturkiye.org.tr>  
Web Editör : Dr. Alaaddin ÇAKIR

İsteme Adresi : TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi  
Liman Cad. No: 25, 67100 / ZONGULDAK  
Tel : +90 (372) 251 13 55 - +90 (372) 259 45 52  
Faks : +90 (372) 253 10 80  
Maden Müh. Odası Web : <http://www.maden.org.tr>  
Maden Müh. Odası E-Posta : [zonguldak@maden.org.tr](mailto:zonguldak@maden.org.tr)

## SUNUŞ

1978 yılından bu yana TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi tarafından 2 yılda bir düzenlenen ve kömür endüstrisinde bir gelenek haline gelmiş Uluslararası Türkiye Kömür Kongresi ve Sergisi sektörün temel sorunlarının, teknik gelişmelerin ve çözüm önerilerinin tartışıldığı bir platform olmuştur. Kongre tarihi boyunca yerli ve yabancı bilim insanları ve sektör temsilcilerince sunulan çok sayıda bildiri, sektörün önde gelen isimlerince sunulan çağrılı bildiriler ve düzenlenen panellerle ülkemizin ve uluslararası kömür madenciliğinin sorunları tartışılmış ve kömür madenciliğinin geleceği üzerine politikalar oluşturulmuştur. Düzenlenen Türkiye 23. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi - *Kömür Türkiye 2024* ile; ülkemizdeki ve dünyadaki kömür madenciliğinde yaşanan bilimsel ve teknolojik gelişmelerin konunun uzmanları tarafından paylaşılması ve tartışılması, kongre boyunca kömür üreticileri ile tedarikçilerinin ve meslektaşlarımızın bir araya gelmeleri, ayrıca kömürle ilgili politikaların belirlenmesine ışık tutulması amaçlanmıştır.

Sanayi Devrimi'nden başlayarak neredeyse 250 yıl boyunca kömürün her türünden her şekilde yararlanan, sanayilerini bu sayede geliştirerek enerji taleplerini daha da artamayacak şekilde en tepeye taşıyan başta İngiltere, Almanya, A.B.D ve hatta Japonya gibi gelişmiş ülkeler ve Avrupa Birliği gibi topluluklar küresel ısınma kaygıları nedeniyle kömür tüketimlerini azaltacaklarını deklare etmişlerdir. Bu amaçla, Avrupa Birliği de dahil olmak üzere bu ve benzeri ülkeler tarafından çok çeşitli belgeler, stratejiler ve inisiyatifler ortaya atan Batı, Dünyada ortaya çıkan ilk sorunda ise bu vaatlerinden ve adanmışlıklarından hemen ödün vermiştir. Rusya-Ukrayna krizinde Batı'nın Ukrayna'ya destek vermesi nedeniyle Rusya'nın Avrupa'ya sağladığı doğal gazı kesmesinin ardından ortaya çıkan enerji krizinden dolayı Almanya ve İngiltere hemen kapattığı nükleer santraller ve kömür ocaklarının açılmasını gündeme almıştır. Küresel ısınma ve güvenlik sebebiyle konvansiyonel yakıtlardan vazgeçeceğini beyan eden ve ciddi sükse yapan Almanya bu olayın hemen arkasından kapattığı nükleer santralleri açmayı tartışmaya başlamış, 30 yıldır yeraltından kömür üretmeyen İngiltere ise 200 milyon pound yatırımla Cumbria bölgesinde bir yeraltı ocağının açılmasına müsaade etmiştir.

Konvansiyonel enerji kaynakları arasında kömürün kendine has önemli bir özelliği bulunmaktadır. Diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında dünya kömür rezervlerinin ömrü mevcut tüketim hızıyla 100 yıldan fazladır. Bu değer petrol için 50-55 yıl ve doğal gaz içinse 50 yıl civarındadır. Her ne kadar Batı'nın enerji kaynaklarına yönelik ortaya attığı senaryolarda küresel ısınma nedeniyle kömürün öneminin azalacağı sıklıkla vurgulansa da Rusya-Ukrayna krizinde olduğu gibi olayın çok kısa sürede ülkelerin enerji dengelerinde ciddi değişimlere neden olması bu öngörünün pek de geçerli olamayacağını göstermektedir. Zira enerjide dışa bağımlı tüm ülkelerin böylesi bir durumda sorun yaşayacakları açıktır. Bu nedenle dünyadaki tüm ülkeler kullanacakları enerji kaynaklarını çeşitlendirmek zorundadır.

Yeni linyit rezervlerinin tespiti ve işletmeye açılması çalışmaları madencilik camiasında olumlu etki oluştursa da taşkömürü madenciliği açısından durum olumsuz gözükmektedir. Batı Karadeniz Taşkömürü Havzası bu anlamda uzun yıllar ülkemiz demir-çelik sektörünün koklaşabilir taşkömürü ihtiyacının karşılanmasına destek olmuş, ancak neredeyse çeyrek asırdır Havzada yapılan üretim

ihtiyaç duyulan taşkömürü talebinin %5'ini dahi karşılayamaz duruma gelmiştir. Zonguldak Havzasında mekanize üretime geçiş yönünde çalışmalar olmasına rağmen ciddi bir üretim artışı gözlenememektedir.

Ülkemizde kömür madenciliğinin güncel sorunu sürdürülebilir madencilik ilkeleri çerçevesinde varlığını sürdürebilmektedir. Bu bağlamda sektörün en temel sorunları arasında iş kazaları, çevre sorunları ve sektörün verimliliği önemli yer tutmaktadır. 2014 yılında yaşanan 301 madencinin yaşamını yitirdiği Soma faciasının ardından yapılan mevzuat iyileştirmeleri olumlu olmakla birlikte pratikte yetersiz kalmıştır. Bunun kanıtı ise 2022 yılında Türkiye Taşkömürü Kurumu Amasra Müessesesi yeraltı ocağında meydana gelen ve 43 madencimizin hayatını kaybettiği elim faciadır. Bunun yanında ağır maluliyetle sonuçlanan ve pek çok madencinin aileleriyle birlikte yaşamlarını karartan iş kazalarının çokluğu korkutucu boyuta ulaşmıştır. Ayrıca kayıtlara geçmeyen çok sayıda ramak kala olaylarının varlığı da hepimizce bilinmektedir.

Özellikle son 20 yılda artan küresel ısınma ve çevre kaynaklı kaygılar, kömür başta olmak üzere fosil yakıtların geleceği hakkındaki tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Buna karşılık kömür ise, sanki diğer enerji kaynakları çok masummuş gibi, “kirlili” bir enerji kaynağı olarak nitelenmekte, özellikle yazılı ve görsel medyada sürekli olarak kötülenmektedir. Oysaki sürdürülebilir madencilik ilkeleri doğrultusunda dünyada kömürün kullanılmasından kaynaklı kirliliklerin atmosfere ve çevreye yayılmasının önlenmesi için teknolojiler geliştirmekte ve dünyada sıfır emisyonlu termik santraller başarılı şekilde faaliyete geçirilmektedir.

12-13 Eylül 2024 tarihinde gerçekleştirilecek olan Kongremizin ilk gününde açılış konuşmalarını takiben 2 adet çağrılı bildiri sunulacak olup “*Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği ve Uygulamada Yeraltı Kömür Madenciliğine Yönelik Aksaklıklar*” konulu bir de panel gerçekleştirilecektir. Kongrenin ikinci günü ise ve 30 adet teknik bildiri sunulacaktır. Bunun yanında kongre süresince 27 firmanın yer alacağı maden makineleri donanımı ile işçi sağlığı ve iş güvenliği ekipmanları sergisi delegelere, maden üreticilerine ve ziyaretçilere açık olacaktır.

Türkiye 23. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi - Kömür Türkiye 2024'ün gerçekleştirilmesinde, maddi ve manevi destek veren tüm kişi, kurum ve kuruluşlara; kongrenin amaçlarına ulaşabilmesi için katkıda bulunan yönetim, yürütme, danışma ve bilimsel kurul üyelerine, katılımcılara, oturum yöneticilerine ve tüm yazarlara teşekkür ederiz.

**Dr. Erdoğan KAYMAKÇI**

TMMOB Maden Mühendisleri Odası  
Zonguldak Şubesi Başkanı

**Prof. Dr. Kemal BARIŞ**

Türkiye 23. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi  
Yürütme Kurulu Başkanı

## **PREFACE**

Since 1978, the Zonguldak Branch of the Turkish Chamber of Mining Engineers has organized the International Coal Congress of Türkiye every two years, establishing it as a tradition in the coal industry. This congress has served as a platform for discussing the fundamental problems, technical advancements, and proposed solutions within the coal industry. Numerous papers presented by domestic and foreign scientists and industry representatives, keynote speeches by leading figures in the sector, and organized panels have addressed the challenges faced by Turkey and international coal mining and have shaped policies for the future of coal mining. The 23rd International Coal Congress of Türkiye - Coal Turkey 2024 aims to share and discuss scientific and technological developments in the coal mining industry in Turkey and worldwide among experts, bring together coal producers, suppliers and professionals during the congress and shed light on the determination of coal-related policies.

For nearly 250 years, starting with the Industrial Revolution, countries such as the UK, Germany, the USA, Japan, and the European Union have heavily relied on coal for their industrial development and energy needs. However, due to concerns about global warming, these developed countries and the European Union have declared their intention to reduce coal consumption. To this end, the West, including the European Union, has introduced various documents, strategies, and initiatives. However, when faced with the first global crisis, the West immediately abandoned these promises and commitments. Following Russia's decision to cut off natural gas supplies to Europe in support of Ukraine during the Russia-Ukraine crisis, Germany and the UK, facing an energy crisis, have considered reopening their closed nuclear power plants and coal mines. Germany, which had declared its intention to abandon conventional fuels due to global warming and security concerns and had gained significant attention for this, has started to discuss reopening its closed nuclear power plants. The UK, which had not produced underground coal for 30 years, has permitted the opening of an underground mine in the Cumbria region with a £200 million investment.

Coal has a unique and significant characteristic among conventional energy sources. Compared to other fossil fuels, the world's coal reserves have a lifespan of more than 100 years at the current consumption rate. This figure is around 50-55 years for oil and 50 years for natural gas. Although Western energy scenarios often emphasize the decreasing importance of coal due to global warming, the Russia-Ukraine crisis, which quickly caused significant changes in countries' energy balances, indicates that this prediction may not be entirely valid. As all energy-dependent countries will face similar problems in such situations, all countries in the world must diversify their energy sources.

While efforts to identify and open new lignite reserves have had a positive impact on the mining community, the situation for hard coal mining appears negative. The Western Black Sea Coal Basin has supported Türkiye's iron and steel sector's coking coal needs for many years, but for nearly a quarter of a century, production in the basin has been unable to meet even 5% of the required coal demand. Although efforts have been made to transition to mechanized production in the Zonguldak Basin, a significant increase in production has not been observed.

The current problem in coal mining in Türkiye is its ability to sustain itself within the framework of sustainable mining principles. The most fundamental problems in the sector include work accidents,

environmental problems, and sector efficiency. Although the regulations were improved after the Soma disaster in 2014, in which 301 miners lost their lives, they have been insufficient in practice. The tragic accident in the underground mine of the Turkish Hardcoal Enterprises Amasra Colliery in 2022, which claimed the lives of 43 miners, is proof of this. Moreover, the high number of work accidents resulting in severe disabilities and devastating the lives of many miners and their families has reached alarming levels. Additionally, the existence of numerous near-miss incidents that are not recorded is well-known.

In particular, the increasing global warming and environmental concerns in the last 20 years have brought about discussions about the future of fossil fuels, especially coal. In contrast, coal is often labelled as a "dirty" energy source, as if other energy sources were completely innocent, and it is constantly vilified in the written and visual media. However, technologies are being developed worldwide to prevent pollution from the use of coal from spreading into the atmosphere and environment in accordance with sustainable mining principles, and zero-emission thermal power plants are being successfully operated around the world.

On the first day of our congress, which will be held on September 12-13, 2024, following the opening speeches, two keynote speeches will be presented, and a panel on "*Occupational Health and Safety Regulations and Deficiencies in Underground Coal Mining*" will be held. On the second day of the congress, 30 technical papers will be presented. In addition, an exhibition of mining machinery, equipment, and occupational health and safety equipment, featuring 27 companies, will be open to delegates, coal producers, and visitors throughout the congress.

We would like to thank all individuals, institutions, and organizations that have provided financial and moral support for the organization of the 23rd International Coal Congress of Turkey - Coal Turkey 2024, as well as the members of the management, executive, advisory, and scientific committees who have contributed to achieving the goals of the congress, the participants, session chairs, and all authors.

**Dr. Erdoğan KAYMAKÇI**

President of UCTEA the Zonguldak  
Branch of Chamber of Mining  
Engineering

**Prof. Dr. Kemal BARIŞ**

Chairman of the Executive Committee of the  
23<sup>rd</sup> International Coal Congress and Exhibition  
of Türkiye

**TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU**  
*UCTEA DIRECTORIAL BOARD OF CHAMBER OF MINING ENGINEERS*

<b>Başkan / Chairman</b>	: Ayhan YÜKSEL
<b>II. Başkan / II. Chairman</b>	: Bülent TOKA
<b>Yazman / Secretary</b>	: Veyis SIR
<b>Sayman / Treasurer</b>	: Mehmet ZAMAN
<b>Üyeler / Members</b>	: Pelin KERTMEN Alper ENTOK Fatih TÜTÜNCÜ

**TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**ZONGULDAK ŞUBESİ YÖNETİM KURULU**  
*UCTEA DIRECTORIAL BOARD OF ZONGULDAK BRANCH*  
*OF CHAMBER OF MINING ENGINEERS*

<b>Başkan / Chairman</b>	: Dr. Erdoğan KAYMAKÇI
<b>II. Başkan / II. Chairman</b>	: Hanefi ORUÇ
<b>Yazman / Secretary</b>	: Levent YAĞCIOĞLU
<b>Sayman / Treasurer</b>	: Sabri ÇATMA
<b>Üyeler / Members</b>	: Doç. Dr. Serdar YILMAZ Dinçer ACUN Dr. Kebire KEL



## KONGRE YÜRÜTME KURULU

### EXECUTIVE COMMITTEE OF THE CONGRESS

<b>Başkan / President</b>	: Prof. Dr. Kemal BARIŞ
<b>Bşk. Yrd. / Vice President</b>	: Doç. Dr. Özgür YILMAZ
<b>Bşk. Yrd. / Vice President</b>	: Doç. Dr. Serdar YILMAZ
<b>Yazman / Secretary</b>	: Ceyhun BARUTCUOĞLU
<b>Sayman / Treasurer</b>	: Ziya ERDEMLİ
<b>Üyeler / Members</b>	: Dr. Alaaddin ÇAKIR Dr. Emre GÜNAY Aygün EKİCİ Gürsel YAYLA Levent YAĞCIOĞLU Sadık SARİMEHMET

## KONGRE DANIŞMA KURULU

### ADVISORY COMMITTEE OF THE CONGRESS

Prof. Dr. Abdullah Ekrem YÜCE	Bülent ZERENGÖK
Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN	Mesut ERKAN
Prof. Dr. Hasan GERÇEK	Nuri ALPASLAN
Prof. Dr. İhsan TOROĞLU	Aydın KASAPOĞLU
Prof. Dr. Melih GENİŞ	Burhan ARIK
Prof. Dr. Nuri Ali AKÇIN	Diğer ACUN
Prof. Dr. Okan SU	Ekrem Murat ZAMAN
Prof. Dr. Sait KIZGUT	Enver KARAÇAM
Prof. Dr. Tuğrul ÜNLÜ	Hüsnü MEYDAN
Prof. Dr. Vedat DİDARİ	Müjdat BİROL
Prof. Dr. Yadigar V. MÜFTÜOĞLU	Nevzat ÜNLÜ
Dr. Erdoğan KAYMAKÇI	Rahmi ÜDER
Ayhan YÜKSEL	Recep AYYILDIZ
Aykut AKDEMİR	Yaşar UZUNKAVAKLI EREN

**BİLİMSEL KURUL**  
*SCIENTIFIC COMMITTEE*

Dr. Ahmet ÖZARSLAN (Türkiye)	Dr. Krystian PROBIERZ (Poland)
Dr. Alaaddin ÇAKIR (Türkiye)	Dr. Mehmet BİLEN (Türkiye)
Dr. Anna RASSKOZOVA (Russia)	Dr. Mehmet Kürşat DİLMAÇ (Türkiye)
Dr. Deniz AKBAY (Türkiye)	Dr. Mustafa ÖNDER (Türkiye)
Dr. Emre GÜNAY (Türkiye)	Dr. Nazmi ŞENGÜN (Türkiye)
Dr. Erdoğan KAYMAKÇI (Türkiye)	Dr. Okan SU (Türkiye)
Dr. Gürkan BACAK (Türkiye)	Dr. Özer ÖREN (Türkiye)
Dr. Hanifi ÇOPUR (Türkiye)	Dr. Özgür YILMAZ (Türkiye)
Dr. Hasan Aydın BİLGİN (Türkiye)	Dr. Raşit ALTINDAĞ (Türkiye)
Dr. Hasan EKER (Türkiye)	Dr. Serdar YILMAZ (Türkiye)
Dr. İbrahim ÇAVUŞOĞLU (Türkiye)	Dr. Seyfi KULAKSIZ (Türkiye)
Dr. İhsan TOROĞLU (Türkiye)	Dr. Suphi URAL (Türkiye)
Dr. İlknur EROL (Türkiye)	Dr. Tuğrul ÜNLÜ (Türkiye)
Dr. İsmail Göktay EDİZ (Türkiye)	Dr. Türker HÜDAVERDİ (Türkiye)
Dr. Gzim IBISHI (Kosovo)	Dr. Utku SAKIZ (Türkiye)
Dr. Kemal BARIŞ (Türkiye)	Dr. Vedat DİDARİ (Türkiye)

Bildiriler en az iki hakem değerlendirmesinden geçmiştir.  
*Papers has been sent to at least two referees.*

**MADEN MAKİNALARI VE DONANIMI SERGİSİNE KATILAN**

**KURUM VE KURULUŞLAR**

*ESTABLISHMENTS AND COMPANIES PARTICIPATING*

*IN THE EXHIBITION OF MINING MACHINERY*

---

ALAGRUP MİMARLIK MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.  
ALBACORE MADENCİLİK SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.  
ARDEF MADEN MAKİNE ENERJİ TİCARET A.Ş.  
ARKOÇ MADEN MAKİNALARI LTD. ŞTİ.  
ATOMİKA TEKNİK CİHAZLAR TİCARET LTD. ŞTİ.  
BES BURSA ELDİVEN VE İŞ GÜVENLİK MALZEMELERİ LTD. ŞTİ.  
DOU CONTROL MADEN VE MAKİNA SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.  
EMSAMAK MAKİNA İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.  
ERA GROUP HAVALANDIRMA EKİPMANLARI VE DIŞ TİCARET A.Ş.  
FMY KİMYA SANAYİ VE DIŞ TİCARET A.Ş.  
GEOTRA MAKİNE LTD. ŞTİ.  
GÜNALSAN POMPA VE MAKİNA SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.  
HATTAT ENERJİ VE MADEN A.Ş.  
İNMAR ULUSLARARASI PAZARLAMA MADENCİLİK LTD. ŞTİ.  
KAPEKS KİMYA SANAYİ A.Ş.  
KIRLIOĞLU KİMYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.  
LABRİS MADEN VE MAKİNA SANAYİ A.Ş.  
MADENONLINE MADEN MAKİNALARI DIŞ TİCARET LTD. ŞTİ.  
MEPA İŞ GÜVENLİĞİ TEKNİK MALZEME PAZARLAMA TİCARET LTD. ŞTİ.  
MİNOVA PROSES MADENCİLİK LTD. ŞTİ.  
NOSA CARLYLE GROUP  
RPM SONDAJ EKİPMANLARI TİCARET LTD. ŞTİ.  
SET-A MAKİNA A.Ş.  
SİSTAŞ ÇELİK DÖVME SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.  
ŞEN PLASTİK PATLAYICI MADDE YARDIMCI MALZEMELERİ  
TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU  
WEBER MINING & TUNNELLING  
ZİTRÓN HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TİCARET LTD. ŞTİ.

**SPONSOR OLAN KURUM VE KURULUŞLAR**  
*SPONSORING ESTABLISHMENTS AND COMPANIES*

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU

HATTAT ENERJİ VE MADEN A.Ş.

ERA GROUP HAVALANDIRMA EKİPMANLARI VE DIŞ TİCARET A.Ş.

ALAGRUP MADENCİLİK MİMARLIK MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.

MADENONLINE MADEN MAKİNALARI DIŞ TİCARET LTD. ŞTİ.

ZİTRÓN HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ TİCARET LTD. ŞTİ.

WEBER MINING & TUNELLING

LABRİS MADEN VE MAKİNA SANAYİ A.Ş.

## **İÇİNDEKİLER** **CONTENTS**

### **Maden Havalandırması ve Kendiliğinden Yanma** *Mine Ventilation and Spontaneous Combustion*

Havalandırmada Tasarım ve Simülasyonun Gücü: İmbat Eğnez Yeraltı Ocağı Örneği <i>The Power of Design and Simulation in Ventilation: İmbat Eğnez Underground Mine Example</i> A. Ekici, Y. Keskin, F.F. Gökdeniz, K. Barış .....	1
İmbat Madencilik Eynez Ocağında Ocak Havalandırma Direncinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi <i>Measurement and Analysis of Air Resistance on İmbat Coalmine</i> F.F. Gökdeniz, A. Fişne.....	14
Metan Drenajı <i>Methane Drainage</i> N. Kayabalı, F. Büyükbaş.....	22
Kömür Tüketiminden Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Tahmin Edilmesi <i>Estimating the Greenhouse Gas Emissions Associated with Coal Consumption</i> B.D. Avcı, İ. Karakurt, G. Aydın .....	34
BRICS-T Ülkelerinin Fosil Yakıt Tüketimi ve İlişkili CO <sub>2</sub> Emisyonlarının Analizi <i>Analysis of the Fossil Fuel Consumption and Associated CO<sub>2</sub> Emissions of the BRICS-T Countries</i> B.D. Avcı, İ. Karakurt, G. Aydın .....	45
Önleme Kültürü Bağlamında Kendiliğinden Yanmaya Karşı Uygulamalar <i>Proactive Approaches against Spontaneous Combustion in Coal Mines</i> A.A. Kara.....	54
Işık Sensörlü 1-Litrelik Toz Patlama Küresinin Geliştirilmesi <i>Development of 1 Litter Explosion Chamber Equipped With Light Sensor</i> S. Ural, F. Bilirgen, H. Bilirgen.....	66
<b>Kömür Madenciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği</b> <i>Occupational Health and Safety in Coal Mining</i>	
Türkiye’de Maden Mühendisleri Bölümlerinin ve Madenciliğin Mevcut Durumu ve Gelecek Analizi <i>Current Situation and Future Analysis of Mining Engineering Departments and Mining in Türkiye</i> R. Altındağ, N. Şengün, İ. Uğur .....	76
Kömür Madenciliğinde İş Kazalarının Analizinde Veri Madenciliği Uygulamaları <i>Data Mining Applications in the Analysis of Occupational Accidents in Coal Mining</i> B. Altındağ, F. Bayram.....	97
Tambur ve Kesici Kafa Tasarımının Yeraltı Kömür Madenciliğinde Üretim Verimliliği, İş Sağlığı ve Faktörlerine Olan Etkileri <i>Impacts of Drum and Cutter Head Design on Production Efficiency, Health and Safety in Underground Coal Mining Operations</i> O.Z. Hekimoğlu.....	113

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Devlet Denetim Görevlilerinin Sorumlulukları <i>Responsibilities of State Audit Officials in terms of Occupational Health and Safety</i> H. Atılğan, M. Çelik.....	123
Uluslararası Kömür Mevzuatının İncelenmesi ve Ülkemiz İçin Yapılan Değerlendirmeler <i>A Study of International Coal Legislation and Evaluations for Türkiye</i> R. Kocaman, S. Yılmaz, B. Kocaman .....	143
UMREK ve Kömür Madenciliği <i>UMREK and Coal Mining</i> H. Demirkan, A. İbuk, M.O. Güner.....	160
Yeraltı Maden İşletmelerini Kapsayan İş Sağlığı Güvenliği Mevzuatının Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar Yönünden İrdelenmesi <i>An Analysis of the Occupational Health and Safety Legislation Covering Underground Mining Operations in Terms of the Problems Encountered in its Implementation</i> C. Şahin, Y. Aydın, M. Bilen .....	172
Trakya Bölgesinde Mekanize Ayak Yöntemi İle Kömür Üretimi Yapan Bir Yeraltı Kömür İşletmesinde İş Kazalarının İncelenmesi ve İş Güvenliği Uygulamaları <i>Investigation of Work Accidents and Occupational Safety Practices in an Underground Coal Mine That Produces Coal Using the Full Mechanized Longwall Method in the Thrace Region</i> O. Yazıcı, S. Keskin, İ. Durna, Ö. Varol, M. Girgin, S.C. Tosmak .....	185
<b>Kaya Mekaniği ve Tabaka Kontrolü</b> <i>Rock Mechanics and Strata Control</i>	
Kömür Dayanımının Tahmininde Dönüşüm Faktörü ve Dayanım Oranının Kullanımının Araştırılması <i>Investigation of the Use of Conversion Factor and Strength Ratio in the Estimation of Coal Strength</i> K. Karaman, E. Şahinoğlu, Y. İskender .....	199
Yeraltı Kömür Madenciliğinde Uzunayak Üretim Planı Alternatiflerinin Araştırılması <i>Investigation of Longwall Production Plan Alternatives in Underground Coal Mining</i> İ. Arslan, D. Karakuş, F.F. Gökdeniz, .....	210
Tahribatlı ve Tahribatsız Testlere Dayalı Olarak Çimentolu Macun Dolguların Performansının Değerlendirilmesi <i>Assessing Performance of Cemented Paste Backfills Based on Destructive and Non-Destructive Tests</i> T. Keskin, E. Yılmaz, M. Sarı, T. Kasap.....	224
Trakya Havzasında Tam Mekanize Uzun Ayak Üretim Sonrasında Oluşan Tasman ve Etkileri <i>Subsidence and Impacts after Fully Mechanized Longwall Production in Thrace Basin</i> O. Yazıcı, T. Parlak, M. Çimen, B. Bozdağ, C. Yılmaz.....	237
Kömür Ocağı Patlatmalarının Bilgisayar Destekli Analizi <i>Computer Aided Evaluation of Coal Mine Blasts</i> T. Hüdaverdi, Y. Ağan .....	250
Zonguldak Kömür Havzasının Jeolojik Yapısını Doğru Anlamak İçin Neler Yapılmalı? <i>What Should Be Done to Correctly Understand the Geological Structure of Zonguldak Coal Basin?</i> A. Baltaş .....	260
Trakya Havzasında Bulunan Bir Yeraltı Kömür Madeninin Deformasyon Analizi <i>Deformation Analysis of an Underground Coal Mine in the Thrace Basin</i> O. Yazıcı, G. Karşı, T. Parlak, Ş.D. Antepüzümü .....	272

Serbest Formaldehit Tutucu Olarak Kullanılan Üre'nin Fenol Formaldehit Reçineleri Üzerindeki Etkileri Effects of Urea Used As Free Formaldehyde Scavenger on Phenol Formaldehyde Resins E. C. Iğdır, C. Tuz, S. Yılmaz, M. Bilen .....	281
--	-----

### **Maden Makinaları ve Mekanizasyon** *Mining Machinery and Mechanization*

Döner Kepçe Ekskavatör Kazı Sisteminde İyileştirme Süreçleri ve Değerlendirilmesi <i>Improvement Process and Assessment in Bucket Wheel Excavator Mining System</i> T. Mallı .....	291
--	-----

Trakya Bölgesinde Yapılan Tam Mekanize Uzunayak Linyit Üretiminde Kullanılan Ekipman Sarfıyatının Üretim Panosu Bazlı Kıyaslanması <i>Equipment Consumption in Fully Mechanized Longwall Lignite Production in Thrace Region and Comparison with Other Regions</i> O. Yazıcı, T. Parlak, A.S. Dursun, M. Bol .....	303
---	-----

Çayırhan Kömür Havzası Kayaçlarının Tam Boyutlu Lineer Kesme Testine Ait Kazılabilirlik Özellikleri <i>Excavability Properties of Çayırhan Coal Basin Rocks Obtained From Full Size Linear Cutting Test</i> Ö. A. Ergün, H.O. Dönmez .....	316
---	-----

### **Cevher Hazırlama** *Mineral Processing*

Biyokütle/Kömür/Linyit Karışımının Buhar Gazlaştırılması - Metan ve Hidrojen İçin ZNO ve PBO Atık Katalistin Mikrodalga Etkili Gazlaştırılması <i>Steam Gasification of Coal/Lignite/Biomass Mix by Microwave Radiated Lead and Zinc Oxide Waste Catalyst in Packed Bed for Hydrogen and Methane</i> Y.İ. Tosun, F. Chichek .....	326
--	-----

Ultrasonik Dalgaların Kömür Taneleri Üzerindeki Etkileri: Kavitasyon Etkisi <i>Effects of Ultrasonic Waves on Coal Particles: Cavitation Effect</i> E. Şahinoğlu, K. Karaman .....	337
--	-----

Malzemelerin Öğütülebilirlik Dağılımı Kavramı <i>The Concept of Grindability Distribution of Materials</i> B. Akkaya .....	348
--	-----

CNA: Kömür İçin Gerçek Zamanlı / Çevrimiçi Analizör <i>CNA: Real-Time / Online Analyser for Coal</i> R. Mishra .....	360
--	-----

### **Çağrılı Bildiri** *Invited Paper*

Bir Facianın Anatomisi: Amasra Maden Kazası <i>Anatomy of a Disaster: Amasra Mine Accident</i> M. Torun .....	365
---	-----

# **HAVALANDIRMADA TASARIM VE SİMÜLASYONUN GÜCÜ: İMBAT EĞNEZ YERALTI OCAĞI ÖRNEĞİ**

## *THE POWER OF DESIGN AND SIMULATION IN VENTILATION : İMBAT EĞNEZ UNDERGROUND MINE EXAMPLE*

**Aygün Ekici, Yusuf Keskin, F. Fırat Gökdeniz**

*İmbat Madencilik Enerji Turizm Sanayi ve Ticaret A.Ş., Soma, Manisa*

**Kemal Barış\***

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak*

**ÖZET** Bu çalışma, İmbat Madencilik A.Ş.'ye ait yeraltı kömür ocağında kısa vadede havalandırma sisteminde ortaya çıkması beklenen sorunların giderilmesi için gerçekleştirilen çalışmaları ve sonuçlarını konu almaktadır. Ocakta Doğu panolarına hizmet eden ana fanın stall sınırında çalışıyor olması ve bu nedenle kısa vadede daha büyük kapasiteli bir ana fan ihtiyacının ortaya çıkacağı öngörülmesi üzerine VentSim yazılımında çalışmalar gerçekleştirilmiş ve + 395 kotundan sürülecek ve ana hava çıkışı olarak hizmet edecek 1710 m uzunluğunda bir desandrenin ocak eşdeğer direncini önemli ölçüde iyileştireceği öngörülmüştür. Yapılan bu değişiklik sonucunda Doğu panolarına hizmet eden ocak kesiminin eşdeğer direncinde %18,1'lik ve ocak toplam eşdeğer direncinde ise yaklaşık %31,5'lik bir azalmaya ulaşılmıştır. Tasarım değişikliğinden sonra büyük kapasiteli bir ana fan ihtiyacı ortadan kalkmış ve mevcut ana fanın elektrik tüketimi 480 kW'dan 230 kW'a düşürülmüştür. Yapılan ekonomik analizlerde projenin toplam geri ödeme süresi 2,5 yıl, İçsel Karlılık Oranı %38,1 ve projenin Net Bugünkü Değeri ise 1.043.203 USD olarak hesaplanmıştır.

**ABSTRACT** This study presents the investigations and outcomes of efforts undertaken to address anticipated ventilation system issues in the underground coal mine of İmbat Madencilik A.Ş. in the short term. Concerns regarding the operation of the main fan serving the East panels at its stall limit and the projected need for a higher capacity main fan in the near future prompted the use of VentSim software. The study projected that a 1710 m long incline driven from the +395 level and serving as the main exhaust would significantly improve the mine equivalent resistance. This modification resulted in an 18.1% reduction in the equivalent resistance of the mine section served by the East panels and an approximately 31.5% reduction in the mine total equivalent resistance. The design change eliminated the need for a high-capacity main fan and reduced the power consumption of the existing main fan from 480 kW to 230 kW. Economic analyses revealed a project payback period of 6.5 years, an Internal Rate of Return of 8.79%, and a project Net Present Value of USD 220,703.

---

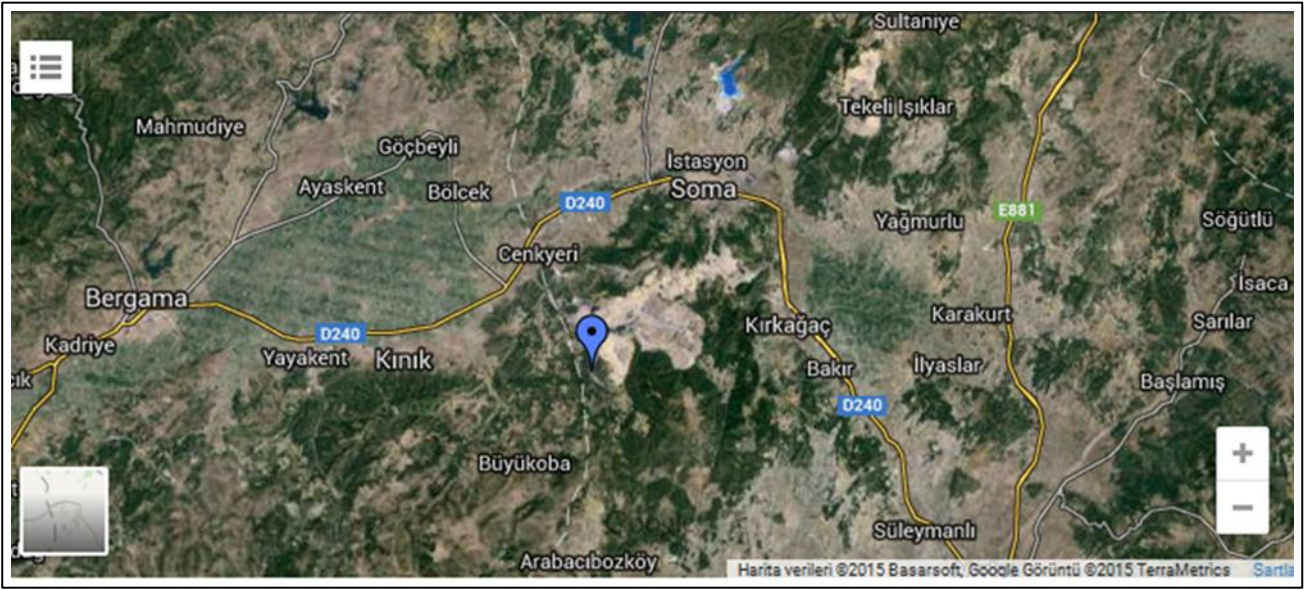
\*[kbaris@beun.edu.tr](mailto:kbaris@beun.edu.tr)



## 1. OCAKLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

İmbat Madencilik A.Ş. ruhsat hukuku Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumuna ait olan S.75153 no.lu sahada 04.10.2004 tarihli rödevans sözleşmesi kapsamında işletmecilik faaliyetlerinin yanında, bu sahanın mücavirinde yer alan S.86071 no.lu ruhsat sahasında yer altı kömür işletmeciliği faaliyetlerini sürdürmektedir.

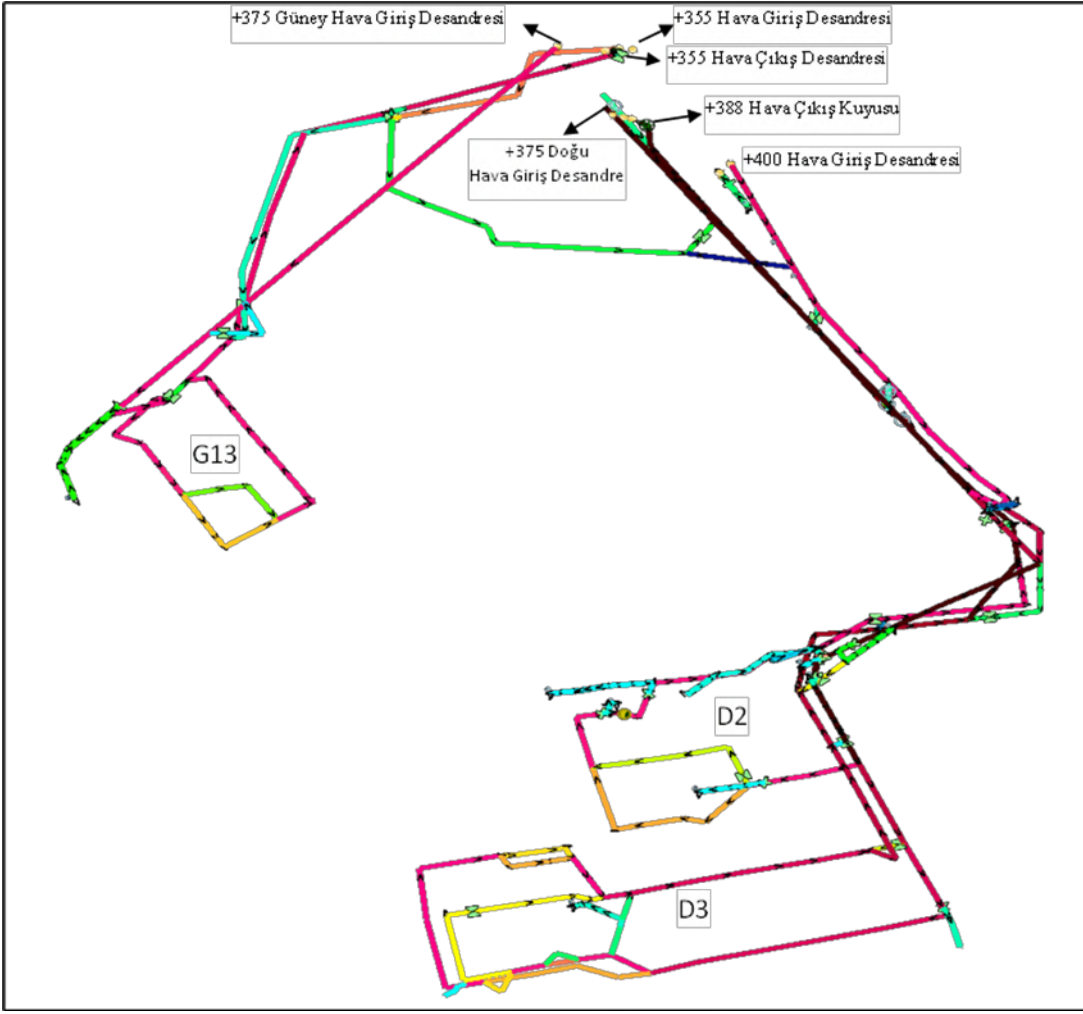
İşletme Manisa iline bağlı Soma ilçe sınırlarında ve Soma'nın yaklaşık 20 km Güney batısında bulunmaktadır. İşletme sahasına yeraltı ve açık işletmelerin kullandığı maden yollarını kullanarak ulaşmak olanaklıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

İmbat Madencilik A.Ş. S.86071 no'lu ruhsatın ve işletme hakkının devri ile sahada 09.03.2022 tarihinden itibaren hazırlık faaliyetlerine başlanmıştır. 2023 yılı Ağustos ayı itibari ile S.86071 no.lu sahada; -42.00/11.50 kotları arasında 270 metre ayak uzunluğu sahip D-2 üretim panosu, -61.55/-30.60 kotları arasında 125 metre ayak uzunluğuna sahip D-3 1.kat ayak, -78.90/-20.00 kotları arasında 234 metre ayak uzunluğuna sahip D-3 2.kat ayak üretim yer almaktadır (Şekil 2).

Ocakta kömür kalınlığı ortalama 20-22 m civarında olup üretim dönümlü uzunayak yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Tavan taşını izleyerek damarın 2,5-3m'lik kısmının kazılmakta olduğu I. Kat ayakta (Tavan ayak) ayak arkasında yapılan delme-patlatma çalışmalarıyla tavan taşı kırılmaktadır. II. Kat ayakta ise kömürün 2,5-3m'lik kısmı ayakta kazılırken iki kat arasında kalan kömür ise göçertilerek ayak arkasından alınmaktadır (Longwall Top Coal Caving - LTCC).



Şekil 2. İmbat A.Ş.'ye ait yeraltı ocağına ait mevcut havalandırma planı.

### 1.1. Havalandırma Sistemine Ait Genel Bilgiler

Çalışma sahası içinde yer altında birbiri arasında bir hava yolu ile irtibatı olan iki ocak bulunmaktadır (Şekil 2). Bu ocaklardan Güney panolarının üretimi için kullanılan yeraltı ocağının havalandırılması için iki temiz hava girişi (+355 ve +375 Güney desandreleri) ve bir hava çıkışı (nefeslik) (+355 desandresi) olmak üzere üç yerüstü bağlantısı kullanılmaktadır. Ocakta bu çalışmaya konu olan tasarım değişikliğinin yapıldığı tarih olan 04.03.2024 tarihinden önce, Doğu panolarının üretiminin yapıldığı yeraltı ocağında ise temiz hava girişinin sağlandığı iki hava giriş desandresi (+400 ve +375 Doğu desandreleri) ve bir hava çıkış kuyusu (+388 hava çıkış kuyusu) kullanılmaktadır. Ayrıca her iki ocak arasında Güney panoları tarafında +206 kotunda, Doğu tarafından ise +242 kotundan bağlı bir irtibat desandresi bulunmaktadır.

04.03.2024 tarihinden önce ocakların havalandırması, birbirine bağlı iki ayrı devre halinde emici olarak yapılmaktadır. +355, +400, +375(Doğu), +375(Güney) kotlarındaki dört ayrı yerüstü bağlantısından ocaklara giren temiz hava, ocak içerisinde kullanıldıktan sonra, +355 ve +388 kotlarındaki nefesliklerden cebri olarak dışarıya atılmaktadır. Söz konusu galerilerin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 04.03.2024 tarihinden önce kullanılan ocak hava giriş ve çıkış galerilerinin özellikleri.

Ocak	Galeri Adı	Kesit Alanı (m <sup>2</sup> )	Uzunluk (m)	Eğim (°)
Güney Panoları	+355 Hava giriş desandresi	10,0	900	16
	+355 Hava çıkış desandresi	13,5	1200	16
	+375 Hava giriş ve nakliyat desandresi	20,0	1500	16
	+400 Birinci temiz hava girişi	10,0	450	35
Doğu Panoları	+388 Hava çıkış kuyusu	16,0	70	90
	+375 İkinci temiz hava giriş ve nakliyat desandresi	20,0	1.490	13

Güney panolarına +355 ve +375 kotundan giren temiz hava +355 kotundaki nefeslik galerisinden ocağı terk etmektedir. Söz konusu ocak kesiminin havalandırılması için +355 hava çıkış galerisinde kurulu bir dik fan (ZITRON ZELv 1-18-315/4, 315 kW) kullanılmaktadır. Doğu panolarına +400 ve +375 kotundan giren temiz hava ise panoları dolaştıktan sonra +388 kotundaki havalandırma kuyusundan cebri olarak dışarıya taşınmaktadır. Söz konusu ocak kesiminin havalandırılması için ise +388 kuyusunda kurulu ZITRON 2xZEL 1-25-560/6 model 2x560kW'lık ana fan kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. +355 ve +388 hava çıkış galerilerinde kullanılan emici vantilatörler.

İMBAT A.Ş.'ye ait yeraltı ocaklarında mevcut havalandırma koşullarının takibi ve havalandırma sisteminde yapılacak değişikliklerin sonuçlarının öngörülebilmesi amacıyla VentSim 3-Boyutlu havalandırma simülasyon yazılımı kullanılmaktadır. İMBAT A.Ş.'ye ait yeraltı ocaklarında hava yollarında (ve yapılarında) gerçekleştirilen basınç farkı ve kesitlerden geçen hava miktarı ölçüm sonuçları VentSim'de oluşturulan ocak modeline entegre edilmekte ve bu sayede oluşturulan modelin gerçek ile uyumlu olması sağlanmaktadır. Bu çalışmaya konu olan Doğu panolarının bulunduğu ocakta 06.02.2023 tarihinde gerçekleştirilen hava ölçüm sonuçları ile VentSim yazılımında

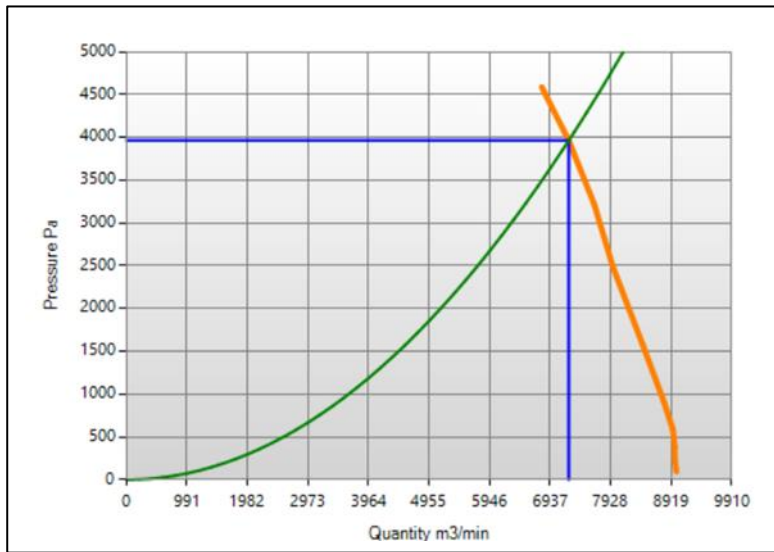
elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ocakta yapılan ölçümlerle VentSim simülasyon sonuçları arasındaki farkların kabul edilebilir düzeyde (< %10) olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. 06.02.2023 tarihli hava ölçüm sonuçları ile VentSim simülasyon yazılımında elde edilen sonuçlar.

Ocak	Galeri	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dak)		Fark (%)
		Manuel	VentSim	
Doğu Panoları	+375 Doğu Hava Giriş	4205	4438	5,5
	+400 Hava Giriş	2074	1971	5,2

## 2. TASARIM DEĞİŞİKLİĞİNİN GEREKÇESİ

İmbat Madencilik A.Ş.’ye ait S.86071 no’lu sahada bulunan yeraltı ocağına yönelik olarak yapılan üretim termin planına göre, halihazırda üretim faaliyetleri devam eden D2 ve D3 panolarının bitiminden itibaren üretime alınması planlanan D4, D5, D6 ve devamında üretime alınacak diğer panoların ocak ana hava giriş ve çıkış galerilerinden uzaklaşacak olması, uzun süredir ocağa hizmet eden mevcut hava giriş ve çıkış galerilerinde havzadaki arazi hareketlerinden dolayı ortaya çıkan kesit daralmaları nedeniyle ocak eşdeğer direncinin artacağı öngörülmüştür. Bunun yanında, hava giriş-çıkış yolları arasındaki bağlantılar nedeniyle kaçakların bulunması ocağa giren temiz havanın bir kısmının kaybedilmesine neden olmaktadır. Şubat 2023 itibariyle ocağın doğu panolarına hizmet eden kısmında 0,27132 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> olan mevcut eşdeğer dirence bağlı olarak ocağa hizmet eden ana fanın stall sınırına yakın çalışıyor olması (yaklaşık 3950 Pa’da 7100 m<sup>3</sup>/dak) ve mevcut eşdeğer ocak direncinin (0,11465 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>) de artacağı göz önüne alındığında, daha büyük basınç farklarında ocaktaki hava ihtiyacını karşılayacak güç (2x1200kW) ve kapasitede yeni bir ana fan ihtiyacı ortaya çıkacağına neredeyse kaçınılmaz olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. 86071 no’lu sahada Doğu panolarına hizmet eden ocağın karakteristik eğrisi ve fan çalışma noktası.

Ancak mevcut ocak kesiminde daha yüksek basınç farklarında (6000-7000 Pa) çalışacak bir ana fanın, özellikle havzadaki tüm ocaklarda önemli sorunlar teşkil eden kendiliğinden yanma açısından olumsuz sonuçlara sebep olacağı ve yüksek kapasiteli bir yeni fan alımının da yüksek maliyet getirebileceğinden hareketle, ocakta yapısal değişikliklerin yapılarak ocak eşdeğer direncinin iyileştirilmesinin daha olumlu sonuçlar getirip getirmeyeceği üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, yeryüzünde +395 kotundan sürülecek ve ana hava çıkış galerisi olarak hizmet edecek, 22 m<sup>2</sup> faydalı kesit alanına ve 1710 m uzunluğa sahip olacak bir desandrenin sürülmesi durumunda ana fanların hizmet ettiği ocak kesiminin eşdeğer direncinin yaklaşık %20 ve ocak eşdeğer direncinin ise yaklaşık %30 oranında azaltılabileceği ve ayrıca hava giriş ve çıkış galerileri arasındaki bağlantılardan kaynaklanan kaçakların da bu sayede ortadan kaldırılabileceği öngörülmüştür. Böylece, görece olarak yeni ve oldukça iyi durumda olan mevcut ana fanların da ocakta kullanılmaya devam edilebileceği de değerlendirilmiştir.

### **3. TASARIM DEĞİŞİKLİĞİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Bir önceki bölümde açıklanan sebeplerle sürülmesine karar verilen ve 1710 m olması öngörülen desandrenin açılmasına 10.12.2022 tarihinde başlanmış ve desandre 30.07.2023 tarihinde tamamlanmıştır. Desandrenin sürülmesi için hem yeraltından hem de yer üstünden karşılıklı olarak çalışan, kesici motor gücü 150 kW ve toplam gücü 384 kW olan iki adet EBZ200H model kollu galeri açma makinesi kullanılmıştır. Sürülen bu desandrede tahkimat elemanı olarak TH34 tipi bağlar kullanılmıştır. Sürülen bu desandrenin yaklaşık 200m'lik bölümü püskürtme beton ile kaplanmıştır.

Desandrenin tamamlanmasını takiben ocağa hizmet eden ana fanların montajı ve monoray sisteminin desandreye yerleştirilmesine yönelik çalışmalara başlanmıştır. Bu amaçla çalışmalar da yaklaşık 7 ay sürmüştür. Fan tesisindeki tüm çalışmalar Şubat 2024 sonu itibariyle tamamlanmış ve bu fan tesisinde, 2x560 kW gücünde olan iki adet ZITRON 2xZEL 1-25-560/6 eksenel fanın +395 ana nefeslik desandresine taşınması sırasında geçecek sürede her biri ocağın hava ihtiyacını karşılayacak kapasitede ve 630 kW gücünde (maks. 1000 devir/dak) iki adet Alfer KD1N-X055-1206 radyal fan kurulmuştur (Şekil 5).

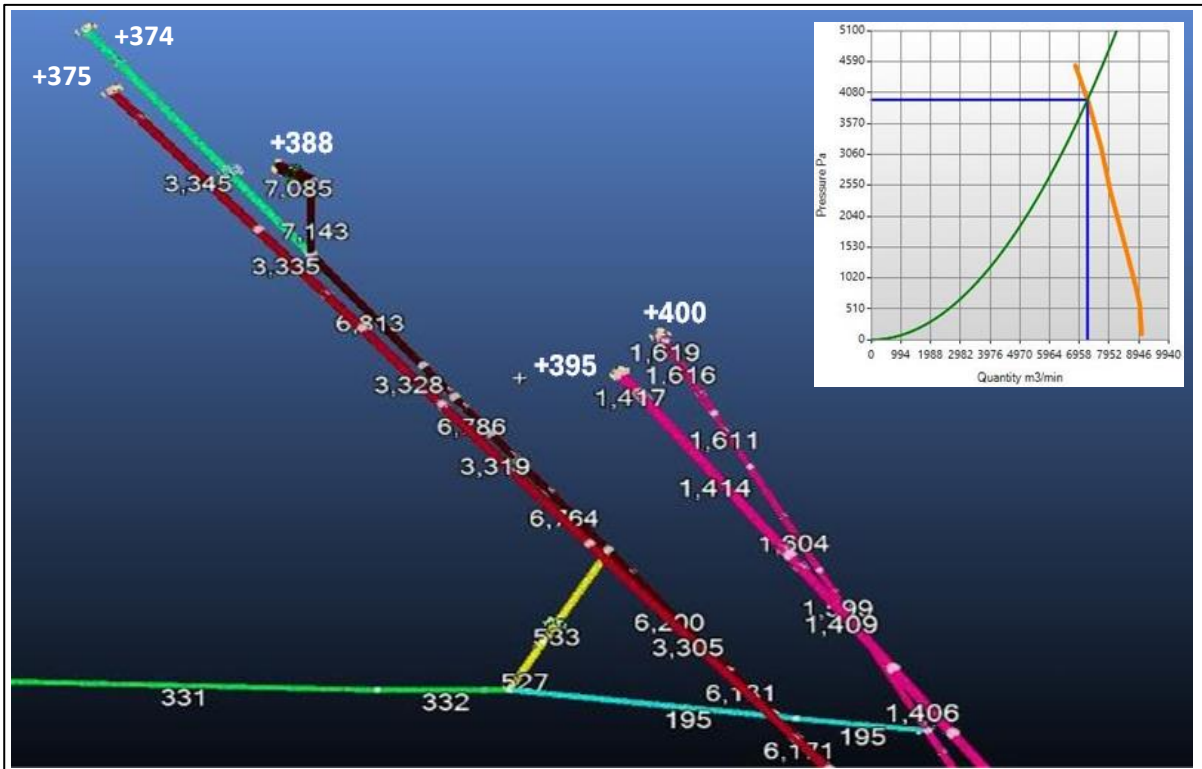
04.03.2024 tarihinde yeraltı ocağı, havalandırma ile ilgili ayarlamaların yapılmasına yönelik olarak ocakta görevli personel dışında 07:00 itibariyle boşaltılmış, üretim ve hazırlık iş yerlerinin enerjileri tedbiren kesilmiştir. Daha sonra eş zamanlı olarak +388 kuyusunda kurulu 2x560 kW fanlar durdurulmuş ve +395 ana nefeslik desandresine kurulu 630 kW radyal fana yol verilmiştir. Fanın 850 devir/dakikaya (1000 devir/dakika maksimum) ulaşmasını takiben yeraltında bulunan kapılar vb. havalandırma yapıları ayarlanmış ve ocağın havalandırma performansı izlenmiştir. Bu değişikliği takiben ZITRON 2xZEL 1-25-560/6 eksenel ana fan ve yedeği fan tesisine taşınmıştır.



Şekil 5. +395 desandre çıkış ağzı ve fan tesisi.

#### 4. TASARIM DEĞİŞİKLİĞİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

27.02.2024 tarihinde 630 kW radyal fanın devreye alınmasından önce ocakta hava ölçümleri yapılmış ve sonuçlar VentSim yazılımından elde edilen sonuçlarla (Şekil 6) karşılaştırılmış ve modellemenin gerçeği yansıtıp yansıtmadığı kontrol edilmiştir (Çizelge 3). Radyal fanın devreye alınmasından önce +395 ana nefeslik galerisinin ana hava girişi olarak hizmet ettiği dikkatten kaçmamalıdır.



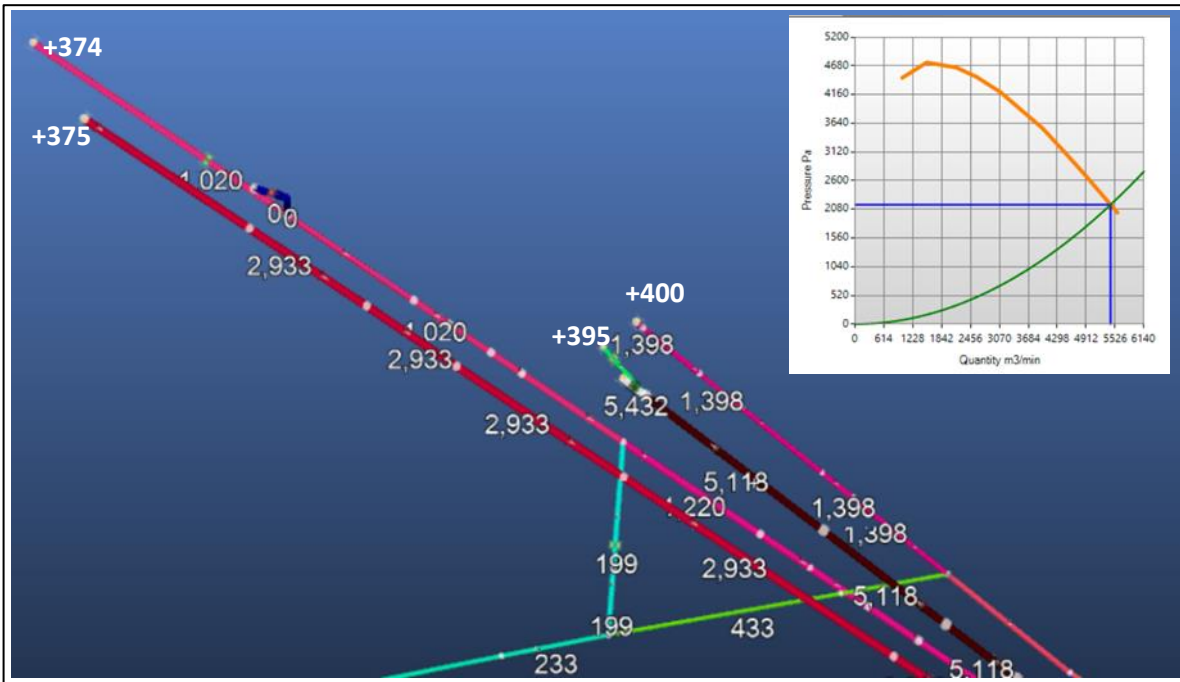
Şekil 6. Havalandırma değişikliğinin hemen öncesinde ocağa giren ve ocaktan çıkan hava miktarları ile fan çalışma noktası.

Çizelge 3. 27.02.2024 tarihli hava ölçüm sonuçları ve VentSim simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

İstasyon	Manuel Ölçümler			VentSim	Fark (%)
	Kesit (m <sup>2</sup> )	Hız (m/s)	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dak)	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dak)	
+395 Hava Giriş	20,5	1,19	1464	1417	3,2
+375 Hava Giriş	16,73	3,11	3122	3345	7,1
+400 Hava Giriş	7,95	3,41	1627	1619	0,4
+388 Kuyu Altı Hava Çıkış	14,17	7,89	6708	6813	1,5

McPherson (1993) ölçüm sonuçları ile hesaplanan hava miktarları arasındaki korelasyonun kabul edilebilmesi için iki değer arasındaki farkın %10'dan küçük olması gerektiğini belirtmiştir. Çizelgeden görülebileceği üzere VentSim simülasyon modeli ile manuel ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların son derece uyumlu olduğu ve kabul edilebilir sınırlar içinde (<%10) olduğu görülmektedir. Bu durumda VentSim simülasyon modelinin ocağın gerçek durumunu temsil ettiği söylenebilir. Ayrıca, değişikliğin yapıldığı esnada aktif olan D2 panosuna toplam 876 m<sup>3</sup>/dak, D3 1. Kat ayağa 418 m<sup>3</sup>/dak ve 2. Kat ayağa ise 1030 m<sup>3</sup>/dak hava sağlandığı belirlenmiştir.

Değişiklik sonrasında +395 kotunda 630 kW'lık ana fan hizmete alınmış ve bu durumda temiz hava ocağa +400, +374 ve +375 kotlarından girmeye başlamıştır. +395 nefeslik desandresinden 630kW'lık radyal fan ile (850 devir/dak) emilen hava miktarı VentSim simülasyon yazılımında yapılan modellemeye göre yaklaşık 5118 m<sup>3</sup>/dak'dır (Şekil 7).



Şekil 7. Tasarım değişikliğinden sonra ocağa girecek ve ocaktan çıkacak hava miktarları ile radyal fan çalışma noktası.

+395 desandresinin sürülmesi ve ana nefeslik galerisi olarak hizmet edeceği ocak kesiminde yapılan ayarlamalar sonucunda hava giriş-çıkış galerileri arasında bulunan kaçakların ortadan kaldırılmasıyla ocağa giren hava miktarı azalmasına rağmen (yaklaşık %30) çalışma işyerlerinde ihtiyaç duyulan hava miktarları sağlanabilmektedir. Değişiklik sonrasında ocakta gerçekleştirilen manuel ölçümler sonucunda ocağa giren hava miktarı 5031 m<sup>3</sup>/dak, D2 panosuna sağlanan hava miktarı 856 m<sup>3</sup>/dak, D3 1.kat ayağa sağlanan 416 m<sup>3</sup>/dak ve 2. Kat ayağa sağlanan hava miktarı ise 1048 m<sup>3</sup>/dak olarak ölçülmüş ve bu sonuçların tasarım değişikliğinden önceki durumla uyumlu olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. 19.03.2024 tarihli hava ölçüm sonuçlarında ayaklara sağlanan hava miktarları ve VentSim simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

İstasyon	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dak)		Fark (%)
	Manuel	VentSim	
+395 Nefeslik Desandresi	5031	5118	1,8
D2 Panosu	844	846	0,2
D3 1. Kat Ayak	468	457	2,3
D3 2. Kat Ayak	1048	999	4,7

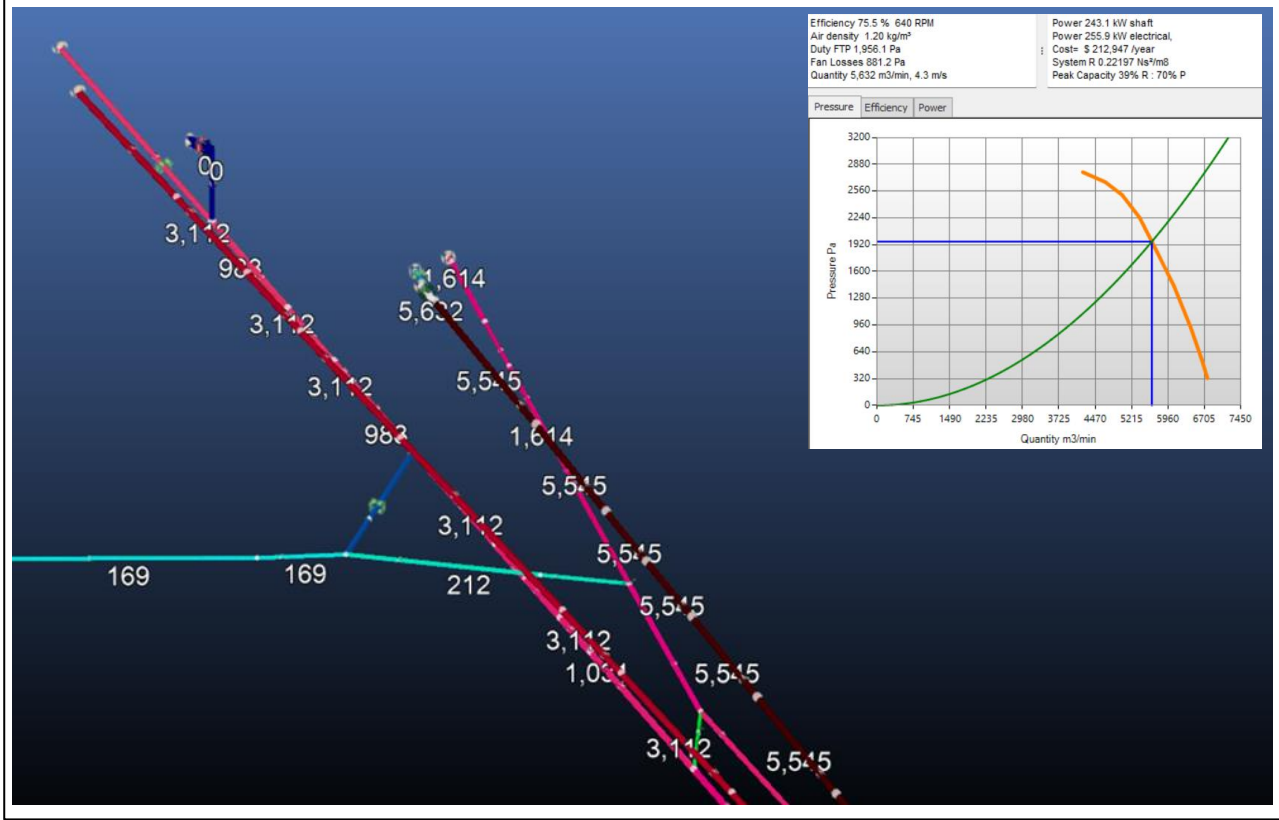
Geçiş sürecinin başarıyla tamamlanmasından sonra yaklaşık 10 gün içinde ZITRON 2xZEL 1-25-560/6 eksenel ana fan ve yedeği fan tesisine monte edilerek devreye alınmış ve tasarım değişikliği tamamlanmıştır. Eksenel ana fanın devreye alınmasıyla Doğu panolarına hizmet eden ocak kesiminin eşdeğer direnci 0,27132 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>'den 0,22206 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>'e (%18,1) ve ocak toplam eşdeğer direnci ise 0,11465 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>'den 0,07854 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>'e (%31,5) düşmüştür. Bu sonuçlar ise tasarım değişikliği yapılmadan önce VentSim yazılımında gerçekleştirilen simülasyonlarda öngörülen değerlere (sırasıyla %20 ve %30) oldukça yakındır. Kaçakların ortadan kalkmasıyla ocağa sağlanan hava miktarının azalmasının yanı sıra ocak eşdeğer direncindeki azalmaya bağlı olarak ocaktaki toplam basınç düşüşü yaklaşık 2000 Pa'a gerilemiş ve ana fan bu koşullarda 640 devir/dak'da çalıştırılarak 5545 m<sup>3</sup>/dak (VentSim 5245 m<sup>3</sup>/dak) hava miktarı sağlanmıştır (Şekil 8). Mevcut koşullarda 640 devir/dakikada çalıştırılan ana fanın kapasitesi, devrinin artırılmasıyla ocağa yaklaşık 9.000 m<sup>3</sup>/dak hava sağlayabilecek durumdadır.

Gerçekleştirilen tasarım değişikliği sayesinde ocaktaki hava kaçakları engellenmiş, ocağın eşdeğer direnci azaltılmış, ana fanın stall bölgesinden uzaklaşması sağlanmış ve mevcut ana fanların ocağa uzun süreler daha hizmet etmesi mümkün hale gelmiştir. Bunun yanında, ana fanın elektrik gücü eski durumda 480 kW iken yeni durumda 230 kW'a gerilemiştir.



#### 4.1. Ekonomik Analiz

Çalışma kapsamında yapılan tasarım değişikliği sonucunda büyük kapasiteli yeni ana fanın satın alınması ihtiyacı ortadan kaldırılmış ve mevcut ana fanın güç tüketimi %52 oranında düşürülmüştür. Bunun yanında, ocaktaki toplam basınç farkının yarıya düşürülmesiyle birlikte kendiliğinden yanma açısından da finansal olarak hesaplanması güç faydalar da sağlanmıştır.



Şekil 8. Tasarım değişikliğinden sonra ocağa giren ve ocaktan çıkan hava miktarları ile aksiyel ana fanın çalışma noktası.

Ocakta yapılan tasarım değişikliğinin temelini oluşturan +395 desandrenin metre maliyeti yaklaşık 2500 USD'dir. Bu durumda, desandrenin toplam yatırım maliyeti **4.275.000 USD** olmaktadır. Tasarım değişikliğinin yapılmaması durumunda satın alınması düşünülen yüksek basınç ve hava miktarı ihtiyacını karşılayabilecek 2 x 1200kW gücünde bir ana fan ve yedeğinin anahtar teslim maliyetinin yaklaşık **3.750.000 USD** olacağı öğrenilmiştir. Bu durumda esas itibariyle projenin ilk yatırım maliyeti **525.000 USD** olarak değerlendirilmelidir. Tasarım değişikliğinden önce (+395 desandre hiç açılmamışken) ana fanın elektrik gücü 480 kW olduğundan yıllık elektrik maliyeti (@0,095 USD/kWh)

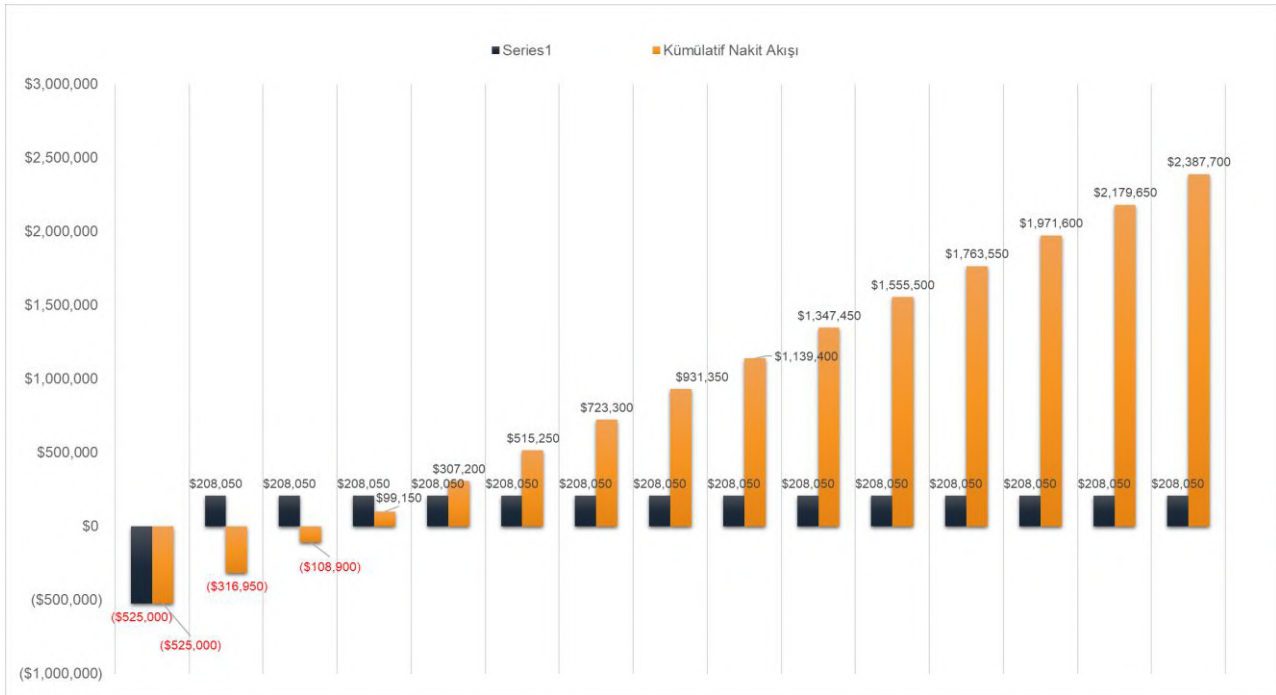
$$EM_1 = (480 \text{ kW})(24 \text{ saat/gün})(365 \text{ gün/yıl})(0,095 \text{ USD/kWh}) = 399.456 \text{ USD/yıl'dır.}$$

Tasarım değişikliğinden sonra ise ana fanın elektrik gücü 230 kW'a düştüğünden (@640 devir/dak) bu durumdaki yıllık elektrik maliyeti ise

$EM_2 = (230 \text{ kW})(24 \text{ saat/gün})(365 \text{ gün/yıl})(0,095 \text{ USD/kWh}) = 191.406 \text{ USD/yıl}$  ve bu durumda elektrik tüketiminden kaynaklı yıllık kazanç ise **208.050 USD** olmaktadır.

Hati (2021) yeraltı ocakları için kullanılan aksiyel fanların ömrünün 20-25 yıl olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında, kaliteli üretilmiş ve düzenli bakım gören endüstriyel fanların ömrü ise 50 yıla kadar çıkabilmektedir (Aireng, 2024). Örneğin, Türkiye Taşkömürü Kurumuna ait ocaklarda 40 yıldır hizmet veren ana fanlar bulunmaktadır.

İşletmede kullanılan ZITRON 2xZEL 1-25-560/6 model ana fanın 2018 yılında hizmete alınmış olduğu düşünüldüğünde fanın ekonomik olarak *en az* 14 yıl daha sorunsuz olarak çalışmasının beklenebileceği söylenebilir. Buna bağlı olarak ve yukarıdaki hesaplamalar ışığında projenin 14 yıllık nakit akış grafiği Şekil 9'da sunulmuştur. Buna göre, projenin geri ödeme süresi **2,5 yıl** ve İçsel Karlılık Oranı ise **%39,2**'tür. %5,5'lik bir iskonto oranında projenin Net Bugünkü Değeri ise **1.470.126 USD** olarak bulunmakta ve projenin karlılığına işaret etmektedir.



Şekil 9. Projeye ait 14 yıllık nakit akış ve kümülatif nakit akış grafiği.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma, İmbat Madencilik A.Ş.'ye ait yeraltı kömür ocağının üretim planına bağlı olarak önümüzdeki yıllarda havalandırma sisteminde ortaya çıkması beklenen sorunların giderilmesi için gerçekleştirilen çalışmaları ve sonuçlarını konu almaktadır. Yeraltı ocağında D panolarına hizmet eden ana fanın stall sınırına yakın bir noktada çalışıyor olması ve bu nedenle kısa vadede daha büyük kapasiteli bir ana fan ihtiyacının ortaya çıkacağını öngörülmesi üzerine, VentSim simülasyon yazılımında

çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiş ve büyük kapasiteli bir ana fanın satın alınması yerine + 395 kotundan sürülecek ve ocağa ana hava çıkışı olarak hizmet edecek 1710 m uzunluğunda bir desandrenin ocak eşdeğer direncini önemli ölçüde iyileştireceği ve böylece mevcut ana fanın kullanımına devam edilebileceği öngörülmüştür.

Desandrenin açılmasını takiben aksiyel ana fan yeni açılan bu desandreye taşınmış ve öngörülen değişikliğin, Doğu panolarına hizmet eden ocak kesiminin eşdeğer direncinde %18,1'lik ve ocak toplam eşdeğer direncinde ise yaklaşık %31,5'lik bir azalmaya yol açtığı anlaşılmıştır. Bunun yanında, ocaktaki tasarım değişikliğinden sonra hava giriş-çıkış yolları arasındaki kaçakların ortadan kaldırılması nedeniyle ocağa önceki duruma göre ocağa daha az temiz hava girmesine rağmen çalışma işyerlerine istenen miktarda hava sağlanabilmiştir. Ayrıca, daha önce stall sınırına yakın bir noktada çalışan ana fan tasarım değişikliğinden sonra stall sınırından uzaklaşarak oldukça verimli bir bölgede çalışmaya başlamış ve ihtiyaç duyulan hava miktarını ise 640 devir/dak'da çalıştırılarak sağlayabilmektedir. Fanın 1000 devir/dak kapasitede olması göz önüne alındığında ocakta ortaya çıkacak hava miktarı ihtiyacı artışları rahatlıkla karşılanabilecek durumdadır.

Gerçekleştirilen tasarım değişikliğinden sonra ana fanın elektrik tüketimi 480 kW'dan 230 kW'a düşmüştür. Bunun yanında daha büyük kapasiteli bir ana fanın alınması ihtiyacı da ortadan kalkmıştır. Tasarım değişikliği ile ilgili yapılan ekonomik analizlerde projenin toplam geri ödeme süresi **2,5 yıl**, İçsel Karlılık Oranı **%39,2** ve projenin Net Bugünkü Değeri ise **1.470.126 USD** olarak hesaplanmıştır.

Çalışma, bir havalandırma simülasyon programında gerçeğe uygun modellenmiş bir ocakta yapılacak havalandırma tasarım değişikliklerinin tecrübeli bir ekip tarafından önceden tespit edilebileceğini ve gerçekte son derece uyumlu sonuçlar elde edilebileceğinin açık bir göstergesidir. Gerçeğe uygun olmayan ocak modellerinin kullanılmasıyla ocakta ve havalandırma sisteminde yapılacak değişikliklerin modellenmesi ve dolayısıyla kullanılan simülasyon yazılımlarının herhangi bir fayda sağlaması söz konusu olmayacaktır.

Bu çalışma, bir yeraltı ocağında tasarımın havalandırma açısından önemini göstermesi bakımından iyi bir örnek olarak değerlendirilebilir. Çalışmanın sonuçları yeraltı kömür ocaklarında havalandırma sistemlerinin dikkatli bir şekilde tasarlanması sonucunda iş sağlığı ve güvenliği koşullarının iyileştirilmesinin yanında önemli finansal katkılar elde edilebileceğini ve sürdürülebilir madencilik açısından önemli sonuçlar alınabileceğinin bir göstergesidir. Bunun yanında, özellikle yeraltı ocakları için üretilen aksiyel ana fanların yabancı menşeli firmalar tarafından üretildiği göz önüne alındığında, ocakta yeni bir ana fan ihtiyacının ortadan kaldırılmasıyla ülkemizden döviz çıkışının da önüne geçilmiş ve milli fayda sağlanmış olduğu düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Aireng, 2024. What is an Industrial Fan's Life Span, AirEng Pty. Ltd., <https://www.aireng.com.au/what-is-an-industrial-fans-life-span/> (24.06.2024).
- Hati, A. S. 2021. A Comprehensive Review of Energy-Efficiency of Ventilation System Using Artificial Intelligence, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 146, 111153.
- McPherson, M. J. 1993. Subsurface Ventilation and Environmental Engineering, Springer Science+ Business Media, B.V., 905 p.

# **İMBAT MADENCİLİK EYNEZ OCAĞINDA OCAK HAVALANDIRMA DİRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

## ***MEASUREMENT AND ANALYSIS OF AIR RESISTANCE ON IMBAT COALMINE***

**Fatih Fırat Gökdeniz\***

*İmbat Madencilik Enerji Turizm Sanayi ve Ticaret A.S., Soma, Manisa*

**Abdullah Fişne**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği, İstanbul*

**ÖZET** Bu çalışma, İmbat Madencilik Soma Eynez Yeraltı Ocağı'nda havalandırma dirençlerinin ölçmeler yardımıyla belirlenmesi için yapılmıştır. Havalandırma şebekelerinin planlanmasında, gerekli hava dağılışının sağlanmasında ve vantilatör tesislerinin tasarım ve seçiminde, ocaktaki hava yollarının dirençleri büyük önem taşımaktadır. Bir havayolunun direnci, o yolun kesit alanı ve şekline, tahkimat türüne, uzunluğuna, galeri ya da kol üzerinden geçen hava miktarına, hava yolundaki basınç farkına ve yüzey pürüzlüğüne bağlı olan sürtünme katsayısına göre değişmekte olup her havayolu için direnç değerleri de farklılık göstermektedir. Değişik özelliklere sahip galerilerde, panolarda ve hava kapılarında direnç tespiti için gerekli ölçmeler yapılmıştır. Bu ölçmeler sırasıyla: 1-Hava miktarının hesaplanması için, kesit alanı ve hava hızı ölçmeleri, 2-Direncin hesaplanması için her bir pano, galeri ve koldaki basınç farklarının ölçülmesi, 3-Ocak havasının yoğunluğu ve nem miktarının tespiti için psikometri ve mutlak basınç ölçmeleridir. Yapılan ölçmelerden elde edilen sonuçlarla hava yollarının dirençleri ve sürtünme katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca bulunan sürtünme katsayısı değerlerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

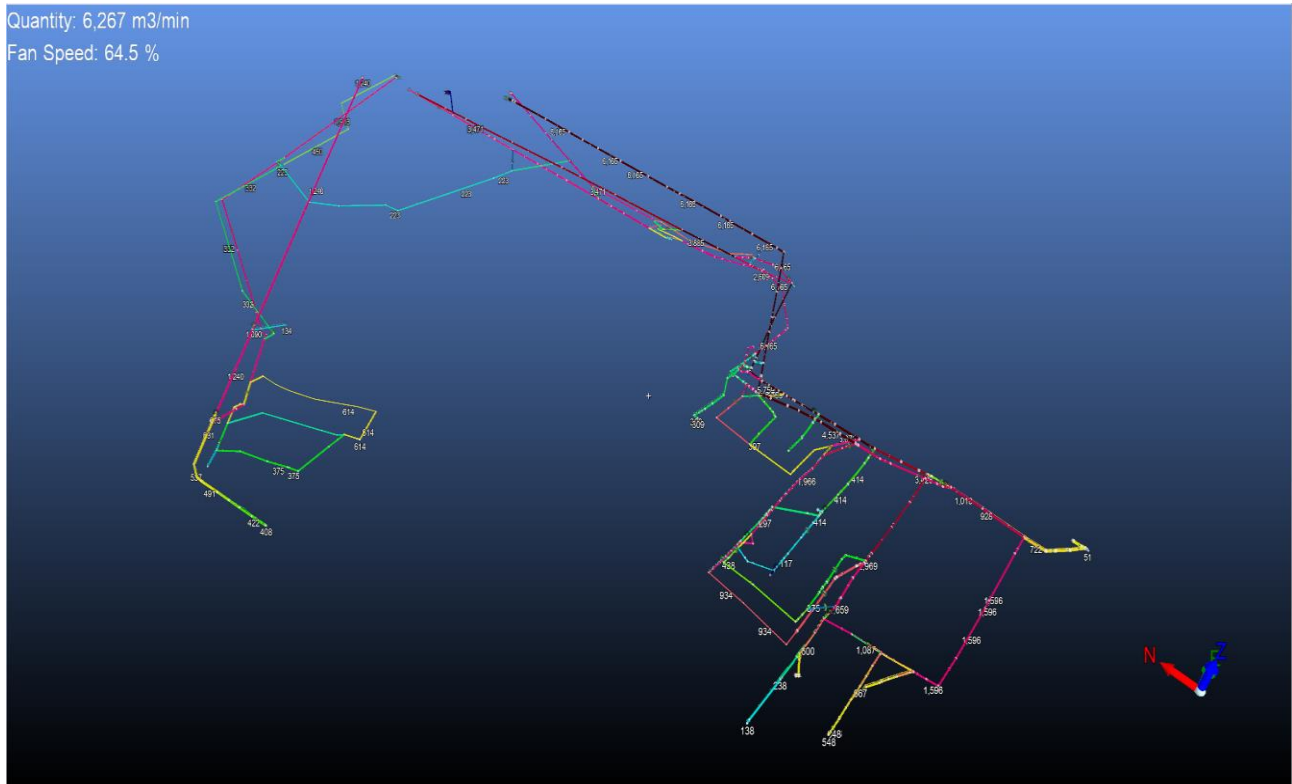
**ABSTRACT** This study presents to determine the ventilation resistances performed by İmbat Madencilik Soma Eynez Underground Mine's by means of various measures. In the planning of ventilation networks, in providing the necessary air distribution and in the design and selection of ventilator facilities, the resistance of the airways in the oven is of great importance. The resistance of an airline varies depending on the resistance, the cross-sectional area and shape of that path, the length of the support, the length, the amount of air passing through the gallery, the pressure difference between certain distances in the cable, and the friction coefficient depending on surface roughness. In the galleries with different properties, measurements were made to determine the resistance in the panels and air doors. These measurements are as follows: 1-For calculation of the air quantity, the cross-sectional area and air velocity. 2-Measurement of pressure differences in each panel, gallery, and on the way to calculate resistance. 3-Psychometry and absolute pressure gauges for the determination of the intensity and humidity of the hearth air. The resistances and friction coefficients of the roads measured by the results obtained from the measurements made are calculated. From the results obtained, the relationship between the resistance and the cross-sectional area is graphically expressed for the airways in operation. In addition, the results of the measurements were compared with the values given in the literature.

\*[ffgokdeniz@itu.edu.tr](mailto:ffgokdeniz@itu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

### 1.1. İşletme Bilgileri

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan İR75153 nolu ruhsat sahasının çalışma alanı, Manisa ili Soma ilçesinin 25-30 km güneybatısındaki Eynez Mahallesi Karanlıkdere Mevkiinde yer almaktadır. İşletmeye ulaşım Soma-Bergama karayolunun 16. kilometresindeki Cenkyeri Mahallesinden ayrılıp güneyde bulunan 11 km'lik asfalt yol ile sağlanmaktadır. Projenin çalışma sahasında; 32 710 810 ton kömür rezervi bulunmaktadır. Rezervin 4 082 559 tonu ana nakliye desandreleri, pano sınırları ve fay zonlarında topuk olarak bırakılacaktır. Kalan 28 628 251 ton üretim projenin termin planına göre üretilecektir. Soma Eynez kömür sahası kömür damarının kalınlığı ortalama 28 metredir. Damar kalınlığı pano bazında değişkendir. Sahada üretim kapalı işletme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir, yeraltı üretim yöntemi olarak da “Geri dönüşlü arkadan göçertmeli çok katlı uzun ayak yöntemi” kullanılmaktadır. Sürülen lağımın kömür damarını kestiği noktalardan damar doğrultusuna ve eğimine göre kömür içerisinde alt ve üst taban yolları sürülerek panolar oluşturulur. Pano sınırlarında taban yolları birleşerek ayakları oluşturur ve kelebelerle bağlanarak katlar teşkil edilir. Damar kalınlığına ve tektonik yapıya göre tek kat ya da iki katta üretim gerçekleştirilir.



Şekil 1. İmbat Madencilik Eynez Ocağı'nın Ventsim Visual 6 programı ile şematik gösterimi.

## **2.OCAK HAVALANDIRMASI VE HAVALANDIRMA DİRENCİ**

Yeraltı maden işletmeciliğinde, bir ocağın açılışından kapanışına kadar üzerinde titizlikle durulması gereken ve vazgeçilmez konulardan birisi, hatta en önemlisi ocağın havalandırılmasıdır.

Havalandırma problemleri değişik şekillerde karşımıza çıkabilir. Örneğin yeni vantilatör tesislerinin hesabı, var olan bir şebekenin ıslahı, yeni üretim yerlerinin eklenmesi, daha derin kotlarda üretime geçilmesi, üretimin artırılması, bir veya birkaç vantilatörün yerlerinin değiştirilmesi, yeni hava giriş kuyularının eklenmesi veya çıkarılması, tamamen yeni bir ocağın havalandırma projesinin yapılması ve bunun gibi sorunlar sayılabilir.

### **2.1. Havalandırma Direnci**

Hava akışında sürtünmeden dolayı oluşan yük kayıpları toplam kaybın % 70-90' ını oluşturmaktadır. Bu nedenle düzenli hava akışını sağlamak için sürtünme kaybına neden olan havalandırma direncini belirlemek gerekmektedir.

#### **2.1.1. Güzergâh ve ölçüm noktaları seçimi**

Ölçüm yolunun seçim prensibi: Maden havalandırma sisteminin özelliklerini yansıtan en uzun havalandırma yolu ana yol olarak kabul edilir ve diğerleri yardımcı test yolları olarak değerlendirilir (Cheng, & Wang, 2011).

### **2.2. Direnci Etkileyen Faktörler**

Havalandırma direncinin değişik faktörler etkilemektedir. Direnci belirlemede kullanılan:  $R=\alpha.(L.P/S^3)$  eşitliğinden görüleceği gibi direnç, 'L' hava yolunun uzunluğu, 'P' hava yolunun çevresi ve  $\alpha$  sürtünme katsayısı ile doğru, 'S' kesit alanının küpüyle ters orantılıdır. Ayrıca  $\alpha$  sürtünme katsayısı da değişik faktörlere bağlı olarak her hava yolu için değişik değerler almaktadır. Aşağıdaki dirence etki eden faktörler ve etkileri ele alınarak açıklanmıştır.

## **3.HAVALANDIRMA DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİNDE YAPILAN ÖLÇMELER**

Havalandırma şebeke problemlerinin çözümünde hava yollarının dirençlerinin doğru ölçülmesi gerekmektedir. Dirençlerin ölçülmesinde genellikle iki yol izlenir.

- Dirençlerin hazırlanmış tablo yardımı ile hesaplanması
- Dirençlerin ölçmelerle hesap edilmesi

Bir hava yolunun direncinin ölçmelerle hesabı zaman alıcı olduğundan, çok hassas olmayan problemlerin çözümü için gerekli direnç değerleri, genellikle tablolar yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ocak direnci ölçmelerle hesap edilmiştir. Esas

olarak ölçülen parametreler: mutlak basınç, kuru ve yaş sıcaklık, atmosferik basınç, galeri kesiti, hava hızı, ölçüm noktaları arasındaki uzunluktur.

### **3.1. Kesit Alanın Ölçülmesi**

Havalandırma hava yolu dirençlerinin tespit edilmesinde hava yolunun kesit alanının doğru olarak ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. Direncin hesabında kullanılan, direnç (R) ile kesit alanı (S) arasında  $R=1/S^3$  orantısı vardır. Burada kesit ölçümünde yapılabilecek bir hata, dirence küpü mertebesinde yansıtacaktır. Bu nedenle kesit ölçmelerinin büyük bir hassasiyetle yapılması gerekmektedir.

### **3.2. Hava Hızının Ölçülmesi**

Ocak yollarındaki hava hızı birkaç cm/s'den 10-15 m/s veya daha büyük değerlere erişecek şekilde çeşitli sınırlar içinde değişir. Kuyu ve galerilerde ortalama hava hızı 1-5 m/s arasında değişmektedir.

Hava hızı kavramı, genellikle ortalama hava hızını ifade etmekte olup, birim zamanda bir kesitten geçen hava miktarının kesit alanına olan oranıdır. Bir hava yolunda hava hızı, hava yolunun kesit alanına bağlı olarak artmakta ya da azalmaktadır. Hava hızları istenen ölçme hassasiyetine göre değişik ölçme yöntemleri ile ölçülmektedir.

Ocaklarda hava hızları genellikle anemometreler ile ölçülmektedir. Ayrıca anemometreye ek olarak yeni bir ölçüm yöntemi olan mikro-sıcaklık manometresi ile hava hızı ölçümü İmbat Madencilikte geliştirilmiş olup anemometre ile benzer sonuçlar alınmıştır (Tuncel, 1991).

### **3.3. Basınç Ölçmeleri**

#### **3.3.1. Mutlak basınçların ölçülmesi**

Barometreler mutlak basıncı, yani atmosfere göre fark basıncını ölçmek için kullanılır. Barometreler dâhili belleği sayesinde yaklaşık 900 veri kaydedilebilir. Barometrik basıncın yanı sıra bu barometreler ile sıcaklığı ve göreceli nem oranını da ölçmek mümkündür.

#### **3.3.2. Basınç farklarının ölçülmesi**

Ocak içerisinde basınç değişimleri barometrik veya manometrik yöntemlerle tespit edilir. Bu çalışmada ise manometrik yöntem uygulanmıştır.

Manometrik yöntemde ise basınç farklarının belirlenmesinde manometreler kullanılmaktadır. Manometre ile yapılan ölçme işlemi, bir okumayla doğrudan basınç farkının ölçülebilmesinden dolayı barometreye kıyasla daha basit ve hassastır. Fakat

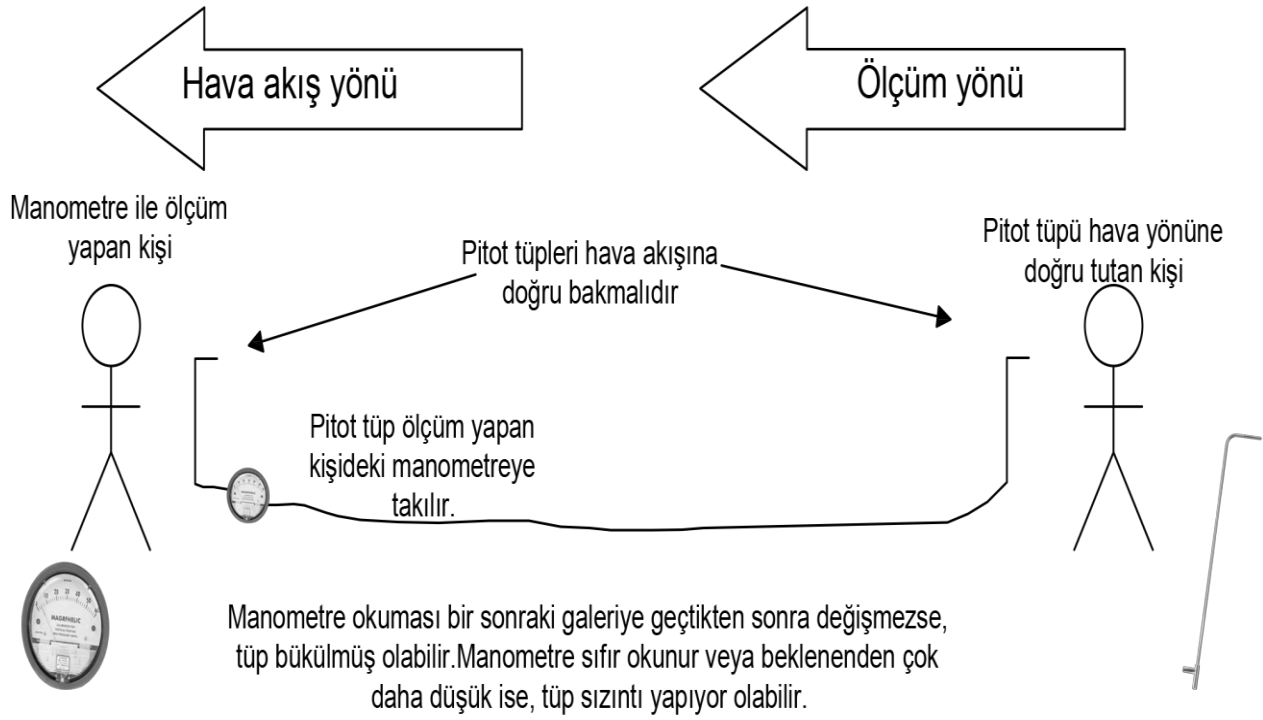


ölçme işlemi oldukça uzun zaman almaktadır. Manometreler değişik tip ve yapılarına göre sınıflara ayrılmaktadır. Ocaklarda basınç farkı okumaları için en uygun olanları dijital manometrelerdir.

Çizelge 1. Ocağın çeşitli yerlerinde alınan ölçümler.

ÖK	BF	K	AH	HM	HMD	BHH
1	4,76	13,50	2,09	28,22	1692,90	2,18
2	4,14	13,29	2,26	30,04	1802,12	2,03
3	3,53	13,84	2,01	27,82	1669,10	1,88
4	0,84	18,84	1,06	19,97	1198,22	0,91
5	0,45	12,71	0,64	8,16	489,59	0,67
6	1,52	16,00	1,52	24,32	1459,20	1,23
7	0,31	11,39	0,61	6,97	418,24	0,55
8	8,45	12,80	2,93	37,50	2250,24	2,91
9	13,01	21,00	1,97	41,43	2485,98	3,61
10	0,76	7,80	0,18	1,40	84,24	0,87
11	3,01	10,27	0,18	1,85	110,92	1,73
12	4,83	13,00	1,30	16,94	1016,34	2,20
13	13,61	11,41	3,51	40,01	2400,89	3,69
14	10,49	7,38	2,68	19,77	1186,34	3,24
15	50,11	8,71	7,09	61,75	3705,23	7,08
16	67,36	7,25	8,03	58,18	3490,64	8,21
17	70,26	7,20	8,97	64,58	3875,04	8,38
18	49,09	9,14	8,10	74,06	4443,50	7,01

ÖK: Ölçüm Yapılan Konum, BF: Basınç Farkı (Pa), K: Kesit (m<sup>2</sup>), AH: Anemometre ile Ölçülen Hava Hızı (m/s), HM: Hava Miktarı (m<sup>3</sup>/s), HMD: Hava Miktarı (m<sup>3</sup>/dk), BHH: Basınç Farkı ile Ölçülen Hava Hızı (m/s)



Şekil 4. Manometre ile basınç farkı okumasının şematik görünüşü (Prosser, & Loomis).

#### 4. SONUÇ

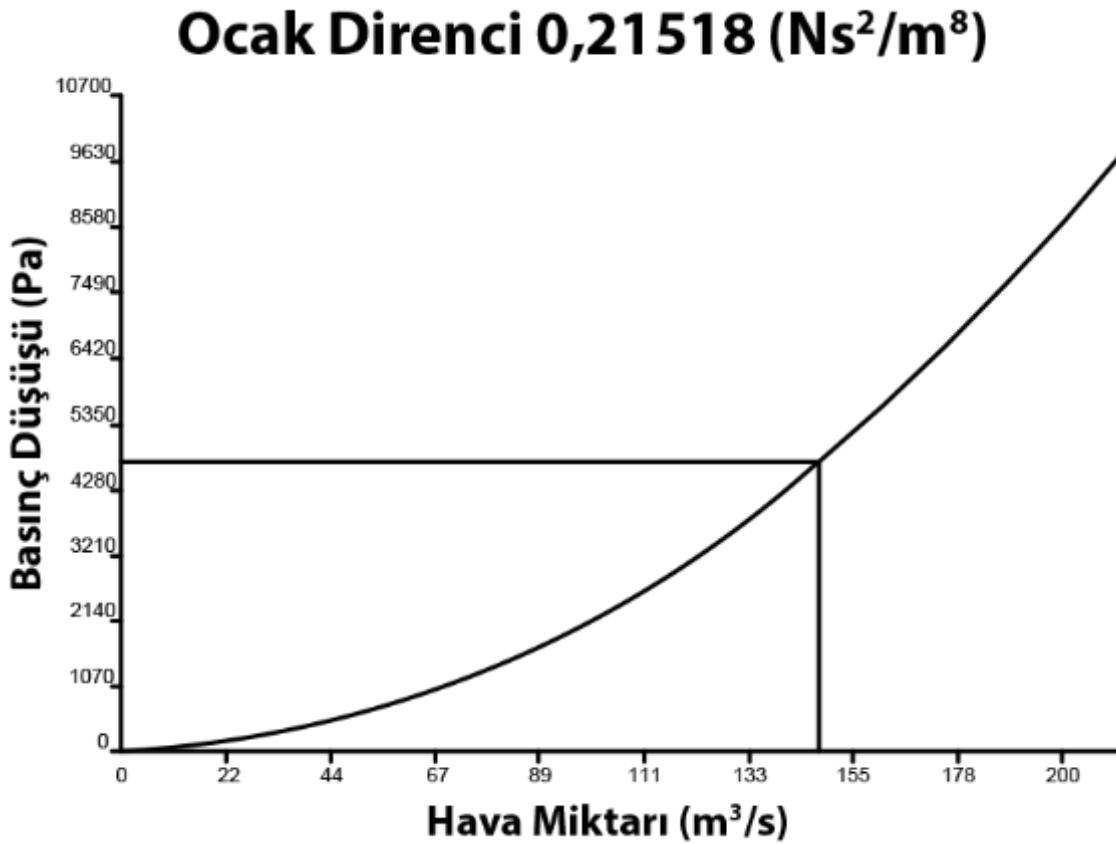
Bu çalışması ile İmbat Madencilik Soma Eynez yeraltı ocağının havalandırma direnci tespit edilmiştir. Ocağın havalandırma şebekesinin bilgisayar ortamında oluşturulması ve analizi için Ventsim Visual 6 havalandırma simülasyon programı kullanılmıştır. Programa veri olarak öncelikle işletme tarafından hazırlanan üretim planı dxf dosya formatında girilmiş ve havalandırma şebekeleri oluşturulmuştur. Daha sonra şebekeyi oluşturan her bir hava yolu için geometrik şekil ve boyut, sürtünme faktörü gibi parametreler programa girilmiştir. Ayrıca ocağa verilecek toplam hava miktarı farklı kriterler dikkate alınarak hesaplanmış ve hava dağılımı program yardımıyla analiz edilmiştir.

İmbat Madencilik Eynez Ocağı'nda yapılan ölçmeler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak verilmiştir.

Ocakta bulunan hava yolları için ölçmeler sonucu bulunan sürtünme katsayıları Çizelge 2. de görülmektedir

Hava Yolunun Tipi	$\alpha$ Sürtünme Katsayısı (kg/m <sup>3</sup> )	McPherson (1993)
Çelik Bağ Tahkimatlı Desandre ve Galeriler	0,003554	0,0040
Üst Taban Yolları	0,008758	0,0075
Alt Taban Yolları	0,008879	0,0075
Mekanize Ayaklar	0,068219	0,0650

Şekil 5. Çeşitli hava yollarına göre bulunan sürtünme katsayıları.



Şekil 6. Ventsim yazılımı ile ocak direnci sonucu.

## **KAYNAKLAR**

- Cheng, G., Wang, W., & Wang, F., 2011. Measurement and Analysis of Air Resistance on Baishan Coalmine. *Advanced Materials Research Online (1662-8985)*, Vol. 402, pp 648-653  
*doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.402.648 Trans Tech Publications, Switzerland*
- McPherson, M., J., 1993. “*Subsurface ventilation and environmental engineering*”. Thomson Press Limited, India, s.138.
- Prosser, B., S., & Loomis, I., M.,. 2004. Measurement of Frictional Pressure Differentials During a Ventilation Survey. 10th North American Mine Ventilation Symp., Alaska.
- Tuncel, Z. “T.T.K., Üzülmez Taşkömürü İşletme Müessesesinde havalandırma dirençlerinin ölçmelerle tespiti”. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi,1991.

# **METAN DRENAJI**

## *METHANE DRAINAGE*

**Nihat Kayabalı\***, Ferhat Büyükbaş

*(Polyak Eynez Enerji Üretim Madencilik San. ve Tic. A.Ş.)*

**ÖZET** Bu bildiri; metan drenaj geometrisi ve yöntemleri ile kömüre bağlı metan gazından elektrik ve ısı enerjisi üretimi (kojenerasyon) tasarımını içermektedir.

**ABSTRACT** This paper contains the subjects of methane gas drainage geometry, methane drainage methods and producing electricity and heat from methane gas by cogeneration and its planning stages.

---

\*[nihat.kayabali@polyakeynez.com](mailto:nihat.kayabali@polyakeynez.com)

## 1. GİRİŞ

Kömür madenciliğinde metan gazı; patlatma, yangın, ani püskürme ve boğulma ile birçok tehlikeyi beraberinde getirmektedir.

Metan ile en etkili mücadele efektif bir havalandırma değildir. Sorunun havalandırma ile yenilemediği durumlarda havalandırmaya destek olarak metan drenajı zorunluluk göstermektedir.

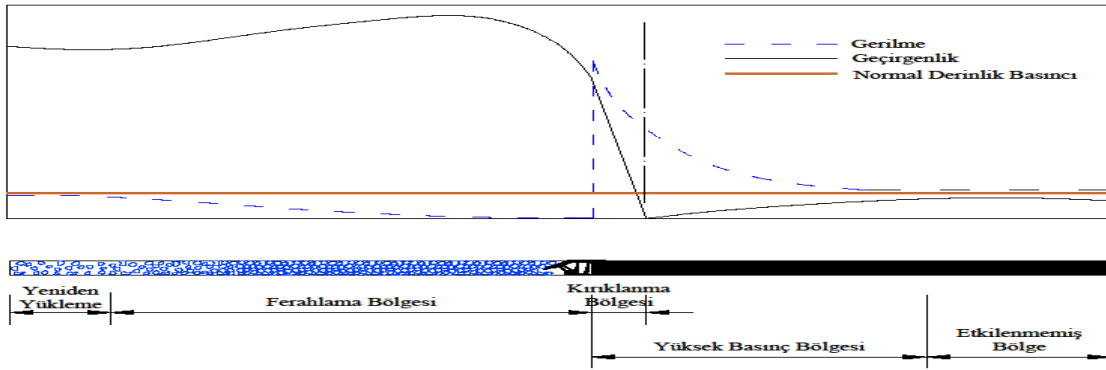
Metan drenajı ile metan kaynağında kontrol edilmekte ve ocak açıklıklarında birikimi engellenebilmektedir.

## 2. METAN DRENAJİ

Metan Drenajı; kömür ve çevre kayalarda yüksek basınç altında bulunan metan gazının üretim ve hazırlık faaliyetleri ile birlikte doğal gerilmeler dengesi bozularak ocak açıklıklarına akışından önce tutularak ortamdan uzaklaştırılması, yeryüzüne veya yeraltında hava çıkışı kuyu veya nefeslik galerilere pompalanması işlemidir.

### 2.1. Metan Drenaj Geometrisi

Üretim faaliyetleri ile birlikte değişen gerilme-geçirgenlik profili sondaj geometrisini belirlemektedir (Şekil 1).



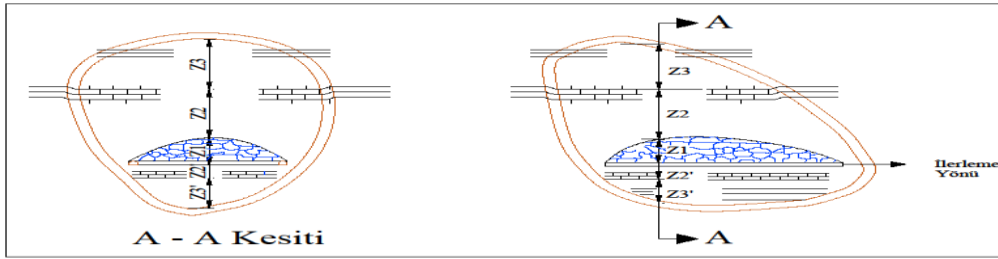
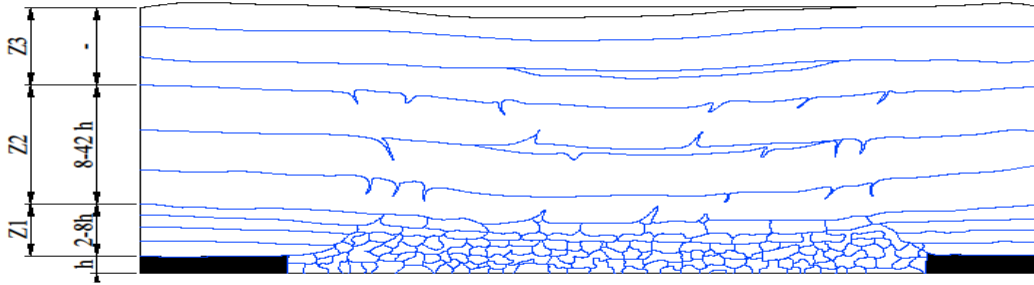
Şekil 1. Gerilme-Geçirgenlik profili (Durucan ve Güyagüler, 1985).

Tabakaların hareketlilik kazanması ile değişen gerilmeler neticesinde çalışılan kömür damarı çevresinde farklı geçirgenlikte zonlar meydana gelmektedir (Şekil 2).

Çok dar açı kullanıldığında tavan tabakalarında meydana gelen büyük ve blok kırılmalar, sondajın bozulmasına ve düşük konsantrasyonda gaz emilmesine neden olmaktadır (Z1 zonu).

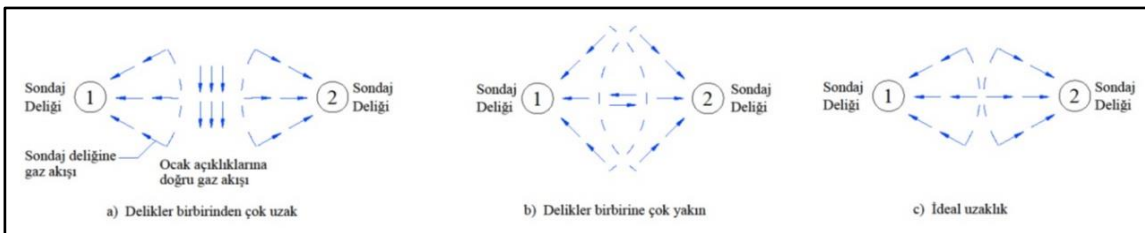
Çok dik delindiklerinde rahatlamış bölgenin dışında kalabilmekte ve yeterli gaz emişi sağlanamamaktadır (Z3 zonu).

Z2 zonunda oluşan çatlak ve tabaka hareketleri, geçirgenliği artırmakta ancak sondajları parçalayıp bozamamaktadır. Metan drenajı için en uygun zondur.



Şekil 2. Drenaj zonları (Boxho vd, 1980).

Yeraltı metan drenaj sondajları; üretim yöntemleri, damar özellikleri, çevresel koşullar, jeolojik ve tektonik yapı ile her ocağın kendi şartlarında edinilen tecrübelerle göre farklı geometrilerde (sondaj açısı, istikamet, uzunluk, çap, delikler arası mesafe, ayak hattı ile bırakılacak kot farkı) açılırlar. (Şekil 3).

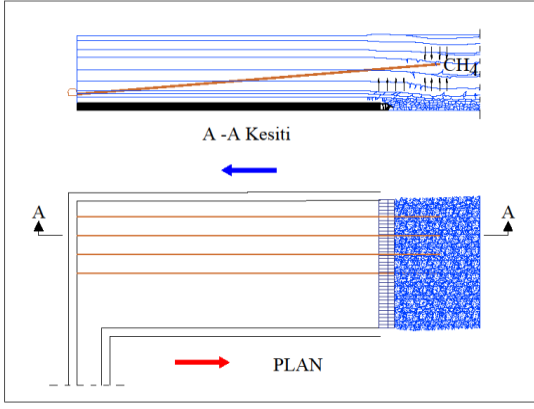


Şekil 3. Delikler arası mesafe.

## 2.2. Metan Drenaj Yöntemleri

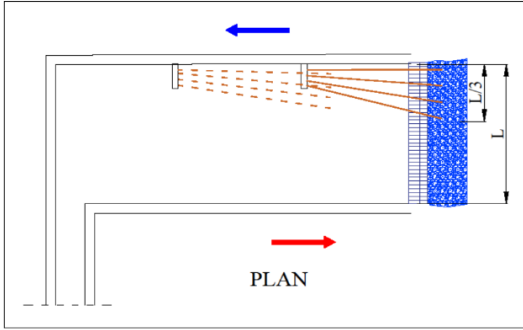
### 2.2.1. Üretim Esnasında Metan Drenajı

Ana galerilerden çalışılan ayağın tavan taşına ayak ilerleme istikametine dik olacak şekilde sondajlar açılır (Şekil 4).



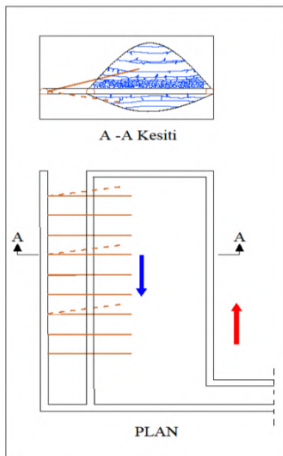
Şekil 4. Ana yollardan metan drenajı.

Üst taban yolunda açılan kılçık baca ve ceplerden sondajlar yapılabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Taban yollarından metan drenajı.

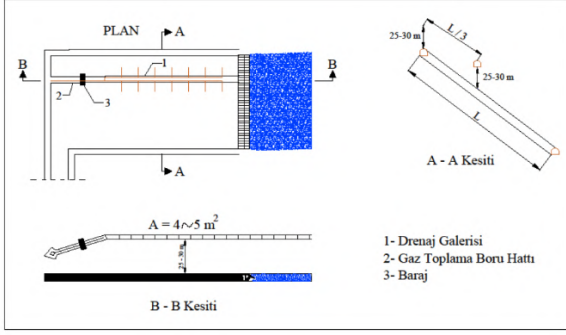
Özellikle üst taban yolu olmak üzere taban yollarına paralel galeri sürerek sondajlar yapılabilir (Şekil 6).



Şekil 6. Paralel yollarından yapılan metan drenajı.

Tavan galerilerinden sondajlar yapılabilir. Üretim tamamlandıktan sonra galeri barajlanarak drenaja devam edilebilir (Şekil 7).



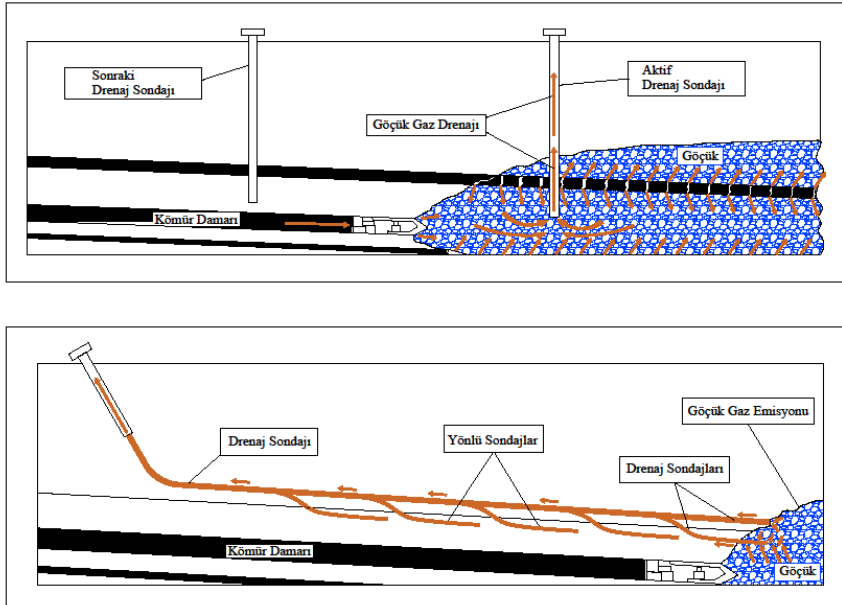


Şekil 7. Tavan galerisinden metan drenajı.

Yerüstünden dik veya yönlü açılan sondajlarla yapılan drenajlardır.

Drenaj ocak şartlarına bağlı kalmaksızın yürütülebilir. Bütün tavan tabaklarını keser. Hiçbir madencilik çalışmalarının yapılmadığı noktalara kadar ulaşarak drenaja geçilebilir.

Ayak göçüklerine ve eski imalatlara yapılan sondajlar için genellikle su drenajı gerekmez. Ancak çalışma yapılmamış alanlarda suyun drene edilmesi zorunludur. Aksi halde gaz akışı olmaz (Şekil 8).



Şekil 8. Yüzeiden açılan sondajlarla metan drenajı.

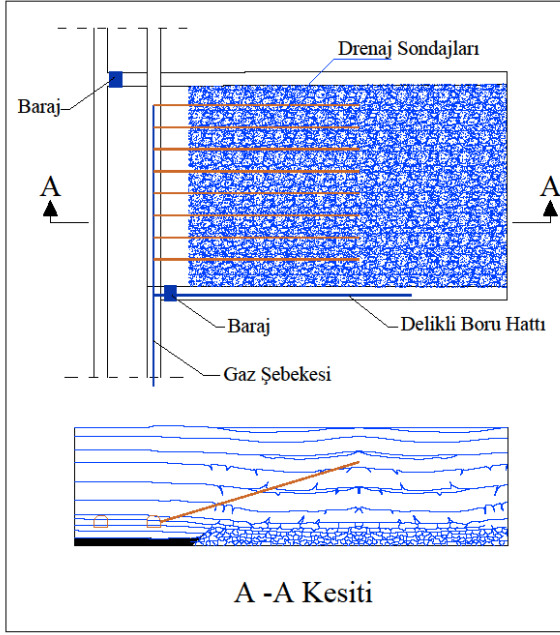
### 2.2.2. Eski İmalatlarda Metan Drenajı

Eski imalatlarda gaz geliri düşse dahi tabakalar belli miktar gaz içerdiği müddetçe gaz yayılımının tam olarak durması söz konusu değildir.

Özellikle atmosfer basıncı düştüğünde göçükte biriken metan ocak açıklıklarına doğru hızla hareket edebilmektedir. Faylı ve geçirgenliği yüksek jeolojik yapılar bu hareketi desteklemektedir.

Üretimi tamamlanan panolar giriş ve çıkıştan barajlanarak kapatılır. Bu barajlar içinde bırakılan delikli borular veya panoya dışarıdan yapılan sondajlar ile drenaj yapılmaktadır (Şekil 9).

Drenaj geometrisi ocak şartlarına göre şekillenmektedir.

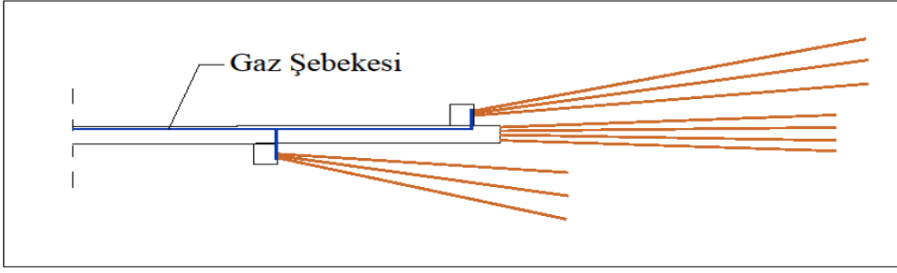


Şekil 9. Eski imalatlarda metan drenajı.

### **2.2.3. Hazırlıklarda Metan Drenajı**

Arın sondajları ile kömür ve çevre kayaçların metan açısından rahatlaması sağlanmaktadır. Şebekeye bağlı olsun veya olmasın hepsi birer metan drenaj sondajıdır. Drenaj delikleri damar içinde, tavanda veya tabanda olabilmektedir.

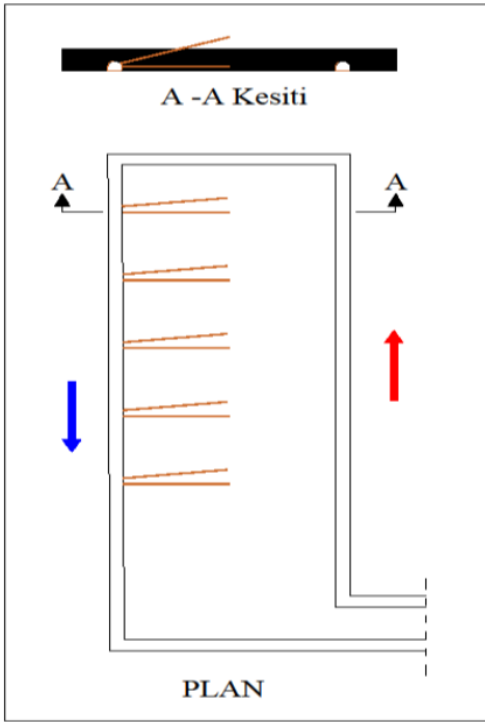
Yolun her iki tarafına drenaj cepleri açılabilir. Sondajlar, yol eksenine göre dar bir açı yapacak şekilde delinmektedir. Şartlara göre özellikle fay zonlarında veya damar gaz basıncının yüksek olduğu bölgelerde ceplerden yapılan sondajlar, ana gaz şebekesine bağlanarak kapalı devre metan drenajı yapılabilir (Şekil 10).



Şekil 10. Hazırlıklarda metan drenajı.

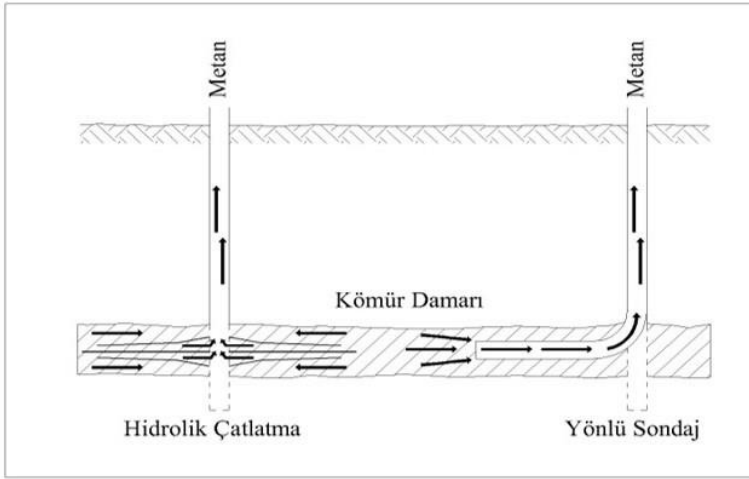
#### 2.2.4. Üretimden Önce Metan Drenajı

Kömür damarı içine yapılan sondajlar ile üretimden önce damar gaz basıncı/içeriği düşürülebilir. Eğer oksidasyon problemi yoksa üretim esnasında da aynı yöntem ile damar gaz basıncı/içeriği düşürülebilir (Şekil 11).



Şekil 11. Yeraltı sondajları.

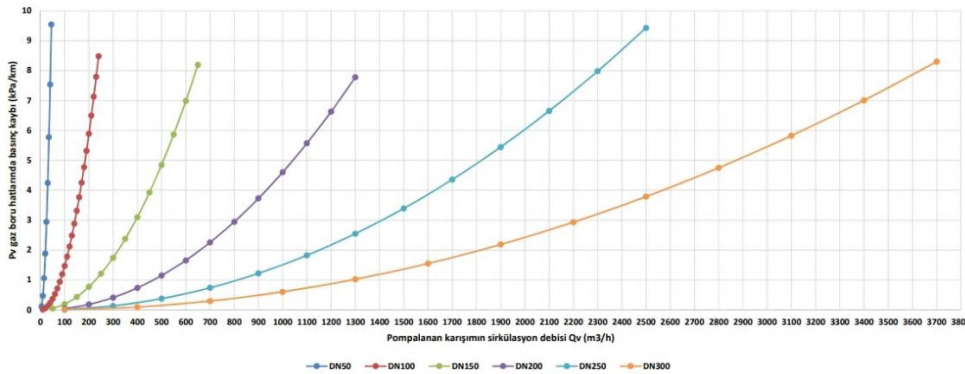
Yeraltı ve yerüstünde bakir veya permeabilitenin düşük olduğu bölgelerde gaz geliri hidrolik çatlatma ile artırılabilir (Şekil 12). Ancak kömürün oksidasyona müsait olması veya sahanın iri ufaklı faylarla parçalanmış ve bu fayların hareketliliği-geçirgenliği durumunda hidrolik çatlatma uygulama ve sonuçları ayrıca değerlendirilmelidir.



Şekil 12. Yerüstü sondajları.

### 2.3. Metan Drenaj Şebekesi

Gaz şebekesi; drenaj sondajlarının boru şebekesi ile emici pompaya bağlanması işlemidir. Şebeke, hortumlar, vanalar, borular, ölçme plakası, su tutucuları ve pompadan oluşmaktadır. Boru çapları arttıkça şebeke basınç kayıpları düşmektedir (Şekil 13).



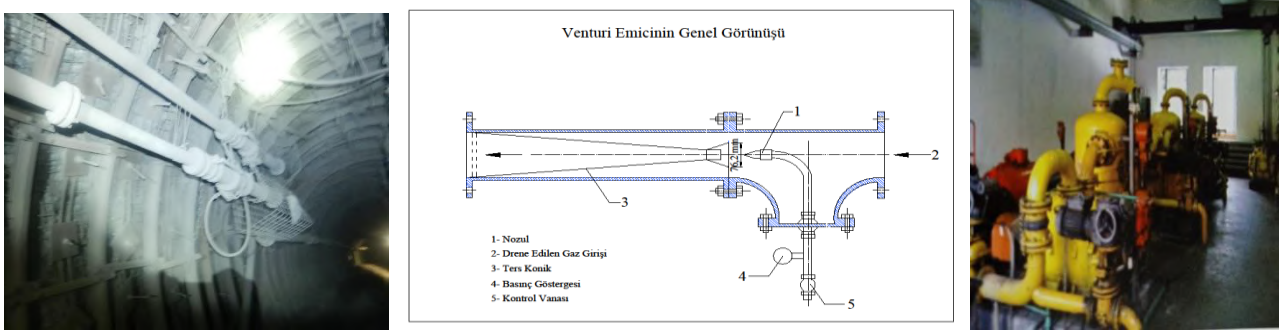
Şekil 13. %60 CH<sub>4</sub> konsantrasyonlu gaz karışım miktarına bağlı olarak DN 60 ile DN 300 arasındaki gaz boru hatlarında basınç kaybı (Zelanak, 2022).

Şebeke, tahmini metan gelirine göre planlanmaktadır. Burada jeolojik ve tektonik yapı, damar yoğunluğu, damar kalınlığı ve gaz içeriği, kömür ve çevre kayaların geçirgenlikleri, ocak metan emisyonu, ocak-kuyu mesafe ve derinlikleri vb. göz önünde bulundurulmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Sondaj-Gaz şebekesi bağlantıları.

Ventürilerin basınçlı hava ile çalışmaları, pratik, küçük, ucuz ve kolay monte edilebilmeleri ve lokal uygulamalarla metan sorununu çözebilmeleri önemli avantajlarıdır. Ayrıca daha yüksek kapasiteli, elektrikli metan drenaj istasyonları yeraltı veya yerüstünde kurulabilmektedir (Şekil 15).

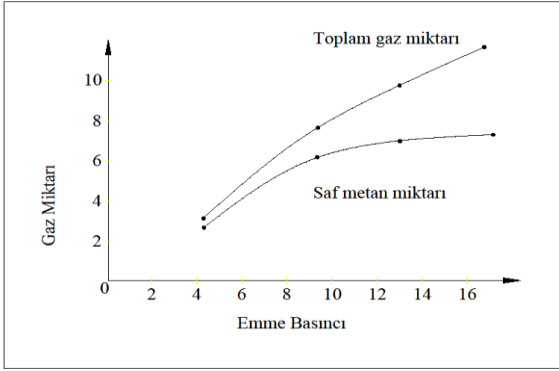


Şekil 15. Emiciler (Ventüri-Pompa).

## 2.4. Ölçme-Kontrol İşleri

- Sondajlarda ve şebekede optimum emme basıncı düzenlenmelidir.
- Sondaj-Şebeke bağlantıları sızdırmazlık için sürekli kontrol edilmelidir.
- Şebekenin susuzlandırma kontrolleri yapılmalıdır.
- Şebekenin topraklaması yapılmalıdır.
- Sondajlarda metan geliri %30' un altına düşerse veya oksijen %8'in üstüne çıkarsa şebeke basıncı regüle edilmelidir. Buna rağmen gaz veya oksijen konsantrasyonlarında istenilen seviyelere ulaşamıyorsa sondaj iptal edilebilir,

beklemeye alınabilir, tekrar ölçümler yapılır yine de pozitif sonuç alınamıyorsa başka bir sondaj açılabilir (Şekil 16).



Şekil 16. Emme basıncının saf metan miktarına etkisi (Kayabalı, 1989).

- Oksijen %6 ve altında ise daha düşük konsantrasyonlarda metan emilimi yapılabilir.

### 3. KOJENERASYON TASARIMI

Metan kaynakları, mevcut üretim ayakları, eski imalatlar ve hazırlıklardır (Şekil 17).

1MW kurulu güç için 250 m<sup>3</sup>/saat CH<sub>4</sub> ihtiyacı vardır (4,2 m<sup>3</sup>/dk CH<sub>4</sub>).

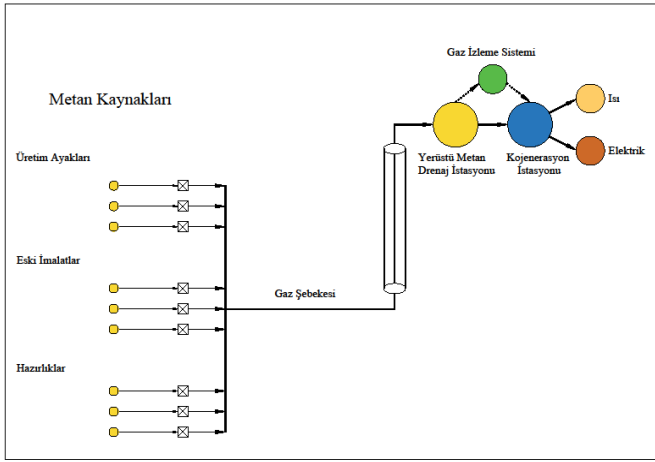
%30 CH<sub>4</sub> ve üzerinde kojenerasyon mümkündür.

Kojenerasyon kurulumu için yerüstü metan drenaj istasyonları devreye alınmalıdır.

Metanın konsantrasyonu, miktarı, kirlilik, nem vb. özelliklerinin belirlenmesi kojenerasyon ünite kapasite ve dizaynı için gereklidir.

Tesis ilk etapta küçük kapasiteler ile kurulabilir. Üretim ve hazırlık işlerinin genişlemesi, eski imalat sayılarının artması, dolayısıyla metan kaynaklarının çoğalması sonucu kademeli olarak daha yüksek kapasitelere çıkılabilir. Bu durum doğru planlandığında önemli bir maliyet artışı oluşturmaz.

Kojenerasyon ile yeraltı kömür işletmelerinde atmosfere metan salınımı düşürülerek sera gazı etkisi doğrudan azaltılabilmektedir. Metan gazının CO<sub>2</sub>'e göre sera gazı etkisi 23 kat daha fazladır.



Şekil 17. Kojenerasyon tasarımı.

#### 4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

- Metan drenajı ile damar gaz basıncı/içeriği ve ocak açıklıklarındaki metan konsantrasyonu düşürülerek metan kaynaklı tehlikelerin önüne geçilebilmektedir.
- Drenaj ile daha efektif havalandırma mümkün olabilmektedir (İş sağlığı ve güvenliği, ocak yangınlarını önleme, tozla mücadele, ocak iklimi, maliyet).
- Ocak havasındaki metan konsantrasyonu yasal limitlere göre üretim ve hazırlık işlerini sınırlandırabilmektedir. Drenaj, sınırlı üretim miktarının ve hazırlık ilerlemelerinin artırılmasına yardımcı olabilmektedir.
- Üretimden önce yapılan drenajda damar gaz içeriği ve permeabilitenin düşüklüğü durumunda hidrolik çatlatma yapılabilir.
- Yönlü sondajlar ile yeraltı ve yerüstünden daha efektif metan drenajı yapılması mümkün olabilmektedir.
- Yerüstü metan drenaj istasyonları veya kojenerasyon ile metan gazı yakılarak sera gazı etkisi düşürülebilmektedir.
- Dünya’da birçok ülkede kömüre dayalı metan gazından elektrik ve ısı üretimi yapılmaktadır. Damar gaz içerikleri, üretim miktarları, damar yoğunluğu, kömür ve çevre kayaçların jeomekanik özellikleri ve benzeri hususları dikkate alındığında ülkemizde de Zonguldak, Soma gibi metan gazı içeren havzalarda kojenerasyon ünitelerinin kurulumu mümkün görülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Boxho, J. Stassen, P. Mucke. G. Noack, K. Jeger, C. Leascher, L. Browning, E. Dunmore, R.1980. Grubengasabsaugung, Verlag Glückauf GmbH, Essen, 40.
- Durucan, Ş. Güyagüler, T. 1985. Yeraltı Kömür Madenciliğinde Çevre Sorunları ve Kontrol Yöntemleri, G.M.İ.S., Ankara
- Kayabalı, N. 1989. TTK Kozlu Müessesesi Çay Damarında Metan Drenaj Deliklerinin Tasarımında Etkili Geometrinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Zonguldak, 61.
- Zelenak, S. 2022. Polyak Eynez Linyit İşletmesi Metan Drenaj Projesi, İzmir, 3.



# **KÖMÜR TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARININ TAHMİN EDİLMESİ**

## ***ESTIMATING THE GREENHOUSE GAS EMISSIONS ASSOCIATED WITH COAL CONSUMPTION***

**Büşra Demir Avcı<sup>\*</sup>, İzzet Karakurt, Gökhan Aydın**

*Madencilik&Enerji Araştırma Grubu, Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi,  
Trabzon*

**ÖZET:** Bu çalışmada, kömür tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının (GHGE-CC) tahmin edilmesine yönelik basit, anlaşılabilir ve pratik uygulanabilir istatistiksel modellerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede, model geliştirme yöntemi olarak trend analizi (TA)'inden faydalanılmıştır. Çalışma örneklemini olarak da hızlı büyüyen ve dinamik kömür tüketicisi olan Türkiye seçilmiştir. Ek olarak, geliştirilen modellerin tahmin doğrulukları ve tahmin performans ölçümleri de istatistiksel olarak test edilmiştir. Ayrıca, geliştirilen/önerilen modellerle ilgili Türkiye'nin GHGE-CC 2025'ten 2035'e kadar tahmin edilmiştir. Geliştirilen/önerilen modellerin istatistiksel doğrulama sonuçları ve tahmin performans ölçümleri, ilgili modellerin GHGE-CC'nın tahmininde etkili bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. İlgili modeller ile yapılan tahmin sonuçları da, 2020 yılındaki emisyonlara kıyasla, Türkiye'nin GHGE-CC'nın yıllık ortalama %1,9'luk büyüme ile 2035 yılı itibarı ile %21.20 oranında bir artış beklenildiğini göstermiştir.

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed at developing simple, understandable and practically applicable statistical models for estimating greenhouse gas emissions associated with coal consumption (GHGE-CC). In this framework, trend analysis (TA) was employed as a technique for developing the model. Turkey, which are fast-growing and dynamic coal consumer, was chosen as the study case. In addition, the confirmation and estimating accuracies of the developed models were statistically determined. Moreover, the future GHGE-CC were estimated from 2025 to 2035 by the developed/proposed models for Turkey. Statistical validation and performance measurements' results of the developed/proposed models revealed that the models can be used effectively in the estimation of GHGE-CC. The estimating results, made with the relevant models have shown that, compared to the emissions in 2020, an increase of 21.20% is totally expected in Turkey's GHGE-CC by 2035, with an average annual rate of 1.9%.

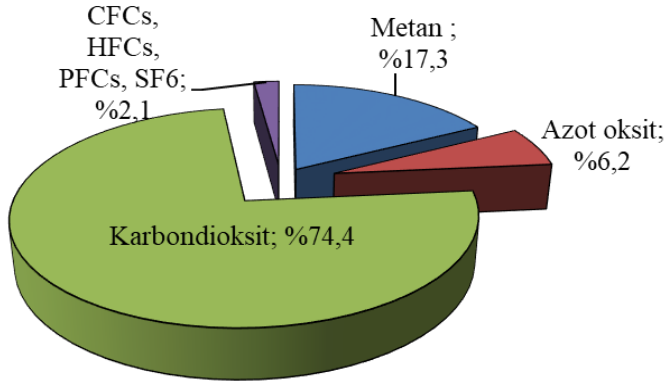
---

<sup>\*</sup> [busrademiravci@ktu.edu.tr](mailto:busrademiravci@ktu.edu.tr)

## 1. GENEL BİLGİLER

Günümüz kaynaklarının aşırı ve düzensiz tüketilmesi, hızlı nüfus artışı, çarpık yerleşim ve kentleşme, ormansızlaşma, bazı tarımsal ve endüstriyel uygulamalardaki artışlar ve aşırı enerji üretimi/tüketimi gibi faaliyetler, dünya doğal dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır (Ramanathan ve Feng, 2009; Adam ve Apaydın, 2016). Bahsi geçen bu faaliyetlerden doğal ya da antropojenik (insan kaynaklı) olarak açığa çıkan sera gazları, hem bölgesel hem de küresel ölçekte iklimi önemli ölçüde etkilemektedir (EPA, 2024).

En yaygın ve bilinen sera gazları; karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), azot oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ), su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hidroflorokarbonlar, perflorokarbonlar ve kükürt heksaflorür (CFCs, HFCs, PFCs,  $\text{SF}_6$ ) dâhil endüstriyel gazlardır. Su buharı, diğer sera gazları ile kıyaslandığında atmosferde en çok olan gazdır. Ancak insan kaynaklı su buharı emisyonlarının atmosferdeki su buharı seviyelerini önemli ölçüde değiştirmemesi nedeniyle uluslararası sera gazı envanterine dâhil edilmemektedir (IPCC, 2007; Doll ve Baranski, 2011). Bilinen sera gazları arasında emisyonların %70'inden fazlasından sorumlu olan  $\text{CO}_2$ , küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine katkıda bulunan en büyük sera gazıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Bilinen gazların sera etkisi içerisindeki payları (Karakurt vd., 2011).

$\text{CO}_2$ 'in yaklaşık 50-200 yıllık ömrü ve uzun dalga boylu ışınların büyük bölümünü emme özelliği nedeniyle iklim değişikliği kapsamında önemli etkisi vardır. Sera gazı emisyonları arasındaki oranı %17 civarında olan  $\text{CH}_4$ , atmosferde  $\text{CO}_2$  kadar uzun süre yer almasa da küresel ısınmada neredeyse 25 kat daha fazladır. Genel olarak kömür madenciliği başta olmak üzere, çöp birikintileri ve oksijensiz koşullarda ayrışmayla atmosfere salınır ve yaşam ömrü yaklaşık 11 yıl ile diğer gazlardan kısadır (Saunio vd., 2020). Bir diğer bilinen sera gazı  $\text{N}_2\text{O}$ , dünyanın azot döngüsü sebebiyle doğal olarak atmosferde bulunur. Salınımından sonra atmosferde 100-150 yıldan daha uzun süre kalmaktadır.  $\text{CO}_2$  ile benzer şekilde azot oksitlerde dalga boyları için etkili bir emici olma özelliği taşıması sebebiyle küresel ısınma üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler (Türkeş, 2021; EPA, 2024).

Sera gazlarındaki artışların yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliği, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere Türkiye dahil tüm ülkeler için en önemli çevresel endişelerden biridir (Yang vd., 2021). Bu nedenle; son zamanlarda hem araştırmacılar

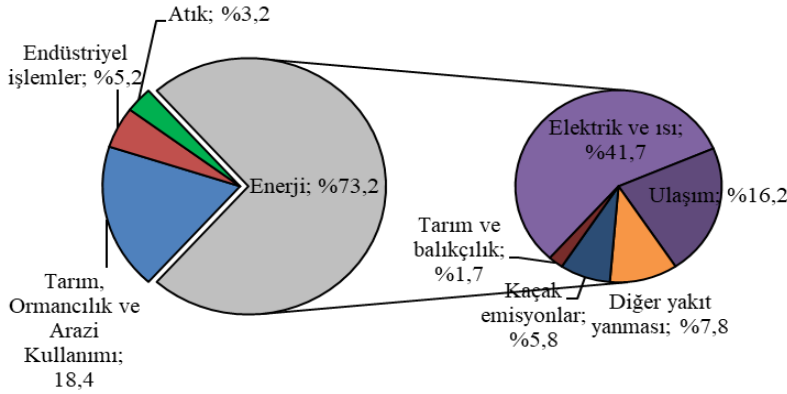
hem de politika yapımcılar, gelişen ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler için sera gazı emisyonlarının azaltılmasına öncelik verilmesinin önemini fazlaca vurgulamaktadır. Ayrıca, geleceğe yönelik sera gazı emisyonlarını mümkün olduğunca doğru tahmin edilmesi, ülke ve/veya bölge bazında ekonomistler, bilim insanları, enerji ve çevre politikacıları dâhil tüm paydaşlar için teoride ve pratikte oldukça önemlidir. Böylelikle sera gazı emisyonlarının azaltılmasına karşı alınabilecek uygun ölçüm tekniklerinin oluşturulmasına yardımcı olunmasına katkıda bulunulması söz konusu olacaktır. Bahsedilen bu katkıya yönelik bu çalışmada da GHGE-CC'nın tahmin edilmesine yönelik istatistiksel modellerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Genel bir girişin yapıldığı birinci bölüme ek olarak, çalışmanın geriye kalan kısmı da şu şekilde organize edilmiştir. GHGE-CC'na yönelik bilgiler ikinci bölümde sunulmuştur. Üçüncü bölüm, çalışmanın örnekleme Türkiye'ye yönelik bilgiler içermektedir. Çalışmada kullanılan verilere ve izlenen yöntemle ilişkin bilgiler dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölüm, çalışmada elde edilen bulguların sunulduğu ve tartışıldığı bölümdür. Altıncı ve son bölümde ise çalışmada elde edilen sonuçlar verilmiştir.

## **2. KÖMÜR TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARI (GHGE-CC)**

Küresel enerji ihtiyacının %80'ninden fazlasını (%32'si petrol, %27 ve %24'ü de sırasıyla kömür ve doğal gaz olmak üzere) karşılayan fosil yakıtlar (FY), sera gazı emisyonlarının başlıca kaynaklarından biridir (Karakurt ve Aydın, 2023). FY'a olan bu bağımlılık, başta CO<sub>2</sub> emisyonları olmak üzere dünyadaki sera gazlarının çoğunun temel kaynağını oluşturur. Günümüzde ülkelerin enerji ihtiyaçlarının büyük çoğunluğunu FY'dan karşılamaya devam etmesi atmosferdeki sera gazı emisyonlarının da ciddi oranlarda artmasını da beraberinde getirmektedir/getirmeye de devam etmektedir. Şöyle ki; 2021 yılında dünya toplam sera gazı emisyonları 54,5 milyar ton CO<sub>2</sub> eşdeğere (BtCO<sub>2</sub>eşd.) ulaşmıştır. Çin (%26,4), Amerika Birleşik Devletleri (ABD, %12,5), Hindistan (%7,06), Avrupa Birliği (AB, %7,03) ve Rusya Federasyonu (%4,42) gibi az sayıda ülke dünyadaki sera gazı emisyonlarının %53,27'lik kısmından sorumludurlar. Yine 2021 yılında, toplam küresel sera gazı emisyonlarının neredeyse %70'ini CO<sub>2</sub> oluşturmuştur. Ülke bazında yine bir sınıflama yapıldığında; Çin (%31), ABD (%13,5), Hindistan (%7,3), Rusya Federasyonu (%4,74) ve Japonya (%2,88) ilk beş ülke konumundadır. Bir başka deyişle, dünyanın en büyük beş CO<sub>2</sub> emisyoncusu olan bu ülkeler, toplam küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık %60'ına katkıda bulunmuştur (EI, 2023).

Enerji sektörü, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının açık ara en büyük kaynağıdır ve küresel sera gazı emisyonlarının neredeyse dörtte üçünden sorumludur. Enerji sektörünü sırasıyla tarım, ormancılık ve arazi kullanımı, endüstriyel işlemler ve atık sektörleri toplamda yaklaşık %27 pay ile takip etmektedir (Şekil 2). Miktar bazında ise 2021 yılında enerji sektöründen kaynaklanan toplam sera gazı emisyonları 35,5 milyar ton CO<sub>2</sub> eşdeğer (BtCO<sub>2</sub>eşd.) olarak gerçekleşmiştir. Bu değere FY en büyük katkıyı (%90'dan fazla) yapmıştır (Ritchie vd., 2020; IEA, 2022). FY'ı arasında sıralama yapıldığında, kömür açık ara ile ön sıradadır. Bir başka ifade ile kömür

yaklaşık 14,32 BtCO<sub>2</sub>eşd. ile ilgili sera gazı emisyonlarına en fazla katkıyı yapan yakıt türüdür. Kömürü, petrol ve doğal gaz sırasıyla 10,30 BtCO<sub>2</sub>eşd. ve 7,10 BtCO<sub>2</sub>eşd. ile takip etmektedir. Bu da kömürün; petrolün 1,39 ve doğal gazın 2,02 katı kadar daha fazla sera gazı emisyonuna sebep olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Küresel sera gazı emisyonlarının sektörel dağılımı (Ritchie vd., 2020)

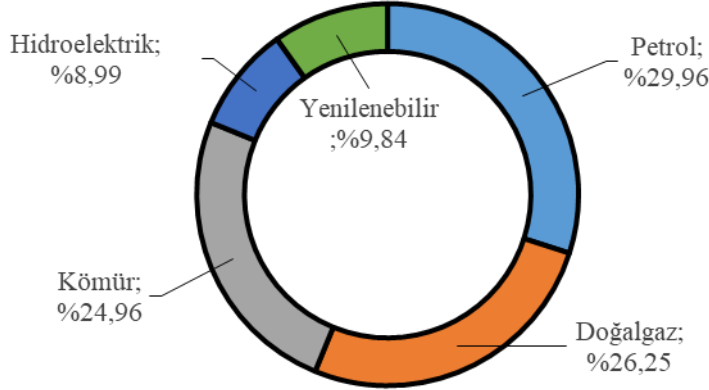
### 3. TÜRKİYE’NİN TEMEL GÖSTERGELERİ

Türkiye sahip olduğu yüz ölçümü ile Dünya kara yüzeyinin %0,60’ını ve yaklaşık 86 milyonluk nüfusuyla dünya toplam nüfusunun yaklaşık %1,06’sını oluşturmaktadır (WBI, 2024). Ayrıca, dünya bankası verilerine göre Türkiye 2024’ün ilk çeyreğinde Dünya ortalamasının üstünde bir büyüme oranına sahip olmuştur.

Kuzey yarımkürede Avrupa ile Asya kıtasının birleştiği noktada yer alan Türkiye sahip olduğu bu coğrafi konumu ile Dünya petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %70’ine yakın durumdadır (Mishra vd., 2021). Türkiye, linyitten taşkömürüne, jeotermal kaynaklardan hidroelektriğe, doğalgazdan güneş enerjisi kaynaklarına ve hayvan-bitki atıklarından oluşan oldukça çeşitli bir enerji kaynağına sahiptir. Ancak bu çeşitliliğe rağmen, bu kaynaklar ülke enerji talebinin karşılanması açısından istenilen düzeyde değildir. 2022 verilerine göre, Türkiye Dünya kömür, yenilenebilir ve hidroelektrik kaynaklarının sırasıyla % 1,07, % 1,58 ve % 1,82’sine sahiptir. 2022 verilerine göre, Türkiye’nin toplam enerji tüketimi ise 7,01 Exajoule olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın %80’den fazlası FY tarafından karşılanırken geriye kalanını da sırasıyla %9,84 ile yenilenebilir ve % 8,99 ile hidroelektrik enerji kaynakları tarafından karşılanmıştır. FY arasında kömürün payı yaklaşık %25 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Türkiye’nin gelişen ekonomisi, sera gazı emisyonlarının artması gibi önemli çevresel kaygıları da beraberinde getirmiştir. 2022’de dünya toplam sera gazı miktarı 53786,04 milyon ton karbondioksit eşdeğer (MtoeCO<sub>2</sub>eşd.) olarak gerçekleşirken aynı yıl Türkiye’nin toplam sera gazı emisyonu 687,53 MtoeCO<sub>2</sub>eşd.’e ulaşmıştır. Bu miktarın 481,25 MtoeCO<sub>2</sub>eşd.’ini, yani neredeyse % 70’i CO<sub>2</sub> emisyonları oluşturmuştur. CO<sub>2</sub> emisyonlarına en büyük katkıyı ise 395 MtoeCO<sub>2</sub>eşd. (% 82) ile yakıt tüketimi yapmıştır. Yakıt tüketimi içerisinde bir sıralama yapıldığında da % 46

ile kömür ilk sırada yer almaktadır (IEA, 2022; EDGAR, 2024). Özetle; ilgili rakamlar incelendiğinden Türkiye dünya toplam sera gazlarının % 1,28'inden, CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 1,25'inden, yakıt tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 1,22'sinden ve kömür kaynaklı sera gazı emisyonlarının da % 1,12'sinden sorumlu olduğu söylenebilir.

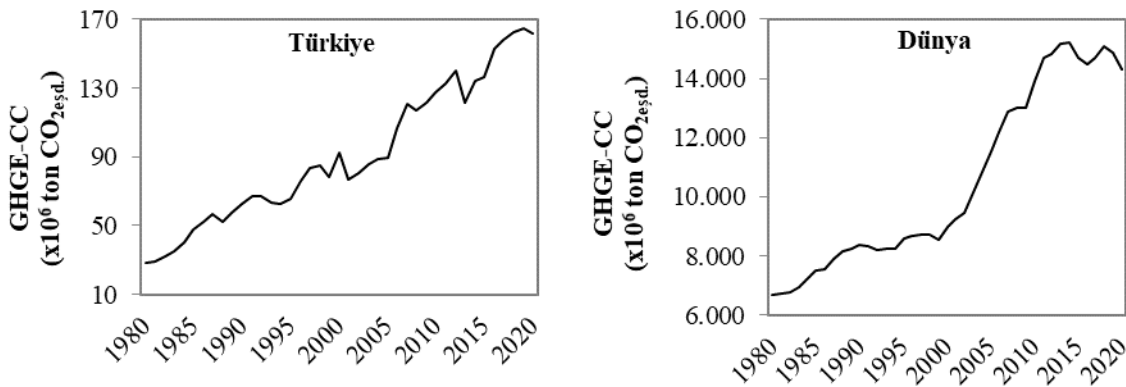


Şekil 3. Türkiye'nin 2022 yılı yakıt türüne göre enerji tüketimi (EI, 2023).

## 4. MODELLEME ÇALIŞMALARI

### 4.1. Değişken Seçimi ve Veri Tanımlaması

FY kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının büyük çoğunluğunu oluşturmaları nedeniyle GHGE-CC mevcut çalışmada bağımlı değişken olarak seçilmiştir. İlgili emisyonlara yönelik 1980 – 2020 dönemine ait yıllık veriler, Uluslararası Enerji Ajansı'nın resmi hesabından (IEA, 2022) temin edilmiştir. Şekil 4, Türkiye ve dünyanın toplam GHGE-CC'nin tarihsel eğilimlerini göstermektedir. İlgili grafikler incelendiğinde, toplam GHGE-CC'nin 1980'den itibaren bir artış eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4. Türkiye ve Dünya için GHGE-CC'nin tarihsel eğilimi (IEA, 2022).

## 4.2. Yöntem

Türkiye'nin GHGE-CC'nı modellemek için TA yönteminden yararlanılmıştır. TA, seçilen değişkenin gelecekteki değerlerini tahmin etmek amacıyla modeller türetmek için bağımlı değişkenin tarihsel eğilimini kullanan bir yöntemdir. Dolayısıyla TA'de GHGE-CC'nın daha önce görülen tarihsel eğilimi takip etmeye devam edeceği öngörülmektedir. Bu yöntemin temel avantajı basit olması ve tahmin modellerinin erişilebilir herhangi bir veri kullanılarak geliştirilebilmesidir (Kok ve Benli, 2017). Tahmin modelleri; doğrusal, logaritmik, power, üstel, reverse, growth ve S regresyonları temelinde geliştirilmiştir.

Çalışmada, GHGE-CC'nın yıllık verileri iki gruba ayrılmıştır. İlk grup, model geliştirmek için kullanılan 1980'den 2014'e kadar olan verilerdir. İkinci grup ise geliştirilen modelin test edilmesi için kullanılan 2015'ten 2020'ye kadar verilerdir. Modellerin geliştirilmesinde regresyon seçeneği sunan SPSS istatistik programından yararlanılmıştır. Geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluğunu test edebilmek için %95 güven düzeyinde varyans analizi de yapılmıştır. Ek olarak; geliştirilen modellerin tahmin performansları, göreceli kök ortalama karesel hata (RRMSE), ile ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) kriterleri ile ölçülmüştür. İlgili kriterlere ait matematiksel denklemler aşağıda sunulmuştur.

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\bar{O}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|X_i - Y_i|}{Y_i} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Burada  $n$ , toplam veri sayısını,  $X_i$ , tahmin edilen GHGE-CC'nı,  $Y_i$ , gerçekleşen GHGE-CC'nı ve  $\bar{O}$ , gerçekleşen verilerin ortalama değerini ifade etmektedir.

## 5. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 5.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Bulgular

Çalışma kapsamında seçilen bağımsız değişkene (GGHE-CC) yönelik ortalama, maksimum, minimum, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık, basıklık ve Jarque-Bera (JB) testi normalliğini içeren tanımlayıcı istatistiksel bulgular, Çizelge 1'de verilmiştir. Buradan hareketle, Ostrom (1978) tarafından önerildiği gibi, verilerin regresyon modelinin temel varsayımlarını desteklediği sonucuna varılabilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye'nin GHGE-CC'na yönelik tanımlayıcı istatistikler.

Ülke	Değişken	Ortalama	Min	Max	SD	Çarpıklık	Basıklık	JB testi
Türkiye	GHGE-CC	79,419	28,3	140,120	32,255	0,294	-0,851	0,458

## 5.2. Modelleme Sonuçları ve Doğrulama

Yukarıda bahsedilen tüm model formlarında geliştirilen modeller arasından en düşük MAPE ve RRMSE değerine sahip üç model tahmin modeli olarak seçilmiştir. Geliştirilen/önerilen modeller Çizelge 2’de listelenmiştir. Çizelge incelendiğinde Türkiye’nin GHGE-CC’nı doğrusal, üstel ve growth fonksiyonlarında ifade edilen regresyon modelleri ile tahmin edilebileceği sonucuna varılmaktadır.

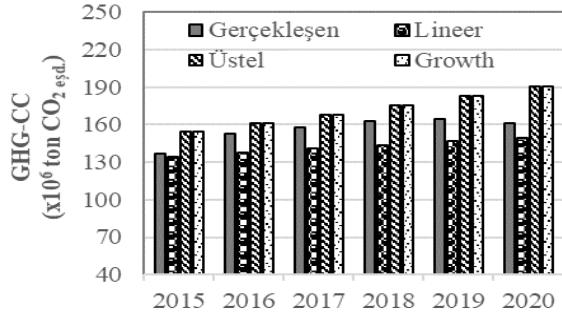
Çizelge 2. Geliştirilen/önerilen tahmin modelleri.

Ülke	Modeller	
Türkiye	Doğrusal	$y = (24,325) + (3,061)x$
	Üstel	$y = (34,092) \cdot e^{(0,042)x}$
	Growth	$y = e^{[(3,529)+(0,042)x]}$

Türkiye’nin GHGE-CC’nı tahmin etmeye yönelik geliştirilen/önerilen ve Çizelge 2’de sunulan modellerin istatistiksel geçerliliği veya doğruluğu, determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), F – ve t testleri ile tahmin edilen verinin gerçekleşen veri ile kıyaslaması kriterleri temelinde test edilmiştir. Çizelge 3’de sunulan istatistiksel doğrulama sonuçlarına göre, ilgili modellerin  $R^2$  değerleri 0,90’dan büyüktür. Bu da GHGE-CC ile yıl arasında güçlü ilişkiler olduğunu ve verilerin önerilen model eğrisi ile uyumunun kuvvetli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, Çizelge 3’deki hesaplana F – ve t değerleri de tablo F – ve t değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Yine bu durum da geliştirilen/önerilen modellerin istatistiksel doğruluğunu onaylar niteliktedir. Ek olarak geliştirilen modeller ile yapılan tahminler ile gerçekleşen GHGE-CC’nın karşılaştırması da ilgili modellerin gerçekleşen değerlere oldukça yakın değerler ürettiğini göstermektedir (Şekil 5). Sonuç olarak, geliştirilen/önerilen modellerin istatistiksel doğrulama sonuçları, mevcut araştırmadaki koşullar dikkate alınarak Türkiye’nin GHGE-CC’nı tahmin etmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 3. Geliştirilen/önerilen modellerin istatistiksel doğrulama sonuçları.

Ülke	Model	Değişken	t <sub>hesaplanan</sub>	t <sub>tablo</sub>	F <sub>hesaplanan</sub>	F <sub>tablo</sub>	R <sup>2</sup>
Türkiye	Doğrusal	Sabit	9,209	1,690	571,947	4,125	0,95
		Yıl	23,915				
	Üstel	Sabit	24,520		452,185	0,93	
		Yıl	21,264				
	Growth	Sabit	86,533		452,185	0,93	
		Yıl	21,264				



Şekil 5. Türkiye'nin gerçekleşen ve geliştirilen modeller ile tahmin edilen GHGE-CC

### 5.3. Geliştirilen/Önerilen Modellerin Tahmin Performansları

Tahmin performans ölçümlerinin değerlendirilmesinde temel alınan kriterler Çizelge 4'de, geliştirilen/önerilen modellerin tahmin performansları ise Çizelge 5'de, verilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçları ilgili kriterler temelinde değerlendirildiğinde, tüm modellerin RRMSE'ye göre mükemmel tahmin yapabildiği, MAPE'ye göre ise sadece doğrusal fonksiyon ile ifade edilen modelin mükemmel tahmin yapabildiği sonucuna varılmaktadır. Üstel ve Growth fonksiyonlar ile ifade edilen modellerin MAPE'ye göre iyi tahmin sınıfı aralığında olduğu da ilgili çizelgelerden anlaşılmaktadır.

Çizelge 4. MAPE ve RRMSE referans tablosu (Lewis, 1982; Li vd., 2013).

MAPE (%)	RRMSE (%)	Model doğruluğu
$MAPE \leq 10$	$RRMSE < 10$	Mükemmel
$11 \leq MAPE \leq 20$	$10 < RRMSE < 20$	İyi
$21 \leq MAPE \leq 51$	$20 < RRMSE < 30$	Makul
$MAPE > 51$	$RRMSE \geq 30$	Yetersiz

Çizelge 5. Geliştirilen/önerilen modellere yönelik tahmin performans ölçümleri.

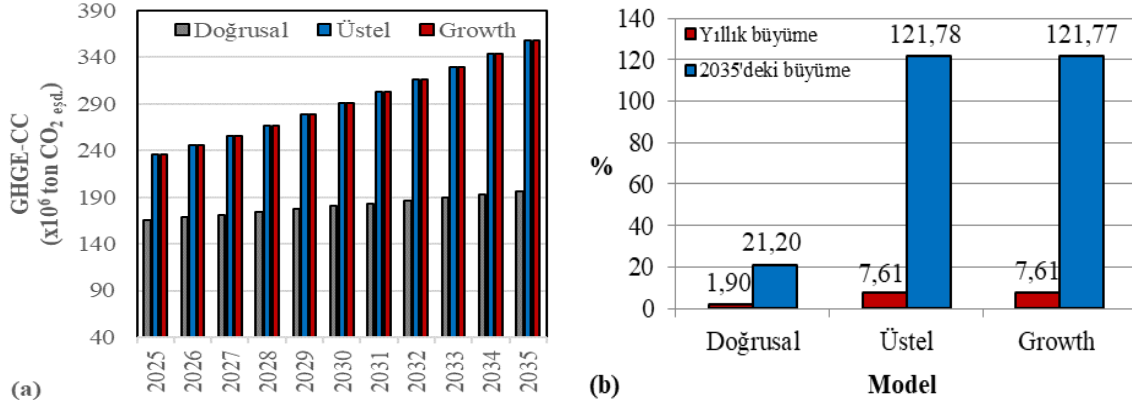
Ülke	Model	MAPE	RRMSE
Türkiye	Doğrusal	8,80	0,77
	Üstel	10,25	0,89
	Growth	10,25	0,89

### 5.4. GHGE-CC'nın Tahmin Edilmesi

Türkiye'nin gelecekteki GHGE-CC, geliştirilen/önerilen modeller içerisinde en düşük MAPE ve RRMSE değerinde sahip doğrusal model kullanılarak tahmin edilmiş ve sonuçlar Şekil 6(a)'da sunulmuştur. Ayrıca, Şekil 6(b)'de de öngörülen süreç içerisinde ilgili emisyonlarda beklenen artışlar yüzdelik olarak model türüne göre verilmiştir. Buna göre, 2020'de toplam 161,50 MtCO<sub>2eşd.</sub> Olan Türkiye'nin GHGE-CC'nın 2035'de 195,74 MtCO<sub>2eşd.</sub>'e yükseleceği öngörülmektedir (En düşük MAPE



ve RRMSE değerlerine sahip doğrusal modele göre). Bir başka deyişle, Türkiye'nin gelecekteki GHGE-CC'nda, yıllık %1,90 büyümeyle 2035'de toplamda % 21,20 oranında bir artış beklenmektedir.



Şekil 6. (a): Önerilen modeller ile tahmin edilen GHGE-CC, (b): Tahmin edilen GHGE-CC'nda beklenen artış oranları

Enerji ithalatçısı Türkiye'nin FY'ı, yenilenebilir enerji kaynaklarına göre oldukça fazla tüketmektedir. 2022'de 50,15 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtoe) ile petrol en çok tercih edilen birincil enerji gücü olurken, bunu doğal gaz ve kömür takip etmiştir (EI, 2023). Türkiye'nin birincil enerji kaynağı olarak petrole olan bağımlılığı göz önüne alındığında, Türk Hükümeti daha fazla kömür madeni bulunmasına yönelik yeni çalışmalara başlayarak ve eldekileri de geliştirerek enerji üretiminde dışa bağımlılığını azaltma niyetini beyan etmiştir (Bostanoğlu, 2020). Bu yaklaşım, Şekil 6'da da görüldüğü üzere GHGE-CC'nın mevcut araştırma tahmini ile uyumlu olarak, öngörülebilir gelecekte artacağı sonucunun çıkarılmasına da yol açmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Türkiye özelinde GHGE-CC'na yönelik bir modelleme çalışmasının gerçekleştirildiği bu çalışmada, aşağıda sunulan bazı önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

- Küresel toplam sera gazı emisyonlarının 54,5 BtCO<sub>2</sub>eşd.'e ulaştığı, bu emisyonların yaklaşık %70'ini CO<sub>2</sub>'in oluşturduğu sonucuna varılmıştır.
- Enerji sektörünün küresel sera gazı emisyonlarının açık ara en büyük kaynağı olduğu görülmüştür. Ayrıca, enerjiyle ilgili sera gazı emisyonlarının %90'dan fazlası yakıt tüketiminden kaynaklandığı, yakıt türüne göre sınıflama yapıldığında da FY'ın bu emisyonlara en büyük katkıyı veren yakıtlar olduğu tespit edilmiştir.
- Türkiye dünya toplam sera gazlarının % 1,28'inden, CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 1,25'inden, yakıt tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 1,22'sinden ve kömür kaynaklı sera gazı emisyonlarının da % 1,12'sinden sorumlu olduğu tespiti yapılmıştır.
- Çalışma kapsamında geliştirilen/önerilen tahmin modellerinin Türkiye'nin GHGE-CC'nı tahmin etmek için verimli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna

varılmıştır. Bu sonuç, trend analizinin bu tür koşullar için tahmin modellerini türetmede yararlı bir araç olduğunu göstermiştir.

- Geliştirilen/önerilen modeller kullanılarak 2020 yılı verilerine göre kıyaslama yapıldığında Türkiye'nin toplam GHGE-CC'nın 2035 yılında % 21,20'lik bir büyüme ile 161,50 Mtoe 'ye erişeceği öngörülmüştür.

## **KAYNAKLAR**

- Adam, A.D., Apaydin, G. 2016. Grid connected solar photovoltaic system as a tool for greenhouse gas emission reduction in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53;1086–1091.
- Bostanoğlu, N.M. 2020. Where does Turkey stand on the international climate regime ([https://www.ikv.org.tr/images/files/Where\\_Does\\_Turkey\\_Stand\\_on\\_the\\_International\\_Climate\\_Regime.pdf](https://www.ikv.org.tr/images/files/Where_Does_Turkey_Stand_on_the_International_Climate_Regime.pdf)). Erişim Haziran 2020.
- Doll, J.E., Baranski, M., 2011. Greenhouse gas basics climate change and agriculture fact sheet series, W.K. Kellogg Biological Station, Michigan State University, Michigan State University Extension.
- EDGAR. 2024. Emissions database for global atmospheric research. Available at [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2023#emissions\\_table](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023#emissions_table). Erişim Mayıs 2024.
- EI. 2023. Energy institute statistical review of world energy 2023, Energy Institute (<https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>). Erişim Temmuz 2023.
- EPA. 2024 Global greenhouse gas emissions data, U.S. Environmental Protection Agency, (<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>). Erişim Ocak 2024.
- IEA. 2022. Greenhouse gas emissions from energy: (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy-highlights>). Erişim Nisan 2022.
- IPCC., 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (Ocak 2007)
- Karakurt, I., Aydin, G., Aydiner, K. 2011. Mine ventilation air methane as a sustainable energy source. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2);1042–1049. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.030>
- Karakurt, I., Aydin, G., 2023. Development of regression models to forecast the CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels in the BRICS and MINT countries. *Energy, the International Journal*, 263A;125650.
- Kok, B., Benli, H. 2017. Energy diversity and nuclear energy for sustainable development in Turkey. *Renewable Energy*, 111;870-877. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.001>
- Lewis, CD. 1982. International and business forecasting methods. Butterworths, London.
- Li, M.F., Tang, X.P., Wu, W., Liu, H.B. 2013. General models for estimating daily global solar radiation for different solar radiation zones in mainland China. *Energy Conversion and Management*, 70;139–48.
- Mishra, S., Panda, S., Akcil, A., 2021. Indispensable role of coal as an energy source in Turkey with focus on biodesulphurization studies and advances. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4;100139. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100139>
- Ostrom, C.W. 1978. Time series analysis (Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Series No. 07-009). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ramanathan, V., Feng, Y. 2009. Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1);37–50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.063>
- Ritchie, H., Roser, M., Rosado, P. 2020. CO<sub>2</sub> and greenhouse gas emissions. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>. Erişim Mayıs 2024.

- Saunois, M., Stavert, A.R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J.G. vd., 2020. The global methane budget 2000–2017, *Earth System Science Data*, 12(3);1561–1623. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>
- Türkeş, M. 2021. Sera gazları, kuvvetlenen sera etkisi ve küresel iklim değişikliği. *İktisat ve Toplum*, 129;1-17.
- WBI. 2024. Worldbank indicators on total population. (<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>). Erişim Mayıs 2024.
- Yang, B., Jahanger, A., Ali, M., 2021. Remittance inflows affect the ecological footprint in BRICS countries, Do technological innovation and financial development matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(18), 23482–23500. <https://10.1007/s11356-021-12400-3>

# **BRICS-T ÜLKELERİNİN FOSİL YAKIT TÜKETİMİ VE İLİŞKİLİ CO<sub>2</sub> EMİSYONLARININ ANALİZİ**

## *ANALYSIS OF THE FOSSIL FUEL CONSUMPTION AND ASSOCIATED CO<sub>2</sub> EMISSIONS OF THE BRICS-T COUNTRIES*

**Büşra Demir Avcı\*, İzzet Karakurt, Gökhan Aydın**

*Madencilik&Enerji Araştırma Grubu, Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

**ÖZET** Çeşitli şekillerde değerlendirilebilen enerji, fosil, yenilenebilir ve bölünebilir/dönüştürülebilir olmak üzere üç farklı kaynaktan temin edilebilmektedir. Bu kaynaklar arasında petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil yakıtlar dünya enerji arzının çoğunluğundan sorumludur. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları da son zamanlarda küresel bir temiz enerji yatırımı olarak ilgi görmektedir. Öte yandan; gelişmekte olan ekonomiler olarak Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye (BRICS-T) ülkeleri enerji kaynakları ve tüketimleri açısından küresel enerji dengesinde önemli yere sahiptir. Küresel pazarlardaki nüfuzları nedeniyle bu ülkeler son zamanlarda araştırmacıların büyük ilgisini çekmektedir. Dolayısıyla bu bildiri de BRICS-T ülkelerine yönelik coğrafi ve sosyo-ekonomik değişkenler gibi temel göstergelerin yanı sıra, esas olarak fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları perspektifinden kapsamlı bir değerlendirme sunulmuştur. Çalışma sonuçları, küresel fosil yakıt tüketiminin ve fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının neredeyse yarısından sorumlu olan BRICS-T ülkelerinin öngörülebilir gelecekte küresel ekonomiyi etkileme yeteneğine sahip olacağını ortaya koymuştur.

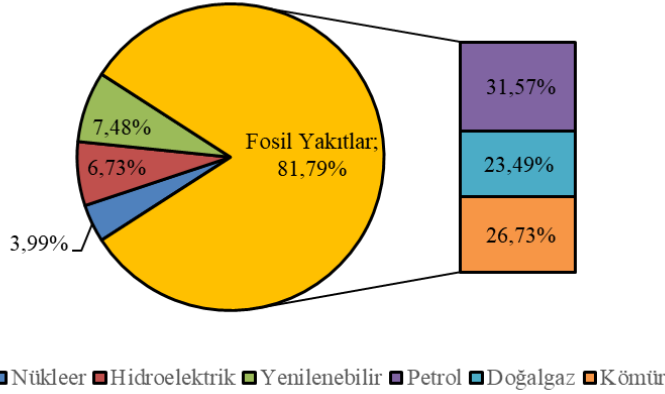
**ABSTRACT** Energy can be evaluated in a variety of ways and its sources can be categorized into three primary groups as fossil, renewable, and fissile. Among these sources, fossil fuels, namely oil, natural gas and coal, are responsible for the majority of the world energy supply. However, renewable energy sources have recently gained favor as a global clean energy investment, On the other hand; as the emerging economies, Brazil, the Russian Federation, India, China, South Africa and Türkiye ((BRICS-T) countries have significant places in the global energy balance in terms of their energy resources and consumptions. Because of their influence in global markets, these nations have so recently drawn a lot of interest from researchers. In this paper, hence, a comprehensive review on the BRICS-T countries is introduced from mainly the fossil fuel consumption and associated CO<sub>2</sub> emissions perspective, in addition to their key indicators such as geographic and socio-economic variables. The results reveal that the BRICS-T countries, being responsible for almost half of global fossil fuel consumption and associated CO<sub>2</sub> emissions, will have the ability to influence the global economy in the foreseeable future.

---

\*[busrademiravci@ktu.edu.tr](mailto:busrademiravci@ktu.edu.tr)

## 1. GENEL BİLGİLER

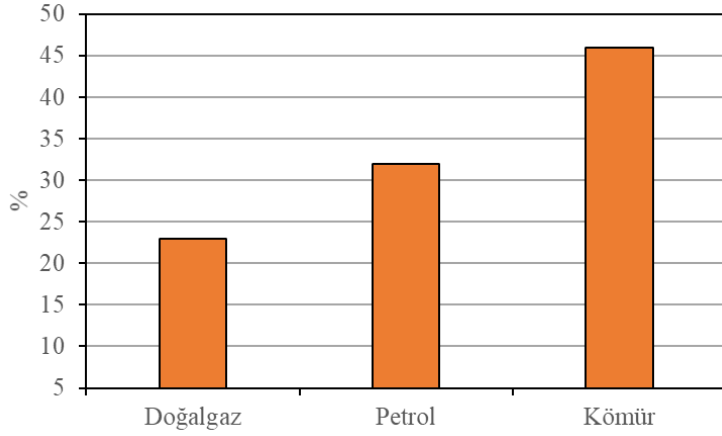
Enerji, ülkelerin ulaşım ve nakliye, endüstriyel imalat, ısıtma ve soğutma, ulusal savunma, gıda üretimi ve daha fazlası gibi çeşitli ekonomik faaliyetlerin için çok önemli bir rol oynar (Berg ve Boland, 2024). Alternatif enerji kaynakları arasında, fosil yakıtlar (FY) günümüz küresel enerji ihtiyacının yaklaşık %82'sini karşılamaktadır. Bu miktara en çok katkıyı yaklaşık %32 ile petrol verirken, petrolü sırasıyla %27 ve %24'lük paylarla doğalgaz ve kömür takip etmektedir. Diğer yakıt türlerinin dünya enerji tüketimindeki payları ise Şekil 1'de verilmiştir (EI, 2023).



Şekil 1. 2022'de yakıt türüne göre dünya birincil enerji tüketimi.

Dünya enerji dengesinin mevcut durumunu ve gelecek senaryolarını analiz eden önemli kuruluşların raporlarına göre karbon dışı enerji kaynaklarının payının yavaş yavaş artmasıyla birlikte FY'nın dünya enerji dengesindeki yerini uzun bir süre daha korumaya devam edeceği öngörülmektedir (IPCC, 2013; BP, 2020; IEA, 2021). Ancak, FY dünya enerji talepleri açısından hayati öneme sahip olmasına rağmen, küresel ısınmanın temel faktörü olan ve iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonlarının da en büyük kaynağıdır (Baek, 2016). FY'nın ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik bugüne kadar Kyoto Protokolü ya da Paris İklim Sözleşmesi gibi çeşitli uluslararası anlaşmalar yapılmıştır. Ancak enerji fiyatlarındaki istikrarsızlıklar, enerji kaynaklarının yeterli ve zamanında temin edilememesi ve diğer ekonomik kaygılar gibi faktörler nedeniyle ülkeler FY kullanmaya devam etmektedir. Bu da, sera gazlarının atmosferik konsantrasyonlarını, dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarını arttıran bir süreci de beraberinde getirmiştir. Şöyle ki; 2022 yılında dünyanın toplam sera gazı emisyonları, yaklaşık 54 milyar ton karbondioksit eşdeğerine ulaşarak yeni bir rekor kırmıştır. Bu miktarın 38,5 milyar ton karbondioksit eşdeğerini yani % 72'sini CO<sub>2</sub> emisyonları oluşturmaktadır. Bu miktarda yaklaşık 34 milyar tonu, yine büyük çoğunluğunu FY türünün oluşturduğu yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonlardır. FY türüne göre CO<sub>2</sub> emisyonlarının dağılımı gösteren Şekil 2 incelendiğinde, kömürün 15 milyar tondan fazla miktarı ile neredeyse ilgili emisyonların yarısından sorumlu olduğu açıkça görülmektedir. Kömürü, sırasıyla petrol ve doğalgaz takip etmektedir. Yine 2022 yılında, Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hindistan, Avrupa Birliği, Rusya Federasyonu ve Brezilya, dünyanın en büyük altı sera gazı salınımı yapan

ülkeleri olarak ön plana çıkmışlardır. Bu ülkeler küresel toplam sera gazı emisyonlarının % 62'sinden sorumlu ülkelerdir. Bu ülkeler aynı zamanda yoğun FY kullanımı ile ön plana çıkan ülkelerdir. Bir başka deyişle bu altı ülke küresel toplam FY tüketiminin yaklaşık % 64'ünden sorumludurlar (Tomas et al., 2010; Asselt, 2021; Crippa et al., 2023).



Şekil 2. FY kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının yakıt türüne göre dağılımı (Ritchie vd., 2020)

FY'nın ve ilişkili emisyonların hem küresel hem de yerel düzeydeki önemi, birçok bilim insanını, araştırmacıyı ve kuruluşu, konuya yönelik düzeltmeler ve iyileştirmeler amaçlayan yolları geniş çapta araştırmaya sevk etmiştir. Özellikle gelişen ve dolayısıyla yoğun FY tüketicileri olan ülkelere olan ilgi gün geçtikçe artarak devam etmektedir. Bu çalışmada da küresel toplam FY tüketiminin, sera gazı ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının sırasıyla % 41'i, 46'sı ve % 48'i gibi büyük bir bölümünden sorumlu olan ve yakın bir gelecekte dünya ekonomisine yön vermesi beklenen BRICS-T (Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) ülkeleri inceleme kapsamına alınmıştır. Çalışmada, BRICS-T ülkelerinin FY tüketimi ve FY tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları detaylı olarak incelenmiştir.

## 2. BRICS-T ÜLKELERİ

### 2.1. Coğrafi Konum, Demografik ve Ekonomik Göstergeler

Dünya ekonomisinde yükselen bir güç olarak BRICS, gelişmekte olan beş büyük ülkenin (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika) istisnai rolünü tanımlamak ve vurgulamak üzere İngilizce isimlerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmayı tanımlamaktadır (Morazan vd., 2012). 2010 yılından beri BRICS olarak tanımlanan bu gruptaki ülkelere, 2024 yılı itibarıyla Mısır, Etiyopya, İran, Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan olmak üzere toplam 5 ülke daha resmi katılım sağlamıştır. Yeni gelen üyeler ile birlikte grubun yeni adı bilinmese de "BRICS+" olacağı tahmin edilmektedir (Ergezer, 2024). Ayrıca, grubun resmi bir üyesi olmamasına rağmen, gruptaki ülkeler ile benzer özellikler sergileyen ve bölgesinde yükselen bir güç olan

Türkiye’de bu grup ile birlikte çalışma kapsamına alınmıştır. Dolayısıyla grup adı BRICS-T ülkeleri olarak çalışmada yer almaktadır.

BRICS-T ülkeleri, 3 milyarı aşkın nüfusu ve 27 trilyon ABD doları (US\$) gayri safi milli hasılası (GSMH) ile dünya toplam nüfusunun %42'sinden fazlasını kapsaması ve dünya ekonomisinin yaklaşık %27'sini yönetmesi nedeniyle günümüz dünyasında büyük bir etkiye sahiptirler. Ayrıca, gruptaki ülkeler coğrafi olarak küresel kara yüzeyinin %30'undan fazlasını oluşturan yaklaşık 40 milyon km<sup>2</sup>'lik bir kara alanına da sahiptir (Şekil 3). BRICS-T ekonomileri son yıllardaki büyüme eğilimi ile de ön plana çıkmaktadırlar. 2022 yılı ilk yarısında BRICS-T ekonomileri arasında yıllık %7,01 büyüme oranı ile en yüksek büyüme oranına sahip ülke Hindistan olurken, en düşük büyüme oranı Güney Afrika'ya ait olmuştur (Çizelge 1). BRICS-T ülkelerinin neredeyse tamamının mevcut GSMH sıralamalarını 2050 yılına kadar üst sıralara taşıması öngörülmektedir. Çizelge 1’den da görüleceği üzere Çin’in 2030’da nominal GSMH temelinde ABD’ni geçmesi ve 2050’ye kadar dünyanın en büyük ekonomisi olması beklenmektedir. Hindistan’ın dünyanın en büyük üçüncü ekonomisi olması beklenirken, Japonya’nın ardından Rusya ve Brezilya’nda sırasıyla beşinci ve altıncı olarak yer alması öngörülmektedir (Siddiqui, 2016; Tian vd., 2020; Anser vd., 2021). Bu ayırt edici özelliklerinden hareketle, BRICS-T ülkelerinin ekonomik gücünün uzun vadede G7 ile rekabet edecek konuma gelmesi, hatta onu geçerek dünya ekonomisinde baskın bir ekonomik blok olarak ortaya çıkacağı varsayılmaktadır (Chang ve Hu, 2019).

Çizelge 1. BRICS-T ülkelerinin bazı göstergeleri (PwC, 2022; WBI, 2024)

Ülkeler	TP* (Milyon)	GDP* (milyar \$)	Kara alanı (km <sup>2</sup> )	Büyüme oranı* (%)	HDI**	Tahmin edilen GDP sıralaması	
						2030	2050
Brezilya	215,313	1920	8358140	2,90	0,76	6	5
Rusya Federasyonu	143,555	2240	16376870	-2,07	0,82	7	6
Hindistan	1417,173	3385	2973190	7,01	0,64	3	3
Çin	1412,175	17963	9388210	2,99	0,76	1	1
Güney Afrika	59,893	405	1213090	2,04	0,71	30	27
Türkiye	85,341	905	769630	5,57	0,83	14	14
<b>BRICS-T Toplam</b>	<b>3387,450</b>	<b>26,818</b>	<b>39079130</b>	-	-	-	-
<b>Dünya</b>	<b>7951,149</b>	<b>101,003</b>	<b>127343220</b>	<b>3,08</b>	-	-	-

\* Mayıs 2024 itibarı ile

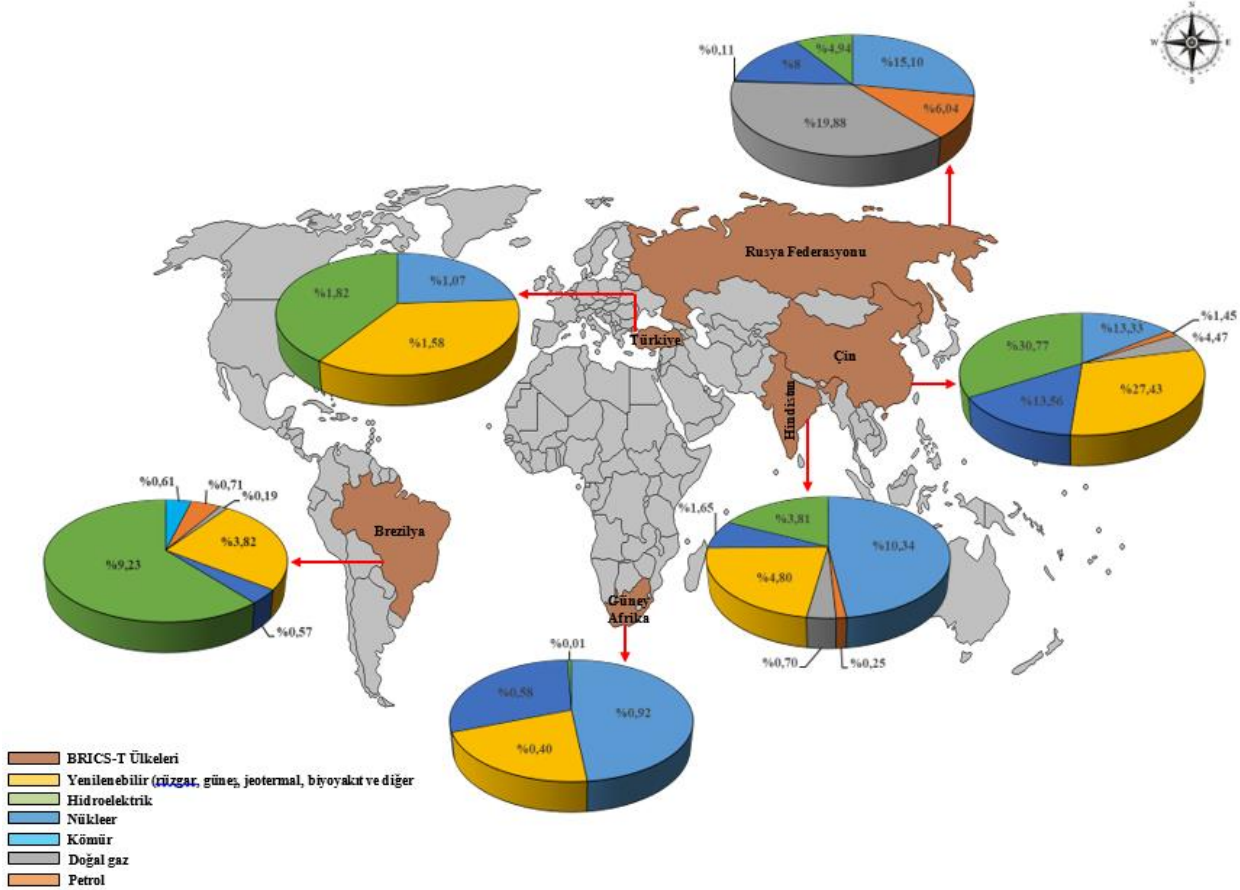
\*\* İnsan gelişim endeksi,

HDI  $\geq$  0.8  $\Rightarrow$  .ok yüksek. HDI 0.70 - 0.79  $\Rightarrow$  yüksek; HDI 0.55 - 0.69  $\Rightarrow$  orta; HDI  $\leq$  0.54  $\Rightarrow$  düşük

## 2.2. Enerji Görünümleri

BRICS-T ülkeleri sahip oldukları enerji kaynakları ve tüketimleri açısından da dünyada önemli bir yere sahiptir. 2022 yılı itibarı ile bu ülkeler dünya petrol, doğal gaz ve kömür rezervlerinin, yani FY’ın, sırasıyla %8,5, %25 ve %41'ine sahiptir. Bu ülkeler FY’a ek

olarak, Şekil 3'de gösterildiği gibi önemli nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına da sahiptirler (EI, 2023). FY kaynakları açısından en büyük doğal gaz, petrol ve kömür kaynaklarına sahip olan Rusya Federasyonu'nun ardından Çin ikinci sırada yer almaktadır. FY'ndaki durumun aksine Çin, yenilenebilir, hidroelektrik ve nükleer kaynaklar bazında grup içinde en büyük rezervlere sahip lider ülkedir. Dünya genelindeki önemli enerji kaynaklarına sahip olmasının yanı sıra, BRICS-T ülkelerinin ekonomik gelişimi ve grup hakkında artan küresel farkındalık, birincil enerji tüketimindeki (PEC) sürekli artışı da körüklemiştir. Örneğin, 2022'de dünya PEC 14,4 milyar ton petrol eşdeğerine ulaşırken BRICS-T ülkelerinin PEC 6 milyar ton petrol eşdeğerine ulaşmıştır. Bu değer, BRICS-T ülkelerini dünya PEC'nin %41'inden sorumlu hale getirmiştir. BRICS ülkeleri arasında Çin, Hindistan ve Rusya Federasyonu bu oranlara en fazla katkı sağlayan ilk üç ülke olarak yer almıştır. Öte yandan, 2022'de BRICS-T ülkelerindeki PEC'in büyük bir çoğunluğu FY (neredeyse %83) tarafından karşılanmıştır. Bu yakıtlar arasında kömür, BRICS-T ülkelerindeki PEC'in yaklaşık yarısını (%47) oluştururken, grubun PEC'inde sırasıyla hidroelektrik, yenilenebilir ve nükleer enerji kaynakları takip etmiştir (EI, 2023).

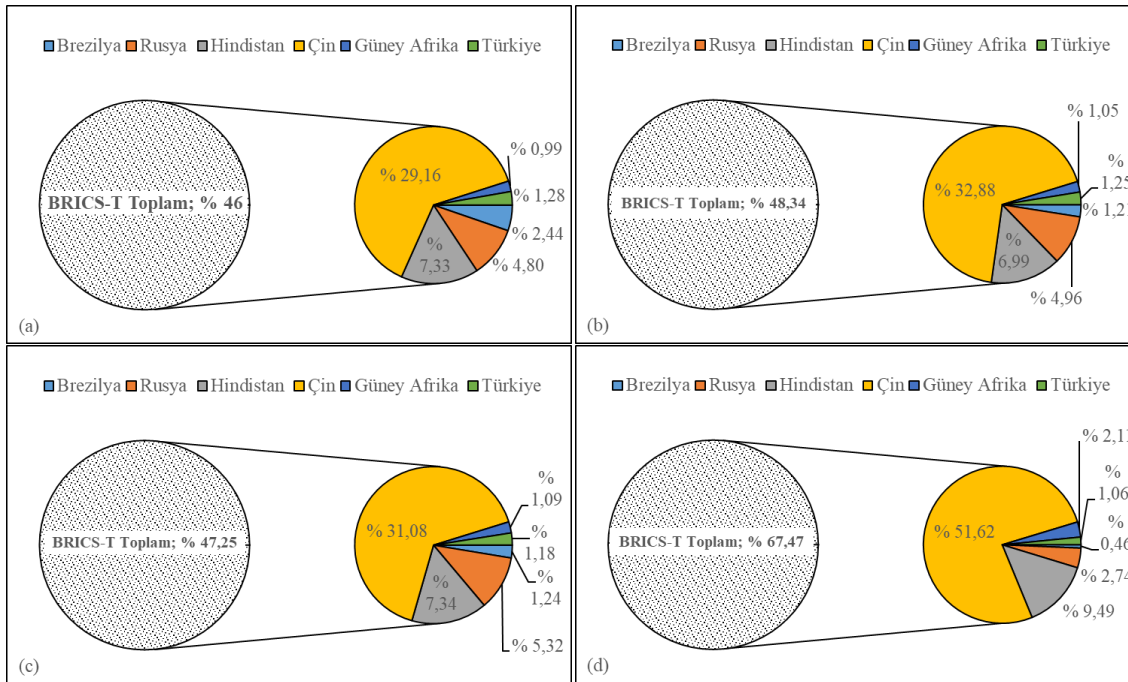


Şekil 3. BRICS-T ülkelerinin coğrafi konumları ve enerji rezervleri (EI, 2023)



## 2.3. Fosil Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Sera Gazı ve Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonları

BRICS-T ülkelerinin son zamanlarda hızlı bir ekonomik gelişmeye tanık olması ve küresel ekonomik büyümeye olağanüstü katkı sağlaması gibi bir avantajına rağmen bu hızlı ekonomik gelişme, sera gazı ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarının artması gibi önemli çevresel kaygılara da yol açmıştır. Örneğin, 2022 yılında 38,5 milyar tonu CO<sub>2</sub> emisyonları olmak üzere dünyanın toplam sera gazı emisyonları yaklaşık 54 milyar ton karbondioksit eşdeğeri (CO<sub>2eşd.</sub>) olarak gerçekleşmiştir. Bir başka deyişle, dünya toplam sera gazı emisyonlarının % 70'inden fazlasını CO<sub>2</sub> emisyonları oluşturmaktadır. 38,5 milyar tonluk CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık 34 milyar tonu CO<sub>2eşd.</sub>'i ise (% 85'den fazlası) yakıt tüketiminden kaynaklanan emisyonlardır. Bu emisyonların büyük bir bölümüne ise FY'nın tüketimi sebep olmaktadır. FY arasında yoğun karbon içeriğine sahip kömür, 15 milyar tondan fazla bir miktar ile bu emisyonlara en büyük katkıyı veren ve açık ara önde olan yakıt türüdür. Kömürü sırasıyla petrol ve doğal gaz izlemiştir. Diğer taraftan; yine 2022'de dünyanın sırasıyla toplam sera gazı ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık 25 ve 19 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub>'i, yani % 46'sı ve % 48'i, BRICS-T ülkelerinden açığa çıkmıştır. Grup içinde en fazla sera gazı ve CO<sub>2</sub> salınımı yapan ülke, sırasıyla yaklaşık % 30 ve % 33 ile Çin olurken en az salınım yapan ülke sırasıyla, % 0,99 ve % 1,05 ile Güney Afrika olmuştur [Şekil 4 (a) ve (b)].



Şekil 4. (a): BRICS-T ülkelerinin toplam sera gazı emisyonlarının dünya içindeki payı, (b): BRICS-T ülkelerinin toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünya içindeki payı, (c): BRICS-T ülkelerinin yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünya içindeki payı, (d): BRICS-T ülkelerinin kömür tüketiminden kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünya içindeki payı (IEA, 2022; EDGAR, 2024)

Ayrıca, BRICS-T ülkelerinin 2022 yılında yaklaşık 25 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub> olarak gerçekleşen toplam sera gazı emisyonlarının 16 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub>'i, bir başka deyişle grubun toplam sera gazı emisyonlarının neredeyse %65'i yakıt tüketiminden kaynaklanmıştır. Aynı yıl, BRICS-T ülkelerinin yakıt tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünya içindeki payı ise % 47 olarak gerçekleşmiştir. Bu orana en büyük ve en düşük katkıyı sunan iki ülke sırasıyla % 31 ile Çin, % 1,09 ile Güney Afrika olmuştur [Şekil 4 (c)]. İlgili grubun yakıt tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının büyük çoğunluğuna FY ve FY türü olarak da kömür katkı sunmuştur. Diğer bir ifade ile BRICS-T ülkelerinin kömür tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünyanın toplam kömür tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları içindeki payı % 67 ile oldukça yüksek bir orana sahiptir. Bu oranın yarısından fazlasına Çin, en düşük ise Brezilya katkı sunmuştur [Şekil 4 (d)]. Ek olarak, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 20'sini, BRICS-T ülkelerinin kömür tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları oluşturmaktadır. Yine Şekil 4'den de anlaşılacağı üzere ilgili gruptaki ülkeler arasında Çin, hem yakıt hem de fosil yakıt tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonlarında açık ara lider ülke konumundadır.

### **3. SONUÇLAR**

BRICS-T ülkelerinin fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları temelinde bir analizin yapıldığı bu çalışmada elde edilen önemli sonuçları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- 1) BRICS-T ülkelerinin dünya toplam nüfusunun %42'sinden fazlasını kapsadığı, dünya ekonomisinin yaklaşık %27'sini yönettiği ve küresel kara yüzeyinin %30'undan fazlasını oluşturan yaklaşık 40 milyon km<sup>2</sup>'lik bir kara alanına sahip olduğu görülmüştür.
- 2) BRICS-T ülkelerinin dünyanın bilinen petrol, doğal gaz ve kömür rezervlerinin sırasıyla %8,5, %25 ve %41'ine sahip olduğu tespit edilmiştir. İlgili ülkelerin bu rezervlere ek olarak, önemli nükleer, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynaklarına da sahip oldukları anlaşılmıştır.
- 3) Dünya genelinde olduğu gibi BRICS-T ülkelerinin de birincil yakıt tüketiminin büyük çoğunluğundan (% 80'den fazla) fosil yakıtların sorumlu olduğu belirlenmiştir.
- 4) Dünyanın toplam sera gazı emisyonların yaklaşık 54 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub> olarak gerçekleştiği, bunun da 38,5 milyar tonunun CO<sub>2</sub> emisyonlarına ait olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, FY'nin CO<sub>2</sub> emisyonlarına en büyük katkıyı veren yakıt türü olduğu sonucuna varılmıştır.
- 5) BRICS-T ülkelerinin yaklaşık 25 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub> olarak gerçekleşen toplam sera gazı emisyonlarının 16 milyar ton CO<sub>2eşd.</sub>'i, bir başka deyişle toplam sera gazı emisyonlarının neredeyse %65'i yakıt tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

- 6) FY'ın yakıt tüketiminden kaynaklanan küresel sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum BRICS-T ülkeleri içinde geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.
- 7) Kömürün fosil yakıtlar içerisinde BRICS-T ülkelerinin sera gazı emisyonlarına oldukça fazla katkıda bulunduğu görülmüştür. Bir başka deyişle, BRICS-T ülkelerinin kömür tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının dünyanın toplam kömür tüketiminden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları içindeki payı % 67 ile oldukça yüksek bir orana sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 20'si BRICS-T ülkelerinin kömür tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının olduğu sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Anser, K.M., Syed, R.Q., Apergis, N. 2021. Does geopolitical risk escalate CO<sub>2</sub> emissions? Evidence from the BRICS Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 48011–48021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14032-z>
- Asselt, H., 2021. Governing fossil fuel production in the age of climate disruption: Towards an international law of leaving it in the ground. *Earth System Governance*, 9;100118. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2021.100118>
- Baek, J., 2016. Do nuclear and renewable energy improve the environment? Empirical evidence from the United States. *Ecological Indicators*, 66;352-356. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.059>
- Berg, P., Boland, A., 2014. Analysis of ultimate fossil fuel reserves and associated CO<sub>2</sub> emissions in IPCC scenarios. *Natural Resources Research*, 23(1);141-158. <https://doi.org/10.1007/s11053-013-9207-7>
- BP. 2020. Technical report on BP energy outlook 2035. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy>, Erişim Nisan 2024.
- Chang, M.C., Hu, J.L. 2019. A long-term meta-frontier analysis of energy and emission efficiencies between G7 and BRICS. *Energy Efficiency*, 12;879–893. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9696-7>
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., vd., 2023. GHG emissions of all world countries. Publications Office of the European Union, Luxembourg, JRC134504. [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2023?vis=ghgtot#howtocite](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023?vis=ghgtot#howtocite). Erişim Mayıs 2024. <https://doi.org/10.2760/953322>
- EDGAR. 2024. Emissions database for global atmospheric research. [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2023#emissions\\_table](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023#emissions_table), Erişim Mayıs 2024.
- EI. 2023. Energy institute statistical review of world energy 2023. Published by Energy Institute, <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>, Erişim Nisan 2024.
- Ergezer, E.C., 2024. BRICS genişlemesi ve küresel güney'in yükselen sesi. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı, Değerlendirme Notu, N202409. [https://www.tepav.org.tr/upload/files/1705388852-1.BRICS\\_genislemesi\\_ve\\_kuresel\\_Guney\\_in\\_yukselen\\_sesi.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/files/1705388852-1.BRICS_genislemesi_ve_kuresel_Guney_in_yukselen_sesi.pdf), Erişim Mayıs 2024.
- IEA. 2021. World energy outlook 2021. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>, Erişim Nisan 2024.
- IEA. 2022. Greenhouse gas emissions from energy. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy-highlights>. Erişim Mayıs 2024.
- IPCC. 2013. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge (UK), NY (USA): Cambridge University Press.

- Morazan, P., Knoke, I., Knoblauch, D., Schafer, T., 2012. The role of BRICS in the developing World. A report, published by the Directorate-General for External Policies of European Parliament.2012.  
[https://www.ab.gov.tr/files/ardb/evt/1\\_avrupa\\_birligi/1\\_9\\_politikalar/1\\_9\\_8\\_dis\\_politika/The\\_role\\_of\\_BRICS\\_in\\_the\\_developing\\_world.pdf](https://www.ab.gov.tr/files/ardb/evt/1_avrupa_birligi/1_9_politikalar/1_9_8_dis_politika/The_role_of_BRICS_in_the_developing_world.pdf), Erişim Nisan 2024.
- PwC. 2022. The world in 2050: <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf>, Erişim Mayıs 2024.
- Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M., 2020. CO<sub>2</sub> emissions by fuel. <https://ourworldindata.org/emissions-by-fuel>. Erişim Mayıs 2024.
- Siddiqui, K. 2016. Will the growth of the BRICS cause a shift in the global balance of economic power in the 21<sup>st</sup> century? International Journal of Political Economy, 45;315–338. <https://doi.org/1080/08911916.2016.1270084>
- Tian, X., Sarkis, J., Geng, Y., Bleischwitz, R., Qian, Y., Xu, L., Wu, R. 2020. Examining the role of BRICS countries at the global economic and environmental resources nexus. Journal of Environmental Management, 262;110330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110330>
- Tomas, R.A.F., Ribeiro, F.R., Santos, V.M.S., Gomes, J.F.P., Bordado, J.C.M., 2010. Assessment of the impact of the European CO<sub>2</sub> emissions trading scheme on the Portuguese chemical industry. Energy Policy, 38;626–632. <https://doi:10.1016/j.enpol.2009.06.066>
- WBI. 2024. Worldbank indicators on total population. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>, Erişim Mayıs 2024.

# **ÖNLEME KÜLTÜRÜ BAĞLAMINDA KENDİLİĞİNDEN YANMAYA KARŞI UYGULAMALAR**

## *PROACTIVE APPROACHES AGAINST SPONTANEOUS COMBUSTION IN COAL MINES*

**A. Arif Kara\***

*Maden Mühendisi, MAPEG Emekli Daire Başkanı, Ankara*

**ÖZET** Yeraltı kömür ocaklarında meydana gelen büyük kazaların kaynağını kömürün açık alevli hâle dönüşmeden yanması teşkil etmektedir. Bu sunumda, kömürün hangi şartlarda ve ne şekilde tuttuğu, nasıl önlenebileceği, önleme yöntemlerinin neler olduğu, önlenmesi gerekenin ortamda bulunan oksijen miktarı ve konsantrasyonu olduğu, ısınmanın ve devamında yanmanın önlenememesi durumunda nelerle karşılaşılacağı vurgulanmaktadır.

Açık alevsiz yanmayı sağlayan oksijen seviyesinin patlama üçgeninde belirtilen ve metan patlamasını tetikleyen seviyeye çıktığı andan itibaren yanmanın açık alevli hâle dönüştüğü ve patlama aralığındaki metan gazının patlamasını sağladığı, devamında zincirleme kömür tozu patlamalarına sebep olduğu, TTK Armutçuk ve Kozlu kazalarının bu şekilde meydana geldiği üzerinde durulmaktadır.

Soma kazasının ise üretimi sona ermiş ve kapatılmış panonun bekleme barajlarının sızdırmazlığının sağlanmadığı ve son have üzerinde kalan, zamanla kırılıp çatlayan ve çöken kömürün uzun süre açık alevsiz yanması ve nihayetinde göçük üzerindeki tavan taşının ani oturması sonucu oluşan yüksek basınç hareketlerinin etkisi ile çalışma ortamına ulaşması sonucunda yaşandığı vurgulanmaktadır.

**ABSTARCT** The source of major accidents in underground coal mines is the combustion of coal before it turns into an open flame. This presentation discusses the conditions of coal ignition and prevention methods, emphasizes the amount and concentration of oxygen in the environment. The consequences of failure to prevent heating and subsequent combustion are explained further.

Oxygen enables combustion without open flames. Once oxygen levels hit the threshold as indicated in the explosion triangle, the combustion turns into an open flame and causes methane explosions within the explosion range, leading to chain coal dust explosions, exemplified by the TTK-Armutçuk and Kozlu accidents.

The Soma disaster stemmed from improperly sealed standby dams of the closed-off panel. Over time, the remaining coal on the last have cracked and collapsed, burning without open flame. Eventually, it reached the working environment due to high-pressure movements from sudden settlement of the ceiling stone caused by cave-in.

---

\*[a3kara@hotmail.com](mailto:a3kara@hotmail.com)

## 1. KENDİLİĞİNDEN YANMA VE OLUŞMA ORTAMLARI

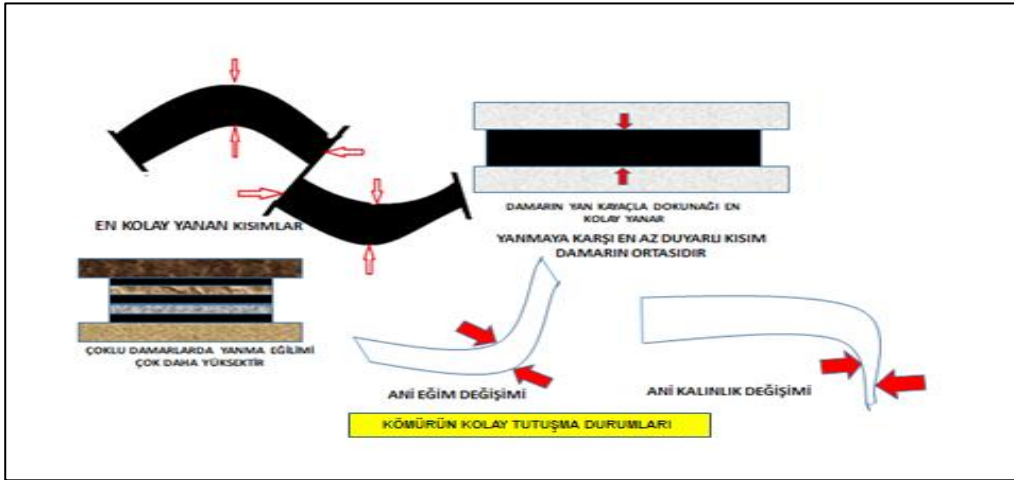
Kendiliğinden yanma/tutuşma, kırılmış, çatlamış veya ezilmiş kömürün oksijenle reaksiyonu neticesinde açık alevli hâle gelmeden için için tutuşması kor hâline gelmesi olarak tanımlanabilir. Reaksiyon esnasında hava akışının ne çok az ne de çok fazla olmaması, kritik hız ve miktardaki havanın özellikle çatlaklara girmesi ve çıkmaması ile absorbe edilen oksijenin enerjiye dönüşmesi neticesinde kömürün ısınması ve zamana bağlı olarak yanmaya başlamadır. Yanmayı sağlayan oksijen oranı COWARD üçgeninde belirtildiği gibi patlama aralığının altında seyretmektedir.

Çizelge 1. 100 gram kömürün 96 saatte absorbe ettiği oksijen miktarı.

Sıcaklık (C°)	Oksijen Miktarı (cm <sup>3</sup> )
30	520
100	4550
120	8030
140	15450

Deney sonucuna göre 100 gram kömür 96 saatte 15,45 litre oksijen absorbe eder (Nakagawa ve Yamao, 1985).

Aşağıda Oba, Takagi ve Ogawa'ya göre (1985) kömürün en kolay yanma ortamları görselle ifade edilmiştir.



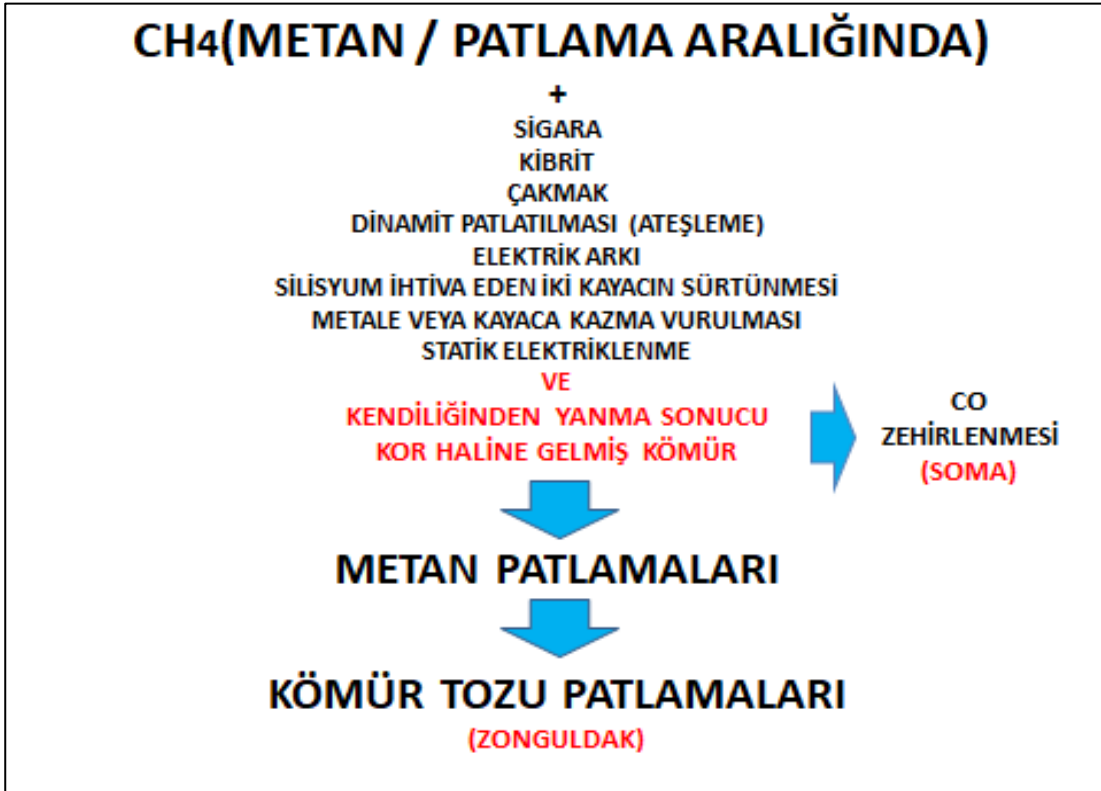
Şekil 1. Kömürün en kolay yanma ortamları.

## 2. YANMAYA KARŞI PROAKTİF MÜCADELE

Yer altı kömür ocaklarında yangınla mücadele kavramı gerek öğretide gerekse uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yanlış yaklaşımdan vazgeçilmelidir. Zira yangınla mücadele ve yangınların söndürülmesi kömür dahil açık alevli hâde yanmakta olan her türlü yanıcı madde üzerindeki ateşin söndürülmesi,

sonlandırılması faaliyetidir. Oysa yaşadığımız büyük kazaların başlangıç noktası, kömürün oksijen absorbe etmesi neticesinde açık alevli hâle gelmeden yanması, tutuşmasıdır. Yapılacak mücadele yangını söndürmek değil yanmayı önlemek olmalıdır. Bu nedenle yanmayı oluşturan oksijen olduğuna göre, mücadelenin baş aktörü oksijen olmalıdır. Bu tür mücadele ise “proaktif mücadele” olarak tanımlanmaktadır.

Kendiliğinden yanmaya karşı izlenecek yüksek standartta bir proaktif mücadele (önleme) ve uygulama pahalıdır. Ancak yerine getirilmemesi hâlinde ödenecek bedel çok daha pahalı ve kahredicidir. Sonuç ise *yeni bir Armutçuk, Kozlu veya Soma* olacaktır.



Şekil 2. Metan patlamasını oluşturan etmenlerden yanma.

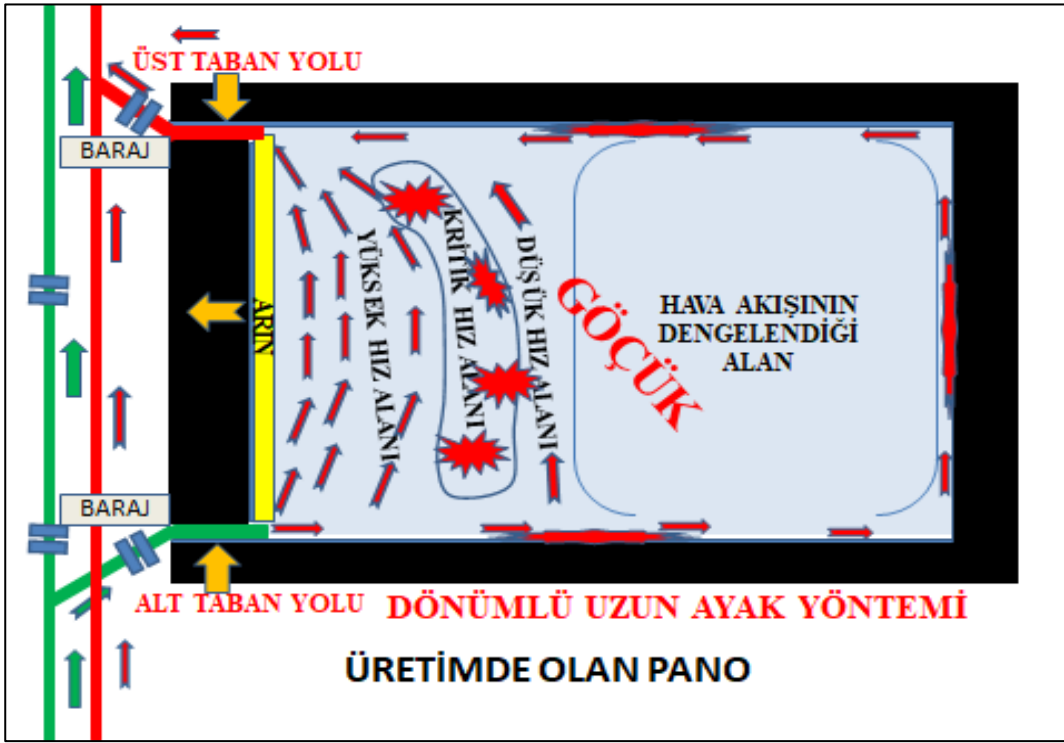
### 3. ÜRETİMDEKİ PANODA YANMA VE ÖNLENMESİ

#### 3.1. Üretimde Olan Panoda Yanmanın Oluşması

Dönümlü uzun ayak yöntemi ile üretim yapılan ocaklarda yanma pano başlangıç hattı gerisinde, taban ve tavan yollarının dış kısımlarında ve kömür alınan ayak arkası göçükte oluşmaktadır. Pano başlangıç hattı ve taban yolları tavanın göçmesi ile tam olarak kapanmamakta ve hava akışı daha kolay yol almaktadır. Komori (t.y.) en yaygın yanmanın ayak arkasında göçükte meydana gelen yanma olduğunu aktarmaktadır. Özellikle kalın kömür damarlarında have yüksekliğinin üstünde kalan kömürün domuz damı ya da mekanize tahkimat sisteminde göçük tarafından kömür

tam olarak alınamamakta ve göçükte kömür kalmaktadır. Tavan taşının yoğunluğu kömüre göre fazla olması ile arkadan alınmakta olan kömür önüne kayaç gelmekte ve zaman zaman bloklar hâlinde kömürün de kaldığı bir gerçektir. Göçertmeli uzun ayak üretim sisteminde en ideal durumda bile %10 gibi oranlara varan kömür kalmaktadır. Göçükte ve özellikle kayaçlar arasında askıda kalan, kırılan veya ezilen kömürün çatlaklarından kritik oran ve hızda geçen oksijen yanmayı oluşturmaktadır. Yanmaya sebep olan oksijen oranı Coward patlama üçgeninde belirtildiği üzere patlama alanının alt sınırının altındadır. Bu nedenle yanmayı sağlar ancak açık alevli hâle gelemmez. Tehlike bu andan itibaren başlamaktadır. Kor hâline gelmiş kömür kütlesi açık alevli hâle geçmek için adeta oksijen oranının artmasını, patlama üçgeninin alt sınırı üzerine çıkmasını bekler hâle gelir.

Roberts ve Whitworth (1980) çalışmalarında dönümlü uzun ayakta yanmanın oluştuğu ortamları aşağıdaki gibi açıklamaktadır.



Şekil 3. Dönümlü uzun ayakta yanmanın oluştuğu ortamlar.

Panonun hava girişi olan alt taban yolu ile hava çıkış yolu olan üst taban yolunda veya arında meydana gelecek kesit daralması ile panoya giren hava miktarında dalgalanmalar neticesinde artış oluşacaktır. Alt taban yolu ile arındaki daralmalar neticesinde panoya giren hava gereği gibi çıkış yapamadığı için ayak arkasına yani oksijen bekleyen yanma ortamına yönelirken, havalandırmayı sağlayan pervane ihtiyacı olan hava miktarını tamamlamak için üst taban yolunun devamında ayak arkasından daha fazla hava almaya zorlanacaktır. **Oksijenin patlayabilir gaz karışımını patlatabilme oranı en az %12 olarak bilinmektedir.**



Yaşanacak bu hava akış ve dalgalanmaları neticesinde yanmanın devam ettiği ortamdaki oksijen oranının (**%12 üzerine çıkması**) yükselmesini sağlayacak ve ortamda patlama aralığında metan mevcut ise oksijenin patlama aralığına yükselmesi ile açık alevli olarak yanamayan kömür açık alevli yanmaya ve yangına dönüşecek ve patlama aralığındaki metanı patlatacaktır. **Kritik esik, oksijen oranının patlatma aralığına yükselmesidir.**

Kazalar yoğunlukla bahar aylarında meydana gelmiştir. Armutçuk kazası 7 Mart 1983, Kozlu kazası ise 3 Mart 1992 tarihinde yaşanmıştır. Bahar aylarında meydana gelen basınç değişimleri ile ocak içine giren hava miktarının artması veya azalması ile meydana gelen dalgalanmalar neticesinde ayak arkasında açık alevsiz yanmakta olan kömür ortamına ulaşan oksijen oranında meydana gelecek yükselme ve patlama aralığına ulaşması neticesinde yine patlama meydana gelecektir.

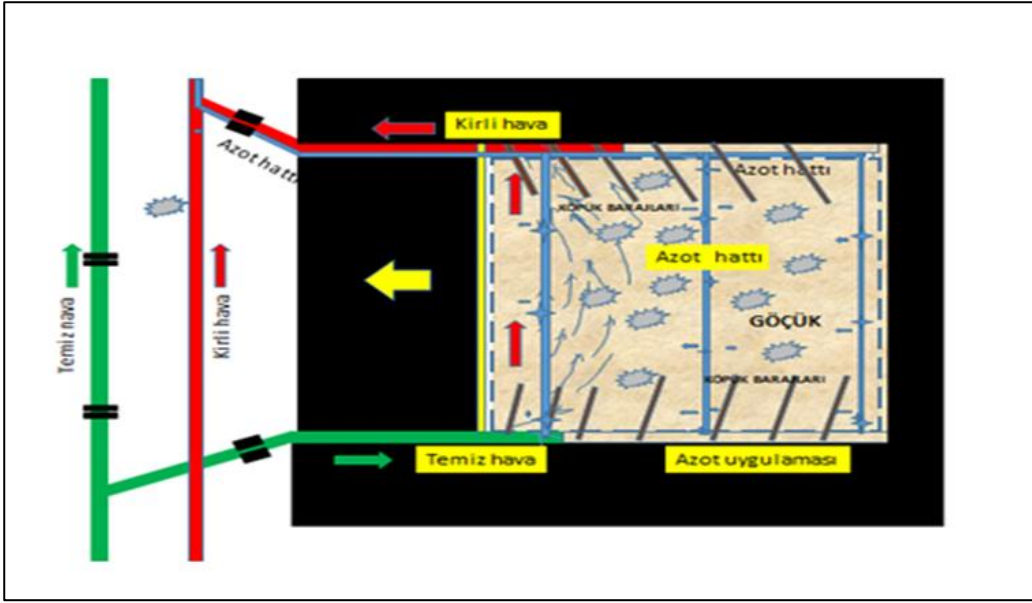
Üretimi devam eden panoda yanmadan dolayı faaliyetin durdurulması ile panonun bekleme barajlarından kapatılması esnasında zaman zaman patlamalar meydana geldiği bir gerçektir. Barajların birlikte ve aynı anda kapatılması çok önem arz etmektedir. Zira alt veya üst barajın önce kapatılması ile hava akışında büyük dalgalanmalar meydana gelecektir. Bu dalgalanmalar neticesinde yine yanma ortamındaki oksijen oranının yükselmesi ve patlama aralığına ulaşması ile kömür açık alevli olarak yanmaya başlayacak ve metan oranı patlama aralığında ise metan patlaması meydana gelecektir.

### **3.2. Üretimde Olan Panoda Yanmanın Önlenmesi**

Yanmanın önlenmesi demek ortama oksijenin girmemesi, kömürü tutuşturmaması demektir. Bunun için yapılacak mücadele oksijenle mücadele anlamına gelmektedir.

Lord'a (1972) göre de üretime hazırlık aşamasında, panonun değişik yerlerinden alınacak kömür numunelerinin analizlerinin yaptırılması ile kömürün yanma ısısının ve yanma başladığı an itibarı ile ortaya çıkan gaz ya da gazların belirlenmesi ve planlanan panoda üretime başlanmasından itibaren, üretim bitene dek ısı seviyesi ve öncü gaz ya da gazların sürekli takip edilmesi yanmayı önlemede çok önem arz etmektedir.

Ayak arkasındaki öncü gaz ya da gazların davranışları ile ısı yükselmesinin durumu ve gelişmesine göre yanma ortamındaki oksijen oranının yükselmesinin durdurulması için öncelikle ayak arkasına giren havanın engellenmesi veya ortamdaki havanın oksijen oranının düşürülmesi gerekmektedir. (Parkin ve Chattwood, t.y.) Bu faaliyetler için de uygun kimyasal köpük ve azot enjeksiyonu uygulaması gerekmektedir.



Şekil 4. Yanmaya karşı azot ve köpük uygulaması.

Yanmayı sağlayan ve yanma ortamına ulaşan havadaki oksijen oranının yanmaya neden olmayacak seviyede tutabilmek için göçük içine giren hava akışını önlemek için ayak taban yollarının karşısına gelecek şekilde tahkimat arkasındaki göçük içine ve her iki taraftan ayak içine doğru 10-15m kimyasal köpük enjekte ederek havanın göçüğe girmeden ayak içine yönelmesi sağlanmalıdır. Kullanılacak köpük dayanımı az ve kolayca göçük içine yayılabilecek, 1m<sup>3</sup> köpük kimyasallarının reaksiyon sonucunda 25-35m<sup>3</sup> kadar genişleyen ve reaksiyon sonucu oluşacak ısının düşük olduğu özellikte seçilmelidir.

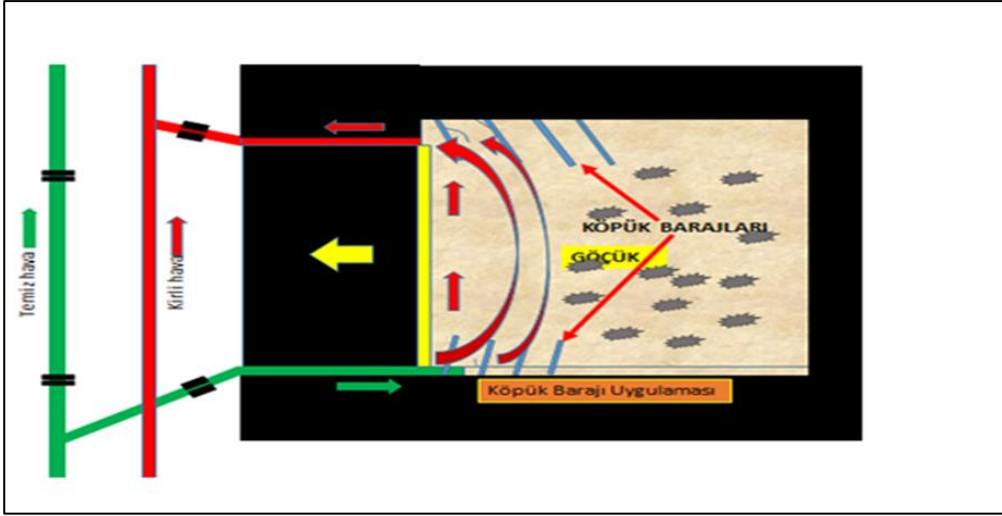
Köpük uygulanmasına rağmen yine de yanma ortamına istenmeyen oranda hava akışı olmasına karşı da ayak arkası göçük içine ısı ve gaz kontrol borularına ilaveten azot enjektisi için belirli aralıklarla bırakılan borular yardımı ile yanma ortamına azot enjekte ederek ortama gelen hava içindeki oksijen oranının düşürülmesinin sağlanması gerekecektir.

Köpük ve Azot uygulaması birbirlerinin alternatifi değildir. Köpük uygulamasının belirli aralıklarla uygulanması gerekirken, azot uygulamasının sürekli uygulanması zorunluluk arz etmez. Köpük uygulamasına rağmen bırakılan boruların hangisinde yanma belirtileri tespit edilmiş ise o boru yolu ile azot enjektisi gerekir.

Üretim devam ederken köpük ve azot uygulamasına rağmen yanma önlenemiyor ve üretim panosunun kapatılması zorunlu hâle gelmiş ise panoda çalışanların tahliyesinden itibaren ayak arkasına ve yanma ortamına sürekli azot enjekte edilmeli ve pano bekleme barajlarından kapatılmalıdır. Kapatma aşamasında ayak arkasına azot enjektisi kapatma anında yaşanacak patlama olasılığını azaltacaktır.

An itibarı ile yer altı kömür ocaklarında uygulanmakta olan bekleme barajları en büyük yanma sebeplerinden birisidir. Panoya giren hava hiçbir engelle

karşılaşmamalı, basınç teşkil etmeyecek ve hava akışında dalgalanma olmayacak şekilde kolayca taban yollarını takiben ayak içinden geçmelidir.



Şekil 5. Köpük barajları ve hava akışının ayak arkasında izlediği yol.



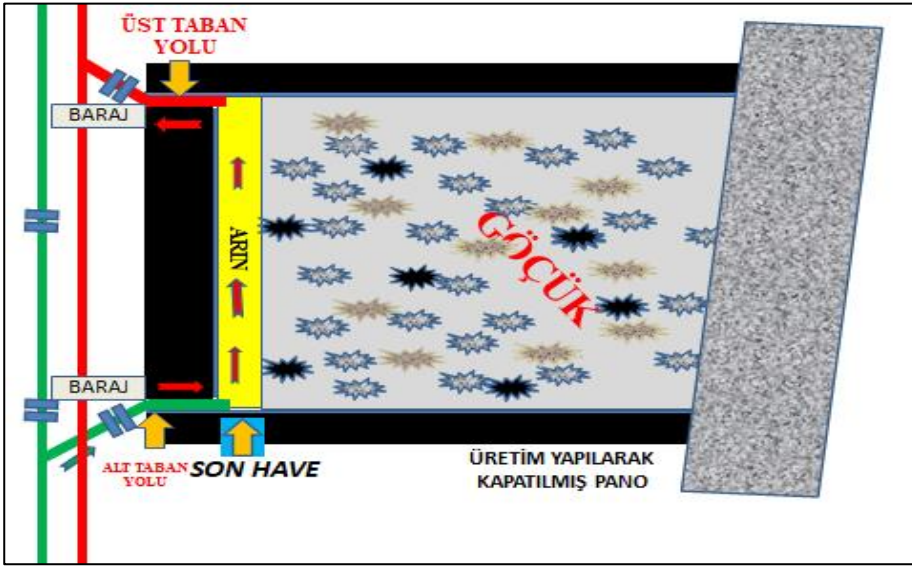
Şekil 6. Köpük barajlarının konumu.

### 3.3. Üretimi Bitmiş Olan Panoda Yanmanın Oluşması

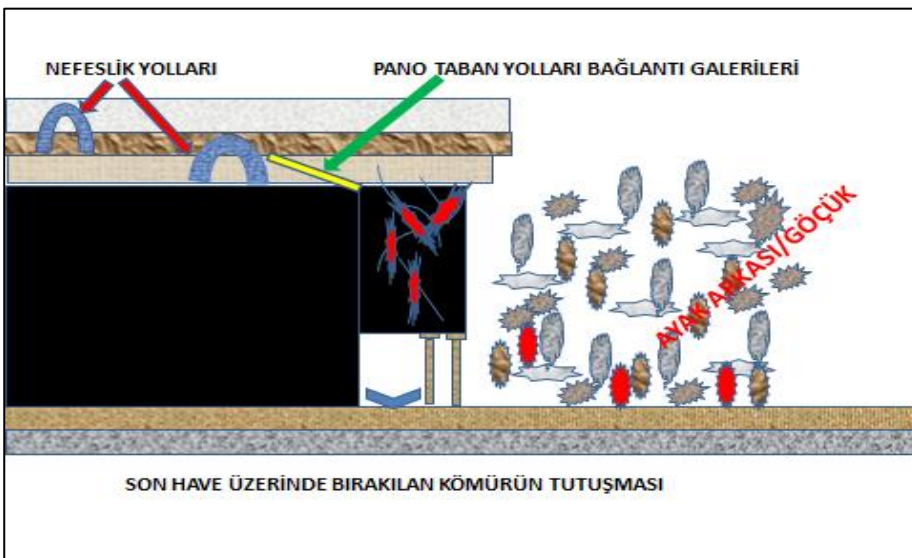
Üretimi bitmiş ve kapatılmış olan panolarda, özellikle kalın kömür damarlarında son have üzerinde bulunan kömürün alınması mümkün olmamaktadır. Pano terkedilirken, son havede bulunan mekanize tahkimatın sökülmesi, ya da klasik üretim yapılan panonun son havesindeki kömür nakil teçhizatının sökülmesi için have içindeki tahkimatın korunması gerekmektedir. Bu nedenle have üzerindeki kömür bırakılmaktadır. Pano bekleme barajlarından kapatılmasından sonra zamanla have içindeki tahkimat bozulunca üstteki kömür kırılmakta, çatlamakta veya çökmektedir. Kırılan, bozulan veya çatlayıp çöken kömürün çatlaklarından geçen oksijen kömürün yanmasını sağlamaktadır. Bu tür yanmalar bekleme barajlarının sızdırmazlığının

olup olmadığına bağlıdır. Sızdırmazlık sağlanamamışsa, giren havadaki oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak yanma meydana gelmektedir.

Mevcut durumda, üretimi yapılmış ve kapatılmış panolarda yanmanın yaygın olduğu görülecektir. Yanma ortamına ulaşan oksijen oranı yanmayı açık alevli hâle dönüştüremediği için kolay tespit edilememektedir. Ancak, Soma da yaşanan büyük kazada görüldüğü gibi kömürün üretildiği ayak arkası ve göçük üzerindeki tavan taşının kolay oturmadığı söz konusu olursa, ani oturmanın yarattığı çok yüksek basınç nedeni ile son have üzerinde açık alevsiz şekilde yanmakta olan kütlenin eski bağlantı yollarından, çalışma ortamını etkilemesi neticesinde kazalar yaşanabilmektedir.

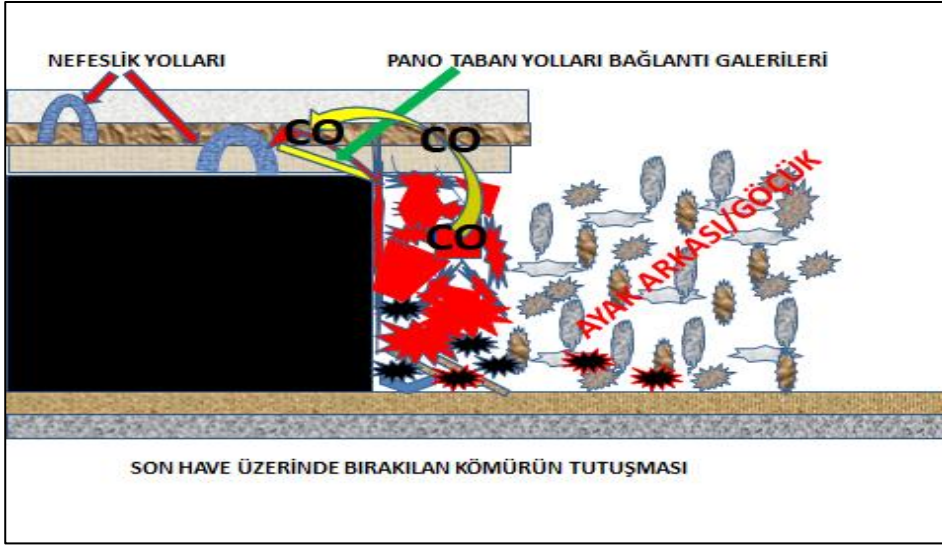


Şekil 7. Üretim yapılarak kapatılmış pano.



Şekil 8. Son have üzerindeki kömürün yanmaya başlaması.

İnce kömür damarlarında ise kalın kömür damarlarında olduğu kadar yaygın olmamakla birlikte, son have üzerinde kömür kalmamış olsa bile arında dik hâlde bırakılmış olan kömürün tavan baskısı ile ezilmesi ve kırılması sonucu ortama oksidasyonu sağlayacak seviyede oksijen girişi varsa yanma oluşmaktadır.



Şekil 9. Son have üzerinde bırakılan kömürün tahkimatın kırılması ve bozulması sonucu yanarak kor hâline gelmesi

### 3.4. Üretimi Bitmiş Olan Panoda Yanmanın Önlenmesi

Bu tür yanmaların önlenmesi bekleme barajlarının uygun olup olmadığına bağlıdır. Barajlar tekniğine uygun yapılmış ve hava sızdırmazlığı sağlanmış ise yanma oluşmayacak, aksi hâlde barajlar görevini gereği gibi yerine getiremiyorsa yanmanın oluşması kaçınılmaz olacaktır. Bekleme barajlarının sızdırmazlığı sağlamaması durumunda denge barajları yapılarak sızdırmazlığın sağlanması yoluna gidilmelidir.

## 4. BEKLEME VE DENGE BARAJLARI

### 4.1. Bekleme ve Denge Barajlarının Görevleri

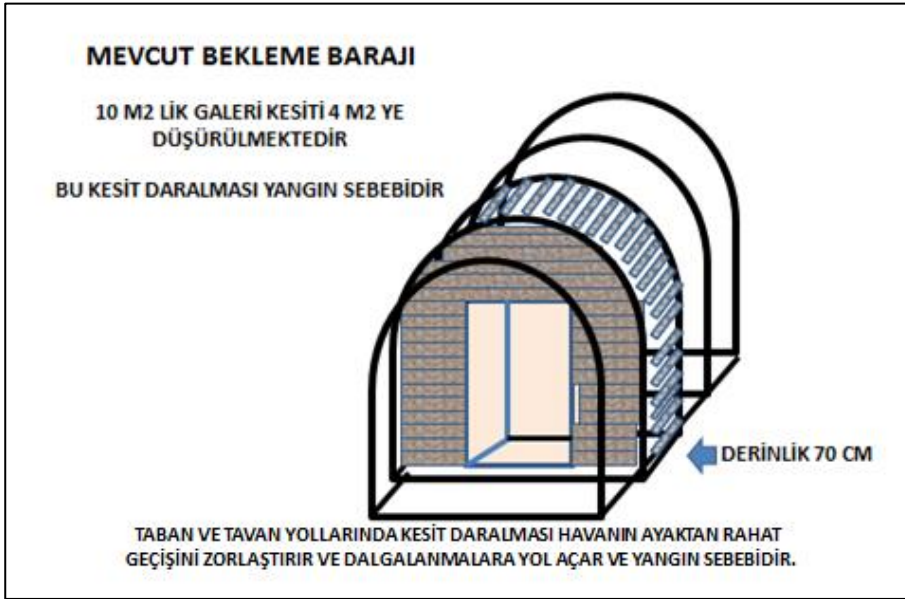
Bekleme barajlarının ana işlevi herhangi bir nedenle üretimde olan panonun kapatılması veya üretimi biten panonun sürekli kapatılması durumunda pano içine hava girişinin engellenerek sızdırmazlığı ve güvenliği sağlanmak için pano giriş ve çıkış galerilerinin kapatılmasını sağlayan yapılardır. Bu nedenle pano içindeki yüksek hava basıncına karşı dayanıklı inşa edilmesi gerekir.

Denge barajları ise, bekleme barajlarının uygun yapılmasına rağmen sızdırmazlık sağlanamıyorsa, baraj önü ve pano içindeki hava basınçlarını dengelemek ve hava hareketini önlemek ve sızdırmazlığı sağlamak için bekleme barajı önüne yapılan barajlardır.

## 4.2. Mevcut Bekleme Barajlarının Yetersizliği

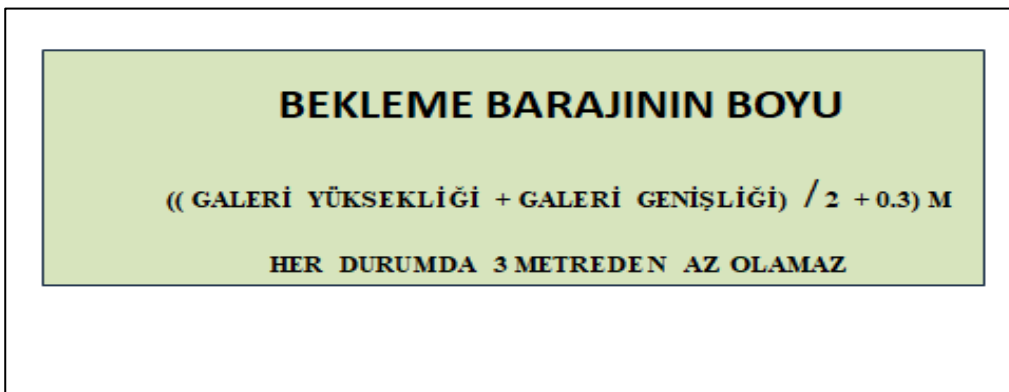
Mevcut barajlar hava sızdırmazlığını sağlamamakta bu nedenle olması gereken biçimde yeniden ele alınması gerekir.

Yeraltı kömür ocaklarındaki mevcut bekleme barajları sızdırmazlığı sağlama yönünden beklenen düzeyde emniyetli ve güvenilir değildir. Barajın kurulacağı galerinin açılması sırasında tavan taşı ve yan kayalar içinde birbirine bağlantılı çatlaklar ve kırılmalar oluşmaktadır. Kalınlığı en fazla 70 cm olan barajın bu hâli ile kurulduğu galerinin tavan ve yanlarında oluşan çatlaklardan hava geçişini engellemesi mümkün değildir.

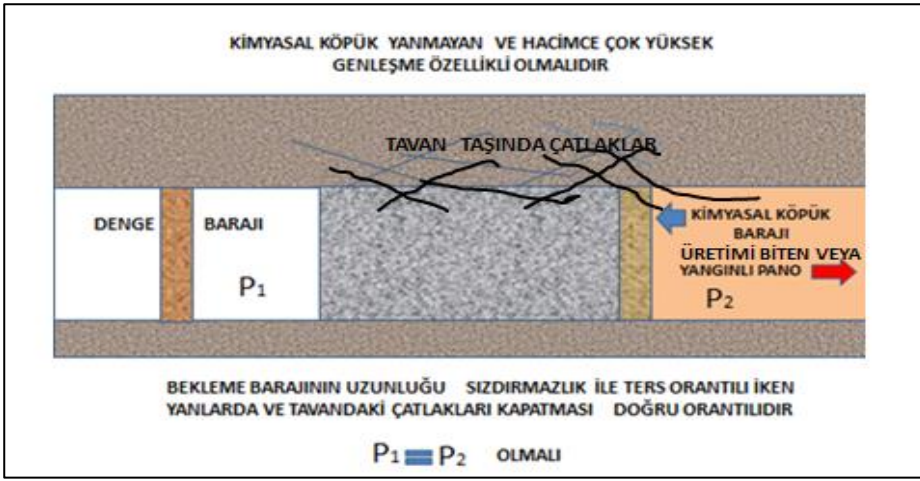


Şekil 10. Mevcut bekleme barajı.

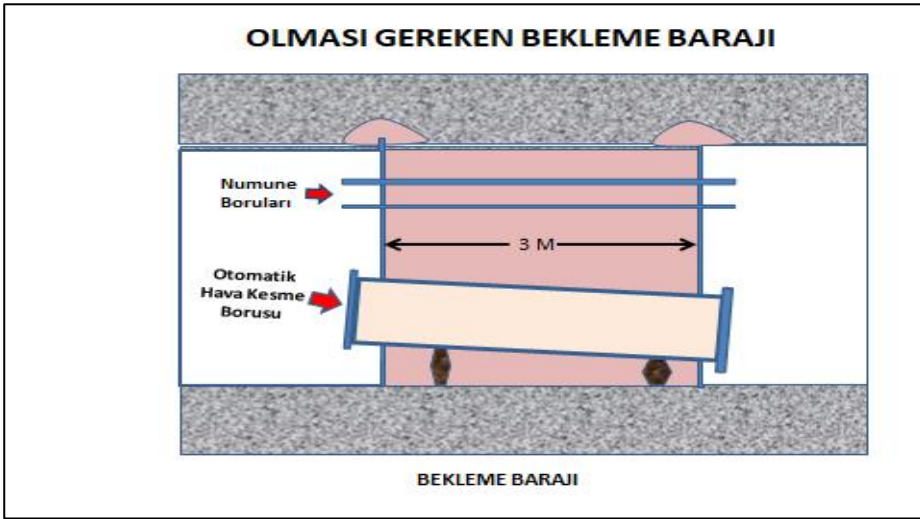
## 4.3. Olması Gereken Bekleme Barajlarının Özellikleri



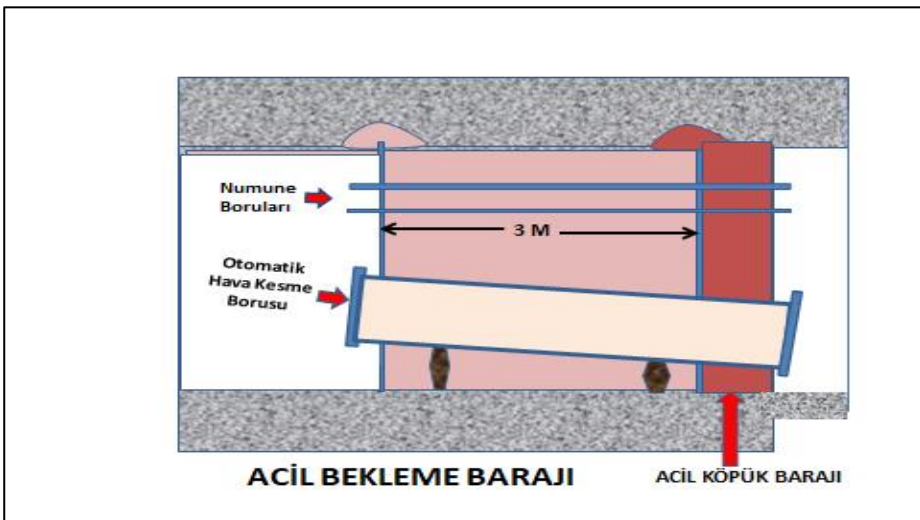
Şekil 11. Bekleme barajının boyunun fiziksel özellikleri (Lord, 1972).



Şekil 12. Bekleme ve denge barajlarının birlikte durumu. (David, 1980)



Şekil 13. Olması gereken bekleme barajı.



Şekil 14. Olması gereken acil bekleme barajı.

## 5. SONUÇ

Yukarıda bahsedilen uygulamalar dünya kömür madenciliğinde olağan faaliyet olarak yapılmaktadır. Kendiliğinden yanmaya karşı yapılan uygulamalar ile büyük kazaların önüne geçilmiştir. Bizim hâlâ kendiliğinden yanmanın ne olduğunu tartışıyor olmamız üzücüdür. Bu tür uygulamalar olağan hâle gelmeli ve yer altı kömür madenciliği ile ilgilenen kamu ya da özel her kurum ve çalışanlarına önleme kültürü benimsetilmeli, söz konusu uygulamalar olağan faaliyetler hâlinde günlük yaşamın bir parçası olmalıdır.

Sonuç olarak,

1. Dönümlü uzun ayak üretim sisteminde köpük uygulamasını,
2. Belirli aralıklarla azot uygulamasını,
3. Bekleme barajlarının sızdırmazlığı sağlayacak şekilde yeniden dizaynını,
4. İster üretim sırasında, ister üretimi bitmiş olsun, kapatılan üretim yerlerinin sürekli kontrolünü,
5. Mevzuata giren ancak yeterince üzerinde durulmayan kontrol sondajlarının uygun yapılıp yapılmadığının sürekli izlenmesini **zorunlu hâle getirecek caydırıcı yaptırımını da içeren düzenlemenin yapılması gerekmektedir.**

## KAYNAKLAR

- Childs, D.T. 1984. Spontaneous Combustion at Daw Mill, The Institution of Mining Engineers South Staffordshire and South Midlands Branch, Londra (İngiltere).
- David, H. 1980. Prevention of Spontaneous Fires, First International Symposium on Thick and Steep Seam Coal Mining, Londra (İngiltere).
- Fusamura, N. 1987. Working Environment in Mine, Waseda Üniversitesi, Tokyo (Japonya).
- Hiroshi, K. Training for Coal Miners in Japan, Japan Coal Association, Tokyo (Japonya).
- Japon Maden Güvenliği Yasası, 1949, Japonya.
- JICA, 1983. Mine Safety Textbook For Mine Safety Engineer, Japan International Cooperation Agency Mining Labour Accident Prevention Society.
- Komori, H. Prevention of Mining Labor Accidents, Japan Mining Safety and Health Association, Tokyo (Japonya).
- Lord, S.B. 1972. Prevention and Control of Spontaneous Heatings by the Use of Ventilation Techniques, The Institution of Mining Engineers The South Staffordshire and South Midlands Branch, Londra (İngiltere).
- Nakagawa, Y. ve Yamao, S. 1985. Mine Fires, National Research Institute for Pollution and Resources, AIST, Tokyo (Japonya).
- Oba, S. Takagi, R. ve Ogawa, K. 1985. Textbook of Mine Ventilation for JICA's Group Training Course in Mine Safety, National Research Institute for Pollution and Resources, AIST, Tokyo (Japonya).
- Parkin, D. ve Chattwood, M. The Detection and Treatment of a Spontaneous Combustion Incident at Hem Heath Colliery, Londra (İngiltere).
- Roberts, P.E. ve Whitworth J. 1980. İspanya Utrillas Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanma Raporu, İngiliz Madencilik Danışmanları Limited (British Mining Consultants Limited), Londra.



# **İŞIK SENSÖRLÜ 1-LİTRELİK TOZ PATLAMA KÜRESİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

## ***DEVELOPMENT OF 1 LITER EXPLOSION CHAMBER EQUIPPED WITH LIGHT SENSOR***

**Suphi Ural\***

*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Adana*

**Fatma Bilirgen, Harun Bilirgen**

*TABİ Mühendislik ve Enerji Teknolojileri A.Ş., Adana*

**ÖZET** Kömür tozu patlamaları, yeraltı maden işletmeleri için karşılaşılan en önemli tehlikelerden birisidir. Tozların patlama özelliklerinin belirlenmesinde alternatif ve güvenilir bir yöntem/araç olarak kullanılmak üzere 1 litre iç hacme sahip kompakt bir cihaz geliştirilmiştir. Cihaz, EN 14460 (patlamaya dayanıklı ekipman) standardına uygun olarak ve AISI 304/316 paslanmaz çelikten içi boş kapalı bir küre olarak imal edilmiştir. Patlamanın tepki süresini niceliksel olarak ölçmek üzere ışık sensörü kullanılmıştır. Geliştirilen bu cihazla Manisa/Soma Bölgesindeki bir yeraltı maden ocağından temin edilen kömür tozu numuneleri kullanılarak; minimum patlama konsantrasyonu (MEC) 0,062gr/lt, patlama indeksi ( $K_{st}$ ) 0,65 bar.m/s, maksimum patlama basıncı ( $P_{max}$ ) 2,80 bar ve maksimum basınç artış hızı  $(dP/dt)_{max}$  6,50 Bar/s olarak ölçülmüştür.

**ABSTRACT** Coal dust explosions are one of the most important hazards faced by underground mining operations. A compact device with an internal volume of 1 liter has been developed to be used as an alternative and reliable method/tool in determining the explosion properties of powders. The device is manufactured as a hollow closed sphere in accordance with the EN 14460 (explosion-proof equipment) standard and in AISI 304/316 stainless steel. A light sensor was used to quantitatively measure the response time of the explosion. With this developed device, using coal dust samples obtained from an underground mine in the Manisa/Soma Region; minimum explosion concentration (MEC) 0.062gr/lt, explosion index ( $K_{st}$ ) 0.65 bar.m/s, maximum explosion pressure ( $P_{max}$ ) 2.80 bar and maximum pressure increase rate  $(dP/dt)_{max}$  6.50 Bar Measured in /s.

---

\* [suralp@cu.edu.tr](mailto:suralp@cu.edu.tr)

## 1. TOZ PATLAMALARI

Toz patlamaları, endüstride karşılaşılan buhar bulutu patlamaları ve sıvılardaki buharlaşma sonucundaki genişlemelerden dolayı meydana gelen patlamaların yanısıra en tehlikeli ve yaygın patlamalardandır. Yapılan çalışmalarda proses endüstrisindeki tozların %70'inin patlama tehlikesi taşıdığı anlaşılmıştır. Toz patlamaları belirli bir hacim içerisinde patlama limitinin üzerinde bir yoğunlukta toz konsantrasyonunun patlamayı sağlayacak yükseklikteki bir enerji kaynağı ile karşılaştığında yanıcı maddenin hızlı oksidasyonu sonucu ısı ve basınçtaki ani artışla oluşmaktadır. Patlamanın şiddeti oluşan kimyasal reaksiyonun saldıdığı enerji miktarı ile orantılıdır.

Patlayıcı tozun en genel tanımı “*boyut ve şekline bakılmaksızın, belirli bir konsantrasyon aralığında oksitleyici bir ortamda havada askıda iken parlama veya patlama tehlikesi oluşturabilen yanıcı katı tanecik*” olarak yapılmıştır (National Fire Protection Agency, 2020).

Kömür tozu patlamaları, yeraltı maden işletmeleri için karşılaşılan en önemli tehlikelerden birisi olmuştur. Yeraltı kömür ocaklarının tabanında, duvarlarında ve tahkimat üstlerinde biriken kömür tozları uygun şartlar oluştuğunda, ocak havasında askıya geçerek patlayabilirler. Kömür tozu patlamaları sonucunda ocak içerisindeki sıcaklıklar 2000°C kadar ulaşırken, CO gazı konsantrasyonu da %10'lara kadar çıkabilmektedir. Kömür tozu patlaması sonucunda, yüksek sıcaklık ve/veya zehirli gazlara maruz kalan çalışanların büyük bir çoğunluğu ya hayatlarını kaybetmekte ya da ciddi şekilde yaralanmaktadır. 10 Mart 1906 yılında Kuzey Fransa'daki Courrières madeninde 1099 işçi, 1926 yılında Güney Afrika Durnacol'da 125 işçi, 1972 yılında Zimbabwe Wankie'de 427 işçi, 1993 yılında Zonguldak, Kozlu Bölgesi'nde 263 işçi kömür tozu patlaması sonucunda hayatını kaybetmiştir (Derin, L., ve ark., 2017).

Tozların patlayabilirlik özelliklerine göre kullanılan en yaygın sınıflandırması  $K_{st}$  değerine göre olanıdır (OSHA, 2014).  $K_{st}$  tozun patlama şiddetini karakterize etmek ve karşılaştırmak için kullanılan bir değerdir. Bartknecht, (1978) yaptığı çalışmada kapalı bir kaptaki meydana gelen toz patlamasında hacmin patlamanın şiddeti üzerinde etkisini “Kübik Yasa” ile ifade etmiştir. Buna göre bir toz veya gaz karışımında meydana gelen patlamada sabit konsantrasyon, basınç ve ateşleme kaynağı koşullarında patlama küresinin hacmi değişse de  $P_{max}$  (maksimum patlama basıncı) sabit kalır, fakat  $(dp/dt)_{max}$  (maksimum patlama basıncı artış hızı) patlama küresinin hacminin küp köküyle orantılı olarak değişir (Çizelge 1).

Endüstride patlama koruma yöntemlerinin belirlenmesinde  $P_{max}$  ve  $K_{st}$  iki önemli toz patlama parametresidir. Güvenlik yöntemlerini belirlemek için  $K_{st}$  değerlerini kullanırken, Uluslararası Standartlar Örgütü'nün ISO 6184 (Patlamaya Karşı Koruma Sistemleri) standartları kullanılmalı ve daha küçük patlama küreleri kullanılacaksa buna göre kalibre edilerek  $K_{st}$  belirlenmelidir (Eckhoff, R. K., 2003).

Çizelge 1. Tozların patlayıcılık özelliklerine göre sınıflandırması (OSHA, 2014).

<b>Toz Patlama Sınıfı</b>	<b>K<sub>st</sub> (bar.m/s)</b>	<b>Özellikler</b>
St 0	0	Patlama özelliği bulunmayan
St 1	> 0-200	Zayıf patlama özelliği
St 2	201-300	Güçlü patlama özelliği
St 3	> 300	Çok güçlü patlama özelliği

Laboratuvar ortamında yapılan toz patlama deneylerinde kullanılan cihazlarının en bilinenleri 1,2 litre Hartman deney tüpü (Mannan, S., 2005), 20 litre Siwek küresi Amyotte ve ark. 2005), 20 litre Pittsburgh Research Laboratory (Cashdollar, 2000) ve 1000 litre Fike yanma odaları (Abbasi, 2007) olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen patlama küresindeki temel amaç, kullanımı kolay, az miktarda toz örneği ile test yapmaya müsait, hızlı sonuç verebilen ve kolayca taşınabilir bir patlama küresi geliştirmektir. Böylece toz patlama riski taşıyan endüstrilerde bu cihazların yaygın olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

## 1.1 Tozların Patlayabilirliğini Ölçmek Üzere Kullanılan Parametreler

Tozun patlayabilirliğine etki eden parametrelerden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- Maksimum Patlama Basıncı ( $P_{max}$ )
- Maksimum Patlama Basıncı Artış Hızı  $(dP/dt)_{max}$
- Minimum Patlama Konsantrasyonu (MEC)
- Minimum Oksijen Konsantrasyonu (LOC)
- Minimum Tutuşma Enerjisi (MIE)
- Minimum Tutuşma Sıcaklığı (MIT)

Yukarıda verilen bu parametreler hem tehlikelerin değerlendirilebilmesi hem de önleme ve hafifletme tekniklerinin tasarlanmasında kullanılmaktadır. Patlayıcı tozları karakterize etmek için kullanılan  $K_{st}$ ,  $P_{max}$ , MEC, LOC, MIE ve MIT malzemenin temel özellikleri değildir. Bu değerler test koşulları, tozun parçacık büyüklüğü ve nem içeriği gibi özelliklerine büyük ölçüde bağlıdır. Dolayısı ile tozun kimyasal ve fiziksel özellikleri test sonuçları üzerinde büyük etki yapmaktadır. Parçacık boyutu, şekli, gözeneklilik ve nem gibi fiziksel özelliklere bağlı olarak aynı kimyasal maddenin farklı tozları farklı tutuşabilirlik ve patlayıcılık özelliğine sahip olabilir. Ayrıca bu özellikler

üretim, işletme ve kullanım sırasında da değişebilir. Bu yüzden  $K_{st}$  değeri 0'dan büyük herhangi bir patlayıcı toz patlayabilir olarak sınıflandırılmaktadır. Hatta zayıf patlamalar bile ciddi hasara, yaralanmaya ve ölüme neden olabilmektedir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında 1 litre hacme sahip bir patlama küresi geliştirilmiş, operasyonel hale getirilmiş ve bu patlama küresi kullanılarak 500'ün üzerine patlama testi gerçekleştirilmiştir.

### 2.1 Materyal

Geliştirilen patlama küresinde Manisa/Soma bölgesi yeraltı maden ocağından işletme tarafından temin edilen kömür tozları kullanılmıştır. Bu numunenin elek analizi Çizelge 2'de ve kısa analiz, kükürt analizi ve alt ısıl değer analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ocak tozu numunesinin elek analizi.

Boyut ( $\mu\text{m}$ )	90	75	63	44	33	25	15	8
Geçen (%)	100	82	80	76	70	66	50	40

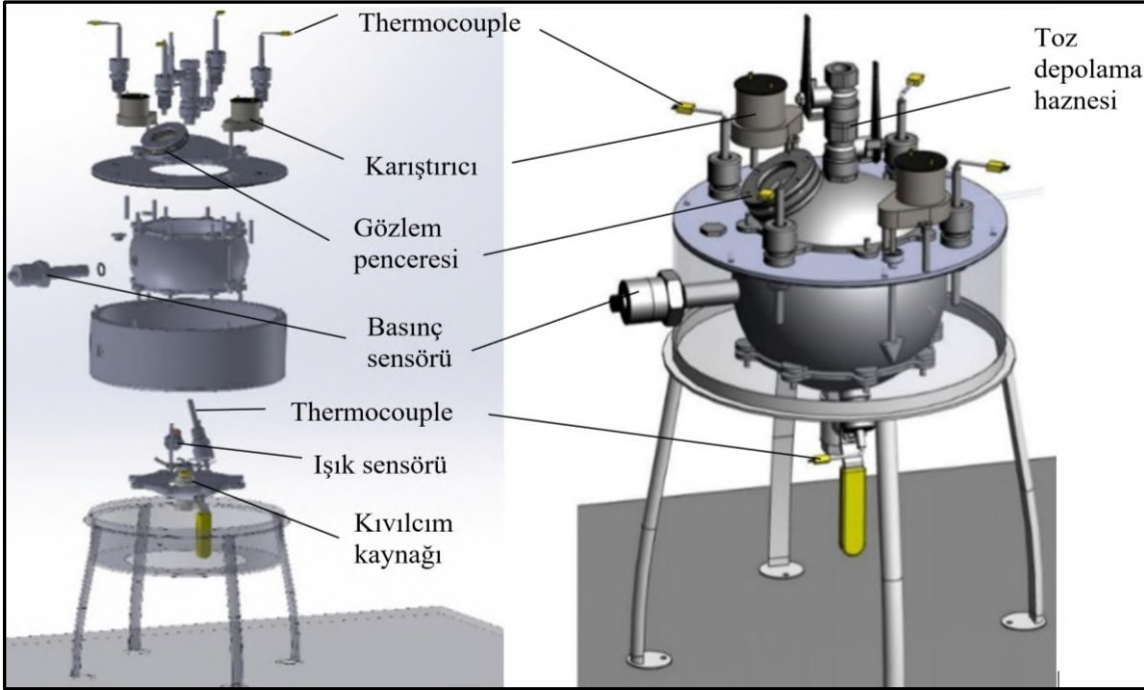
Çizelge 3. Ocak tozu numunesinin kısa analiz, kükürt analizi ve alt ısıl değer analizi.

Analiz (adb) (havada kuru)	Soma
Sabit karbon (ağırlıkça %)	47,84
Kül (ağırlıkça %)	8,99
Uçucu madde (ağırlıkça %)	39,57
Nem (ağırlıkça %)	3,60
Kükürt (ağırlıkça %)	0,94
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	5472

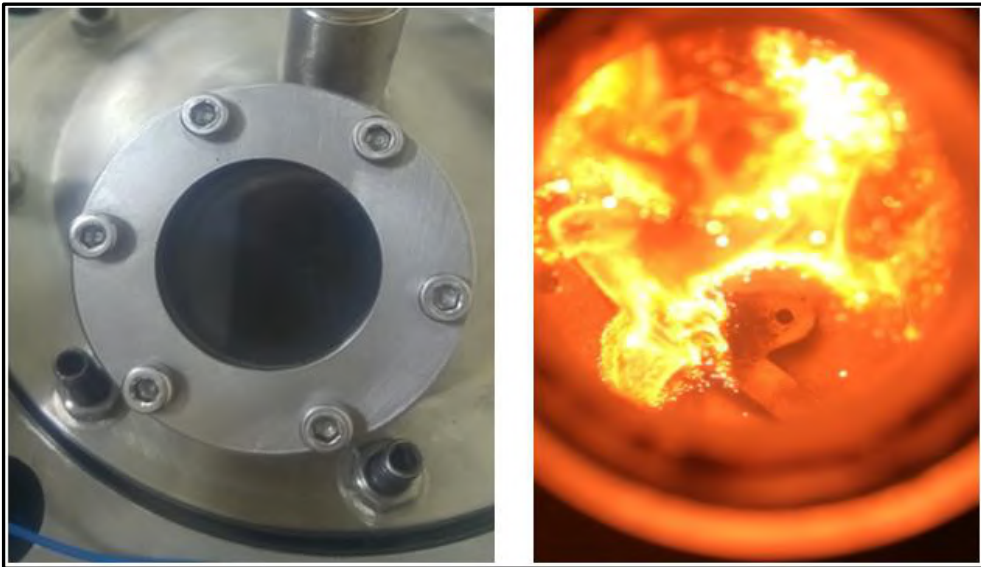
### 2.2 Yöntem

Bu çalışmada tozun patlama özelliklerinin belirlenmesinde 1 litre iç hacme sahip kompakt bir cihaz geliştirilmiştir (Şekil 1). Cihaz, EN 14460 (patlamaya dayanıklı

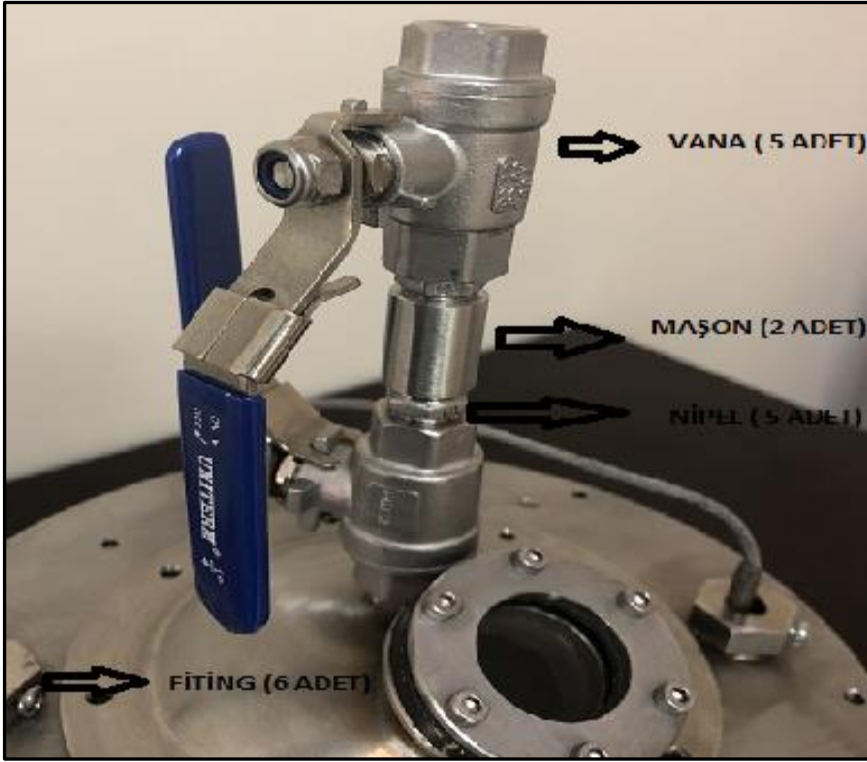
ekipman) standardına uygun olarak ve AISI 304/316 paslanmaz çelikten içi boş kapalı bir küre olarak imal edilmiştir. Küre içerisinde meydana gelen patlamanın rahatlıkla izlenebilmesi amacı ile kürenin üst kısmında yer alan kapak üzerine pileksiglas bir pencere yerleştirilmiştir (Şekil 2). Kürenin üst kısmında 40 mm boyunda 8 mm çapında bir toz haznesi bulunmaktadır. Bu toz haznesinin iki ucuna hızlı hareket eden iki tane valf yerleştirilmiştir (Şekil 3). Testi yapılacak olan toz numunesi bu hazneye yerleştirilir ve vana açıldığında tozların homojen bir şekilde püskürtülmesini sağlamak üzere basınçlı hava ile sıkıştırılır. Küre içerisine test şartlarına göre oksijen besleyebilmek için sistemde bir oksijen tüpü kullanılmaktadır.



**Şekil 1.** 1-litrelik patlama küresi.



**Şekil 2.** Patlama küresi gözlem penceresi ve patlama anının görüntüsü.



Şekil 3. Patlama küresi toz haznesi.

Patlatma deneyleri basınç altında saf oksijen ve atmosfer havası kullanılarak yapılmıştır. Küre içerisine test şartlarına göre oksijen eklemek için sistemde bir oksijen tüpü kullanılmaktadır. Küre içerisindeki ortam şartları deney parametrelerine göre basınçlı hava ve oksijen miktarları oksijen tüpünün üzerine yerleştirilen bir regülatör ile ayarlanabilmektedir.

Deney haznesi içerisindeki basınç küre üzerine yerleştirilen basınç sensörü aracılığı ile ölçülmektedir. 1 litrelik patlama küresinin etrafına küreyi saran bir bölme eklenmiştir. Ayrıca deney küresi içerisindeki patlama anını daha doğru bir zamanlama ile kaydedebilmek için küreye bir tane de ışık sensörü, ateşleme için güç kaynağı ve ateşleme teli yerleştirilmiştir. Deney sonuçlarını kayıt almak üzere sisteme bir datalogger (HIOKI marka 50 Hz) bağlanmıştır.

Sistemde ilk olarak datalogger kaydını başlatıp patlama öncesi küre içerisindeki ortam verileri alınmaya başlanır. Ateşleme teline enerji verilmesi ile küre üst kapağı üzerinde bulunan toz toplama haznesinin vanası açılarak belirli bir basınçla toz küre içerisine gönderilir. Toz patlaması önceden belirlenen deney parametreleri doğrultusunda başlatılır. Küre içerisinde patlama gerçekleştiği anda basınç sensörü, ışık sensörü ve sıcaklık sensörü verileri datalogger tarafından kayıt altına alınmakta ve bu kayıtların bir bilgisayar yardımıyla daha sonra analizleri yapılmaktadır. Deney sırasında patlama parametreleri olan  $P_{max}$ ,  $K_{st}$ , patlama konsantrasyonu alt sınırı (LOC) ve Maksimum Patlama Basıncı Artış Hızı  $(dP/dt)_{max}$  ölçülebilmektedir. Geliştirilen 1 litrelik patlama

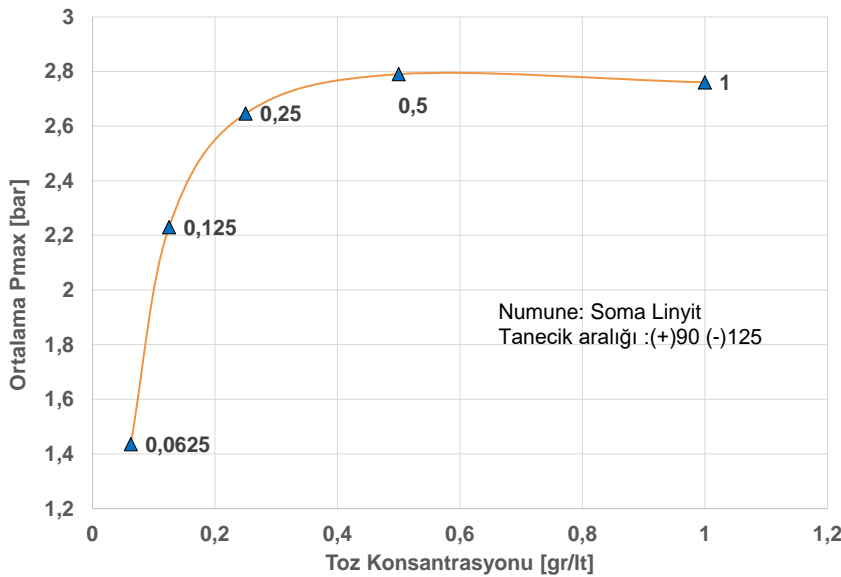
küresinin fikri mülkiyet hakları için 2023/8019043 başvuru numarası ile Türk Patent ve Marka Kurumuna patent başvurusu yapılmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

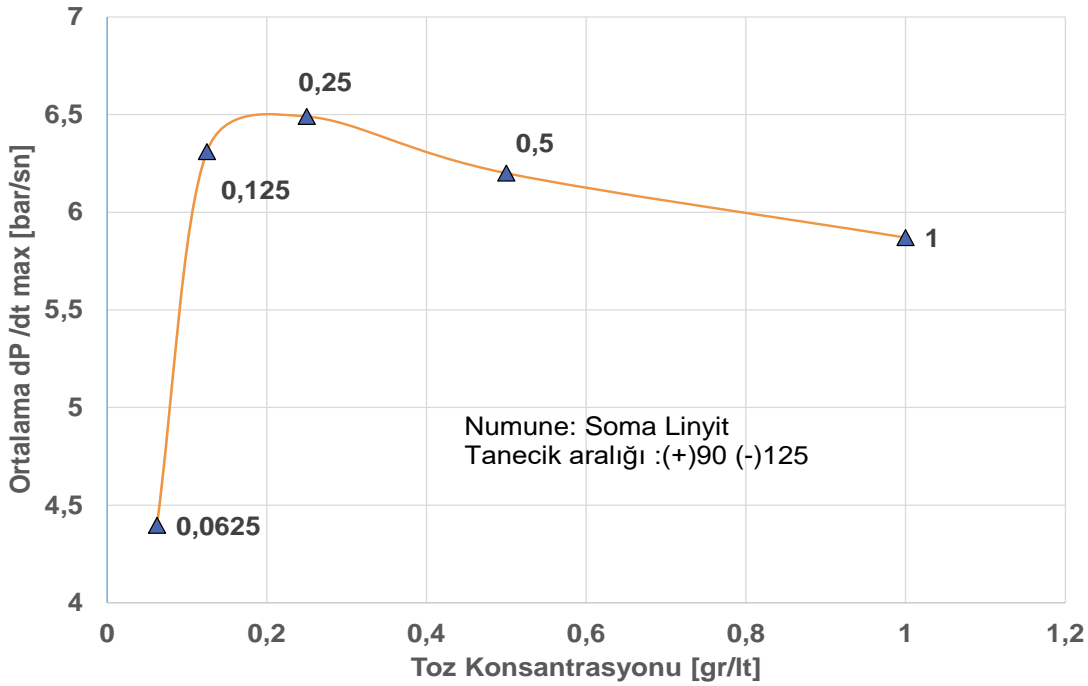
Soma bölgesi, yeraltı maden işletmesinden temin edilen kömür tozları kullanılarak 1,0, 0,500, 0,250, 0,125, 0,0625 g/Lt toz konsantrasyonlarında Maksimum Patlama Basıncı ( $P_{max}$ ) ve Maksimum Patlama Basıncı Artış Hızı ( $dP/dt$ ) max değerleri ölçülmüştür (Çizelge 4). Deney sonuçlarına göre, Soma kömür tozları 0,0625 g/Lt (62,5 g/m<sup>3</sup>) konsantrasyonundan itibaren patlayabilmekte ve toz konsantrasyonu 0,5 g/Lt (500 g/m<sup>3</sup>) değerine ulaştığında en yüksek patlama basıncına ulaşılmaktadır (Şekil 4). En yüksek Patlama Basıncı Artış Hızı ( $dP/dt$ )<sub>max</sub> ise 0,250 g/Lt (250 g/m<sup>3</sup>) konsantrasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5).

Çizelge 4. Soma kömür tozları için değişik konsantrasyonlardaki patlama parametreleri.

Kömür Tozu Konsantrasyonu (g/Lt)	$P_{max}$ (bar)	$(dP/dt)_{max}$ (bar/s)
0,0625	1,41	4,40
0,1250	2,21	6,35
0,2500	2,62	6,50
0,5000	2,80	6,20
1,0000	2,78	5,85



Şekil 4. Maksimum Patlama Basıncı ( $P_{max}$ ) değerinin toz konsantrasyonuna göre değişimi.



Şekil 5. Patlama Basıncı Artış Hızı  $(dP/dt)_{max}$  değerinin toz konsantrasyonuna göre değişimi.

Yukarıdaki deneylerden elde edilen sonuçlara göre Soma kömür tozu numunesinin patlayabilirlik sınıfı ( $K_{st}$ ) aşağıda hesaplanmıştır:

$$K_{st} = (dP/dt)_{max} V^{1/3} \quad (1)$$

$$(dP/dt)_{max} = 6,50 \text{ bar/sn}$$

$$V = 0,001 \text{ m}^3$$

$$K_{st} = 0,65 \text{ bar m/sn}$$

Deney numunesinin  $K_{st}$  değeri 0,65 bar m/sn olup Çizelge 1’de verilen sınıflandırmaya göre “zayıf patlama özelliği” göstermektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında 1 litre iç hacme sahip ve küresel yapıda bir patlama küresi tasarlanarak imal edilmiştir.

Deneylerde gerçekleşen patlamaları gözlemlemek ve görsel kayıtları oluşturabilmek için patlama küresi üzerine yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklı pileksiglas malzemedan bir pencere yerleştirilmiştir. Bu pencere vasıtasıyla bütün deneylerin görsel kayıtları alınarak arşivlenmiştir.



Patlama küresi içerisindeki patlama basıncının ölçülmesi için kürenin yüzeyine basınç sensörü yerleştirilmiştir. Bu çalışmada önceki test cihazlarındaki patlama hızı ölçümlerine alternatif olarak ilk defa test edilen ve geliştirilen ışık sensörü kullanılmıştır.

Işık sensörü ile patlama hızı tayini şimdiye kadar dünyada ilk defa patlama kürelerinde denenen bir çalışma olmuştur. Işık patlama anında oluşan basınç dalgalarının yayılım hızından çok daha hızlı olduğu için ışık sensörü tarafından patlamanın algılanması zaman kaybı olmadan gerçekleşmektedir.

Konvansiyonel patlama kürelerinde patlama indeksi hesaplarındaki  $(dP/dt)_{max}$  ifadesindeki her iki terim de ( $dP$  ve  $dt$  terimleri) basınç sensörlerinin sinyallerinden alınmaktadır. Bu çalışmada patlama basıncı  $(dP)_{max}$  yine basınç sensörleri vasıtasıyla ölçülmüş ancak patlama zamanı ışık sensörü tarafından ölçülen sinyallerden yararlanılarak belirlenmiştir. Böylece patlama indeksi ( $K_{st}$ ) hesaplamalarında daha doğru ve hassas sonuçlar alınabileceği deneysel olarak ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada geliştirilen patlama cihazının diğerlerinden ayrılan özelliği boyutunun küçük olmasından dolayı kolay taşınabilmesi ve çok az miktarda numune kullanılarak kısa zamanda sonuç verebilmesidir.

Bu çalışmada geliştirilen patlama küresinden elde edilen maksimum patlama basıncı değerleri 20 L'lik Siwek küresi kullanılarak elde edilen değerler ile karşılaştırılarak bir düzeltme katsayısı önerilebilir. Böylece 1 litre patlama küresinde elde edilen sonuçların bir düzeltme katsayısı kullanarak mühendislik uygulamalarında güvenli bir şekilde kullanılabilmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir.

Deney sonuçlarına göre, soma kömür tozları 0,0625 g/Lt (62,5 g/m<sup>3</sup>) konsantrasyonundan itibaren patlayabilmekte ve toz konsantrasyonu 0,5 g/Lt (500 g/m<sup>3</sup>) değerine ulaştığında en yüksek patlama basıncına ulaşılmaktadır. En yüksek Patlama Basıncı Artış Hızı  $(dP/dt)_{max}$  ise 0,250 g/Lt (250 g/m<sup>3</sup>) konsantrasyonunda gerçekleşmiştir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma, Fatma Bilirgen tarafından Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında 2022 yılında tamamlanan “Işık sensörlü 1 litrelik toz patlama küresinin geliştirilmesi” başlıklı Doktora Tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

## **KAYNAKLAR**

- Bartknecht, W., 1978. Gas, Vapour and Dust Explosion, Fundametal, Prevention, Control, 270s.
- Derin, L., Varol, N., ve Uymaz, S., 2017. Türkiye'deki Kömür Madeni Kazalarına İlişkin Değerlendirme. Journal of Resilience. 1(1):47-53.
- Eckhoff, R. K., 2003. Dust Explosions in the Process Industries, Third Edition, Gulf Professional Publishing, 754s.
- NFPA 654, 2020, Standard For The Prevention Of Fire And Dust Explosions From The Manufacturing, Processing, And Handling Of Combustible Particulate Solids, National Fire Protection Agency,2020 Edition,
- OSHA, 2014. OSHA Fact Sheet – Hazard Alert: Combustible Dust Explosions, 2s.

# **TÜRKİYE'DE MADEN MÜHENDİSLERİ BÖLÜMLERİNİN VE MADENCİLİĞİN MEVCUT DURUMU VE GELECEK ANALİZİ**

## *CURRENT SITUATION AND FUTURE ANALYSIS OF MINING ENGINEERING DEPARTMENTS AND MINING IN TÜRKİYE*

**Raşit Altındağ\* , Nazmi Şengün, İbrahim Uğur**

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta*

**ÖZET** Bu bildiri de ülkemizde maden mühendisliği bölümlerinin kurulum süreçleri, altyapı kapasiteleri, öğrenci durumları, akademik yapıları, sorunları ve bölümlerin geleceği konularında tespitlerde bulunulmuştur. Diğer taraftan, ülkemizde ve dünyada madenciliğin mevcut durumu ve gelecekte nereye evrileceği üzerine irdelenmeler yapılmıştır. Dolayısıyla maden mühendisliği bölümlerinin varlığını devam ettirebilmesi için öğrenci tercihleri üzerine değerlendirme ve önerilerde bulunulmuş, ülkemizde maden işletmelerinin mühendis istihdamı açısından yaşayabileceği sıkıntılara yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur. Sonuç olarak, madencilik faaliyetlerinin sürdürülebilir bir şekilde devam edebilmesi adına maden mühendisliği bölümlerinin ve maden işletmelerinin maden mühendisi istihdamı açısından sıkıntılar yaşamaması için öneriler sunulmuştur.

**ABSTRACT** In this paper, determinations were made about the establishment processes of mining engineering departments in our country, their infrastructure capacities, student status, academic structures, problems and the future of the departments. On the other hand, analyzes were made on the current situation of mining in our country and in the world and where it will evolve in the future. Therefore, in order for mining engineering departments to continue their existence, evaluations and suggestions were made on student preferences, and evaluations were made regarding the problems that mining enterprises in our country may experience in terms of employing engineers. As a result, suggestions have been presented to prevent mining engineering departments and mining enterprises from experiencing difficulties in the employment of mining engineers so that mining activities can continue in a sustainable manner.

---

\* [rasitalindag@gmail.com](mailto:rasitalindag@gmail.com)

## **1. GİRİŞ**

İnsanoğlu var olduğu günden bugüne kadar her aşamada madenleri hayatının vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Tarihsel sürece bakıldığında insanoğlu yaşamını sürdürebilmesi için barınma, tarım aletleri, av malzemeleri ve savaş araç gereçleri yapımından, zenginlik ve ihtişamın göstergesi objelerin yapımına kadar ve günümüzün en son teknolojik ürünlerin yapımına kadar her aşamada madenlerin kullanılması vazgeçilmez olmuştur. Dolayısıyla madenlerin bu kullanım ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda, insanoğlu var olduğu sürece madencilik faaliyetleri de kaçınılmaz şekilde devam edecektir. Ülkemizin jeopolitik ve jeostratejik konumu dikkate alındığında sahip olduğu yeraltı zenginliklerinin önemi bir kez daha anlam kazanmaktadır.

Madencilik faaliyetleri var olduğu sürece maden mühendisliği eğitimi de olacaktır. Ancak eğitimin yapısı ve içeriği günün koşullarına göre kendisini yenilemeli, bilim üretmeye ve sektöre ışık tutmaya devam etmelidir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de maden mühendisliği bölümlerinin sayısı, içeriği ve etkinliği zaman içerisinde ihtiyaçlara bağlı olarak güncellenebilir. Ama asla unutulmamalıdır ki gelişmekte olan bir ülke olarak madencilik faaliyetleri bizim için vazgeçilmezdir. Bugün dünyada kritik ve stratejik madenler son derece önemli konumda olup yakın gelecekte bu konunun daha da hayati bir önem kazanacağı dikkatten asla kaçırılmamalıdır. Bu kritik ve stratejik madenlere sahip olan, çıkararak, zenginleştirip işleyen teknolojiye dönüştüren ve bunların pazarlamasında strateji geliştiren ülkeler her zaman belirleyici konumda olacaktır. Dolayısıyla ülkemizde madencilik faaliyetleri-maden mühendisliği eğitimi ilişkisi üzerinde durulması gerekli bir husustur.

Bu çalışmada, madencilik faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi, maden mühendisliği bölümlerinin ve maden işletmelerinin maden mühendisi istihdamı açısından sıkıntılar yaşamaması için değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## **2. ÜLKEMİZDE MADENCİLİK SEKTÖRÜ**

### **2.1. Anadolu’da Tarihsel Madencilik Süreci**

Anadolu’da en eski cevher buluntusu Güneydoğu Anadolu’da bulunan Hallan Çemi ve Çayönü Tepesi’nde gün ışığına çıkarılmıştır. Neolitik Dönem’de, Çatalhöyük, Hacılar ve Niğde Tepecik’te bakırdan yapılmış küçük objeler bulunmuştur. M.Ö. 5000-4900 yıllarında Mersin Yumuktepe’de bakır balta, keski gibi aletlerin yapımına rastlanmıştır ve bu dönemle eş zamanlı olan İç Anadolu (Güvercinkayası) ve Elazığ-Altınova’daki bazı Doğu Anadolu höyüklerinde de matalurjik faaliyetlerin izlerine rastlanmıştır. Malatya Değirmentepe’de de iki adet bakır külçe parçası bulunmuştur.

Son Kalkolitik Çağda Doğu Anadolu’da Elazığ Altınova’da bulunan tüm höyüklerde, Kuzey Anadolu’da İkiztepe’de, İç Anadolu’da Alishar, Alacahöyük, Boğazköy ve Büyük Güllücek’te ve Batı Anadolu’da Beycesultan, Ilıpınar, Kuruçay ve

Limantepe’de ortaya çıkarılan maden buluntuları buralarda madencilik faaliyetlerinin yapıldığını göstermektedir. Alacahöyük, Horoztepe, Troia ve diğer merkezlerde ele geçen metal eserler, M.Ö. 3000 yılın başlarından itibaren, İlk Tunç Çağı-II döneminde madencilik doruk noktaya çıktığı anlaşılmaktadır. Ergani’de M.Ö. 2000 yılında Bakır işletmeciliğinin başladığı bilinmektedir. Yine Anadolu’da birçok bölgeden de altın üretimi yapıldığı bilinmektedir.

Osmanlı İmparatorluğu döneminde de Anadolu’da kurşun, gümüş, altın, demir, krom, zımpara, taşkömürü, linyit, bakır, kükürt, güherçile, manganez, maden suyu, antimon, cıva, çinko, borasit, mermer, zift, arsenik ve opal gibi birçok maden çıkarılmıştır.

## 2.2. Günümüzde Madencilik Durumu

Ülkemizde Haziran-2024 tarihi itibariyle maden ruhsatlarının dağılımı Çizelge 1’de verilmiş olup ruhsatların 1/3’ünün doğal taş sektörüne yönelik olduğu anlaşılmaktadır. Doğal taş sektöründe faaliyete açılan her bir maden işletmesinin mevzuat gereği zorunlu olarak en az 1 maden mühendisi (daimi nezaretçi olarak) istihdamı anlamına gelmektedir. Ocaktaki üretim kapasitesinin büyüklüğüne, vardiya sayısına ve istihdam edilen kişi sayısına bağlı olarak bu sayı daha da fazla olabilmektedir. Diğer gruplarda ise ruhsat sahasındaki üretim kapasitesine ve yapısına bağlı olarak ise ruhsat başına maden mühendisi istihdamı çok daha fazla olmaktadır. Maden mühendisi istihdamı sadece ocaklarda değil aynı zamanda; cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinde, cam, seramik, çimento gibi diğer sanayi kuruluşlarında, izabe ve metalurjik tesislerde, ürün pazarlama ve distribütörlük alanında, maden makinalarının üretildiği fabrikalarda, tünellecilikte, kamu kurum ve kuruluşlarının idari yapılarında, Yetkilendirilmiş Tüzel Kişilik (YTK)’larda olmak üzere daha birçok alanda bulunabilmektedir.

Çizelge 1. Maden gruplarına göre ruhsat dağılımları (Haziran-2024) (Anonim 1).

<b>RUHSAT AŞAMASI</b>	<b>I (b) GRUP</b>	<b>II (a) GRUP</b>	<b>II (b) GRUP</b>	<b>II (c) GRUP</b>	<b>III. GRUP</b>	<b>IV. GRUP</b>	<b>V. GRUP</b>	<b>TOPLAM</b>
<b>İşletme</b>	562	2.811	3.145	82	66	3.493	9	<b>10.168</b>
<b>Arama</b>	0	17	1.215	0	2	3.700	2	<b>4.936</b>
<b>Genel Toplam</b>	562	2.828	4.360	82	68	7.193	11	<b>15.104</b>
<b>İşletme İzinli Ruhsat Sayısı</b>	482	2.274	2.115	71	60	2.688	7	<b>7.697</b>

Uzun yıllar ortalamasına bakıldığında madencilik sektörünün Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) içindeki payı %1,3 dolayında olduğu bilinmektedir. Oysa ABD, Kanada, Avusturalya gibi ülkelere bakıldığında bu oranın %2,5 civarında olduğu görülmektedir. Ancak bu seviye yüzdesel olarak değil de değer (ABD Doları) olarak dikkate

alındığında aradaki farkın çok daha fazla olduğu görülecektir. Bu seviyeye çıkabilmek için şu an madencilik faaliyetlerinin ekonomik büyüklüğünün en az 3-4 katına çıkması gerekmektedir. Bu da bize daha ülkemizde madencilik yatırımlarının ve faaliyetlerinin önümüzdeki süreçte artan hızla devam etmesi gerektiğini göstermektedir.

Türkiye'nin 2023 yılı için 255,8 Milyar \$'lık ihracatı içinde madenciliğin payı %2,25 ile 5,75 Milyar \$ seviyesinde gerçekleşmiştir. 2023 yılında en fazla ihraç edilen maden ürün grupları arasında metalik cevherler 9,8 milyon ton ve 2 milyar USD ile ilk sırada yer alırken bu ürün grubunu 6,3 milyon ton ve 1,9 milyar USD ile Doğal Taşlar, 11,9 milyon ton ve 1,1 milyar USD ile endüstriyel mineraller, 88,8 bin ton ve 261,1 milyon USD ile ferro alyajlar, 807,7 milyon ton ve 444,9 milyon USD ile mineral yakıtlar dahil diğer ürünlerin ihracatı takip etmektedir (İMİB, 2023). Türkiye maden ihracatının %34 payı tek başına doğal taş ihracatı oluşturmaktadır. Çizelge 1'de bahsedilen ruhsat dağılımlarına bakıldığında oransal olarak 1/3 seviyesine paralel bir pay olduğu da görülmektedir.

### 3. YÜKSEKÖĞRETİMDE ÖĞRENCİ TERCİHLERİ VE BAŞARI İSTATİSTİKLERİ

Bilindiği gibi lisans eğitimi için Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) Temel Yeterlilik Testi (TYT) ve Alan Yeterlilik Testi (AYT) şeklinde düzenlenmektedir. Üniversite sınavına giren öğrencilerin ÖSYM tarafından ilan edilen 2023 yılı YYS testlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Oturum	Test	Soru Sayısı	Ortaöğretim Kurumlarının Son Sınıfında Okuyan Adaylar			Tüm Adaylar		
			Aday Sayısı*	Ortalama	Standart Sapma	Aday Sayısı*	Ortalama	Standart Sapma
TYT	Türkçe	40	855.467	20,021	8,626	2.995.399	19,168	8,353
	Sosyal Bilimler	20		8,688	4,414		8,488	4,339
	Temel Matematik	40		8,218	9,320		7,366	8,254
	Fen Bilimleri	20		3,546	4,894		2,909	4,213
AYT	Türk Dili ve Edebiyatı	24	692.459	5,763	5,161	1.980.480	6,401	5,127
	Tarih-1	10		1,730	2,019		2,054	2,177
	Coğrafya-1	6		1,304	1,441		1,460	1,471
	Tarih-2	11		1,805	2,355		2,264	2,693
	Coğrafya-2	11		2,435	2,554		2,833	2,698
	Felsefe Grubu	12		1,844	2,330		2,243	2,563
	DYAB/İK Felsefe Grubu	6		1,394	1,575		1,547	1,628
	Matematik	40		7,576	9,528		7,204	8,565
	Fizik	14		2,519	3,691		2,176	3,291
	Kimya	13		1,768	3,169		1,483	2,773
Biyoloji	13	2,080	3,068	1,887	2,790			
YDT	Almanca	80	817	38,082	23,427	2.578	30,915	21,386
	Arapça	80	1.981	28,170	19,989	7.789	28,485	19,482
	Fransızca	80	452	39,246	19,217	831	33,765	19,395
	İngilizce	80	63.617	39,242	22,355	161.127	36,480	21,514
	Rusça	80	209	38,995	25,439	675	36,742	23,881

\*İlgili testte sınavı geçeri olan adaylar

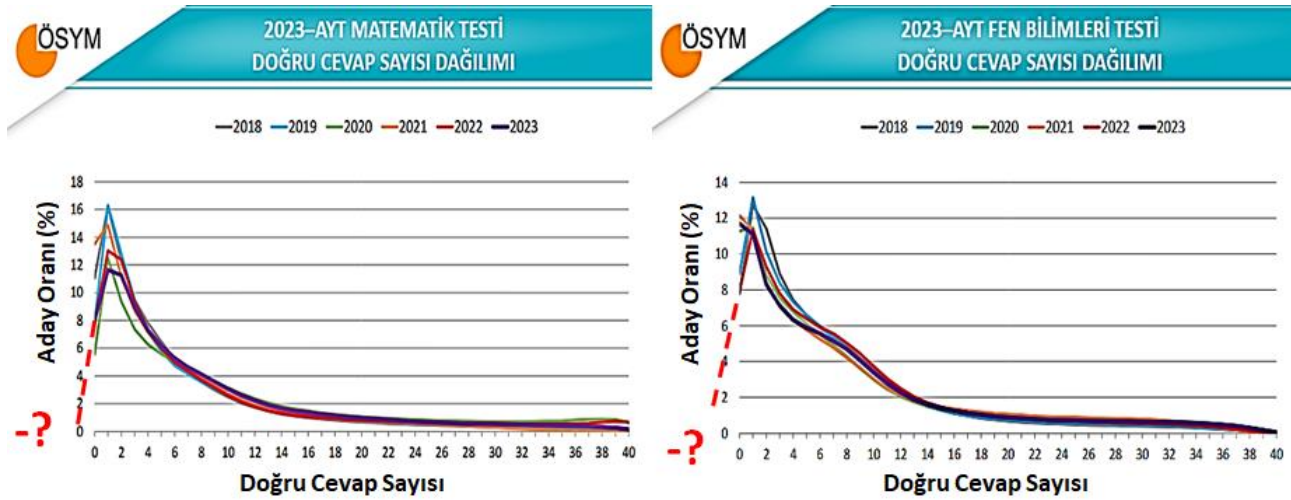
2023  
YKS

Şekil 1. 2023-YKS testlerinin ortalamaları (Anonim 2).

Üniversiteye alan bazlı yerleşme için yapılan AYT sınav sonuçlarında hemen hemen tamamına yakın testte standart sapma değerlerinin ortalamadan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum istatistik bilimiyle nasıl açıklanacağı veya ne anlama geldiğini herkesin bir kez daha düşünmesi gerekmektedir. Aynı şekilde AYT sınavında Fen Bilimleri ve Matematik testlerinde son 6 yıl için doğru cevap sayısı oranının eksi

olanların oranının %6-14 olduğu gerçeğini de Şekil 2'den görmekteyiz. AYT sınavında Fen Bilimleri ve Matematik testlerinde son 6 yıl için testlerde sorulan soruların dörtte birine doğru cevap verenlerin oranı %3'ün altında kalmıştır. Bu göstergeler bize liselerdeki sayısal öğrenci sayısının veya sayısal ağırlıklı sınıf sayısının oldukça az olduğunun veya başarısının düşük olduğunun bir başka göstergesi olarak yansımaktadır. Sözel öğrenci sayısının liselerde fazla olması, doğal olarak sözel bölümlerin kontenjanlarının tamamına yakının dolu olması ve sayısal barajın 300 bin olması dikkate alındığında 2023 yılında sınava giren 3,5 milyon öğrencinin (AYT'ye 2,5 milyon öğrenci girmiştir) %8,5'ine tekabül etmesine rağmen 12 549 sayısal bölüm kontenjanlarının ilk yerleştirme sonuçlarına göre boş kaldığı görülmektedir.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) tarafından 3 yılda bir, 15 yaşındaki öğrencilerin kazandıkları bilgi ve becerileri değerlendiren Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) testinin 2022 sonuçlarına göre Türkiye Matematik seviyesi, okuma seviyesi ve bilim seviyesi olarak bakıldığında OECD ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Bu veriler 15 yaşındaki öğrencilerin verileri olduğu dikkate alındığında ve bu öğrencilerin 2-3 yıl sonra YKS sınavına gireceğini düşündüğümüzde Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen sonuçların nasıl bir seyir alacağını öngörmek hiç de kolay olmasa gerek.



Şekil 2. ÖSYM ilk yerleştirme sonuçlarına göre Matematik ve Fen Bilimleri testlerimde yıllar bazlı doğru cevap sayılarının seyri (Anonim 2).

#### 4. TÜRKİYE'DE MADEN MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ

Türkiye'deki ilk Maden Mühendisliği Okulu, Osmanlı'nın ilk maden mühendisi olan İbrahim Edhem Paşa tarafından 1872 yılında kurulan Orman ve Maadin Mektebidir. Yedi dönem faaliyette bulunan okul, 49 Orman ve Maden Mühendisi yetiştirdikten sonra kapanmıştır. 1924 yılında Zonguldak'ta kurulan Yüksek Maadin Mühendisi Mekteb-Ali'si ilk mezunlarını 1928'de vermiş, fakat okul 1931'de kapanmıştır. 1941 yılında Zonguldak'ta Maden Teknisyeni yetiştirmek için Zonguldak Maden Teknisyeni Mektebi kurulmuştur. 1950'de Zonguldak Maden Teknik Okulu adını alan okul Maden Mühendisi diploması vermeye başlamıştır. Okul 1961'de kapatılarak

öğrencileri İstanbul Teknik Üniversitesi bünyesine katılmışlardır (Tamzok ve Erdoğan, 2003). 1975 yılında, Zonguldak Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi (ZDMMA) açılmış ve maden mühendisliği eğitimi tekrar başlamıştır.

İlk Maden Mühendisi Okulu kuruluşundan buyana geçen 150 yıllık süre içinde maden mühendisliği eğitimi, çeşitli akademilerde ve üniversitelerde verilmiştir. Ülkemizde şu an için 129'u devlet üniversitesi, 75'i vakıf üniversitesi ve 4'ü vakıf MYO olmak üzere toplam 208 adet yükseköğretim kurumu bulunmaktadır. 2022 yılında YKS sınavına 3,2 milyon aday başvuru yaparken 2023 yılında 3,5 milyon ve 2024 yılında ise bu sayı 3,1 milyon olarak gerçekleşmiştir. Örgün öğretimde (açıköğretim hariç) 2022 yılında 867 224 olan kontenjan 2023 yılı için 923 411 ulaşmıştır. Açıköğretim hariç ilk yerleştirmede yerleşen aday sayısı 2022 yılında 850 631 iken 2023 yılında bu sayı 898 024 olmuştur. 34 yaş üstü kadın, depremzede, şehit ve gazi yakını kontenjanı hariç tutulduğunda genel kontenjanların doluluk oranı 2023 yılında %88,8 olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara baktığımızda sınava başvuran adayların ancak %26'sı kontenjanlara yerleşebilmekte, %74'ü ise açıkta kalmaktadır. 2023 yılı maden mühendisliği bölümlerinin toplam kontenjan sayısı 375 olarak gerçekleşmiştir.

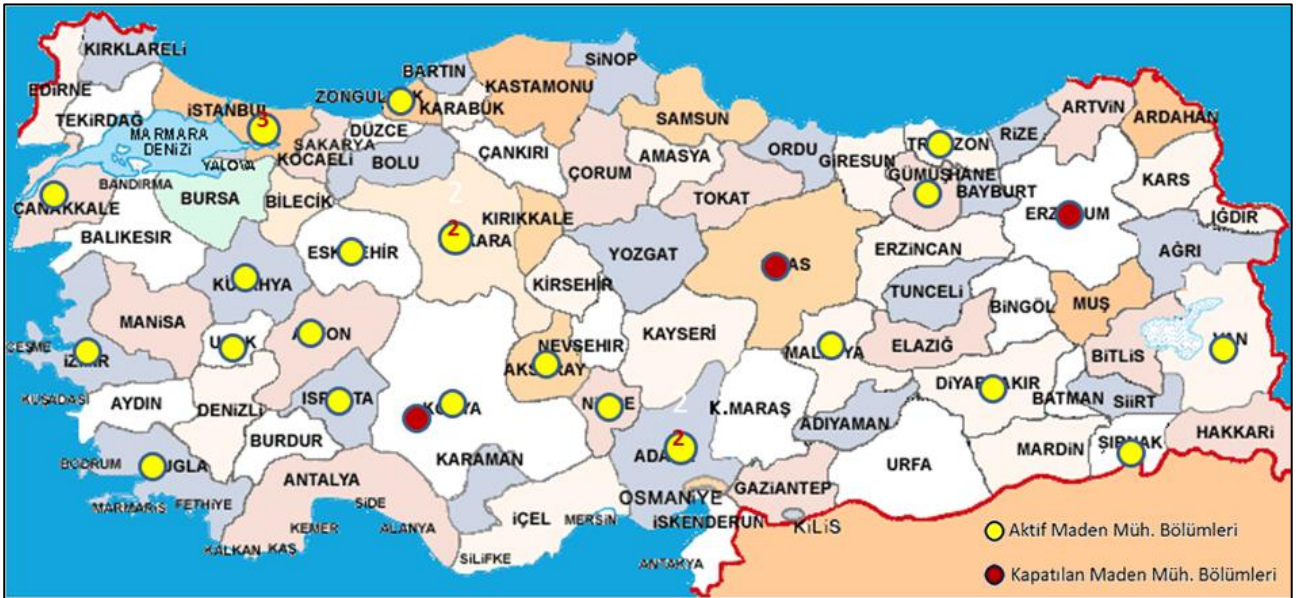
Maden ihracatının toplam ihracat içindeki payı (çimento, cam, seramik, demir-çelik san. vb. ihracatlar hariç) yaklaşık % 2,5 ve madencilik sektörünün gayri safi yurtiçi hasılatı içindeki payı yaklaşık % 1,3 iken 2023 yılı maden mühendisliği bölümlerinin toplam kontenjan içindeki payı sadece  $(375 / 923\ 411) \times 100 = \% 0,0406$ 'dır. Yukarıda verilen madencilik ile ilgili bilgi ve veriler dikkate alındığında maden mühendisliğine öğrenci tercihinin neden bu kadar düşük seviyede kaldığı, üzerinde düşünülmesi ve tartışılması gereken çok önemli bir konudur.

Aslında bu tercih düşüklüğü sadece maden mühendisliği bölümlerinin sorunu olmayıp aynı zamanda jeoloji mühendisliği, jeofizik mühendisliği, çevre mühendisliği, gıda mühendisliği, metalurji mühendisliği ve seramik mühendisliği bölümlerinin de sorunu olup son yıllarda öğrencilerin bu bölümleri de tercih etmediği görülmektedir.

YÖK kayıtlarına göre ülkemizde maden mühendisliği bölümlerinin iller bazlı dağılımı Şekil 3'te ve üniversiteler bazlı öğrenci kontenjan-yerleşme-doluluk oranları dağılımı da Şekil 4'de verilmiştir. Zaman içerisinde maden mühendisliği bölüm sayısı 27 iken Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi ve Necmettin Erbakan Üniversitesi bünyesinde bulunan maden mühendisliği bölümleri kapatılarak geriye kalan 24 adet bölüm, YÖK kayıtlarında olmasına rağmen 2023 yılı ÖSYM tercih kılavuzunda 13 bölüm yer almıştır. Daha önceki yıllarda 8 üniversitede ikinci öğretim programları açılmış olup 2014 yılından itibaren bu programlar kapatılmış ve şu anda hiçbir maden mühendisliği bölümünde ikinci öğretim programı bulunmamaktadır. 2012 yılında ÖSYM tercih kılavuzunda maden mühendisliği için yaklaşık 2000 kontenjan bulunurken 2023 yılı için bu sayı 375 olarak gerçekleşmiştir. Son 12 yıllık süreçte yıllar itibariyle kontenjan ve yerleşen öğrenci sayılarının dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.



2019 yılı ile 2023 yıllarında maden mühendisliği bölümlerinin öğrenci kontenjanları, yerleşme durumu ve doluluk oranları Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, 2019 yılından 2023 yılına gelindiğinde toplam kontenjan sayısının 475’den 375’e düştüğü görülmektedir. 2019 yılına göre 2023 yılında 100 kontenjan azaltmanın 90’ı bahsedilen 3 büyük şehirdeki 5 üniversitede gerçekleşmiş, diğer geri kalan üniversitelerde kontenjan sayıları zaten minimum sayılarda tutulduğundan önemli bir kontenjan azaltımına bu üniversitelerde gidilmemiştir. 2019 yılında kontenjan sayısı 475 iken yerleşen öğrenci sayısı 273, 2023 yılında kontenjan sayısı 100 düşerek 375 iken yerleşen öğrenci sayısı (ilk yerleştirme sonucuna göre) 15 artışla 289 olarak gerçekleşmiştir. Bütün bunlara rağmen 2019 yılına nazaran 2023 yılında yerleşen sayısı 15 öğrenci artışı (%5,5) ile doluluk oranı %57,47’den %77’e çıktığı (%40 arttığı) görülmektedir. Bu hususun sadece rakam değişikliği ile doluluk oranlarında görece istatistiksel bir artış olduğu anlaşılmaktadır. Diğer bir ifadeyle maden mühendisliği bölümlerine %40’lık bir öğrenci yerleşme (tercih) artışı söz konusu değildir.



Şekil 3. Maden mühendisliği bölümlerinin iller bazlı dağılımı.

Maden mühendisliği bölümlerine 2023 yılında ilk yerleştirme sonuçlarına göre yerleşen 289 öğrencinin 224’ü (%77,5) 3 büyükşehirde bulunan 5 üniversiteye yerleştiği, geri kalan 65’inin ise diğer illerde bulunan 8 üniversiteye yerleştiği (%22,5) görülmektedir. Bu rakamlar da bize yerleşimlerin üniversiteler genelinde homojen dağılmadığını yani normal bir dağılım eğrisinin olmadığını göstermektedir. Madencilik sektörü açısından asıl sorun da bu aşamada başlamaktadır.

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMLERİNİN 2019 / 2023 YILLARI BAZLI DAĞILIMI**

	Üniversite	Akreditasyon	Kontenjan (K)	Yerleşen (Y)	Doluluk Oranı (%)
1	ADANA ALPARSLAN TÜRKÇE DİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ				
2	AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ		10/10	3/4	30/40
3	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	MÜDEK	60/40	27/41	45/100
4	ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ		30/30	14/31	46,67/100
5	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ	MÜDEK	60/50	60/52	100/100
6	İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	ABET	60/50	60/51	100/100
7	İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA	MÜDEK	70/40	30/38	42,86/95
8	KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	MÜDEK	20/20	4/11	20/55
9	MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ	MÜDEK	20/20	5/6	25/20
10	ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	ABET	60/40	60/40	100/100
11	SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ	<b>KAPANDI</b>	20/	0/	0/0
12	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ		20/	4/	20/
13	ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ		15/	1/	6,67/
14	ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ	MÜDEK	15/15	3/3	20/20
15	AKSARAY ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
16	ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ	<b>KAPANDI</b>	-	-	-
17	ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
18	ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ*	MÜDEK	-/20	-/9	-/45
19	DİCLE ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
20	GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
21	İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ*		-/30	-/3	-/10
22	KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
23	KÜTAHYA Dumlupınar ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
24	NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ*	<b>KAPANDI</b>	-	-	-
25	NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ*		-/10	-/0	-/0
26	UŞAK ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
27	VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ*		-	-	-
	<b>TOPLAM</b>		<b>475/375/220</b>	<b>273/289/224</b>	<b>57,47/77,01</b>

**ANKARA-İSTANBUL-İZMİR (Bu %77'nin %77,5 ise 5 ÜNİVERSİTEDİR.)**

Şekil 4. 2019 ve 2023 yılları için maden mühendisliği bölümlerinin öğrenci kontenjanı, yerleşen sayıları ve doluluk oranları

İstanbul, Ankara ve İzmir’de bulunan 5 maden mühendisliği bölümünden mezun olan mühendislerin yoğunluklu olarak; büyükşehirlerdeki madencilik firmalarının temsilciliklerinde, madencilikle ilgili makine üretici-pazarlayıcı vb. firmaların distribütörlüklerinde, bu 3 şehirde ve/veya batıdaki bazı şehirlerde faaliyet gösteren maden işletmelerinde, YTK’larda, kamu kurum ve kuruluşların teşkilatlarında ve mesleği dışındaki bazı iş kolları gibi alanlarda çalıştıkları bilinmektedir. Şu ana kadar Antalya’nın; Korkuteli, Elmalı, Finike ilçelerinde, Isparta’nın; Merkez, Sütçüler, Eğirdir, Aksu ilçelerinde, Burdur’un; Merkez, Karamanlı, Bucak, Yeşilova, Tefenni ilçelerinde, Konya’nın; Meram, Seydişehir, Beyşehir ilçelerinde, Kütahya’nın Altıntaş, Aslanapa ilçelerinin kırsallarında faaliyet gösteren başta doğal taş işletmeleri olmak üzere bir çok maden işletmesinde başta daimi nezaretçi olmak üzere diğer sorumluluklarda bu 5 üniversiteden mezun olan mühendislerin (istisnalar hariç) çalıştıklarına bugüne kadar hemen hemen hiç şahit olunmamıştır. Bu saydığımız iller Türkiye’nin batısında olan iller olmasına rağmen bu 5 üniversiteden mezun olan maden mühendislerine hemen hemen hiç rastlayamıyorsak aynı tablonun ülkemizin diğer bölgelerinde de benzer olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Diğer taraftan madencilik faaliyetlerinin yukarıda da bahsedildiği üzere özellikle Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ilerleyen zaman diliminde başta doğal taş sektörü olmak üzere

madencilik faaliyetlerinin artacağı dikkate alındığında daimi nezaretçilik ve diğer sorumluluk alanlarında da maden mühendisine olan talep artacaktır. Mevcut faal durumdaki maden mühendisliği bölümlerinden (YÖK tarafından kontenjan verilen bölümler) mezun olan mühendisler piyasada oluşan talebi karşılayamamakta olup ilerleyen zaman diliminde artması öngörülen madencilik faaliyetleri sonucu ihtiyaç duyulacak maden mühendisi istihdam talebini karşılaması da pek mümkün görünmemektedir. Bu maden mühendisi arz-talep dengesizliğinin madencilik faaliyetlerinin genişlemesini olumsuz yönde etkileyeceği aşıkardır. Ancak bu olumsuz durumun neden olduğu dengesizlikle beraber, aktif olarak çalışan maden mühendislerinin ekonomik açıdan refah seviyelerinde ve ücretlerinde artış ile sosyal durumlarında olumlu gelişmelerin yaşanması da beklenmektedir.

Çizelge 2’de gösterildiği gibi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi gibi üniversitelerde bulunan maden mühendisliği bölümlerinin eğitim programları akredite olmasına rağmen öğrencilerin bu bölümleri tercih etmedikleri görülmektedir. Akreditasyona sahip olma özelliğinin bile tercihlerde önemli bir rol oynamadığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan eğitim programı MÜDEK tarafından akredite olan ve ilk madencilik okulunun açıldığı, maden şehri olarak bilinen Zonguldak’taki maden mühendisliği bölümünün bile yıllardır bir iki öğrenci tarafından tercih edilmesi diğer bir ifadeyle atalarından beri bir şekilde madencilikle iç içe olan ailelerin çocukları tarafından bile maden mühendisliği bölümünün tercih edilmemiş olması başlıca düşünülmesi gereken bir husustur.

ÖSYM tercih kılavuzunda yer alan fakat düşük sayılarda öğrenci tercihi olan bölümler kendilerine ayrılan Türk öğrenci sayısı kadar Yabancı Uyruklu Öğrenci Sınavı (YÖS) ile yabancı uyruklu öğrenci alma hakkına sahip olmakta ve ilan edilen kontenjanlar kadar öğrenci alabilmektedirler. Örneğin Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çukurova üniversitesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi’ndeki maden mühendisleri bölümlerini örnek olarak verebiliriz. Böylece hem Türk vatandaşı hem de yabancı uyruklu öğrenci kaydı alarak eğitim öğretim alanındaki işlevselliklerini yerine getirmektedirler.

Maden mühendisliği bölümlerinde eğitim-öğretim ve bilimsel çalışmalar için kadrolu akademik personel durumu Şekil 5’de verilmiştir. 2010 yılındaki akademik kadro yapısı ile 2023 yılı akademik kadro yapılarının dağılımı da Şekil 6’da verilmiştir.

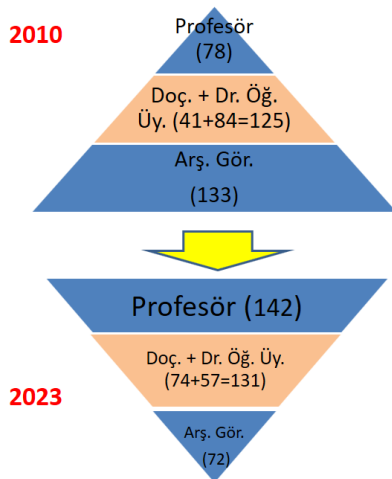
Çizelge 2. 2012-2023 Yılları arasında Maden Mühendisliği Bölümleri kontenjanları ve yerleşen sayıları

Üniversite	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023*
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	62/62	62/62	52/52	52/52	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	52/52	41/41
İstanbul Teknik Üniversitesi	41/41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hacettepe Üniversitesi	41/41	41/41	36/36	41/41	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	51/51
Dokuz Eylül Üniversitesi	72/72	72/72	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	51/52
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	82/82	82/82	82/82	82/82	82/75	82/54	82/36	62/27	52/34	41/33	41/41	41/41
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi	82/82	82/82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Süleyman Demirel Üniversitesi	67/67	62/62	62/62	62/62	62/62	62/62	62/59	72/30	41/33	41/21	41/41	41/38
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	82/29	52/15	21/12	21/21	16/4	11/4	11/2	-	-	-	-	-
Dicle Üniversitesi	82/8	41/2	-	-	-	-	-	21/4	21/2	-	-	-
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	82/22	41/9	11/11	11/11	16/3	-	-	-	-	-	-	-
Karadeniz Teknik Üniversitesi	82/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	82/82	72/72	52/52	52/52	41/32	31/19	31/16	31/14	31/10	21/20	31/28	31/31
Afyon Kocatepe Üniversitesi	82/54	72/34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konya Teknik Üniversitesi	62/36	52/19	31/15	26/11	26/7	11/2	-	-	-	-	-	-
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	54/44	41/20	31/26	31/31	31/6	11/11	21/9	21/5	21/7	21/6	21/7	20/6
Çukurova Üniversitesi	62/62	52/52	41/41	41/41	41/13	21/9	21/11	21/4	21/5	21/10	21/4	20/11
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	62/17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İnönü Üniversitesi	82/21	41/10	11/9	11/7	11/1	11/3	11/1	16/3	16/2	16/1	16/1	15/3
Atatürk Üniversitesi	72/18	41/9	11/7	11/11	11/5	11/3	11/2	11/3	11/4	11/1	11/4	10/4
Şırnak Üniversitesi	72/70	62/27	31/16	26/26	31/4	11/4	-	-	-	-	-	-
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	72/2	62/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uşak Üniversitesi	62/6	21/0	11/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aksaray Üniversitesi	82/41	52/22	31/13	31/17	21/8	11/5	11/3	-	21/3	21/5	21/4	21/9
Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi	82/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	82	52	44	-	44	44	-	21	-	-	-	-
	62/14	41/15	21/9	21/17	16/0	-	-	-	-	31/1	31/2	31/3
	62/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	41/4	-	-	-	-	16/0	16/1	-	-	-	-
	-	41/23	21/21	21/21	16/2	11/3	11/1	-	-	-	-	-
	-	21/6	11/0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	41/0	11/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	21/4	-	-	-	-	16/2	16/2	-	-	-
	-	-	11/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMLERİNDE  
2022 - 2023 E.Ö. YILI AKADEMİK PERSONEL DURUMU**

	ÜNİVERSİTE	Prof	Doç.Dr	Dr.Ö.Ü	Öğ.Grv.	Arş.Grv	Toplam
1	ODTÜ	3	2	1	-	8	14
2	İTÜ	7	5	1	-	8	21
3	HACETTEPE Ü.	10	7	5	1	6	29
4	ZBEÜ	7	2	3	-	2	14
5	İNÖNÜ Ü.	4	2	1	-	-	7
6	ÇUKUROVA Ü.	7	2	3	-	1	13
7	AFYON K.Ü.	4	4	2	2	1	13
8	DEÜ	17	9	1	1	3	31
9	MUĞLA S.K.Ü.	3	2	2	-	-	7
10	İSTANBUL CERRAHPAŞA	5	6	2	1	4	18
11	ESKİŞEHİR OGÜ	13	4	5	-	4	26
12	KTÜ	11	5	-	-	7	23
13	İTÜ CEVHER	7	4	2	-	9	22
14	SDÜ	8	4	-	-	3	15
15	KONYA T.Ü.	8	3	3	-	6	20
16	DİCLE Ü.	7	-	2	1	2	12
17	KÜTAHYA D.Ü.	10	1	5	-	3	19
18	NİĞDE Ö.H.Ü	2	4	2	-	-	8
19	AKSARAY Ü.	1	1	-	-	1	3
20	ÇOMÜ	1	1	2	-	-	4
21	ŞIRNAK Ü.	2	1	4	-	-	7
22	VAN Y.Ü.	1	3	6	-	-	10
23	UŞAK Ü.	2	-	2	-	-	4
24	GÜMÜŞHANE Ü.	-	1	2	-	2	4
25	ALPARSLAN TEKNİK Ü.	3	1	1	-	2	7
	<b>TOPLAM</b>	<b>142</b>	<b>74</b>	<b>57</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>351</b>

Şekil 5. Maden Mühendisliği bölümlerinde akademik kadro dağılımı.

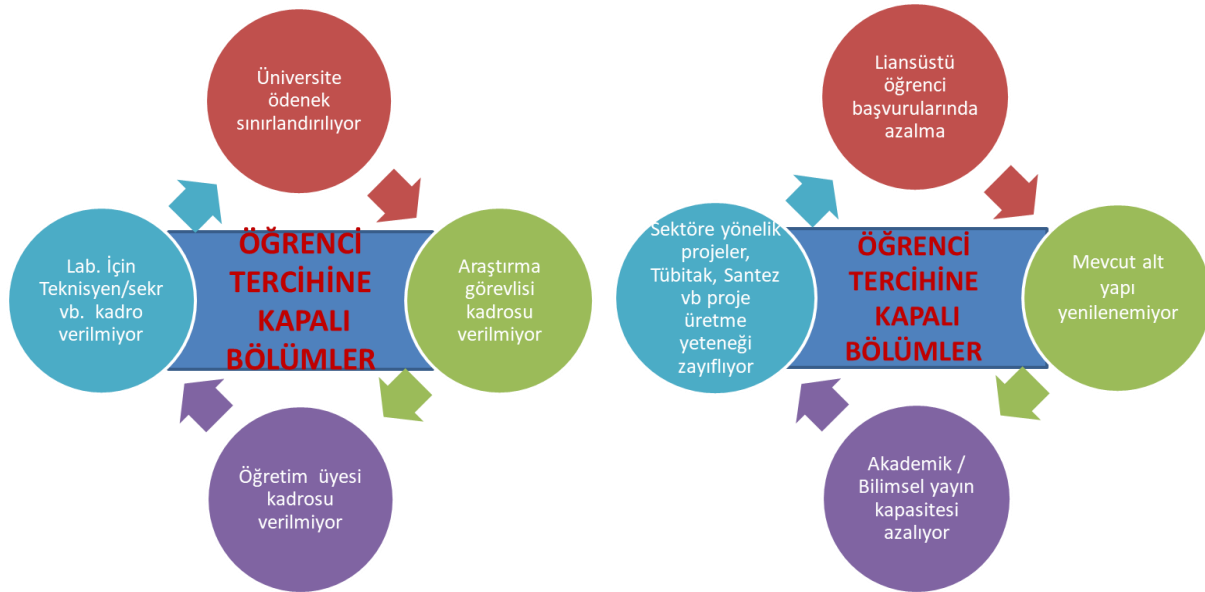


**ARAŞTIRMAYI KİMLER YAPACAK ???**  
**AKADEMİK GELECEK ???**

Şekil 6. 2010-2023 yılları arasında maden mühendisliği bölümlerindeki akademik kadro yapısı.

Son 13 yıllık zaman dilimi içinde bölümlerde toplam öğretim elemanı sayısı neredeyse aynı kalmasına rağmen klasik olarak bilinen piramit yapının tersine döndüğü görülmektedir. Bölümlerde, bilimsel araştırmaların yapılmasında, lisans eğitimi sırasında laboratuvar çalışmaları ile diğer aşamalarda, üniversitelerde geleceğin bilim insanlarının ve araştırmacılarının yetişmesi için gerekli olan temel niteliğindeki araştırma görevlisi kadroları olmazsa olmazlardandır. Ancak tüm maden mühendisliği bölümlerine bakıldığında bu kadro yapısında yeteri kadar istihdamın yer almadığı görülmektedir.

Yıllar itibariyle çok az öğrencinin tercih ettiği maden mühendisliği bölümleri ile ÖSYM tercih kılavuzunda yer almayan bölümlerde (öğrenci sayısının az olduğu bölümlere) üniversite yönetimi tarafından öğrenci yokluğu/azlığı gerekçe gösterilerek araştırma görevlisi kadrosu, öğretim üyesi kadrosu tahsis edilmemekte, birçok bölümün laboratuvarlarında teknisyen/teknikere kadro tahsisi de bulunmamaktadır. Lisans düzeyinde öğrenci olmadığı için lisansüstüne de öğrenci talepleri olmamakta veya çok düşük kalmaktadır. Öğrencisi olmayan veya çok az olan bölümlere aynı zamanda finansal kısıtlamalar olabilmekte bu da alt yapı bakım-onarım, yenileme gibi hizmetlerin aksamasına neden olabilmekte, bütün bu olumsuz gelişmeler birbirini tetiklediğinde de akademik çalışmalar, bilimsel yayın kapasiteleri, proje olanakları azalmakta ve Şekil 7’de gösterildiği gibi bir kısır döngüye dönüşmektedir.



Şekil 7. Öğrenci sayısı az ya da tercih kılavuzunda yer almayan bölümlerin çıkamaz döngüsü.

Bir başka sorun ise 2 yıl üst üste 10'un altındaki sayıda öğrenci yerleşen bölümlerin ÖSYM kılavuzunda 2 yıllığına yer verilmiyor olması gibi bir durumun uygulanmasıdır. Fakat bu durumun da her maden mühendisliği bölümü için uygulanmadığı Çizelge 2'de verilen yıllar bazlı yerleşen öğrenci durumlarından anlaşılmaktadır. O zaman şu sorunun cevabı aranmalı veya ilgililer bu soruya cevap vermelidirler; "İki yıl üst üste 10'un altında yerleşen öğrencisi olan bölümler takip eden 3cü ve 4cü yıllarda öğrenci tercihi için kılavuzda yer verilmiyor kriter/ilke varsa, 2 yılını öğrenci almayan bazı

*maden mühendisliği bölümlerine NEDEN 3cü veya 4cü yılda ÖSYM kılavuzunda yer verilmekte, yada böyle bir durum yoksa iki yıl üst üste 10'un altında öğrenci yerleşen bölümler her yıl katalogda yer alırken, kuruluşundan bu yana yaklaşık 40 yıla yakın geçmiş olan, laboratuvar, kütüphane, derslik gibi alt yapıları son derece iyi olan ve akademik kadro sayı ve yaptıkları eserler açısından son derece kalite açısından üst seviyede olan maden mühendisliği bölümlerine ÖSYM tercih kılavuzunda NEDEN yer verilmemektedir?"*

## **5. ÖĞRENCİLERİN MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMLERİNİ TERCİH ETMELERİ İÇİN YAPILAN BURS GİRİŞİMLERİ**

Son yıllarda üniversite sınavına giren öğrencilerin sayısal kategoride olan çeşitli mühendislik bölümleri başta olmak üzere diğer bazı programları tercih etmelerini teşvik etmek ve daha başarılı öğrencileri bünyelerine katmak için çeşitli burs programları uygulanmaya başlanmıştır. Bu mühendislik bölümlerine tercih teşviki konusunda uygulamaya alınan bazı burs programları aşağıda verilmiştir.

- 2019-2020 eğitim-öğretim yılından itibaren bütün öğrencilere ilk 5 tercihinden en az birisinin tekstil mühendisliği veya deri mühendisliği olması şartıyla YKS yerleştirme puanına göre burs vermeye başlandı. 2022-2023 eğitim-öğretim yılında öğrencilerden YKS'de ilk 5 tercihinden en az birisinin tekstil mühendisliği veya deri mühendisliği olması şartıyla, YKS puanına göre ilk 20 binde olanlara asgari geçim indirimini hariç net asgari ücret tutarı kadar; tekstil mühendisliğine yerleşenler için ilk 20-50 bin ve deri mühendisliğine yerleşenler için ilk 20-60 bin arasında olanlara asgari geçim indirimini hariç net asgari ücret tutarının yüzde 70'i kadar; tekstil mühendisliği için ilk 50-80 bin ve deri mühendisliği için ilk 60-100 bin arasında olanlara asgari geçim indirimini hariç asgari ücret tutarının yüzde 50'si kadar eğitim bursu programı uygulanmıştır.
- YÖK ile İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB) arasında 2020'de imzalanan iş birliği protokolü ile başarılı öğrencilerin maden sektörüne çekilmesi, staj ve iş yeri eğitimi uygulamalarının artırılması ve mezuniyetleri sonrasında istihdam sağlanması amaçlanmıştır. Protokol kapsamında, üniversitelerde YKS tercihlerinin ilk 5'inden en az birisinde maden mühendisliği, jeoloji mühendisliği, jeofizik mühendisliği veya cevher hazırlama mühendisliği bölümlerini seçen ve ilk 65 binde yer alan, İstanbul ile Ankara'daki üniversitelerin ilgili bölümlerine yerleşen adaylardan ilk 50 binde yerleşen adalara net asgari ücret tutarı kadar (2022-2023 eğitim-öğretim yılı için 4 bin 253 lira; ilk 50.001-65.000 arasında yerleşen adalara net asgari ücret tutarının yarısı kadar; ilk 100 binde yer alan ve İstanbul ile Ankara haricindeki illerde bulunan üniversitelerin ilgili bölümlerine yerleşen adalara net asgari ücret tutarı kadar ödeme yapılacaktır.
- İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İMİB), “Cevherim Sensin” projesi kapsamında; 2023 Yükseköğretim Kurumları Sınavı (YKS) tercihlerinin ilk 5'inden en az birisinin, Maden Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği, Jeofizik

Mühendisliği, Cevher Hazırlama Mühendisliği olması ve bu tercihlerden birinin gerçekleşmesi durumunda, öğrencilere öğrenim süreleri boyunca burs verileceği duyurulmuştur. İlk 65 binde yer alan ve İstanbul ile Ankara'da bulunan üniversitelerin ilgili bölümlerine, ilk 50 binde yerleşen adaylara 2023-2024 eğitim-öğretim yılı için net asgari ücret tutarı olan 11 bin 402 TL; 50 bin 1 ile 65 bin arasında yerleşen adaylara net asgari ücret tutarının yarısı; ayrıca, ilk 250 binde yer alan ve İstanbul ile Ankara haricindeki illerde bulunan üniversitelerin ilgili bölümlerine; ilk 100 binde yerleşen adaylara net asgari ücret tutarı kadar, 100 bin 1 ile 150 bin arasında yerleşen adaylara net asgari ücret tutarının 3'te 2'si kadar, 150 bin 1 ile 250 bin arasında yerleşen adaylara ise net asgari ücret tutarının 3'te 1'i kadar burs verileceği açıklandı.

- Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çaycuma Meslek Yüksekokulu'nda TP-OTC, YÖK iş birliği ile ilk kez 2022-2023 eğitim-öğretim yılında açık deniz servisleri ön lisans programları olan "açık deniz sondaj teknolojileri" ve "açık deniz tabanı uygulamaları teknolojisi" olmak üzere 2 farklı bölümde TYT puanı ile kazanan ve kayıt yaptıran öğrenciler için eğitim süresince her yıl için 12 ay boyunca kesintisiz burs verileceği duyurulmuş ve burs tutarı, 2022-2023 eğitim öğretim yılı için aylık 3 bin lira olarak belirlenmişti.
- YÖK ve TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası (HKMO) arasında imzalanan iş birliği protokolüyle harita veya geomatik mühendisliği bölümlerine ülke geneli ilk 30 bin başarı sıralaması içerisinde ve üniversite veya bölüm bazında ilk 4 tercih sıralaması ile yerleşen öğrencilere lisans öğrenim hayatları boyunca karşılıksız olarak HKMO Başarı Bursu verilmeye 2022-2023 eğitim öğretim yılı için 9 ay süresince verilmeye kararlaştırılmış, öğrencilere verilecek net burs miktarı aylık 3 bin 500 lira olarak belirlenmiş olup burs miktarı her eğitim öğretim yılı başında HKMO tarafından belirlenip YÖK'e bildirilmesi protokole bağlanmıştır.
- YÖK ile Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığının bir alt şirketi olan Türkiye Petrolleri Offshore Technology Center (TP-OTC) arasında 2022 yılında imzalanan iş birliği protokolü ile 2022-2023 eğitim ve öğretim yılında TP-OTC tarafından hazırlanan yönergede yer alan ve YKS yerleştirme sonuçlarına göre belirlenen başarı sıralamaları arasında olup (alanlara göre ilk 2 bin veya ilk 10 bin) üniversitelerin bilgisayar mühendisliği, elektrik–elektronik mühendisliği, endüstri mühendisliği, kimya mühendisliği, makine mühendisliği ve metalürji ve malzeme mühendisliği programlarına yerleşip kayıt olan ve yönergede diğer belirlenen şartları taşıyan öğrencilere aylık 6 bin lira eğitim bursu verileceği kararlaştırıldı. Buna ek olarak YKS yerleştirme sonuçlarına göre belirlenen başarı sırası (ilk 25 bin) arasında olup üniversitelerin petrol ve doğal gaz mühendisliği, jeofizik mühendisliği, jeoloji mühendisliği ve çevre mühendisliği programlarına yerleşen ve kayıt olan ve yönergede diğer belirlenen şartları haiz öğrencilere TP-OTC tarafından 6 bin lira eğitim bursu verileceği duyuruldu.
- YÖK, Türkiye'nin Ulusal Yapay Zeka Strateji Belgesi kapsamında aldığı yeni kararlarla yapay zeka mühendisliği ile yapay zeka ve veri mühendisliği lisans



programlarına ilk 15 tercihinde yer veren ve ilgili programa ilk 3 sırada yerleşen öğrencilere başarı bursu 2022-2023 yılından itibaren vermeye başlamıştır.

Maden mühendisliği bölümlerini tercih eden öğrencilere burs teşvik programı sonucu Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi maden mühendisliği bölümlerini, 2019 yılına nazaran 2023 yılında biraz daha yüksek puanlı öğrencilerin tercih ettiğini ancak bu üniversiteler dışında kalan üniversitelerdeki tercihlerdeki puan artışlarının olağan bir seviyede kaldıkları ve üstelik bu 5 üniversiteye nazaran çok daha az olan kontenjanlarını bile dolduramadıkları görülmektedir. Bu 5 üniversite dışında kalan diğer üniversiteleri tercih eden öğrencilere şu anda uygulanan burs kapsamı gerçeklikten oldukça uzak kalmaktadır ki bunun böyle olduğu 2023 yılı tercih sonuçlarından da anlaşılmaktadır. Bu üniversitelerdeki maden mühendisliği bölümlerini tercih eden öğrencilerin teşvik sıralaması 300 bine kadar inmeli ve burs miktarı da bu bölümleri tercih eden öğrencilerin puanları dikkate alınarak öğrencilerin tercih etmelerini sağlayacak seviyede olmalıdır. Buradaki birinci hedef diğer programlara gidebilecek öğrencileri cazip burs teşviki ile maden mühendisliği bölümlerine çekmek olmalıdır. Yukarıda bahsedilen gerekçelerle bu kapsamdaki önerim aşağıdaki gibidir.

**İlk 300 binde yer alan ve İstanbul, Ankara ve İzmir haricindeki illerde bulunan üniversitelerin ilgili bölümlerine;**

- **İlk 150 binde yerleşen adaylara net asgari ücret tutarı kadar,**
- **150 bin 1 ile 250 bin arasında yerleşen adaylara net asgari ücret tutarının 3'te 2'si kadar,**
- **250 bin 1 ile 300 bin arasında yerleşen adaylara ise net asgari ücret tutarının 3'te 1'i kadar burs verilmelidir.**

Ülkemizde yerbilimlerine dayalı sanayilerdeki; istikrarsızlık, işsizlik, yatırımların azlığı, kamunun sektörden çekilmesi, istihdam sıkıntısı, çalışma koşullarının ağırlığı, arazi şartlarının zorluğu, maden ve iş kazaları, çevrecilerin baskısı, gibi faktörler meslek seçimi yapacak olan öğrencileri yerbilimlerinden (madencilikten) giderek uzaklaştırmaktadır.

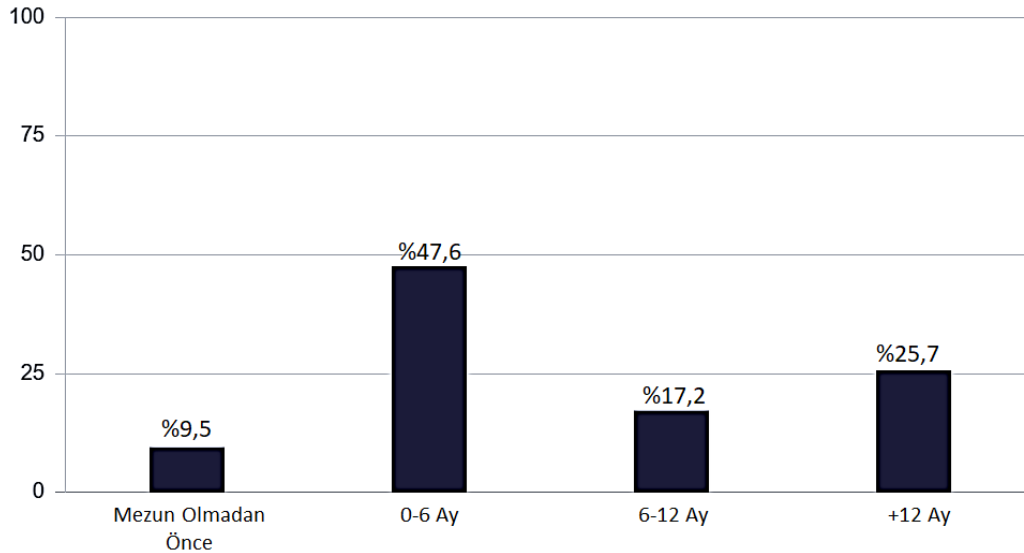
## **6. MADEN MÜHENDİSLİĞİNİN GELECEĞİ**

Ülkemizde maden mühendisliği eğitimi, yaklaşık 150 yıllık bir geçmişe sahiptir. İnsanoğlu var olduğu sürece ve modern yaşam hızla arttığından doğal kaynaklara olan ihtiyaç da o denli artacaktır. Dolayısıyla yeraltı zenginlikleri mutlaka çıkarılacaktır. Bu gerçekle maden mühendisliğine ve eğitime ihtiyaç her zaman olacaktır. Diğer taraftan ülkemiz gelişmekte olan bir ülke olup teknolojik gelişiminde madenlere ihtiyaç gün geçtikçe artacaktır. Dünyada gelişmiş ülkelere bakıldığında bu ülkeler yeraltı zenginliklerini kullanan ülkeler olduğu görülmektedir. Günümüz yüksek teknolojisinde nadir toprak elementleri ile stratejik ve kritik hammaddeler de ülkelerin stratejik konumları ve güçleri açısından da son derece önemli olacaktır. Ülkemizde de

nadir toprak elementleri, stratejik ve kritik hammaddeler üzerine geliştirilmesi gerekli stratejiler açısından bu alanda madencilik faaliyetleri yürütülecektir. Bugün dünyada gelişmiş ülkelerde madencilik faaliyetleri sadece karasal alanlarla sınırlı olmayıp derin deniz tabanı madenciliği ve asteroit madenciliği gibi alanlara da yönelmiş durumda olup bu konsept önümüzdeki uzun vadede ülkemiz için de söz konusu olması kaçınılmazdır. Yapılan incelemeler sonucunda; uzayda değerli madenler içerdiği tespit edilen dünyaya yakın 711 adet asteroitte toplam değeri 100 trilyon dolar olan maden cevheri bulunduğu tahmin edilmektedir.

Bu gelişmeler de bize madenciliğin bitmeyeceğini, maden mühendisliği eğitiminin içeriğinin de zamana bağlı olarak değişmek zorunda olduğunu ve dolayısıyla maden mühendisine ihtiyacın da devam edeceğini göstermektedir. Bütün bu gelişmeler birlikte değerlendirildiğinde maden mühendisliği mesleği her zaman hayatımızda olacak bir meslek grubudur.

ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu'na göre maden mühendislerine olan talebin, **2021'dan 2031'a kadar %5 artacağı** öngörülmektedir. ABD'de bir maden mühendisinin yıllık maaşı 2021 itibarıyla 80 000 \$ civarındadır. Bugün ülkemizde ise bir maden mühendisinin sahada (şantiyede) çalışması durumunda Maden Mühendisleri Odası (MMO) asgari tarifesine göre 2024 yılı için 34 800 TL olup işin ve mühendisin özelliklerine göre daha üst seviyelerde olabilmektedir. Örneğin, Isparta-Sütçüler bölgesinde 2024 yaz döneminde yeni mezun maden mühendisleri aylık olarak 45 000-50 000 TL maaş alabilmektedir. Buna rağmen kırsal kesimdeki maden işletmeleri istihdam edecek maden mühendisi bulmakta zorluk çeker duruma gelmişlerdir.



Şekil 8. Maden mühendisliğinin zamansal olarak iş bulma durumu (Anonim 3).

Cumhurbaşkanlığı İnsan Kaynakları Ofisi'nin branşlar bazlı iş bulma istatistiklerine bakıldığında maden mühendislerinin %10'unun daha mezun olmadan, %50'sinin ise ilk 6 ayda iş bulduğu görülmektedir (Şekil 8). Gerek iş bulma açısından gerekse maaş ve sosyal olanaklar açısından diğer meslek branşları ile mukayese edildiğinde, öğrencilerin iyi ve yeterli durumda olan Maden mühendisliği bölümlerini tercih

etmemeleri oldukça çelişkili bir durumdur. Gerek madencilik sektöründe faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar, gerekse STK'lar, İhracatçı birlikleri, meslek odaları ve üniversiteler bir araya gelerek bu sorunun çözümü üzerinde mutlaka farklı politikalar ve stratejiler geliştirilmelidir.

06.09.2023 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren ve 2024-2026 yıllarını kapsayan **Orta Vadeli Program (OVP)**'da **MADENCİLİK sektörüne yönelik önemli değerlendirmeler yer almıştır**. Ödemeler Dengesi başlığı altında madencilik sektörünü ilgilendiren Politika ve Tedbirler şu şekilde belirlenmiştir:

- *Tüm tabii kaynak yönetim sistemlerinin birbiriyle uyumlu bir kurumsal yapılanmaya kavuşturulmasını teminen bu faaliyetlerin tek elden yönetilmesine yönelik gerekli düzenlemeler yapılacaktır.*
- *Maden kaynaklarının uluslararası standartlarda aranarak ekonomiye kazandırılması, arama ve üretimde sürdürülebilir madencilik politikalarının yaygınlaştırılması sağlanacaktır.*
- *Sorumlu madencilik ilkeleri çerçevesinde belirlenen stratejik ve kritik minerallerin arama, üretim ve zenginleştirme çalışmaları artırılabilecektir.*
- *Maden arama faaliyetleri mevzuatta kamu yararına faaliyet olarak tanımlanacak ve madenlerin işletilmesinin türlerine, niteliklerine ve sürdürülebilirlik ilkelerine göre detaylı olarak ele alındığı yatırım güvencesini artıracak yeni bir temel düzenleme hazırlanacaktır.*
- *Yerli kömür ve temiz kömür teknolojilerinin geliştirilmesi ile ekonomik değeri yüksek ürünlerin elde edilmesine yönelik Ar-Ge faaliyetleri sürdürülecektir.*

Orta Vadeli Program (OVP)'ın içeriğinden de anlaşılmaktadır ki yakın gelecekte madencilik faaliyetlerine hız verileceği ve kalkınmanın önemli manivelalarından biri olduğu bir kez daha teyit edilmiş olmaktadır. Ülkemizde ve dünyada madencilik faaliyetlerinin karasal alanlarla hatta dünyamız ile sınırlı kalmayacağı net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla; **İNSANOĞLU VE MODERN YAŞAM OLDUĞU SÜRECE MADENCİLİK VE MADEN MÜHENDİSLİĞİ MESLEĞİ VAR OLMAYA DEVAM EDECEKTİR.**

## **7. ÖĞRENCİ ALAMAYAN, KONTENJANI DOLMAYAN BÖLÜMLERİN VE BU BÖLÜMLERDEKİ AKADEMİSYENLERİN DURUMU**

Madencilik, modern yaşamın asla vazgeçilmez bir parçasıdır. Teknolojik gelişmelerin hayatımıza girebilmesi için bu teknolojinin kullandığı madene duyulan ihtiyaç, geçmişte olduğundan daha fazla düzeyde olacaktır. Yukarıda da bahsedildiği gibi artık çağımızda dünyadaki madenlerin çıkarılıp değerlendirmesinin yanında astroit madenciliği alanında da yatırımlar ve gelişmeler yaşanmakta ve bu alanda uluslararası bir rekabet de yakın bir gelecekte söz konusu olacaktır. Bu alanda uzay madenciliğine yönelik düzenlemeler uluslararası hukuk çerçevesinde oluşturulmaya çalışılmaktadır. Dünyada bu tür gelişmeler olurken ülkemizde de astroit madenciliğine yönelik bazı çalışmalar ve etkinlikler de yürütülmektedir. Madencilğin olduğu yerde maden mühendisi de olmak zorundadır. Dolayısıyla maden mühendisliği eğitimi de yaşam

olduğu sürece olması gereken bir disiplindir. Ancak zamanın ihtiyaçlarına göre bazı bölümlerin adında ve içeriğinde bazı güncellemeler olabilmelidir.

Üniversiteler; ***eğitim-öğretim (lisans ve lisansüstü), bilimsel/akademik çalışmalar ve üniversite-sanayii iş birliği*** olmak üzere başlıca üç temel işlev üzerine yükümlüdürler. Dolayısıyla maden mühendisliği özelinde sadece lisans eğitime öğrenci tercihlerinde dengesizliklerin mevcut ve homojen bir tercih dağılımının olmaması veya tercih kılavuzunda bölümlerin yer almaması aslında bölümlerin sadece eğitim-öğretimin lisans eğitimi gibi bir işlevin yerine getirilmesinde eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Lisansüstü eğitim faaliyetleri ise devam etmektedir. Öğrenci tercihi düşük olan veya tercih kılavuzunda yer verilmeyen bölümler, gerek ulusal ve uluslararası bilimsel yayınlar, kongreler, sempozyumlar gibi faaliyetleri yürütürken gerekse ulusal ve uluslararası projelerin gerçekleştirilmesi ve üniversite-sanayii iş birliği çerçevesindeki faaliyetlerini yürütmeye devam etmektedirler. Öğrenci tercihinin açık olmayan diğer bir ifadeyle tercih kılavuzunda yer almayan maden mühendisliği bölümlerinde bu faaliyetlerin akademisyenler tarafından üst düzeyde yürütüldüğü görülmektedir. Tüm bölümler için bu performansa dayalı faaliyetlerin arzu edilen düzeyde olup olmadığını kontrol veya derecelendiren bir sistem bulunmadığından ve hangi bölümün hangi alanda daha aktif olduğu derecelendirilmesi yapılamadığından bu alanda yapılacak tüm değerlendirmeler subjektif kalmaktadır.

Üniversitelerimizde bulunan maden mühendisliği bölümleri işlevselliklerini yerine getirebilmesi için mevcut akademik kadrolarını korumakla beraber mutlaka bilimsel ve akademik araştırmaların yapılması ve geleceğin bilim insanlarının yetiştirilmesi için araştırma görevlisi kadro tahsislerinin mutlaka kesintisiz yapılmasına devam edilmelidir. Bölümlerin laboratuvar alt yapılarının çağın ihtiyaçları doğrultusunda yenilenmesi için gerekli finansal desteklerin sağlanması, proje teşviklerinin özendirici olması, üniversite-sanayii iş birliği olanaklarının yaratılarak özellikle sanayinin üniversite ile ortak çalışmayı zorunlu kılan bazı yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Akademik ve laboratuvar alt yapısı tamamlanmış, geçmiş zaman dilimi içinde öğrenci almış ve yıllar boyunca öğrenci mezun etmiş ancak son yıllarda ÖSYM tercih kılavuzunda öğrencilerin tercihine sunulmayan bölümlerin mutlaka tercih kılavuzunda yer verilmesi gerekmektedir. Aksi halde bu bölümlerin kapatılması yetişmiş insan gücü olan akademik personelin üretkenlikten uzaklaşıp atılmasına, milyon dolarlar değerinde bulunan laboratuvar alt yapılarının yok olmasına ve sonuç olarak milli servetin heba olmasına neden olunacaktır. Böyle bir durumun ortaya çıkmasına da tabi ki hiç kimsenin hakkı yoktur. Dolayısıyla öğrenci tercihinin kapalı akademik ve fiziki altyapısı yeterli bölümlere tekrar ÖSYM tercih kılavuzunda yer verilmesi gerekmektedir.

## 8. GENEL ÖNERİLER

Bu düşüncelerle maden mühendisliği bölümlerinin ve mesleğin geleceği için bazı öneriler/değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

- Hali hazırda ÖSYM tercih klavuzunda yer alan veya almayan ancak bugüne kadar yıllarca öğrenci alıp maden mühendisi yetiştiren maden mühendisliği bölümlerinin kapasitelerinin günümüz itibarıyla ülkenin maden mühendisi ihtiyacını karşılıyor olduğu dikkate alındığında, yeni bölümlerin kesinlikle açılmaması, mevcut bölümlerin finansal açıdan ve eğer eksiklik varsa akademik kadro açısından desteklenmesi gerekmektedir.
- ÖSYM tarafından alınan karar uyarınca Hukuk 125 000, Tıp 50 000, Diş Hekimliği 80 000, Eczacılık 100 000, Mimarlık 250 000, Mühendislik ve Öğretmenlik Programlarında 300 000 başarı sırası altında yerleştirme yapılmadığı bilinmektedir. Fakat bu uygulama Maden Mühendisliği gibi görece daha düşük tercih oranına sahip bölümler için diğer popüler bölümlere göre dezavantaj yaratmaktadır. Bu başarı sırasının yine TMMOB üyesi olan Orman ve Ziraat Mühendisliği bölümlerine tercihte uygulanmadığı dikkate alındığında önümüzdeki zaman diliminde başarı sırasının mühendislik bölümlerinin daha aşağıya çekileceği veya bölüm bazında yeniden düzenleme yapılmaya gidileceği düşünülmektedir.
- İhtiyaçlara yönelik eğitim programlarının ve/veya bölümlerinin içeriğinin ve/veya adının değişim ve dönüşümünü sağlayacak sürdürülebilir politikalar geliştirilmelidir.
- Disiplinler arası ilişkilerin artırılmasına yönelik iş birliği zeminleri ve teşvikleri oluşturulmalıdır.
- Madencilikğin kamu ve özel sektör bileşenleri bir araya gelerek oluşturulacak kurul tarafından sektörün yıllık ortalama kaç Maden Mühendisine ve Cevher Hazırlama Mühendisine ihtiyaç duyduğu kapsamlı bir ihtiyaç analizinin yapılması ve buna bağlı olarak sektörün kısa, orta ve uzun vade eğitim politikaları oluşturulması sağlanmalıdır.
- Maden Mühendisliğini ve Cevher Hazırlama Mühendisliğini seçen öğrencilerin; mezun olduğu yıl ortalaması, bölüm memnuniyeti, iş bulma oranları, ilgili sektörde çalışma istatistiği, işi bırakarak başka sektörlere yönelme gibi verilerin derlenmesine ilişkin analiz metotlarının geliştirilmesi ve bunların sonuçlarının kamuoyu ile paylaşılarak tercih yapacak öğrenciler ve eğitim kurumları ile paylaşılmasıdır.
- Bölümlerin ABET/MÜDEK kapsamında akredite edilmeleri hususunda gerekli çalışmaların yapılması, bölümlerin aktif olarak kendilerini yenilemesi ve eksiklerin tespit edilip giderilmesi, bu çalışmaların oldukça yoğun iş yükü gerektirdiğinden bölümlerin araştırma görevlisi kadrosu açısından güçlendirilmesi gerekmektedir.

- Ülkenin maden mühendisi ihtiyacının bölgesel istihdam talepleri göz önünde bulundurularak Ankara-İstanbul-İzmir gibi şehirlerin dışında kalan şehirlerde bulunan maden mühendisliği bölümlerine öğrenci tercihlerini sağlayabilmek için BURS başvuruları çitası 300 bin bandına çekilmeli hatta burs miktarları bu metin içerisinde yukarıda yapılan öneriler dikkate alınarak mutlaka gerçekçi burs kapsamı belirlenmelidir.
- Ankara-İstanbul-İzmir gibi şehirlerdeki maden mühendisliği bölümlerinden mezun olan mühendisler büyükşehirlerde iş imkânı istemekte ve kırsal bölgelerdeki maden işletmelerinde çeşitli nedenlerle çalışmak istememektedirler, dolayısıyla bu bölgelerdeki işletmeler maden mühendisi temininde zorluklar yaşamaktadır. Bu nedenle bu üç şehir dışındaki maden mühendisliği bölümlerini tercih eden öğrencilere verilecek burs miktarı tatminkâr/cazip olmalı ki öğrenciler tercih edebilsinler. Hatta kamu/özel kurumların (TKİ, MTA, TTK, ETİBOR vb.) -yıllar önce olduğu gibi- bu üç şehir dışındaki maden mühendisliği bölümlerinde okuyan başarılı öğrencilere her bölüm için örneğin 5 öğrenciye burs verilmesi için gerekli girişimlerde bulunmalı ve bunun altyapısı hızla tamamlanmalıdır.
- Öğrencilerin iyi yetişmesi aşamasında STAJ ile ilgili olarak şirketler olumsuz veya çekimser davranmaktadırlar. Stajyerler üniversiteleri tarafından staj süresi boyunca sigorta edilmelerine rağmen madencilik şirketlerinin işletmelerine kabul etmeme veya işletme içinde gezinmelerine sınırlama getirmeleri öğrencilerin yetişmelerine olumsuz katkı sağlamaktadır. Bu nedenle stajyerlerin geleceğin mühendisi gözü ile bakılarak pratik uygulama açısından da donanımlı-bilgili yetişmeleri için mutlaka işletmelerin gerekli hassasiyeti göstermeleri gerekmektedir.
- Piar çalışmasının Türkçe karşılığı halka ilişkilerdir. Piar çalışmaları; medya, basın, mobil uygulamalar ve sosyal medya aracılığıyla insanların zihninde, markanızla ilgili olumlu düşünceler yaratma işidir. Kamu spotları ve madencilik sektörüne yönelik reklamlar ile sosyal medyada madenciliğin hayatımızdaki yeri verilirken Maden Mühendislerini ön plana çıkaran, bilinçaltı mesajlar içeren görüntü ve anlatımlara ağırlık verilmelidir (Maden Mühendisliğini ÖZENDİRİCİ). Özellikle öğrencilerin üniversite tercihleri döneminde bunlara özen gösterilmelidir.
- Öğrencilerin tercih dönemleri öncesi en azından maden mühendisliği bölümü bulunan şehirlerde ilgili bölümlerin organizasyonunda o şehirdeki dershanelerin rehberlik öğretmenlerine yönelik maden mühendisinin iş bulma kapasitesi ve olanakları ile ülkemiz ve dünya madenciliğinin gelişimine bağlı olarak maden mühendisliğine olan talep eğilimi hakkında bilgilendirme toplantıları düzenlenebilir. Bu faaliyetin ülke genelinde etkin olarak rehberlik hizmeti veren öğretmenleri ve dershaneleri bilgilendirmek adına Maden Mühendisleri Odası Genel Merkezi'nin ülkemizdeki madencilik faaliyetlerini, maden mühendisine olan talep ve iş bulma olanaklarını ile maden mühendisliği eğitimi veren

bölmeleri tanıtan bilgilendirme broşürleri ve kısa tanıtım videoları hazırlatıp dağıtımını sağlanmalıdır.

- Maden Mühendisinin yaptığı işi tanıtıcı birtakım dizi veya filimler çekilmesi sağlanarak, toplum nazarında Maden Mühendislerinin işletmelerdeki etkin ve yetkinliği ile sosyal yaşantısını özendirici film senaryoları hazırlatılıp bu tür filmlerin sponsorluğu Madencilik STK'ları ve ilgili kurum ve kuruluşlarca oluşturulacak bir fon tarafından finanse edilmelidir. Böylece toplumun hem madencilığe bakış açısı/algısı olumlu yönde değişebileceği gibi hem de Maden Mühendisliği mesleği özendirilerek öğrencilerin bu bölümleri tercih etmeleri sağlanabilir.
- Sektörün rekabet gücünün artırılmasına ilişkin üniversite–sanayi iş birliği çerçevesinde Ar-Ge yetkinliğinin artırılması ve Ar-Ge çalışmalarına yönelik teşvik politikaları oluşturulmalıdır.
- **Maden mühendisi olmazsa madenciliğin de olamayacağı** dolayısıyla modern yaşamın her alanında yer alan ve almaya da devam edecek olan madenler ülkemizde çıkarılamayacak ve **dışa bağımlılık artacaktır**. Bu olumsuz durumu yaşatmaya da kimsenin hakkı olmadığı düşüncesindeyiz.
- **Madencilik var olmaya devam edecektir. Maden varsa; modern yaşam ve teknolojik gelişme de vardır demektir.**

Sonuç olarak; **YAPMAK ZOR AMA YIKMAK KOLAYDIR VE ÇOĞU İNSAN, HEMEN HER KONUDA KOLAY OLANI SEÇER. BAZEN O KOLAY OLAN YOL, HER ŞEYİ YERLE BİR ETSE BİLE...** Ülkemizin jeostratejik konumu dikkate alınarak bilimsel bakış açısı ve gelecek perspektifi ile Maden Mühendisliği eğitime sektörün/eğitimin tüm bileşenleriyle gerekli duyarlılığın gösterilmesi kaçınılmazdır.

## **KAYNAKLAR**

- Anonim 1. <https://www.mapeg.gov.tr/Sayfa/Madenistatistik> , Erişim tarihi: 05.07.2024
- Anonim 2. <https://cdn.osym.gov.tr/pdfdokuman/2023/YKS/sayisablgiler20072023.pdf> Erişim tarihi: 05.07.2024
- Anonim 3. <https://www.cbiko.gov.tr/projeler/uni-veri?process=sectionProfile&sectionProfile=45&variables=2> Erişim tarihi: 05.07.2024
- İMİB, 2023. “2023 Yılı Maden Sektörü Görünümü Raporu”. <https://imib.org.tr/wp-content/uploads/2023.pdf>
- Tamzok, N., Erdoğan, E., 2003. 50. Yılında TMMOB Maden Mühendisleri Odası Üye Profili.

# **KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE İŞ KAZALARININ ANALİZİNDE VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMALARI** *DATA MINING APPLICATIONS IN THE ANALYSIS OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN COAL MINING*

**Bilal Altındış**

*TTK Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi, Bartın*

**Fatih Bayram\***

*Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar*

**ÖZET** Günümüzde endüstrinin her kolunda olduğu gibi, madencilikte de gerek verimlilik gerekse iş güvenliği alanlarında çok sayıda veri toplanabilmektedir. Toplanan bu verilerin işletmeler için yararlı bilgiler haline getirilmesi gittikçe önem arz etmektedir. Verilerin işlenmesi ve işlenen verilerden faydalı bilgilerin çıkarılmasında veri madenciliği oldukça faydalıdır. Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu Amasra Taşkömürü İşletmesinde 2010-2021 yılları arasında meydana gelen yaralanmalı iş kazaları verilerinin veri madenciliğiyle incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ilgili yıllara ait yaralanmalı kaza verileri açık kaynak kodlu bir uygulama olan WEKA programında değerlendirilmiştir. Birliktelik kural madenciliği yöntemlerinden Apriori ve Tahminci Apriori uygulamalarıyla, kaza yerlerine göre meydana gelen iş kazalarında kök nedenler ortaya konulmuştur. Apriori uygulamasında kaza yerlerine göre kök nedenler Deneyim, Çalışma Saati ve Çalışan Görevi öz nitelikleri olarak öne çıkarken, Tahminci Apriori uygulamasında Deneyim, Vardiya, Çalışma Saati, Çalışan Görevi ve Kaza Sebebi öz nitelikleri önem kazanmaktadır. Yapılan tespitler ışığında işletmeye yönelik öneriler sıralanmıştır.

**ABSTRACT** Nowadays, as in every branch of industry, a large amount of data can be collected in mining, both in productivity and occupational safety. It is increasingly essential to transform this data into useful information for enterprises. Data mining is very useful in processing and extracting useful information from the processed data. This study aims to analyze the data of occupational accidents with injuries between 2010 and 2021 in Amasra Hard Coal Enterprise of Turkish Hard Coal Corporation by data mining. For this purpose, the injured accident data for the relevant years were evaluated in WEKA, an open-source application. The association rule mining methods Apriori and Predictive Apriori applications revealed the root causes of occupational accidents according to accident locations. In the Apriori application, the root causes according to the accident locations are highlighted as Experience, Working Hours, and Worker Position attributes, while in the Predictive Apriori application, Experience, Shift, Working Hours, Worker Position, and Accident Cause attributes gain importance. The recommendations for the enterprise are listed in the direction of the findings carried out.

---

\* [bayramfatih@aku.edu.tr](mailto:bayramfatih@aku.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Yeraltı kaynakları, ülke ekonomilerinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bir ülkede yeraltı kaynakları olarak madenlerin üretilmesi ve işlenmesi, o ülkenin teknolojisinin gelişmesini, refah seviyesinin artmasını sağlar. Madencilik vazgeçilmez bir sektör olmasının yanında, sanayi kolları arasında iş sağlığı ve güvenliği açısından çok tehlikeli grupta yer almaktadır. Madencilik faaliyetleri, genel anlamda açık ocak ve yeraltı işletmeciliği olarak yürütülmektedir. Her iki yöntem de iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeli olmakla beraber yeraltı işletmeciliğine, yürütülen faaliyetler ve bunların barındırdığı tehlikeler göz önüne alındığında, daha önem verilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yeraltı işletmeciliğinde tehlikeli kollardan biri de yeraltı kömür madenciliğidir. Özellikle göçükler, metan ve kömür tozu patlamaları sonucunda oluşan yangınlar önemli kazalara yol açmaktadır. Nitekim bu çalışmada inceleme alanı olarak seçilen Amasra Taşkömürü İşletmesinde, 2022 yılı Ekim ayında bir patlama meydana gelmiş ve 43 maden işçisi hayatını kaybetmiştir. Yine Türkiye’de şu ana kadar yaşanmış en büyük maden kazalarından biri, 2014 yılında Manisa’nın Soma ilçesinde yeraltı kömür ocağında yaşanmıştır ve 301 işçinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Bu kazalardan önce gerek sivil toplum kuruluşları gerekse akademik çalışmalar neticesinde, işleyiş anlamında önlem alınmazsa bu tip kazaların oluşabileceği öngörülmüştür. Bu tip kazalardan sonra hazırlanan raporlarda da alınmayan önlemlerden, yapılan ihmallerden söz edilmektedir.

Madencilikle uğraşan mühendisler ve teknik personellerin birçoğu, iş sağlığı ve güvenliği konusunda veri toplama, elde ettikleri verileri işleme ve çeşitli yöntemlerle değerlendirerek işletmeler için yararlı bilgilerin çıkarımı konusunda uzman değillerdir. Aynı şekilde, maden işletmelerinde çalışan iş güvenliği uzmanları da bu konularda yetersizdir. Bu tip değerlendirmeler, veri işleme ve analizinde uzman kişiler tarafından yapılması gereken bir veri madenciliği çalışmasıdır. Veri madenciliği, özellikle karmaşık ve büyük verilerden anlamlı ve kullanılabilir çıkarımlar sağlayan bir bilimsel alandır. Bu alan sağlık, iktisat, ticaret, bilişim gibi sektörlerde yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen, madencilikte kullanımı oldukça kısıtlıdır. İş sağlığı ve güvenliği için oluşturulabilecek veri tabanları düşünüldüğünde, bu veri setlerinden gerekli bilgilerin çıkarımında veri madenciliği uygulamalarının avantajı büyüktür. Klasik istatistiksel yöntemlerle bulunamayacak ilişkiler veri madenciliği yöntemleriyle elde edilebilir (Erkayaoğlu, 2020; Altındış, 2023).

Birçok araştırmacı madencilikte iş sağlığı ve güvenliği üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiş; genel olarak yapılan çalışmalarda riskler belirlenmiş, alınabilecek önlemler tartışılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla istatistiksel yöntemlerle ele alınmış, daha derin çıkarımlar ve sonuçlar sağlayan veri madenciliği yöntemlerinin kullanımı kısıtlı kalmıştır. Shuangyue ve Li (2013), kömür madeni gizli tehlike verileri üzerinde Apriori algoritması kullanmışlar ve birliktelik kuralları üretmişlerdir. Gizli tehlike yönetimi ve önlenmesinde işletmeler için iyileştirme önerileri sağlamanın sonuçta kazaları önlemede ve kaza kayıplarını azaltmada önemli bir pratik öneme sahip olduğu belirtilmiştir. Erdoğan (2016), yapmış olduğu çalışmada TTK’de 2000-2014 yılları

arasında meydana gelen iş kazalarını baz almıştır. Çalışmasında varyans analizi (ANOVA) tekniğini kullanarak iş kazası istatistiklerini değerlendirmiştir. Sanmiquel vd. (2018), İspanya Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının 2005-2015 yılları arasındaki verilerini kullanarak madencilik sektöründeki iş kazalarının veri madenciliği teknikleri ile analizini yapmışlardır. İş kazalarında yer alan en önemli değişkenler ve bunların birliktelik kuralları belirlenmiştir. Gerassis vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, İspanya'daki maden işletmelerinde meydana gelen iş kazası istatistiklerini irdelemişlerdir. Bu çalışmada, yapay zeka uygulamaları ile farklı iş kazaları için bilinmeyen ilişkilerin araştırılmasının veri madenciliği yöntemleriyle uygulanabilirliği ifade edilmiştir. Opokua ve Opoku (2021) bir yeraltı maden ocağında meydana gelecek göçükte işçilerin hayatta kalma oranını tahmin etmek için bir uyarlamalı nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) geliştirmiştir.

Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde, madencilik alanında veri madenciliği çalışmalarının oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde, madencilik alanında çeşitli veri madenciliği çalışmalarının yapıldığı ve elde edilen sonuçlara göre kazaların analizinde veri madenciliği yöntemlerinin oldukça faydalı bir araç haline gelebileceği görülmüştür. Bu çalışmada da yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, çalışma alanı olarak belirlenen Amasra Taşkömürü İşletmesinde meydana gelen iş kazalarının veri madenciliği ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Özellikle birliktelik kural madenciliğiyle kaza değişkenlerinin kaza yerlerine göre kök nedenlerinin ortaya çıkarılmasına çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlarla işletme açısından önemli öneriler ortaya konmuştur.

## **2. VERİ MADENCİLİĞİ**

Günümüz dünyasında bilginin kullanımı ve dolayısıyla teknolojik gelişim yadsınamaz durumdadır. Teknolojinin gelişimiyle hayatımızın her alanında gerçekleştirdiğimiz işlemlerin ve yaşadığımız olayların kayıt altına alınması, depolanması ve istenildiğinde ulaşılması sağlanmıştır. Bu çeşit bir arşivleme, elde edilen bu verilerin daha sonra tekil olarak kullanımını oldukça kolaylaştırmıştır. Buna karşılık, bu verilerin ilişkisel anlamda değerlendirilerek geçmiş dönem için sonuçların çıkarılması ve ileriye dönük kararların alınabilmesi ayrı bir uzmanlıktır. Günümüzde yapılan oldukça fazla veri içeren analizler, veri biliminde uzmanlaşma ve farklı araçların kullanımını gerektirmektedir. Büyük miktarda veriyi elde etmek ve bu veri topluluğundan bilgi çıkararak kullanabilmek, hayatımızın her alanında değerli hale gelmektedir. Veri madenciliği de bu anlamda fayda sağlayan bir mekanizma görevi üstlenmektedir (Altındış, 2023).

Veri madenciliği (verilerden bilgi keşfi) büyük miktarda veriden ilginç (önemsiz olmayan, örtülü, önceden bilinmeyen ve potansiyel olarak yararlı) sonuçların, örüntülerin ve bilginin çıkarılmasıdır. Veri madenciliği, büyük ölçekli verilerden açıklayıcı, anlaşılır ve tahmine dayalı modellerin yanı sıra anlaşılır, ilginç ve yeni modelleri keşfetme sürecidir. Mevcut problemleri çözmek, kritik kararları almak veya geleceğe yönelik tahminleri yapmak için gerekli olan bilgileri elde etmeye yarayan bir

araçtır. Veri madenciliğinin elde edilen verilerin içinde bulunan bilgileri insana gereksinim duymadan, kendi başına çıkarması mümkün değildir. Kullanıcı tarafından hiçbir işlem yapılmadan, veriler üzerinden problemlere otomatik yanıt veren herhangi bir veri madenciliği aracı bulunmamaktadır. Bu anlamda birçok bilim dalı ile ilişkili şekilde işlemler yürütülmektedir (Han ve Kamber, 2006; Altındış, 2023).

Veri madenciliğiyle bilgi keşfinde standart bir süreç vardır. Bu süreç aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

- Problemi ve problem ortamını anlama
- Veriyi anlama
- Veriyi hazırlama
- Modelleme (Veri madenciliği)
- Değerlendirme
- Çıktıları sunma

Yukarıda belirtilen aşamalarda veri madenciliği tüm süreçte yalnızca bir adımdır; ancak değerlendirme için gizli örüntüleri ortaya çıkarması, verilerden bilgi keşfi sürecinin en önemli aşaması olmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla tüm bu süreç aslında veri madenciliği olarak anılmaktadır. Veri madenciliğinde ilk etapta veri, veri tabanı, veri ambarı, internet ve diğer bilgi depolarında toplanır. Elde edilen veriler üzerinde gerekli ise veri temizleme, düzenleme, bütünleştirme ve seçme gibi işlemler yapılabilir. Bu işlemler neticesinde kullanılabilir veri tabanı oluşur. Veriler, veri madenciliği motoru ile çeşitli ilişkisel analizlere tabi tutulur. Örüntü değerlendirme aşamasında, ilginç örüntülerin ortaya çıkarılması söz konusudur. Bilgi temeli, araştırmayı yönlendirmek veya ortaya çıkan örüntülerin ilginçliğini değerlendirmek için kullanılan alan bilgisidir. Kullanıcı arayüzü ise, veri madenciliği sistemi ile kullanıcı arasındaki bağlantıyı oluşturmaktadır (Han ve Kamber, 2006; Altındış, 2023).

## **2.1. Veri Madenciliği Yöntemleri**

Genel olarak veri madenciliği yöntemleri iki sınıfa ayrılabilir:

- a. Tahmin (Öngörü) Yöntemleri (Prediction Methods)
- b. Tanımlayıcı Yöntemler (Description Methods)

Tahmin (öngörü) yöntemleri, sonuçları bilinen verileri temsil edecek en uygun modeli kurar ve bu modeli kullanarak sonuçları bilinmeyen veri setlerini tahmin etmeye çalışır. Öngörü amacı ile var olan verilerden yorum çıkarılmasını hedefler. Tanımlayıcı yöntemlerde ise karar vermede kullanılacak eldeki verilerin tanımlanması gerçekleştirilir. Amaç, mevcut veriler arasındaki ilişkileri, bağıntıları ve davranışları bulmaktır. Veriyi tanımlayan yorumlanabilir örüntülerin bulunması hedeflenir (Argüden ve Erşahin, 2008).

Veri madenciliği yöntemleri, yaptıkları işlemlere göre de temel olarak üç gruba ayrılabilir. Bunlar:

- i.** Sınıflandırma ve Regresyon
- ii.** Kümeleme
- iii.** Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler

Tahmin (öngörü) yöntemlerinden sınıflandırma yönteminde, sınıfı belirlenmiş olan veriler kullanılarak sınıfı belli olmayan veriler sınıflandırılır. Veri madenciliğinde en yaygın kullanılan yöntemler arasındadır. Öncelikle kullanılan veri setine yönelik model oluşturulur, daha sonra bu model temel alınarak hedef verilerin sınıfları tahmin edilir. Regresyon da aynı şekilde, değerleri bilinen değişkenler (bağımsız değişkenler) kullanılarak hedef edilecek değişkenler (bağımlı değişkenler) tahmin edilir. Kümeleme yönteminde temel amaç; karmaşık, heterojen olan veri setinin homojen kümelere ayrılmasıdır. Kullanılan çeşitli algoritmalarla veriler, benzerliklerine göre bir grupta toplanır. Birliktelik kural çıkarımı yönteminde ise veri seti ilişkisel olarak incelenir ve muhtemel ilişkiler belirlenir. Güvenilirlik, ilgi, kanaat gibi ölçütlere göre hedef veriye ilişkin kurallar oluşturulur.

Veri madenciliği uygulamalarında tahmine ve tanımlamaya dayalı yapılan işlemlerde kullanılan temel algoritmalar mevcuttur. Bu yöntemler ve algoritmalar kullanıcı dostu çeşitli programlarla (RapidMiner, WEKA, R gibi) uygulanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, veri madenciliği uygulamaları WEKA programı ile gerçekleştirilmiştir.

## **2.2. WEKA ile Veri Madenciliği**

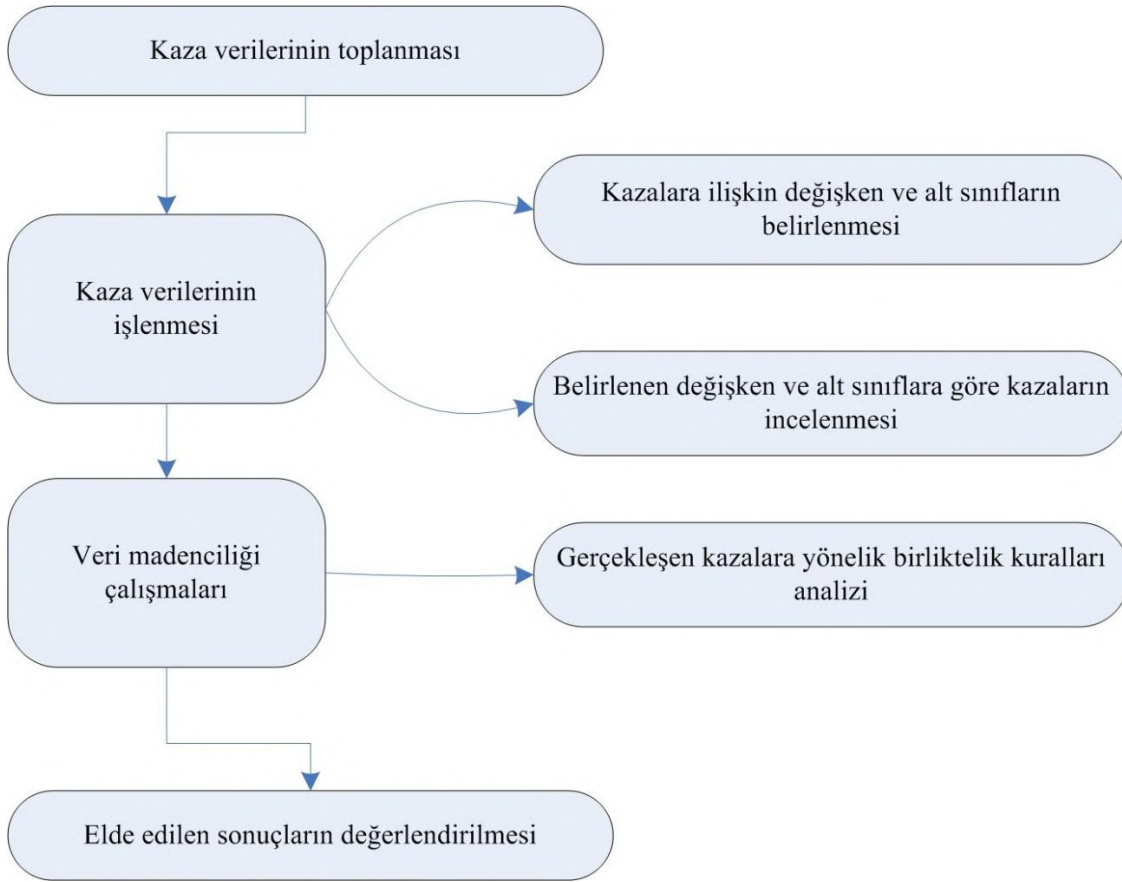
WEKA, son teknoloji makine öğrenimi algoritmaları ve veri ön işleme araçlarından oluşan açık kaynak kodlu bir programdır. Mevcut yöntemlerin, yeni veri kümeleri üzerinde hızlı bir şekilde denenebilmesi için tasarlanmıştır. Girdi verilerinin hazırlanması, öğrenme tablolarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve girdi verilerinin ve öğrenme sonuçlarının görselleştirilmesi de dahil olmak üzere tüm deneysel veri madenciliği süreci için kapsamlı destek sağlar. Çeşitli öğrenme algoritmalarının yanı sıra, çok çeşitli ön işleme araçları içerir. Bu çeşitli ve kapsamlı araç setine ortak bir arayüz aracılığıyla erişilir, böylece kullanıcılar farklı yöntemleri karşılaştırabilir ve eldeki sorun için en uygun olanları belirleyebilir (Witten vd. 2011).

WEKA programında temel veri ön işleme ve sınıflandırma (classify), kümeleme-bölütme (clustering), birliktelik analizi (association rules), eğri uydurma (regression) gibi veri madenciliği işlemleri yapılabilmektedir. WEKA programında tüm algoritmalar, girdi verilerini genel olarak ARFF (Attribute-Relation File Format) adı verilen bir dosya şeklinde almaktadır. ARFF dosyaları, WEKA programında kullanılmak üzere oluşturulmuş bir dosya tipidir. Son sürümlerinde “WEKA Package Manager” vasıtasıyla yapılacak eklentiyle Microsoft Excel dosyaları (xls,xlsx) da doğrudan kullanılabilen ve ARFF dosya biçiminde kaydedilebilmektedir.

### 3. İŞ KAZALARINDA VERİ MADENCİLİĞİ ÇALIŞMALARI

Bu çalışma kapsamında, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi (ATİM) çalışma alanı olarak seçilmiştir. ATİM’de 2010-2021 yılları arasında meydana gelen yaralanmalı iş kazaları incelenmiştir. Meydana gelen yaralanmalı iş kazalarına yönelik toplanan verilerle iş kazalarının meydana geldiği alanlar veri madenciliği yöntemleri kullanılarak ilişkilendirilmiştir. 2010-2021 yılları arasındaki kaza verileri birliktelik kuralları analizine tabi tutulmuş ve oluşan kazalarda parametrelerin birlikte görülme durumları da tespit edilmiştir.

Çalışmada izlenen yöntem Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada izlenen yöntem.

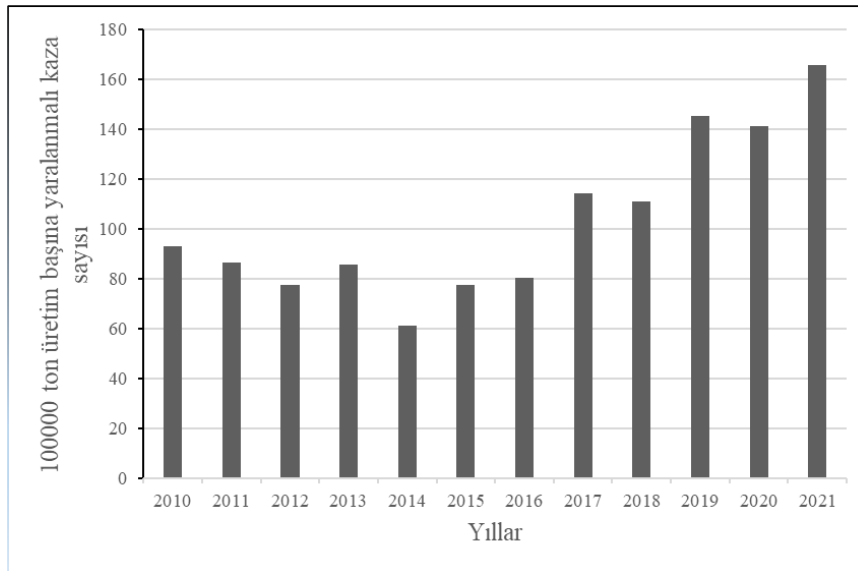
#### 3.1. Kaza Verilerinin Toplanması ve İşlenmesi

Çalışmada kullanılan veri seti, ATİM’de 2010-2021 yılları arasında gerçekleşen yaralanmalı kazaları içermektedir. Bu yıllar içerisinde meydana gelen kaza sayıları ve bu kazaların üretime oranlarıyla ilgili bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. İnceleme yapılan yıllarda toplam 2169 iş kazası meydana gelmiştir. Araştırma kapsamındaki yıllar itibariyle işletmede sadece 2012 ve 2013 yıllarında birer olmak üzere toplam 2 ölümlü kaza meydana gelmiştir. Kazaların 2167 adedi yaralanmalı iş kazasıdır ki çalışmanın temel incelenecek verileri bu kazalardır.

Çizelge 1. Yıllara göre meydana gelen yaralanmalı iş kazaları sayıları (Altındış, 2023).

Yıllar	Yaralanmalı iş kazaları sayıları	Yıllık tüvenan üretim (ton)	100000 ton üretim başına yaralanmalı kaza sayısı
2010	267	287630	92,82
2011	251	289880	86,58
2012	194	250206	77,54
2013	224	261235	85,74
2014	136	222349	61,16
2015	151	194746	77,54
2016	137	170819	80,20
2017	133	116437	114,22
2018	112	100953	110,94
2019	190	130640	145,44
2020	164	116080	141,28
2021	208	125406	165,86
<b>TOPLAM</b>	<b>2167</b>		

ATİM için yıllara göre 100000 ton üretim başına gerçekleşen yaralanmalı kaza sayıları Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, son yıllarda yaralanmalı kaza sayılarının yapılan üretime oranla arttığı söylenebilir.



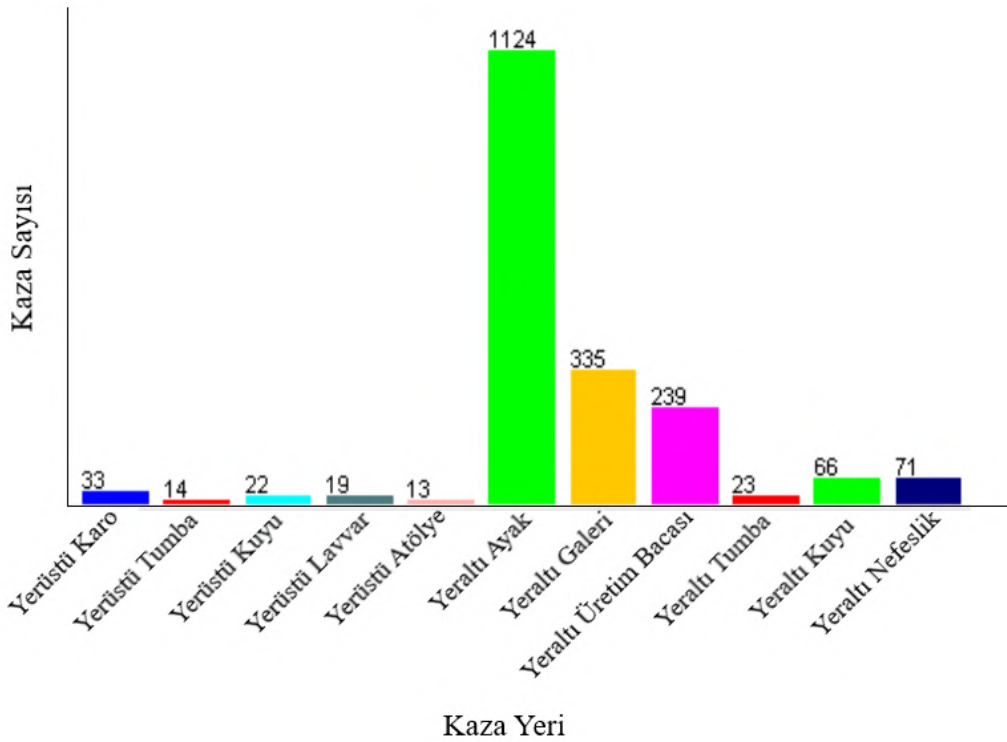
Şekil 2. Yıllara göre 100000 ton üretim başına yaralanmalı kaza sayıları.

Yaralanmalı kazalar, belirlenen 14 temel değişken çerçevesinde gruplandırılmıştır. Bu 14 temel değişken arasında oluşan kazalarla doğrudan ilgili değişkenler (etkilenen organ, kazanın gerçekleştiği ay, kazanın gerçekleştiği hafta günü, kazalananın yaşı, kazalananın deneyimi, kazalananın eğitim durumu, kazanın saat olarak hangi vardiyada gerçekleştiği, vardiyanın hangi saatinde meydana geldiği, kaza sonucu

oluşan kayıp gün sayısı, çalışan tipi, kaza sebebi ve kaza yeri) yanında kazanın meydana geldiği ayda yapılan aylık üretim miktarı ve aylık yevmiye sayıları da bulunmaktadır. Kaza incelemesi için seçilen 14 değişken, 108 alt sınıfa ayrılmıştır. Kazalara ilişkin oluşturulan 14 değişken ve 108 alt sınıf Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’de verilen kaza değişkenleri ve bunların alt sınıfları belirlenirken, belli standartlarda bir değerlendirme yapılabilmesi açısından kazaların tamamı oluş yerleri, oluş biçimleri açısından incelenmiştir. Ayrıca, işletme koşulları ve çalışma şekilleri de dikkate alınmıştır. Bu inceleme neticesinde kazaların alt sınıflarına ilişkin bir birliktelik sağlanmıştır.

Değişkenler ve alt sınıflar belirlendikten sonra, çalışmada yapılan analizlerde yanıt olarak tanımlanan kaza yeri değişkenine ve bu değişkene bağlı olarak tahmin edici değişkenlere göre kaza sayıları dağılım grafiklerinde incelenmiştir. Kaza yeri değişkenine göre meydana gelen kaza sayıları Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Kaza yerlerine göre meydana gelen kaza sayıları.

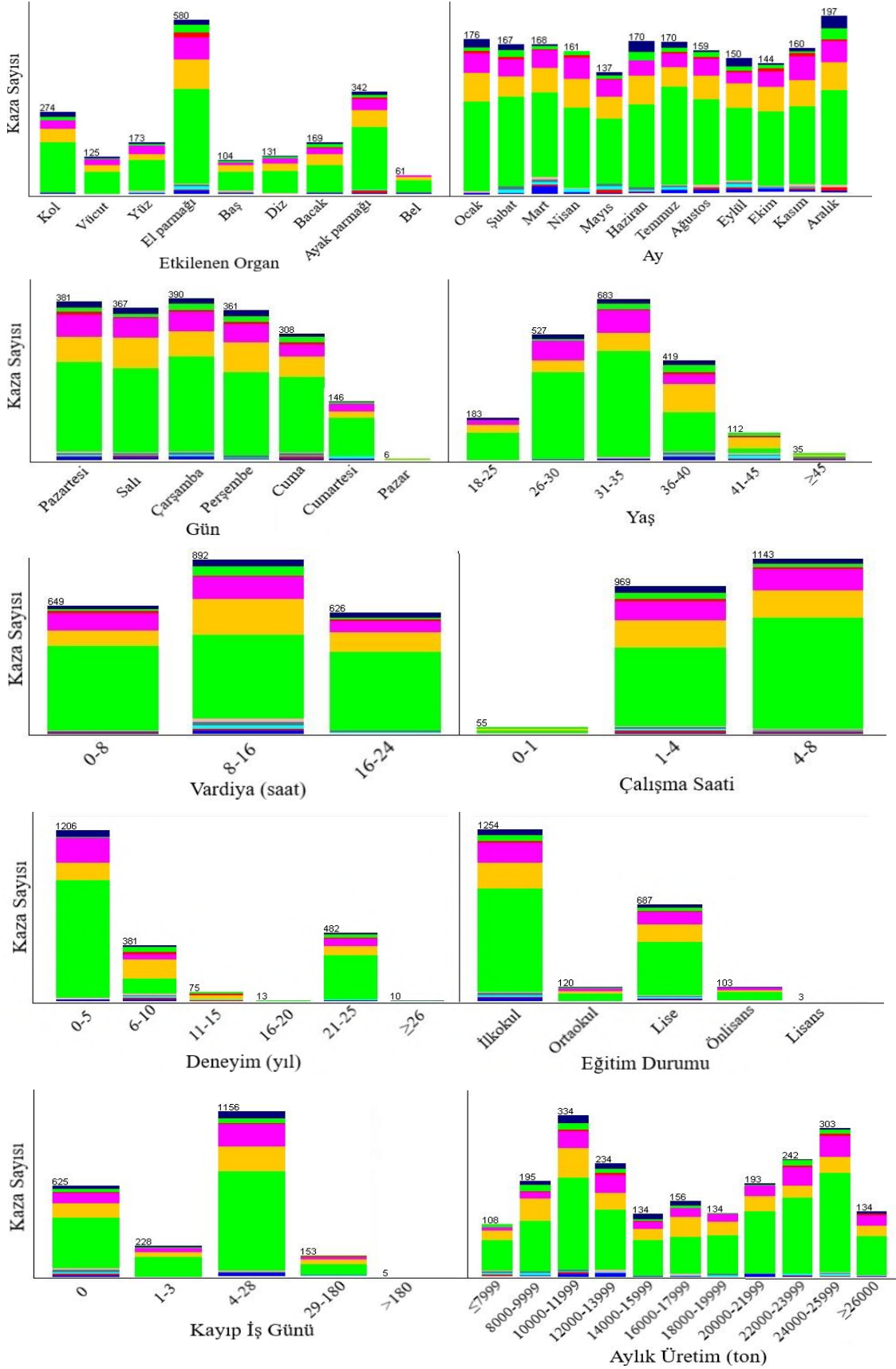
Şekil 3’e göre işletmede en fazla kaza yeraltında ayaklarda meydana gelmiştir. Daha sonra yeraltı galerilerinde ve yeraltı üretim bacalarında kazaların meydana geldiği görülmektedir. Yeraltı ayak ve yeraltı üretim bacalarında meydana gelen kazalar doğrudan kömür üretimi sırasında oluşan kazalardır. Bu şekilde toplam 1363 kaza meydana gelmiş ve bu toplam yaralanmalı kazaların %62,9’unu oluşturmaktadır.

Çizelge 2. Kazaların sınıflandırılmasında kullanılan değişkenler ve alt sınıfları.

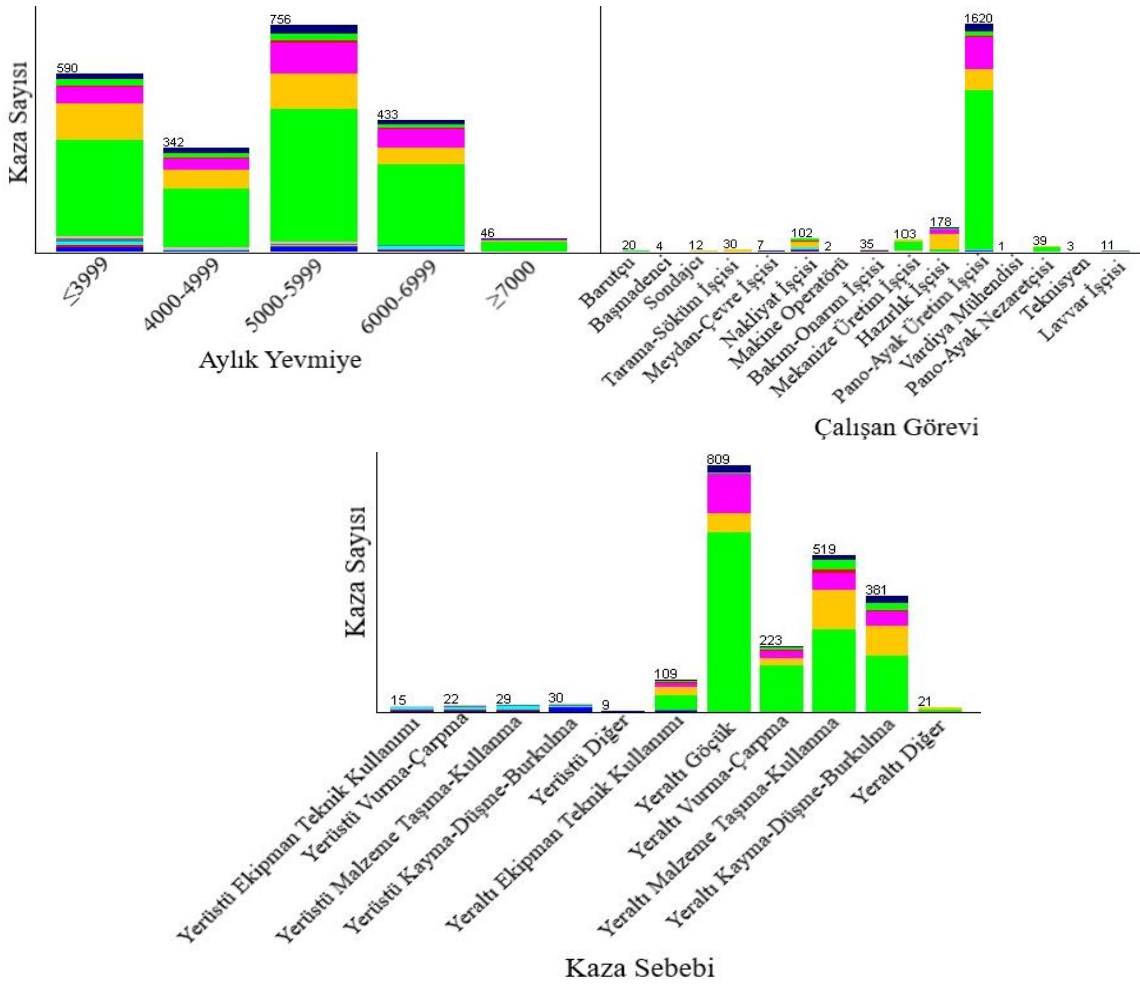
Değişkenler	Değişken Tanımı	Alt sınıflar
Etkilenen Organ	Kaza sonucunda çalışanın zarar gören organını belirtmektedir.	Kol, Vücut, Yüz, El parmağı, Baş, Diz, Bacak, Ayak parmağı, Bel
Ay	Kazanın meydana geldiği ayı tanımlamaktadır.	Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık
Gün	Kazanın meydana geldiği günü belirtmektedir.	Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma, Cumartesi, Pazar
Yaş	Kaza tarihinde kazalananın yaşı tanımlanmaktadır.	18-25, 26-30, 31-35, 36-40, 41-45, ≥45
Deneyim	Kaza tarihinde kazalananın kaç yıllık deneyiminin olduğu verilmektedir.	0-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, ≥26
Eğitim Durumu	Kazalananın eğitim durumunu vermektedir.	İlkokul, Ortaokul, Lise, Önlisans, Lisans
Vardiya	Kazanın meydana geldiği vardiya saatini tanımlamaktadır.	0-8, 8-16, 16-24
Çalışma Saati	Kazanın vardiyada kaçınıcı saatte meydana geldiğini göstermektedir.	0-1, 1-4, 4-8
Kayıp İş Günü Sayısı	Çalışanın kazadan dolayı çalışmadığı gün sayısıdır.	0, 1-3, 4-28, 29-180, >180
Aylık Üretim	Kazanın meydana geldiği ayda ton olarak yapılan tüvenan kömür üretimini göstermektedir.	≤7999, 8000-9999, 10000-11999, 12000-13999, 14000-15999, 16000-17999, 18000-19999, 20000-21999, 22000-23999, 24000-25999 ≥26000
Aylık Yevmiye	Kazanın meydana geldiği ayda yapılan üretime karşılık harcanan toplam yevmiye sayısıdır.	≤3999, 4000-4999, 5000-5999, 6000-6999, ≥7000
Çalışan Görevi	Kazalananın asli görevini ifade etmektedir.	Barutçu, Başmadenci, Sondajcı, Tarama-Söküm İşçisi, Meydan-Çevre İşçisi, Nakliyat İşçisi, Makine Operatörü, Bakım-Onarım İşçisi, Mekanize Üretim İşçisi, Hazırlık İşçisi, Pano-Ayak Üretim İşçisi, Vardiya Mühendisi, Pano-Ayak Nezaretçisi, Teknisyen, Lavvar İşçisi
Kaza Sebebi	Kazaya sebep olan ana nedeni ifade etmektedir.	Yerüstü Ekipman Teknik Kullanımı, Yerüstü Vurma-Çarpma, Yerüstü Malzeme Taşıma-Kullanma, Yerüstü Kayma-Düşme-Burkulma, Yerüstü Diğer, Yeraltı Ekipman Teknik Kullanımı, Yeraltı Göçük, Yeraltı Vurma-Çarpma, Yeraltı Malzeme Taşıma-Kullanma, Yeraltı Kayma-Düşme-Burkulma, Yeraltı Diğer
Kaza Yeri	Kazanın meydana geldiği yeri belirtmektedir.	Yerüstü Karo, Yerüstü Tumba, Yerüstü Kuyu, Yerüstü Lavvar, Yerüstü Atölye, Yeraltı Ayak, Yeraltı Galeri, Yeraltı Üretim Bacası, Yeraltı Tumba, Yeraltı Kuyu, Yeraltı Nefeslik

Kaza yerlerine bağlı olarak diğer değişkenler açısından kaza sayıları da incelenmiştir (Şekil 4).





Şekil 4. Kaza yerlerine bağlı olarak diğer değişkenler açısından kaza sayıları.



Şekil 4. Kaza yerlerine bağlı olarak diğer değişkenler açısından kaza sayıları (devam ediyor).

Şekil 4'te çalışmada kullanılan değişkenlerin kaza sayıları açısından dağılımları verilmiştir. Bu şekillerde kaza yerlerinin değişkenler içerisindeki ağırlıkları da görülmektedir.

Etkilenen organ açısından en fazla kazalanan organların el ve ayak parmağı olduğu görülmektedir. Kazalar gerçekleştiği ay ve mesai günleri olarak değerlendirildiğinde, ortalama aynı sayılarda gerçekleştiği söylenebilir. En çok kazalanan yaş grubu 31-35 yaş aralığıdır. Kazalanan çalışanların deneyimlerine bakıldığında 0-5 yıl aralığındaki çalışanlar en fazla kazaya maruz kalan gruptur. Eğitim durumları açısından ilköğretim mezunu çalışanlar en fazla kazalanmıştır. Kazaların meydana geldiği vardiya ve vardiya içerisindeki çalışma saati dikkate alındığında en fazla kaza sırasıyla 8-16 vardiyasında ve vardiyanın 4-8 saat aralığında meydana gelmektedir. Vardiyaların ilk saatlerinde (0-1 saat) kaza sayıları oldukça düşüktür. Meydana gelen kazalarda kayıp iş günü en fazla 4-28 gün aralığında gerçekleşmiştir. Aylık üretim ve aylık yevmiye sayılarına göre kaza sayıları dalgalanma göstermektedir. Çalışan görevine bakıldığında pano-ayak üretim işçileri en fazla kazalanan gruptur. Aynı şekilde kaza sebeplerine göre yeraltında oluşan göçükler en fazla kaza sebebidir.

### 3.2. Kaza Verilerine Yönelik Birliktelik Kuralları Analizi

Birliktelik kural madenciliği (association rule mining), veri madenciliğinin en önemli yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde veri setinde değişkenler arasında gizli kalmış ve ilginç ilişkiler, kurallar biçiminde ortaya çıkarılmaktadır. Birliktelik kuralları analizinde çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları Apriori ve Tahminci Apriori (Predictive Apriori) algoritmalarıdır.

Apriori algoritması veri setinde en sık görünen öz nitelikleri bulmakta ve bu niteliklerle birliktelik kuralları oluşturmaktadır. Öncelikle veri seti içerisinde tek elemanlı alt gruplar oluşturulmakta ve belirlenen destek ölçütünden daha düşük sıklıkla görünen alt gruplar elenmektedir. Kalan gruplar arasında ikili alt gruplar oluşturulup destek ölçütünü karşılamayan gruplar elenmektedir. Algoritma ile kurallar belirlenirken uygulamada belirlenen güven ölçütü (confidence) dikkate alınmaktadır. Bu güven ölçütüne göre oluşturulan birliktelik kuralları sıralanmaktadır.

Apriori yönteminde kaza yerleri için oluşturulan ilk 20 kural incelendiğinde, içerdikleri öz nitelikler açısından en fazla Deneyim (0-5), Çalışma Saati (4-8) ve Çalışan Görevi (Pano-Ayak Üretim İşçisi) öz niteliklerinin bulunduğu görülmüştür. Kuralların tamamında Kaza Yeri olarak Yeraltı Ayak yer almaktadır. Oluşturulan ilk 20 birliktelik kuralında öz nitelik ve alt sınıf dağılımları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Apriori yöntemiyle oluşturulan birliktelik kurallarında öz nitelik ve alt sınıf dağılımları.

Öz Nitelik (Değişken)	Birliktelik Kural Sayısı	Sıklık (%)	Alt Sınıfı ve Bulunduğu Kural Sayısı
Etkilenen Organ	-	-	
Ay	-	-	
Gün	-	-	
Yaş	4	20	26-30 (3), 31-35 (1)
Deneyim	13	65	0-5 (13)
Eğitim Durumu	3	15	İlkokul (3)
Vardiya	1	5	0-8 (1)
Çalışma Saati	14	70	4-8 (14)
Kayıp İş Günü Sayısı	6	30	4-28 (6)
Aylık Üretim	-	-	
Aylık Yevmiye	2	10	5000-5999 (2)
Çalışan Görevi	15	75	Pano-Ayak Üretim İşçisi (15)
Kaza Sebebi	7	35	Yeraltı Göçük (7)

Çizelge 3 incelendiğinde, Kaza Yeri ile en fazla örtüşen öz niteliklerden Deneyim toplam 20 birliktelik kuralının %65'inde, Çalışma Saati %70'inde ve Çalışan Görevi %75'inde yer almaktadır. Diğer öz niteliklerin kurallar içinde bulunma yüzdeleri %0-35 arasında değişmektedir. En fazla örtüşen öz niteliklerin alt sınıflarına bakıldığında

ise, 0-5 yıl arası Deneyim, Çalışma Saati olarak ilgili vardiyanın 4-8 saatleri arası ve Çalışan Görevi olarak da Pano-Ayak Üretim İşçisi dikkati çekmektedir. Kazaların kök nedenleri hakkında detaylı yorumlamaların yapılabilmesi için bu sonuçlardan yararlanılması gerekmektedir. Kurallar içinde, 0-5 yıl deneyime sahip işçilerin kazalanma durumlarının diğerlerine oranla daha fazla olduğu, kazaların genel olarak vardiyaların son saatleri olan 4-8 saatleri arasında gerçekleştiği ve özellikle Pano-Ayak Üretim İşçilerinin kazalandığı tespit edilmiştir.

Tahminci Apriori algoritması ise, Apriori algoritmasının geliştirilmesi ile ortaya konmuştur. Tahmin doğruluğu (predictive accuracy) ölçütü kullanılarak yüksek doğrulukla kurallar elde edilmektedir. Diğer uygulamaya göre tüm kurallar taranmadığı için algoritma daha hızlı sonuç vermekte ve daha güvenilir kurallar oluşturulmaktadır.

Tahminci Apriori yöntemiyle Kaza Yeri için oluşturulan birliktelik kuralları incelendiğinde, öz nitelikler açısından kurallar içerisinde daha düzgün bir yayılımın bulunduğu görülmüştür. Deneyim, Vardiya, Çalışma Saati, Çalışan Görevi ve Kaza Sebebi öz nitelikleri nispeten daha fazla kuralda yer almaktadır. Kuralların tamamında Kaza Yeri, Yeraltı Ayak olarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan ilk 20 birliktelik kuralında öz nitelik ve alt sınıf dağılımları Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Tahminci Apriori yöntemiyle oluşturulan birliktelik kurallarında öz nitelik ve alt sınıf dağılımları.

Öz Nitelik (Değişken)	Birliktelik Kural Sayısı	Sıklık (%)	Alt Sınıfı ve Bulunduğu Kural Sayısı
Etkilenen Organ	6	30	Ayak Parmağı (4), Bel (1), El Parmağı (1)
Ay	7	35	Mart (2), Nisan (3), Temmuz (2)
Gün	6	30	Pazartesi (2), Salı (1), Çarşamba (1), Perşembe (1), Cumartesi (1)
Yaş	6	30	26-30 (2), 31-35 (4)
Deneyim	9	45	0-5 (8), 6-10 (1)
Eğitim Durumu	-	-	
Vardiya	10	50	0-8 (2), 8-16 (2), 16-24 (6)
Çalışma Saati	11	55	4-8 (11)
Kayıp İş Günü Sayısı	1	5	4-28 (1)
Aylık Üretim	4	20	20000-21999 (2), 24000-25999 (2)
Aylık Yevmiye	4	20	5000-5999 (3), 6000-6999 (1)
Çalışan Görevi	11	55	Pano-Ayak Üretim İşçisi (11)
Kaza Sebebi	10	50	Yeraltı Göçük (7), Yeraltı Malzeme Taşıma-Kullanma (1), Yeraltı Vurma- Çarpma (2)

Çizelge 4 incelendiğinde, Kaza Yeri öz niteliği ile en fazla örtüşen öz niteliklerden Deneyim toplam 20 birliktelik kuralının %45’inde, Vardiya %50’sinde, Çalışma Saati %55’inde, Çalışan Görevi %55’inde ve Kaza Sebebi %50’sinde yer almaktadır. Diğer

öz niteliklerin kurallar içinde bulunma yüzdeleri %0-35 arasında değişmektedir. En fazla örtüşen öz niteliklerin alt sınıflarına bakıldığında ise, 0-5 yıl arası Deneyim, 16-24 Vardiyası, Çalışma Saati olarak ilgili vardiyanın 4-8 saatleri arası, Çalışan Görevi olarak Pano-Ayak Üretim İşçisi ve Kaza Sebebi olarak da Yeraltı Göçük alt sınıfları öne çıkmaktadır. Tahminci Apriori yöntemiyle oluşturulan birliktelik kurallarına göre, 0-5 yıl deneyime sahip işçilerin kazalanma durumlarının diğerlerine oranla daha fazla olduğu, kazalar açısından özellikle 16-24 vardiyasının önemli olduğu, kazaların genel olarak vardiyaların son saatleri olan 4-8 saatleri arasında gerçekleştiği, en fazla Pano-Ayak Üretim İşçilerinin kazalandığı ve kaza sebeplerinde yeraltında oluşan göçüklerin öne çıktığı belirlenmiştir. Bunların yanında, birliktelik kuralları çerçevesinde Aylık Üretim ve Aylık Yevmiye öz niteliklerinin de kaza kök nedenleri arasına girmesi ve kurallar arasında yer alması dikkat çekicidir.

#### **4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Gerçekleştirilen çalışmalarda, ATİM'de 2010-2021 yılları arasında gerçekleşen 2167 yaralanmalı kazalar çeşitli veri madenciliği yöntemleriyle değerlendirilmiş ve aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

- 1- İşletmede en fazla kaza yeraltında ayaklarda meydana gelmiştir. Daha sonra yeraltı galerilerinde ve yeraltı üretim bacalarında kazaların meydana geldiği görülmektedir.
- 2- Etkilenen organ açısından en fazla kazalanan organların el ve ayak parmağı, en çok kazalanan yaş grubu 31-35 yaş aralığıdır. Kazalanan çalışanların deneyimlerine bakıldığında 0-5 yıl aralığındaki çalışanlar en fazla kazaya maruz kalan gruptur. Eğitim durumları açısından ilkokul mezunu çalışanlar en fazla kazalanmıştır.
- 3- Kazaların meydana geldiği vardiya ve vardiya içerisindeki çalışma saati dikkate alındığında en fazla kaza sırasıyla 8-16 vardiyasında ve vardiyanın 4-8 saat aralığında meydana gelmektedir.
- 4- Birliktelik kuralları madenciliğiyle kaza sebepleri, meydana geliş yerleri, kaza kökeni ve kazaya sebep sayılabilecek diğer öz nitelikler hakkında daha detaylı bir bilgi çıkarımı yapılabilmektedir.
- 5- Apriori yöntemiyle oluşturulan birliktelik kurallarında Deneyim, Çalışma Saati ve Çalışan Görevi öz nitelikleri öne çıkmaktadır.
- 6- Tahminci Apriori yöntemiyle oluşturulan birliktelik kurallarında Deneyim, Vardiya, Çalışma Saati, Çalışan Görevi ve Kaza Sebebi öz nitelikleri önem kazanmaktadır. Her iki yöntemle iş kazalarının değerlendirilmesi çalışmalarında, bu öz niteliklere dikkat çekilmesi gerekmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen veriler ışığında, oluşan iş kazalarının değerlendirilmesi ve meydana gelebilecek iş kazalarının önlenmesi için çalışmanın yapıldığı işletmeye yönelik öneriler aşağıda sunulmuştur.

- 1- Apriori yönteminde %70 ve Tahminci Apriori yönteminde ise %55 oranında kazanın meydana geliş saati olan vardiyanın 4-8 saatleri, en fazla örtüşen öz nitelik alt sınıfı olarak karşımıza çıkmaktadır. Vardiyanın 4. ve 8. saatleri

arasında işçinin yorgunluk ya da verilen işi bitirme endişesi ile konsantrasyonunda bozulma söz konusu olabileceği düşünülerek, özellikle bu saatler arasında vardiya nezaretçileri tarafından daha yoğun kontrol edilmesinin ve vardiyada yapılacak işlerin planlamalarının çalışma saati içerisinde tamamlanacak şekilde, önceki veya mevcut vardiyada oluşabilecek aksamlar düşünülerek yapılmasının yararlı olacağı önerilmektedir.

- 2- Apriori yönteminde %65 ve Tahminci Apriori yönteminde ise %45 oranında az deneyimli işçilerin, özellikle 0-5 yıl deneyime sahip işçilerin kazalandığı görülmektedir. Bunun yanında, yine işçilerin eğitim durumlarına bakıldığında ilkokul mezunlarının kazalandıkları görülmektedir. Bu nedenle, deneyim süresi az olan işçilere daha yoğun ve nitelikli eğitimler verilmesinin, az deneyim süresine sahip çalışanların daha deneyimli işçilerin yanına yedek olarak verilerek onların nezaretinde çalıştırılmasının yararlı olacağı önerilmektedir.
- 3- Kaza sebebi içerisinde yeraltında oluşan göçükler karşımıza çıkmaktadır. Klasik üretim yöntemine göre, mekanize sistemlerde tavan daha güvenli şekilde ve herhangi bir boşluğa fırsat vermeden tahkim edilmektedir. Üretim yöntemi olarak mekanize sistemlerin kullanılmasının ve tahkimat sistemi olarak kalkan tahkimatların kullanılmasının yararlı olacağı önerilmektedir.
- 4- Tahminci Apriori yöntemi ile yapılan birliktelik kuralları analizinde Aylık Üretim ve Aylık Yevmiye öz niteliklerinin de kurallar içinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Yapılacak üretimlerin iş planına uygun şekilde, iş sağlığı ve güvenliği çalışma kurallarının öncelikli şekilde uygulanarak yapılmasının yararlı olacağı önerilmektedir.

Günümüzde oldukça fazla kullanım alanı bulan veri madenciliğinin iş kazası verileri gibi büyük ve karmaşık verilerde kullanılabileceği görülmektedir. ATİM için yapılan bu çalışmanın derinleştirilmesi ve diğer işletmelere de yaygınlaştırılması, kaza oluşumları hakkında detay çıkarımların yapılmasını ve ileriye dönük alınabilecek net tedbirlerin önceden ortaya konmasını sağlayacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- Altındış, B. 2023. Amasra Taşkömürü İşletmesinde İş Kazalarının İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 95s.
- Argüden, Y., Erşahin, B. 2008. Veri Madenciliği Veriden Bilgiye, Masraftan Değere, ARGE Danışmanlık Yayınları, İstanbul, 73s.
- Erdoğan, H.H. 2016. A Quantitative Risk Assessment Methodology For Occupational Accidents In Underground Coal Mines: A Case Of Turkish Hard Coal Enterprises, Middle East Technical University, Ankara, 278p.
- Erkayaoğlu, M. 2020. Madencilik Sektöründe İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetimi İçin Veri Entegrasyonu Uygulaması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(1), s. 105-114.
- Gerassis, S., Saavedra, Á., Taboada, J., Alonso, E., Bastante, F.G. 2020. Differentiating Between Fatal and Non-fatal Mining Accidents Using Artificial Intelligence Techniques, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 34(10), pp. 687-699.
- Han, J., Kamber, M. 2006. Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 772p.

- Opokua, M., Opoku, S.K. 2021. An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Predicting Survivability Rate in Underground Mining Accident, Conference Proceedings of International Conference on Applied Science and Technology ICAST 2020, 6(1), pp. 250–265.
- Sanmiquel, L., Bascompta, M., Rossell, J.M., Anticoi, H.F., Guash, E. 2018. Analysis of Occupational Accidents in Underground and Surface Mining in Spain Using Data-Mining Techniques, International Journal of Environmental Research and Public Health, 15, Article 462.
- Shuangyue, L., Li, P. 2013. Analysis of Coal Mine Hidden Danger Correlation Based on Improved A Priori Algorithm, Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications (ISDEA), Hunan, China, pp. 112-116.
- Witten, I.H., Frank, E., Hall, M.A. 2011. Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, Burlington, 665p.

# **TAMBUR VE KESİCİ KAFA TASARIMININ YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE ÜRETİM VERİMLİLİĞİ, İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ FAKTÖRLERİNE OLAN ETKİLERİ**

## *IMPACTS OF DRUM AND CUTTER HEAD DESIGN ON PRODUCTION EFFICIENCY, HEALTH AND SAFETY IN UNDERGROUND COAL MINING OPERATIONS*

**Osman Zeki Hekimoğlu\***

*Emekli Öğretim Üyesi (Prof. Dr.)*

**ÖZET** Mekanize kazı, Türkiye’de de gittikçe uygulanan ve yüksek kömür üretimine olanak veren tam mekanize uzun ayak sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Mekanik kazı işleminde, tambur veya kesici kafa tasarımı, solunabilir toz ve ince kömür oluşumunu ve üretim verimliliğini doğrudan etkilediği için iş sağlığı ve güvenliği açısından önem taşımaktadır. Makine kullanıcıları genelde imalatçı firmalarca sağlanan tambur tasarımlarına bağlı kalmakla birlikte, imalatçı firmalara ait bu tasarımların ise çoğu zaman yetersiz kaldığı gözlenmektedir.

Bu konuda daha önce yapılan kapsamlı çalışmalarda, uygun bir tambur tasarımı kullanıldığı zaman solunabilir toz ve ince kömür oluşumunun önemli ölçüde düştüğü ve üretim verimliliğinin de o ölçüde arttığı belirtilmiştir. Bu bağlamda, kömür üreten firmaların kullanacakları kazı makinelerinin tamburları ya da kesici kafalarının yetkinliklerini ölçmek için bu özel alanda yetişmiş deneyimli ve bilgili elemanlar tarafından yapılan kapsamlı bir performans analizinin yapılması önerilmektedir.

**ABSTRACT** Mechanical excavation is one of the indispensable element of fully mechanized longwall mining systems which have been increasingly employed for large-scale underground coal mining in Turkey. Design of cutting heads or cutting drums in mechanical cutting have remarkable influence on health and safety issues, as well as on production efficiency, in such that it dictates generation of respirable dust and fines. The end users generally rely upon the design provided by the manufacturers, which is, to a larger extent, fail to perform successively.

Previous investigations showed that with properly designed cutting drums the amount of dust and fines were significantly reduced, and the production efficiency was remarkably increased. The machine users are, thereby, recommended to check the ability of drums or cutting heads to ensure proper machine performance, through a comprehensive analysis carried out by experts with high competency and extensive knowledge and experience in this particular field.

---

\* [ozhekimoglu@gmail.com](mailto:ozhekimoglu@gmail.com)



## 1. GİRİŞ

Uzun ayak yöntemi yeraltı kömür madenciliğinde en yaygın olarak kullanılan üretim yöntemidir. Bu yöntemin temel öğeleri, tahkimat, nakliye ve kazı işlemleridir. Anılan bu temel öğeler teknolojik gelişmelere paralel olarak “tam mekanize” hale getirilmiş ve günümüzde hızla gelişen otomasyon sistemleriyle bütünleştirilmesi sonucu yüksek teknolojik sistemler arasında yer almıştır. Tam mekanize uzun ayak kömür işletme yöntemiyle günümüzde yeraltı kömür üretim kapasitelerinde çok önemli artışlar elde edilmiş aynı zamanda çalışma konforu, iş sağlığı ve iş güvenliği açısından önemli kazanımlar elde edilmiştir. Türkiye’de geçmişte açık ocaklardan beslenen termik santraller günümüzde artık yeraltından kazanılan kömürlerle de çalıştırılmaktadır.

Tam mekanize uzun ayak yönteminde sacayağı oluşturan tahkimat, nakliye ve kazı gibi temel işlemlerden birisinin yetersiz olması ayak üretimin durmasına yâda üretimin verimsiz olmasına yol açar. Dolayısı ile verimli ve güvenli bir çalışma için bu temel öğelerin sürekliliği ve etkinliği önem kazanmaktadır. Tam mekanize uzun ayak kömür üretiminde solunabilir toz ve ince malzeme oluşumu iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ayak içi ve taban yolu konveyörlerinin transfer noktaları ile tavan tabakasının göçmesi sırasında belli miktarlarda toz oluşumu söz konusu olmaktadır. Ama bunlar, kömürün makinelerle kesimi ve bir ölçüde ayak içi konveyörüne yüklenmesi sırasında oluşan toz ve ince malzeme miktarıyla kıyaslanmayacak ölçüde düşüktür. Kesme sırasında oluşan ince kömür malzemeleri çoğu zaman ayak tabanında kalır ve ayak ilerledikçe arkadaki göçük içerisinde kalarak ayak yangınlarına ve zehirleyici gazların çıkmasına neden olurlar. Kömür üretimi sırasında oluşan ince malzemeler daha fazla metan gazının ortaya çıkmasına neden olur. Bunların yanı sıra ince kömür malzemeleri kömür yıkama tesislerinde kolayca kazanılamaz ve çoğu zaman atık olarak yitirilir.

Mekanize kazının üretim verimliliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Etkin bir tasarıma sahip olmayan kazı makinelerinde kesme kuvvetleri ve kesme titreşimleri gereksiz olarak artar. Bu durumda makine gereğinden fazla güç çeker ve kazı hızı düşerek daha fazla solunabilir toz oluşur. Gereğinden fazla güç çeken ve istenmeyen kazı titreşimlerine maruz kalan makinelerde bakım masrafları artar, daha sık arızalar söz konusu olur ve bu da üretimde süreksizliğe neden olur. İyi tasarlanmamış bir makinenin kullanım ömrü ve verimliliği de düşük olur.

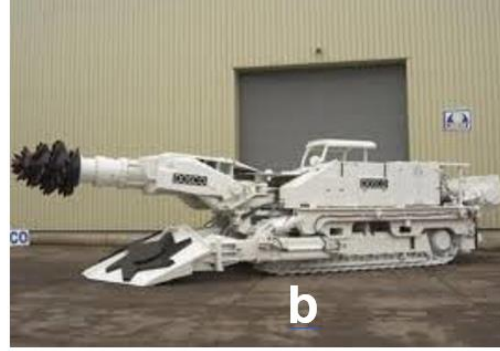
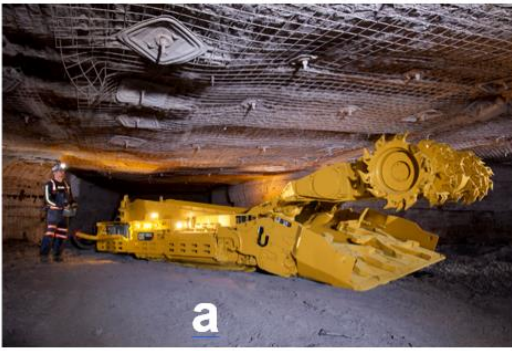
Bu bildiride yeraltı kömür madenciliğinde kazı mekanizasyonunun iş sağlığı ve iş güvenliği ile üretim verimliliğine olan etkileri anlatılmaktadır. Yeraltı kömür madenciliğinde yaygın olarak kullanılan kazı makineleri tanıtılmış ve bunların iş sağlığı, iş güvenliği ve üretim verimliliğini etkileyen temel parametreleri verilmiştir. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar ve bunların sonuçları ortaya konulmuştur.

Bu sonuçlar bağlamında Türkiye’de faaliyet gösteren mevcut yeraltı kömür işletmelerinde kazı mekanizasyonunun ne ölçüde etkin olarak kullanıldığı ve bu alanda nelerin yapılması gerektiği konuları tartışılmış ve bazı öneriler sunulmuştur.

## **2. YERALTI KÖMÜR ÜRETİMİNDE MEKANİZE KAZI UYGULAMALARI**

### **2.1. Tam Mekanize Kazı Sistemlerinde kullanılan Makine ve Kesici Uç Tipleri**

Yeraltı kömür madenciliğinde genel olarak yeryüzüne yakın olan derinliklerde oda topuk yöntemi kullanılır. Tavan kayaçları ve kömür damarının mekanik, fiziksel ve jeolojik özelliklerine göre belli bir derinlikten sonra, örneğin 150 veya 200 m, uzun ayak yöntemi tercih edilir. Her iki üretim yönteminde olanaklar elverdiği ölçüde delme patlatma yönteminden ziyade mekanik kazı uygulaması her zaman avantajlıdır. Oda topuk yönteminde damar içerisinde yapılan hazırlık ve üretim çalışmalarında daha çok tambur tipli kollu kazı makineleri (continuous miner) tercih edilirken, kollu galeri açma makineleri (roadheaders) de kullanılmaktadır (Şekil 1a, 1b).



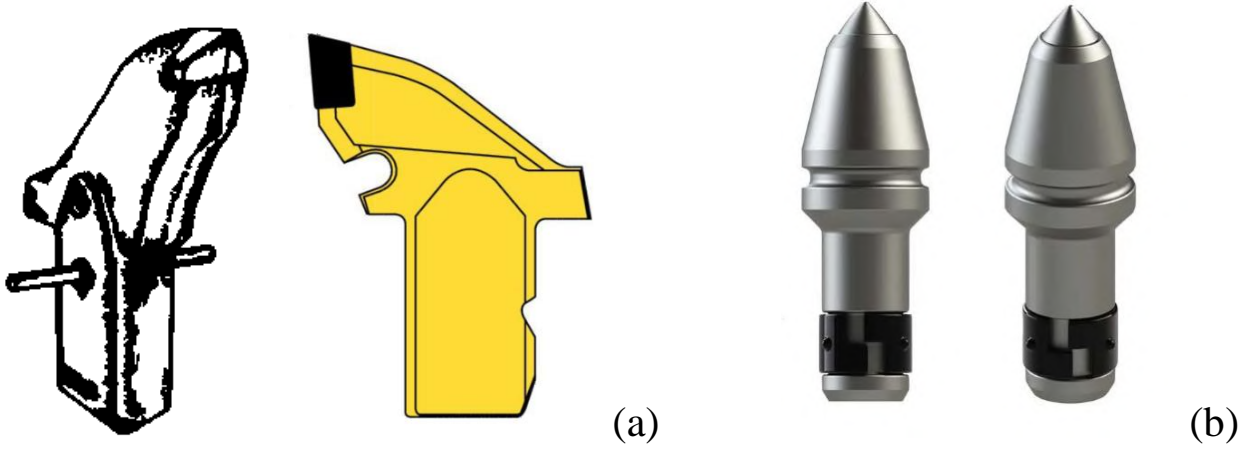
Şekil 1. Yeraltında kullanılan kazı makineleri, a) Tambur tipli kollu kazı makinesi, b) Kollu galeri açma makinesi.

Tam mekanize uzun ayak yönteminde ayak içi üretiminde ağırlıklı olarak tamburlu kesici-yükleyiciler (drum shearer-loaders) tercih edilirken, genel olarak 1,50 m kalınlıktan daha az olan damarlarda ise kömür sabanları (coal ploughs) kullanılmaktadır (Şekil 2a, 2b). Taban yollarının sürülmesinde ise oda topuk yönteminde olduğu gibi tamburlu ve kollu galeri açma makineleri kullanılmaktadır.



Şekil 2. Yeraltında ayak üretiminde kullanılan kazı makineleri, a) Tamburlu kesici yükleyici, b) Kömür sabanı.

Anılan bu kazı makineleri kama ve konik tipli kesici uçlarla (drag tools) kesme işlemini gerçekleştirirler (Şekil 3a, 3b). Aynı zamanda radyal keski olarak bilinen kama tipli kesici uçlar başlangıçta yaygın olarak kullanılmalarına karşın, konik tipli kesici uçlar uzun ömürlü olmaları nedeniyle günümüzde daha yaygınlık göstermektedir. Ancak yüksek metan gazlı ocaklarda kama tipli kesiciler daha tercih edilmektedir.



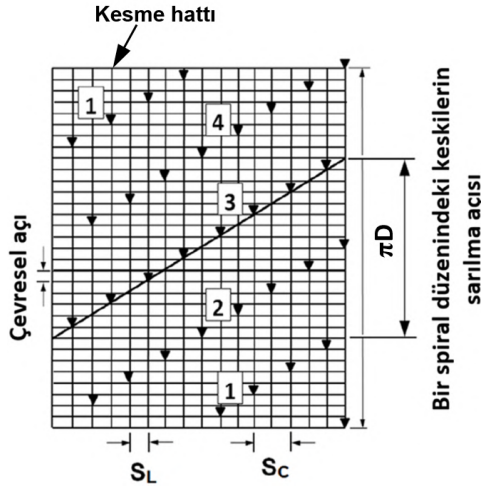
Şekil 3. Mekanize kazıda kullanılan kesici uçlar, a) Kama (radyal) tip, b) Konik uçlu.

Mekanize kazıda makinelerin çalışma parametreleri ve kinematik özelliklerine bağlı olarak solunabilir toz ve ince kömür oluşumu söz konusudur. Normal koşullarda kesici ucun kesme derinliği ne kadar artarsa toz ve ince malzeme oluşumu da o derece düşer. Tamburlu kesicilerde kesici uçların kesme derinliği tamburun bir dönüşü sırasında yaklaşık sıfıra yakın bir değerden maksimum bir değere kadar devamlı değişiklik gösterir. Kömür sabanlarında ise kesme derinliği nispeten yüksek ve sabittir. Bu nedenle solunabilir toz ve ince malzeme oluşumu kömür sabanlarında en az iken, tamburlu kesicilerde ise en fazladır. Bunların yanı sıra kesici uçlar aşındıkça toz ve ince malzeme oluşumu da artar. Bu nedenle kesici uçlarda aşınmayı geciktirmek için genel olarak su spreyleri ile soğutma yapılır ve bu sayede havadaki toz miktarı da azalır.

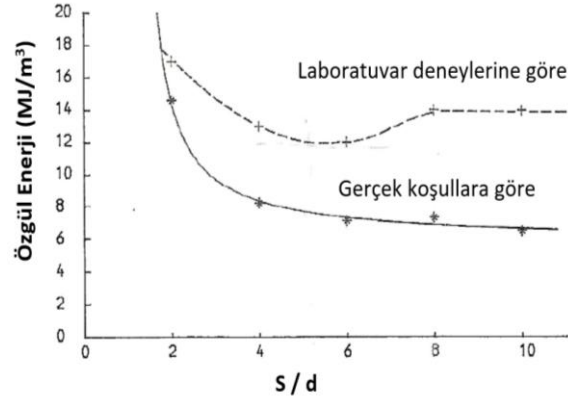
## **2.2. Tam Mekanize Kazı Sistemlerinde kullanılan Kazı Makinelerinin Tambur ve Kesici Kafa Tasarımının İş Sağlığı, İş Güvenliği ve Üretim Verimliliğine Olan Etkileri**

Mekanize kazı sistemlerinde kullanılan makinelerin performansları ne kadar yüksek olursa iş sağlığı, iş güvenliği ve üretim verimliliği de o derece yüksek olur. Verilen koşullarda bir makinenin kazı performansı makinenin kesici tamburu ya da kesici kafası üzerinde yer alan kesici uçların dizilim şekliyle yani kesici tambur ya da kesici

kafa tasarımının etkinliğiyle ilişkilidir. Kesici uç diziliminde kazı mekaniğindeki temel parametrelerin makine kinematığı bağlamında iyi kavranması gerekmektedir. Bu parametreler, keski arasındaki mesafenin ( $s$ ) kesme derinliğine ( $d$ ) oranı ( $s/d$ ), bir kesme hattındaki keski sayısı (tekli ya da çiftli), spirallerin tambur üzerindeki sarım açısı, ardışıklı kesme (spiral) sayısı, keski arasındaki çevresel mesafe olarak verilebilir. Şekil 4. de genel anlamda bir tamburun silindirik yüzeyi üzerinde gösterilen bu parametreler özetle aşağıdaki gibi tanımlanabilir:



Şekil 4. Keski dizilim parametreleri.



Şekil 5. Özgül enerji ile  $s/d$  oranı ilişkisi (Hekimoğlu, 1984).

*Keskiler arası mesafe ( $s$ ):* Komşu keski arasındaki mesafe olarak tanımlanan bu faktör kazı mekaniğinde verimlilik ölçütü olan özgül enerji ye (S.E.) göre dikkate alınır. Özgül enerji bir malzemenin birim hacmini kesmek için gereken enerjiyi ifade eder. Laboratuvar koşullarında düz yüzeyli prizmatik bir kayaç üzerinde bir kademede yapılan deneylerde, keski arası mesafenin kesme derinliğine olan oranı ( $s/d$ ) arttıkça SE'nin önce bir değere kadar düştüğü, bu minimum değerden sonra tekrar yükselip en sonunda sabit değere ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 5). Bu minimum değer, kayaç ve çalışma koşullarına bağlı olarak genelde  $s/d$ 'nin 1,5 ila 3 arasındaki değerleri arasında oluşur. Ancak makinenin gerçek kesme hareketi dikkate alındığında bu minimum değer Şekil 5. de görüldüğü gibi bundan sonra da düşüşe devam ettiği görülür. Yani kesme verimliliği bundan çok daha yüksek  $s/d$  oranlarında devam eder (Hurt, 1980, Hekimoğlu, 1984). Kesmenin yüksek  $s/d$  oranlarında verimli olması bir kesici tambur üzerindeki toplam keski sayısının azalması anlamına gelir, ancak bu durumda yüksek kesme titreşimleri oluşur. Yüksek titreşimler makine üzerinde büyük zarara ve tahribatlara neden olduklarından uygulamada hiçbir zaman istenmez. Özetle SE minimum değerine ulaşıldıktan sonra verimlilik devam ederken titreşim düzeyi artar. Kesici kafalar veya tamburlar üzerindeki kesici uç dizilim tasarımında tambur boyutu,

çalışma parametreleri ve kayaç özelliklerine bağlı olarak s/d oranının 2 ile 3 arasında alınmasının uygun olabileceği belirtilmiştir (Hekimoğlu, 1984).

*Bir kesme hattındaki keski sayısı:* Aynı kesme hattındaki kesici sayısını ifade eder ve kesme hareketinin ‘rölyef kesme’ ya da ‘oluk derinleştirme’ olmasını tanımlar. Bu iki kesme hareketi tambur yâda kesici kafadaki spiral sayısından tamamen bağımsızdır. Yani çift spiralli yâda üç spiralli bir tambur her iki şekilde de tasarlanabilirler. Örneğin Şekil. 4 de dört spiralli rölyef tipi bir dizilimde bir kesme hattında 2 kesici uç bulunmakta ve  $S_c = 2S_L$  dir. Aynı dizilim oluk derinleştirme yöntemine göre olursa o zaman bir kesme hattında 4 kesici uç bulunur ve  $S_c = S_L$  olur. Tamburlu kesicilerde makinenin kesme verimliliği açısından rölyef kesme’nin oluk derinleştirme yönteminden çok daha üstün olduğu belirtilmiştir (Hurt and MacAndrew, 1981).

*Spirallerin sarılma açısı:* Bir spiralin tambur yüzeyi üzerindeki uzunluğu olup açısal olarak ifade edilir. Kesilen malzemenin konveyöre yüklenmesi için önemli olup uygulamada  $90^0$  ile  $360^0$  arasında değişir. Bu açı kesici uçlara etkileyen kuvvet değerlerini etkiler. Tasarım ve çalışma koşullarına bağlı olarak optimum bir değere sahip olup bu değer üstünde ya da altında olduğunda özellikle kesici uca etkileyen yanal kuvvet bileşeni artar (Hekimoğlu and Özdemir, 2004).

*Spiral sayısı:* Ardışıklı kesme yapan kesici uçların oluşturduğu her bir takım spiral olarak tanımlanır. Spiral sayısı arttıkça bir kesici ucun etkin kesme derinliği azalır. Bu durumda seçilen optimum s/d oranını dengelemek için kesimler arasındaki mesafe azalır ve bunun sonucunda da toplam kesici uç sayısı artar. Bu da kesme verimini düşürür. Tamburlu kesicilerde spiral sayısı iki ile dört arasında değişir. Bu sayı aksel tipli (axial type) kesici kafaya sahip galeri açma makineleri için de aynıdır. Ancak, çapraz tipli (transverse type) kesici kafaya sahip galeri açma makinelerinde spiral sayısı altı ya kadar çıkar. Şurası unutulmamalıdır ki kazı mekanizasyonunda tek spiral söz konusu değildir.

*Çevresel mesafe:* Ardışıklı kesme yapan kesici uçlar arasında tambur çevresi üzerindeki açısal mesafedir. Çevresel mesafe kesme titreşimlerini etkiler. Spiral sarım açısı arttıkça bu çevresel açı da artar.

### **3. UYGULAMADA YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Türkiye’de yeraltından yüksek kapasiteli tam mekanize kömür üretimi ilk kez Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) bünyesinde olan Ankara İli Nallıhan İlçesi’ne bağlı Çayırhan Beldesindeki Orta Anadolu Linyitleri (OAL) Müessesesinde başlanmıştır. Bu kuruluş daha sonra 1990 lı yılların son yarısında özelleştirilmiştir. Anılan bu OAL Müessesesinde yeraltı kömür madenciliğinde mekanize kazının üretim verimliliği ile

iş sağlığı ve iş güvenliği üzerine etkileri konusunda bu bildirinin yazarı tarafından uzun vadeli yeraltı çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmaların ilki uzun ayak taban yollarının açımında kullanılan galeri açma makinelerinin kesici kafa tasarımları üzerine yapılmıştır. Kazı kesiti 16 m<sup>2</sup> olan “taban yolu” kazıları sırasında tavan kömür içerisinde gelişigüzel yer alan sert ve aşındırıcı silisli oluşumlar, yüksek kesici uç sarfiyatına ve kesici kafa aşınmasına neden olmaktadır. Makinelerinin kesici kafa tasarımlarında bu bildirinin yazarı tarafından değişiklikler yapılmış ve bunlar uzun vadeli olarak yeraltında uygulanmaya konulmuştur. Kesici kafa tasarımlarında yapılan bu değişiklikler sonucunda kesici uç sarfiyatı en az % 50 oranında düşmüş, kesici kafa ömrü ise galeri ilerlemesi açısından 150 m den 750 m ye yükselmiştir. Bu çalışmaların ayrıntıları daha önceki yayınlarda verilmiştir (Hekimoğlu and Fowell, 1990).

Çalışmaların ikinci kısmı ise tam mekanize uzun ayak üretiminde kullanılan ve 230 kW kurulu güce sahip Eickhoff tamburlu kesiciler üzerine yapılmıştır. Bu makinelerin tamburları özellikle tavan kömürdeki sert silisi oluşumlar nedeniyle kısa sürede aşınarak çok sık aralıklarla değiştirilmek zorunda kalınıyordu. Tambur tahribatı “Şekil 6” da görüldüğü gibi özellikle arka alın plakası üzerinde başlayıp kademeli tambur yüzeyine dağılıyordu. Tamburlu kesicilerde alın plakası üzerindeki kesici uçlar kömür



Şekil 6. Kesici tamburun alın plakasında oluşan keski tutucu ve tambur aşınması.

aynasına ilk temas eden ve kesmeyi başlatan kesiciler olduğu için özel dikkat gerektirirler. Bu nedenle ilk iyileştirme çalışmaları başlangıçta yalnızca alın kesicileri üzerinde yapılmıştır. Bu ilk çalışmalar sonucunda bir kesici uç başına üretilen kömür miktarı 89 tondan 227 tona çıkmış ve alın plakalarının aşınma ömrü 3 kat artmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda bu kez tamburun tüm keski tasarımını değiştirilmiştir.

Tamburun orijinal tasarımında toplam 60 adet olan keski sayısı 46 ya indirilmiş, keski arasındaki mesafe ve kesme hattındaki keski sayısı makinenin dinamik ve kinematik özellikler dikkate alınarak bu bildirinin yazarı tarafından tamamen değiştirilmiştir. Bunun sonucunda 15° eğimli ayakta makinenin m/dak olarak kesme hızı eğim yukarı kazarken % 55, eğim aşağıda ise % 115 oranında artmıştır. Kesici uç başına üretilen kömür miktarı da 95 tondan 156 tona çıkmış ve kesici uç sarfiyatı da % 50 oranında düşmüştür. Bütün bunların yanı sıra ayakta yapılan ölçüm ve gözlemlerde özellikle eğim yukarı kesme sırasında solunabilir toz ve ince kömür oluşumunun önemli ölçüde düştüğü görülmüştür. Makinenin kesme hızındaki yükselişe bağlı olarak yapılan ölçümlerde özgül enerjinin (SE) % 50 oranında düştüğü saptanmıştır (Hekimoğlu and Tiryaki, 1998). Özgül enerjideki bu düşüş makinenin çalışma veriminin yükseldiğini ve aynı zamanda solunabilir toz ve ince malzeme oluşumunun da önemli ölçüde azaldığını teyit etmektedir.

#### **4. TARTIŞMA**

Yukarıda sözü edilen araştırma çalışmalarının sonuçları mekanize yeraltı kömür üretiminde tambur ve kesici kafa tasarımının iş sağlığı, iş güvenliği ile üretim verimliliği üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır. Burada ortaya çıkan temel sonuç ise imalatçı firmalarca sağlanan kazı makinelerinin tasarım açısından her zaman istenilen ölçüde güvenli ve verimli olmadığı gerçeğidir. Kesici tambur ya da kesici kafa tasarımı için kazı mekaniğinin temel ilkelerini bilmek yalnızca yeterli olmamaktadır. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen bazı temel sonuçlar uygulamadaki koşullarda çok daha farklılık gösterebilmektedir. Tambur tasarımında kesme verimliliği ile kesme titreşimleri arasında ters bir orantı vardır. Bu iki parametre arasındaki uyum noktasının yakalanması her zaman kolay değildir. Ayrıca bir kesici uca etkiyen bireysel kesme kuvvetlerinin en aza indirilmesi gerekir. Bütün bunlar için ise bir tambur performans analizi mutlaka yapılmalıdır. Uygulamada bu iş için bazı bilgisayar programları varsa da bu konuda da bazı eksiklikler bulunmaktadır. Kısacası kazı mekaniğinde verimli bir tambur ya da kesici kafa tasarımı için uzun vadeli deneyim ve çok geniş bilgi birikimine gerek vardır.

Madencilik ve inşaat sektöründe kullanılan ve mekanik kazı yapan makinelerin tasarımları konusunda yayınlanmış ayrıntılı bilgiler literatürde bulunmamaktadır. Bunun birinci nedeni çok özel bir bilgi ve deneyim birikimi gerektiren bu konunun imalatçı firmalar tarafından ticari sır olarak elde tutulmasıdır. Bu nedenle son kullanıcı, belli koşullara göre tasarlanan bu makineleri satın aldığı anda tamamen imalatçı firmanın tasarımına bağlı kalmaktadır. Ancak yukarıda açıklanan ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) bünyesindeki OAL Müessesesinde bu tebliğin yazarı tarafından yapılan çalışmalar gözetildiği zaman, imalatçı firmalarca sağlanan makinelerin her zaman

optimum performansı gösteremedikleri ve keski dizilim tasarımında bazı önemli eksiklikler içerdiklerini açıkça ortaya koymaktadır.

Yapılan gözlemlerde Türkiye’de şu anda yeraltından tam mekanize uzun ayak yöntemiyle kömür üretimi yapan önemli firmaların kullandığı kazı makineleri içerisinde özellikle tamburlu kesicilerin tasarımında ne yazık ki yukarıda belirtilen önemli eksikliklerin var olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra kesici makineler üzerinde kesmeyi zorlaştıran ve toz oluşumuna kolayca olanak veren yanlış kesici uç tiplerinin kullanıldığı ayrıca gözlemlenmiştir. Bu durum Soma Kömür Havzası gibi kömür katmanlarının giderek derinlere daldığı, metan ve ocak yangınlarının sıklıkla karşılaşıldığı koşullar için çok daha önem taşımaktadır. Anılan bu işletmeciler firmaların kullandıkları kazı makinelerinin tambur ve kesici kafa tasarımlarının ne ölçüde güvenilir oldukları konusunda mutlaka bir performans analizi yaptırmaları bu bağlamda çok önem taşımaktadır.

## **5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Türkiye’de tam mekanize yeraltı kömür üretimi gittikçe yaygınlık göstermektedir. Burada kazıda kullanılan makinelerin kesici tambur ya da kesici kafa tasarımları iş sağlığı, iş güvenliği ve üretim verimliliğini doğrudan etkileyen önemli faktörlerden biridir.

Daha önce bu alanda yapılan yeraltı çalışmaları sonucunda imalatçı firmalarca sağlanan kazı makinelerinin önemli tasarım hataları nedeniyle kötü performans sergiledikleri ve bunların nasıl giderildiği açıkça ortaya konulmuştur. Yapılan gözlemler Türkiye’de yeraltından tam mekanize uzun ayak yöntemiyle kömür üretimi yapan firmaların kullandığı kazı makinelerinin özellikle tamburlu kesicilerin tasarımlarının yeterli olmadığı ve doğru kesici üç tipinin kullanılmadığı görülmektedir. Bunun için kullanılan bu makinelerin tasarımları ile ilgili mutlaka bir performans analizinin yapılması şiddetle önerilmektedir.

**NOT:** Burada belirtilen görüşler tamamen yazara ait olup herhangi bir kurumu hiçbir şekilde bağlamamaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- Hekimoglu, O.Z. 1984. Studies in the Excavation of Selected Rock Materials with Mechanical Cutters, Ph.D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne.
- Hekimoglu, O. Z., Fowell, R. J. 1990. From research into practice In-situ studies for design of boom tunnelling machine cutting heads, *31st U.S. Rock Mechanics Symposium*, June 1990, Colorado School of Mines, USA.
- Hekimoglu, O.Z. and Ozdemir, L. 2004. Effects of Angle of Wrap on the Performance of Continuous Miners and Drum Shearers, *Mining Technology (Trans. Inst. Min. Metall. A)*, Vol. 113, No. 2.
- Hekimoglu, O.Z., Tiryaki B. 1998. In-situ Investigations on Shearer Drum Design, *CIM Bulletin*, Vol.



91, Number 1018, pp 225-228, (1998).

Hurt., K.G. 1980. Roadheader cutting heads: A study of the layout of cutting tools and a rational procedure for design, NCB MRDE Report, No: 90, England, pp. 28.

Hurt., K.G., MacAndrew, K.M. 1981. Roadheader cutting heads: How many tools per line? MRDE Report 96, Bretby, England, pp. 10.

# **İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDE DEVLET DENETİM GÖREVLİLERİNİN SORUMLULUKLARI**

## *Responsibilities of State Audit Officials in Terms of Occupational Health and Safety*

**Harun ATILGAN\***

*Maden Müh.-ÇSGB-Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı, İş Başmüfettişi,*

**Mehmet ÇELİK\***

*Maden Müh.-Hukukçu-ÇSGB-Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı, İş Başmüfettişi,*

**ÖZET** Son yıllarda meydana gelen büyük kayıplı iş kazalarından sonra kamuoyu tarafından devletin görevlilerinin de yargılanması ve kusur izafe edilmesi yönünde kamuoyunda yanlış bir algı oluşmuştur.

Bu makalede Devletin denetim görevi, denetmenlerin görev ve sorumluluğu, cezai ve hukuki yönden ele alınarak incelenecektir.

**ABSTRACT** After the great loss of work accidents that have occurred in recent years There has been a public perception that government officials are also prosecuted and blamed by the public.

In this article, the inspection duty of the State, the duties and responsibilities of the inspectors, criminal and legal aspects will be discussed

---

\* [h-atilgan@hotmail.com](mailto:h-atilgan@hotmail.com) [hatilgan@csgb.gov.tr](mailto:hatilgan@csgb.gov.tr)

\* [mehmet.celik.001@hotmail.com](mailto:mehmet.celik.001@hotmail.com) [mcelik2@csgb.gov.tr](mailto:mcelik2@csgb.gov.tr)

## 1. GİRİŞ

Denetim ve kontrol bir amaç için kurulmuş bir düzeneğin aksayan yanlarının düzeltilmesi için oluşturulmuş bir mekanizmadır. Bu açıdan her işleyen sistemin kendine özgü bir denetim mekanizması olması şarttır. Ancak bu denetim sistemi kurulmuş bir düzenin parçasıdır, denetim ve kontrol mekanizmasının hiçbir zaman bir düzen kurucu veya revizyon veya reorganizasyon yapma özelliği ve kabiliyeti yoktur. Ancak bu tür revizyon veya reorganizasyonlara veri sağlar. Denetim sisteminden gereğinden fazla şeyler beklemek ve istemek hayal kırıklıkları ile sonuçlanabilir.

Son yıllarda meydana gelen büyük çaplı iş kazalarından sonra devletin ve denetim birimlerinin bu konudaki görev ve sorumluluğu sorgulanır hale gelmiştir. Daha ileriki safhada ise bu kamuda düzenleme, yönlendirme, kontrol ve denetim görevlilerinin yargılanması istenmektedir. Mahkemeler ve yüksek yargıda da kamuoyundan gelen bu tür baskı ve talepler karşısında hukuki mevzuatı zorlayan kararlar verilebilmektedir

Ülkemiz genelinde bulunan yaklaşık 2 milyon işyerinin tamamının denetlenmesinin mümkün olmaması nedeniyle, öncelikle **en çok kazanın meydana geldiği ve kaza olma riski en yüksek** işyerleri Rehberlik ve Teftiş Başkanlığınca seçilerek bu işyerlerinin teftişi yapılmaktadır. Bu anlamda denetimi yapılan bir işyerinde iş kazası yaşanması tesadüfi değildir.

Gelinen noktada, yaşanan iş kazalarının kamu görevlilerinin ihmali nedeniyle meydana geldiği anlayışı üzerinden yargılama sürecinin devam ettirilmesi halinde, bahse konu ceza yargılamasına muhatap olan iş müfettişlerinin kazayla illiyeti olan bir kusurları bulunmamasına rağmen yargı süreçlerine dahil olmalarının, işyerlerinde iş kazalarının yaşanmasının önüne geçmek için yasal olarak önlem alma yükümlülüğü olan işverenlerin yerine devletin ve kamu görevlilerinin sorumlu olarak gösterilmesine yol açacağı ve işverenlerinin önlem alma sorumluluğunu azaltmakla birlikte kaza sonrası doğacak zararların da işveren yerine devlet tarafından karşılanmasının önünü açacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca, işyerlerinin denetimi şeklindeki kamu görevi, işverenlerin, mevzuata uygun davranma ve kazaların önlenmesi için gereken her türlü tedbiri alma konusundaki sorumluluğunu üstlenmeyi içermediği gibi, denetimden sonra işyerinde bir daha kaza olmayacağı şeklinde bir sonuç da üretmemektedir. İşyerinin çalışma ortam ve koşullarında, üretim yöntem ve şekillerinde, ekipmanlarında teftiştten sonra ortaya çıkacak değişikliklerin gerektirdiği önlemlerin alınmaması nedeniyle her zaman kazanın meydana gelebilecek olup iş müfettişlerinin bu sebeple sonradan ortaya çıkacak kazaları öngörmesi mümkün değildir.

Bu kapsamda, iş teftişi, yalnızca teftiş yapıldığı tarihte işyerinin mevcut durumunu gösteren bir durum tespiti niteliğindedir. Her iş kazasının, işyeri denetim görsün veya görmesin mutlak surette işverenin önlem almaması ve/veya çalışanların önleme uymaması şeklinde bir nedeni bulunmaktadır. Bu nedenle Kanun koyucu 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile işyerinin tehlikelerine karşı çalışanlarının sağlık ve güvenliğini korumak amacıyla gereken her türlü tedbiri almaktan, araç ve gereci noksansız bulundurmaktan, çalışanlarını sürekli gözetmekten işvereni sorumlu tutmaktadır.

## **2. DEVLETİN ÇALIŞMA HAYATI İLE İLGİLİ GÖREVLERİ**

Anayasamızın sosyal devlet anlayışı vatandaşların ve de çalışanların korunması, sosyal hayatın desteklenmesi ve toplumsal düzenin sağlanması anlamı taşımaktadır. Devlet bu görevini yasa ve mevzuat düzenlemeleri yaparak ve bu yasalara uyulmasını sağlayacak yaptırımlar yoluyla gerçekleştirir.

Burada devlet düzenleyici ve düzeni koruyucu rolü üstlenirken vatandaşların ve asıl konumuzu teşkil eden çalışma hayatının aktörleri olan işçi ve işverenler de bu yöndeki düzenlemelere uymak durumundadır.

Düzenin sağlanmasında uygulanan yaptırımlar burada en önemli kilit noktayı oluştursa da bunun tek başına sorunları halledemediği gayet açıktır.

Bunlarda sorunun temelinde kök sebebin eğitim olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Birbirine ve topluma saygılı insanlar yetiştirilmesi en önemli stratejidir. Kişisel menfaatlerden çok toplumun menfaatlerinin gözetilmesi toplumsal barışı sağlayacağı gibi ülkenin gelişmesini de sağlayacaktır. Bu nedenle bunların sağlanacağı, eğitilebilir insan odaklı bir eğitim politikası oluşturulmalı ve uygulamaya konulmalıdır.

İş denetiminin uluslararası dayanağını, 11.7.1947 tarihli ve **81 sayılı Sanayi ve Ticarete İş Denetimi Uluslararası Çalışma Örgütü Sözleşmesi** oluşturmaktadır. Türkiye, 13.12.1950 tarih ve 5690 sayılı yasayla bu sözleşmeyi onaylayarak yükümlülük altına girmiştir. Anayasamızın 90. maddesine göre, bu sözleşme yasa hükmündedir ve Anayasaya aykırılığı ileri sürülerek Anayasa Mahkemesine başvurulamaz.

Sözleşmenin amacı, işyerlerinin düzenli denetimi yoluyla işçilerin korunmasını amaçlayan hükümlerin uygulanmasını sağlamaktır.

81 sayılı Sözleşme, sınıai işletmelerde (madencilik ve taşımacılık işletmeleri başışık tutulabilir) ve onaylayan ülkenin kabul etmesi durumunda, ticari işyerlerinde, iş güvenliğinin sağlanmasına ve iş koşullarını düzenleyen yasal düzenlemelerin uygulanmasına yönelik denetim sistemleri öngörmektedir.

**6580 SAYILI 176 SAYILI MADEN İŞYERLERİNDE GÜVENLİK VE SAĞLIK SÖZLEŞMESİNİN ONAYLANMASININ UYGUN BULUNDUĞUNA DAİR KANUN** (Yürürlük Tarihi: 12.12.2014):

176 sayılı Maden İşyerlerinde Güvenlik ve Sağlık Sözleşmesi, Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) 1995 yılında gerçekleştirilen 82 nci Uluslararası Çalışma Konferansı'nda kabul edilmiştir. 5 Haziran 1998 tarihinden bu yana yürürlükte olan Sözleşmeyi, hali hazırda ILO'ya üye 185 ülkeden 29'u onaylamıştır.

176 sayılı Sözleşme genel anlamda; üye ülkelerin ulusal koşullar ve uygulamayı göz önünde bulundurarak ve en fazla temsil yetkisini haiz ilgili işçi ve işveren kuruluşları temsilcileriyle istişare etmek suretiyle, özellikle Sözleşme hükümlerinde yer verilen önlemlere ilişkin olarak maden işyerlerinde güvenlik ve sağlığa ilişkin tutarlı politikalar oluşturulması ve bunların yürürlüğe konularak düzenli olarak gözden geçirilmesi yönünde taahhütte bulunmalarını gerektirmektedir.

Maden işyerlerinde güvenlik ve sağlığa ilişkin risklerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesine yönelik tedbirler alınması ve işçilerin güvenli bir ortamda çalışma haklarının sağlanması da yine bu Sözleşme ile işverenlere getirilen yükümlülükler arasındadır.

## **Anayasa (1982)**

### **II. Zorla çalıştırma yasağı**

**Madde 18 – Hiç kimse zorla çalıştırılmaz. Angarya yasaktır.**

#### **A. Çalışma hakkı ve ödevi**

**Madde 49 – Çalışma, herkesin hakkı ve ödevidir.**

(Değişik fıkra: 3/10/2001-4709/19 md.) **Devlet, çalışanların hayat seviyesini yükseltmek, çalışma hayatını geliştirmek için çalışanları ve işsizleri korumak, çalışmayı desteklemek, işsizliği önlemeye elverişli ekonomik bir ortam yaratmak ve çalışma barışını sağlamak için gerekli tedbirleri alır.**

**Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı ile Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının Kurulması İle Kamu Personel İşlemlerinin Yürütülmesine İlişkin Bazı Cumhurbaşkanlığı Kararnamelerinde Değişiklik Yapılmasına Dair Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi**

## **73 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi**

### **Görev**

**Madde 86- (1) Çalışma Sosyal Güvenlik Bakanlığının görev ve yetkileri şunlardır:**

- a) Çalışma hayatını düzenleyici, işçi-işveren ilişkilerinde çalışma barışının sağlanmasını kolaylaştırıcı ve koruyucu tedbirler almak,
- b) Çalışma hayatındaki mevcut ve muhtemel meseleleri ve çözüm yollarını araştırmak,
- c) Ekonominin gerektirdiği insan gücünü sağlamak için gerekli tedbirleri araştırmak ve uygulanmasının sağlanmasına yardımcı olmak,
- ç) İstihdamı ve tam çalışmayı sağlayacak, çalışanların hayat seviyesini yükseltecek tedbirleri almak,
- d) Uluslararası işgücüne ilişkin politikaların belirlenmesi amacıyla gerekli çalışmaları yapmak ve belirlenen politikanın uygulanmasına ilişkin ulusal ve uluslararası düzeyde faaliyette bulunmak,
- e) Çalışanların meslekî eğitimlerini sağlayıcı tedbirler almak,
- f) İşçi sağlığı ve iş güvenliğini sağlayacak tedbirlerin uygulanmasını izlemek,
- g) Çalışma hayatını denetlemek,

- ğ) Sosyal adalet ve sosyal refahın gerçekleşmesi için gerekli tedbirleri almak,  
h) Çeşitli fizyolojik, ekonomik ve sosyal risklere karşı sosyal sigorta hizmetlerini uygulamak, sosyal güvenlik imkânını sağlamak, yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi için gerekli tedbirleri almak,  
ı) Yabancı ülkelerde çalışan Türk işçilerinin çalışma hayatı ve sosyal güvenlikle ilgili meselelerine çözüm yolları aramak, hak ve menfaatlerini korumak ve geliştirmek,  
i) İş istatistiklerini derlemek ve yayınlamak,  
j) İşyerindeki sağlık ve güvenlik risklerini önleyici ve koruyucu hizmetleri yürütenlerin niteliklerini belirlemek, eğitimlerini ve sertifikalandırılmalarını sağlamak,  
k) Kanunlarla ve Cumhurbaşkanlığı kararnameleriyle verilen diğer görevleri yapmak.

### **Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı**

**MADDE 95** - (1) Teftiş ve Rehberlik Başkanlığının görev ve yetkileri şunlardır:

- a) Bakanlığın görev alanına giren faaliyet ve işlemlerle ilgili teftiş, inceleme ve soruşturmaları yürütmek, gerekli önlemleri almak veya aldırarak,  
b) Bakanlığın görev alanına giren konularda ulusal ve uluslararası mevzuatın uygulanmasını izlemek, mevzuat çalışmaları yapmak, gerektiğinde, teftiş ve denetimler sonucunda, mevzuatın aksayan yönleri, uygulanabilirliği, sektörel bazda ilgili kurum ve kuruluşlarca alınması gereken önlemleri belirlemek,  
c) Denetim sonuçlarına ilişkin istatistikleri tutmak, değerlendirmek ve yorumlamak,  
ç) 25/8/1999 tarihli ve 4447 sayılı İşsizlik Sigortası Kanunu ile 25/6/2003 tarihli ve 4904 sayılı Türkiye İş Kurumu ile ilgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun uyarınca işyerlerinde inceleme yapmak, iş ve işlemlerini teftiş etmek,  
d) Kayıtdışı istihdamla mücadele etmek, bu amaçla sektörel analizlere dayalı denetimleri yürütmek ve bu konularda alınması gerekli tedbirleri önermek,  
e) Kurum teşkilâtı ile personelinin idarî, malî ve hukukî işlemleri hakkında denetim, inceleme ve soruşturma yapmak,  
f) Bakan tarafından verilen diğer görevleri yapmak.

### 3. GÖREV TÜRLERİ-SORUMLULUKLARI VE YAPTIRIMLARI

**SİYASİ GÖREV:** Seçimle ve Siyasi Sistemle yapılan görevlendirmelerdir. Seçildiği kurum veya kitleye karşı sorumludur. Yaptırımları ise siyasidir. (Milletvekili, Cumhurbaşkanı vb.)

**İDARİ GÖREV:** Devlet Resmi Kurum ve Kuruluşlarında yapılan görevlendirmelerdir. Görevlendirmeleri yapan makama karşı sorumludur. Yaptırımları ise atama ve görevlendirme ile ilgili mevzuatta belirtilmiştir. (Genel Müdür, Memur, Polis vb)

**ADLİ GÖREV:** Yargılama ve Adaletle ilgili görevlendirmelerdir. Görev sorumlulukları ve yaptırımları ilgili mevzuatta belirtilmiştir. (Hakim, Savcı)

**VATANDAŞLIK GÖREVİ:** Vatandaş olarak yapması gerekli olanları yapmak, yasalara uymak, yükümlülükleri yerine getirmektir.

**ASLİ GÖREV:** Her hangi bir işle ve görevle ilgili asli görevlendirmelerdir. (Şoför, Operatör, işçi, mühendis vb. tüm çalışanlar)

Çalışma hayatı ve iş sağlığı ve güvenliği yönünden işyerlerinin denetim görevi Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na verilmiştir. Bakanlık birimleri içinde ise denetim Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı'nın görevidir. Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı da bu görevi İş Müfettişleri marifetiyle yapar.

Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı direkt olarak Bakana bağlı olmakla birlikte, kurulda görevli İş Müfettişleri Bakanlık Müfettişi yetkisi ile görev yaparlar.

İş Teftişi, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG, iş kazaları, meslek hastalıkları, İSG şikayet vb.) yönünden denetim yapan çeşitli mühendislik disiplinlerinden iş müfettişleri ile işin yürütümü yönünden (ücret, çalışma saatleri, sendikal haklar, grev, lokavt ve bunlarla ilgili şikayet vb.) denetim yapan hukuk, siyasal bilgiler, işletme, iktisat mezunu iş müfettişleri bazen ayrı ayrı ve bazen de gerekmesi halinde birlikte heyet halinde denetim yapmaktadırlar.

Çizelge 1. İş teftiş kurulu başkanlığı iş müfettişi kadrosu (2023).

	İş Sağlığı ve Güvenliği	İşin Yürütümü	Toplam
İş Başmüfettişi	70	75	145
İş Müfettişi	300	350	650
İş Müfettişi Yardımcısı	60	65	125
Toplam	430	470	920



2021 ve 2022 yıllarında yapılan teftiş sayıları aşağıda açıklanmıştır.

## Çizelge 2. Teftiş Sayıları

	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>İş Sağlığı ve Güvenliği</b>	<b>15.666</b>	<b>17.842</b>
<b>İşin Yürütümü</b>	<b>8.433</b>	<b>8.592</b>
Toplam	24.099	26.434

İSG Teftişi işyerlerinde Programlı Teftiş, İnceleme Teftişi şeklinde uygulanmaktadır. Bu teftişler yıllık olarak planlanmakta ve güncel görevler, şikayet, iş kazası vb. aylık olarak teftiş programlarına eklenmektedir.

Yıllık planlamaya göre Programlı Denetimler bazı risklerin öncelikli olarak uygulandığı Risk Bazlı Denetim (İnşaat Yüksekten Düşme; Maden, Kaçamak ve Anti Gruzitin cihazlar vb. yönünden) veya bazı sektörleri baz alan (Maden, İnşaat, Mobilya, Metal İş Kollarında) Proje Denetimleri ve belirli bir bölgeyi kapsayan Alan Esaslı Denetim (Organize Sanayi Bölge Teftişleri) şeklinde uygulanabilmektedir.

Programlı denetimlere başlanmadan önce sektör temsilcileri, işçi ve işveren sendika temsilcileri ve diğer paydaşlar, İş Güvenliği Uzmanları bilgilendirme toplantıları ile bilgilendirilmekte, teftişin amacı, uygulanacak yöntemler açıklanmaktadır.

**ILIS İş Teftiş Sistemi Uygulama Rehberi:** Avrupa Birliği ile yapılan teftişlerin uyumlaştırılması ile ilgili çalışmalarda da işyerinin tamamının teftiş edilmeyeceği, mevzuatın en ince ayrıntısına kadar incelenemeyeceği (spot check) nokta kontrolü şeklinde denetim yapılacağı, risk değerlendirmesinin incelenmesi sonucunda daha ayrıntılı inceleme yapılabileceği prensip kararları bulunmaktadır. (ILIS İş Teftiş Sistemi Uygulama Rehberi) Bu prensipler Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı uygulamalarına da yansımış olup, bu güne değin yapılan denetimlerde esas alınmıştır.

#### 4. HUKUK AÇISINDAN SUÇ VE KUSUR

**Hukuk Dilinde Suç:** Yasalarda ve ilgili mevzuatta açık şekilde belirtilmiş bir fiili işlemek.

Hukuk Dilinde Kasıt: **Bir işi doğuracağı sonuçları bilerek ve isteyerek yapmak veya yapması gerekli bir işi doğuracağı sonuçları bilerek ve isteyerek yapmamak.**

**Hukuk Dilinde Kusur:** Haksız fiil failinin, hukuk düzenince kınanan bir davranışı veya irade noksanlığı olarak ifade edilir. Normal olarak yapması beklenen şeyi yapmamak, normal olarak yapmaması gereken şeyi yapmak.

**Hukuk Dilinde Sorumluluk:** Bir borç-alacak ilişkisinde veya meydana gelen herhangi bir zararın tazmin (karşılanması) yükümlülüğü için kullanılır.

##### **Sorumluluk Türleri:**

##### **1. Kanun hükümlerinden kaynaklanan sorumluluk:**

**2. Sözleşmeden Doğan Sorumluluk:** (Akdi Sorumluluk Borçlar Kanununu Madde-96) Alacaklı tarafından, borçlunun sözleşmeye aykırı davranmış olduğunun ve bir zararın ortaya çıkmış olduğunun ispatı gerekir. Borçlunun da kusursuzluğunu ispatı gerekir. Kefalet, kasko sigorta, teminat vs gibi durumlarda (Borçlar Kanununun Madde-51)

**3. Kusur Sorumluluğu:** Sorumluluğun esas unsurudur. Sorumluluk kusura bağlıdır, kusur yoksa sorumluluk da yoktur. Kusurun türü ne olursa olsun zarar veren sorumludur.

- **Kasıt sorumluluğu:** Hukuka aykırı durumu istemek

- **İhmal sorumluluğu:** Hukuka aykırı durumu önlemek için çaba göstermemek

**4. Sebep Sorumluluğu:** zarara yol açmak, zarara neden olmak, zarara sebebiyet vermektir. Kusurlu olup olunmaması önem taşımaz, zarara neden olan bu zararı öder. Zarar ile sorumluluğu meydana getiren olay arasında illiyet bağının bulunması gerekir.

- **Olağan Sebep Sorumluluğu:** Borçlar Kanunu'nun 64, 65, 66, maddeleri objektif özen gösterme yükümlülüğünün yerine getirilmemesine dayanan sorumluluk halidir.

- **Tehlike Sorumluluğu:** Büyük tehlike arz eden işletme faaliyetleri, tesisler ve faaliyetlerin yürütülmesinden doğan sorumluluk türüdür. (Zorunlu Trafik Sigortası, Askeri manevralar, Kimyasal, Par.Pat.Madde depoları vs. gibi)

- **Hukuka uygun Müdahaleden Doğan Sorumluluk: (Fedakarlığın Denkleştirilmesi)** Hukuki olarak hakkı olan bir müdahalenin yapılmasından doğan zararın tazmini sorumluluğudur. (Geçiş hakkı, kamulaştırma vs.)

### **Türk Ceza Kanunu Yönünden:**

- İş kazası ve meslek hastalığına neden olmak Türk Ceza Kanunu bakımından bir suçtur. “Taksirli Müfessir Fiil” ve “Taksirli adam öldürme”, “Dikkatsizlik ve tedbirsizlik sonucu ölüme veya yaralanmaya sebebiyet vermek” suçları kapsamı içindedir.
- İş Kazası veya Meslek Hastalığı sonucunda ölüm halinde C.Savcılıkları tarafından TCK ‘nun 85. maddesi ve yaralanma halinde ise TCK’nun 89. maddesi gereğince dava açılır.
- TCK’nu göre Taksirle bir insanın ölümüne neden olan kişi, iki yıldan altı yıla kadar hapis ve birden fazla insanın ölümüne ya da bir veya birden fazla kişinin ölümü ile birlikte bir veya birden fazla kişinin yaralanmasına neden olmuş ise, kişi iki yıldan onbeş yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılmasını gerektirir.

### **Kast**

Madde 21- (1) Suçun oluşması kastın varlığına bağlıdır. Kast, suçun kanuni tanımındaki unsurların bilerek ve istenerek gerçekleştirilmesidir. (2) Kişinin, suçun kanuni tanımındaki unsurların gerçekleşebileceğini öngörmesine rağmen, fiili işlemesi halinde olası kast vardır. Bu halde, ağırlaştırılmış müebbet hapis cezasını gerektiren suçlarda müebbet hapis cezasına, müebbet hapis cezasını gerektiren suçlarda yirmi yıldan yirmibeş yıla kadar hapis cezasına hükmolunur; diğer suçlarda ise temel ceza üçte birden yarısına kadar indirilir.

### **Taksir**

Madde 22- (1) Taksirle işlenen fiiller, kanunun açıkça belirttiği hallerde cezalandırılır. (2) Taksir, dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırılık dolayısıyla, bir davranışın suçun kanuni tanımında belirtilen neticesi öngörülmeden gerçekleştirilmesidir. (3) Kişinin öngördüğü neticeyi istememesine karşın, neticenin meydana gelmesi halinde bilinçli taksir vardır; bu halde taksirli suça ilişkin ceza üçte birden yarısına kadar artırılır. (4) Taksirle işlenen suçtan dolayı verilecek olan ceza failin kusuruna göre belirlenir. (5) Birden fazla kişinin taksirle işlediği suçlarda, herkes kendi kusurundan dolayı sorumlu olur. Her failin cezası kusuruna göre ayrı ayrı belirlenir. (6) Taksirli hareket sonucu neden olunan netice, münhasıran failin kişisel ve ailevi durumu bakımından, artık bir cezanın hükmedilmesini gereksiz kılacak derecede mağdur olmasına yol açmışsa ceza verilmez; bilinçli taksir halinde verilecek ceza yarıdan altıda bire kadar indirilebilir.

### **Taksirle öldürme**

Madde 85- (1) Taksirle bir insanın ölümüne neden olan kişi, iki yıldan altı yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. (2) Fiil, birden fazla insanın ölümüne ya da bir veya birden fazla kişinin ölümü ile birlikte bir veya birden fazla kişinin yaralanmasına neden olmuş ise, kişi iki yıldan onbeş yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.

### **Suçu bildirmeme**

Madde 278- (İptal: Anayasa Mahkemesinin 30/6/2011 tarihli ve E.:2010/52, K.:2011/113 sayılı Kararı ile.; Değişik: 2/7/2012-6352/91 md.)

(1) İşlenmekte olan bir suçu yetkili makamlara bildirmeyen kişi, bir yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.

(2) İşlenmiş olmakla birlikte, sebebiyet verdiği neticelerin sınırlandırılması halen mümkün bulunan bir suçu yetkili makamlara bildirmeyen kişi, yukarıdaki fıkra hükmüne göre cezalandırılır.

(3) Mağdurun onbeşyaşını bitirmemiş bir çocuk, bedensel veya ruhsal bakımdan engelli olan ya da hamileliği nedeniyle kendisini savunamayacak durumda bulunan kimse olması halinde, yukarıdaki fıkralara göre verilecek ceza, yarı oranında artırılır.

(4) Tanıklıktan çekinebilecek olan kişiler bakımından cezaya hükmolunmaz. Ancak, suçu önleme yükümlülüğünün varlığı dolayısıyla ceza sorumluluğuna ilişkin hükümler saklıdır.

### **Kamu görevlisinin suçu bildirmemesi**

Madde 279- (1) Kamu adına soruşturma ve kovuşturmayı gerektiren bir suçun işlendiğini göreviyle bağlantılı olarak öğrenip de yetkili makamlara bildirimde bulunmayı ihmal eden veya bu hususta gecikme gösteren kamu görevlisi, altı aydan iki yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.

### **Görevi kötüye kullanma**

**Madde 257-** (1) Kanunda ayrıca suç olarak tanımlanan haller dışında, görevinin gereklerine aykırı hareket etmek suretiyle, kişilerin mağduriyetine veya kamunun zararına neden olan ya da kişilere haksız bir menfaat sağlayan kamu görevlisi, altı aydan iki yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.

(2) Kanunda ayrıca suç olarak tanımlanan haller dışında, görevinin gereklerini yapmaktan ihmal veya gecikme göstererek, kişilerin mağduriyetine veya kamunun zararına neden olan ya da kişilere haksız bir menfaat sağlayan kamu görevlisi, üç aydan bir yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.

## 5. HUKUKİ AÇIDAN İLLİYET BAĞI

Meydana gelen zararlar, zarara neden olan olay veya davranış arasındaki sebep-sonuç ilişkisine illiyet bağı denir.[0]

Hukuken illiyet bağının varlığının tespiti için öncelikle mantık kurallarına göre sebeple sonuç arasında bağ bulunup bulunmadığı tespit edilecektir.

Bir örnekte taksiyle havaalanına giden (A)'nın, yoldaki kaza nedeniyle uçağını kaçırmaması ardından diğer uçağa binmesi ve bindiği uçağın düşmesi sonucu ölmesi olayında trafik kazası olmasaydı (A)'nın uçağına yetişeceği dolayısıyla hayatta kalacağı mantıki nedensellik çerçevesindeki akıl yürütmenin sonucudur. Buna göre (A)'nın ölümü ile trafik kazası arasında mantıki illiyet bağı bulunmaktadır. Ancak (A)'nın mirasçılarını kaza yaparak (A)'nın gecikerek ölmesine sebebiyet veren kimselerden tazminat isteyebilecek midir?

Örneklerden de açık olduğu ilk sebebin gerçekleşmemesi üzerine son sonuç meydana gelmeyecektir. Buna göre ilk sebeple (hakaret, bıçaklama, trafik kazası) meydana gelen son netice arasında mantıksal olarak illiyet bulunmaktadır. Ancak böyle bir akıl yürütmenin zararlar fiil arasındaki irtibatı giderek zayıflattığı ve sorumluluğun hukuken takdiri noktasında uygun olmayan sonuçlar doğuracağı ortadadır. Bu nedenle illiyet bağının bir noktada sınırlanması adına bazı görüşler ortaya konulmuştur. Bugün Türk, İsviçre ve Alman hukukunda hâkim teori; uygun illiyet bağı teorisidir (Eren, 2020).

Eren, uygun illiyet bağının tanımını: “Somut olayda gerçekleşen türden bir sonucu, olayların normal akışına ve hayat tecrübelerine göre, niteliği ve ana temayülü itibariyle meydana getirmeye genel olarak elverişli olan veya bu türden bir sonucun gerçekleşme ihtimalini objektif olarak artırmış bulunan zorunlu şart ile söz konusu sonuç arasındaki bağa uygun illiyet bağı denilir” şeklinde yapmaktadır (Eren, 2020)

Tandoğan ise uygun illiyet bağını: “Fiil, mahiyeti itibariyle hadiselerin mutad cereyanına ve hayat tecrübelerine göre husule gelmiş olan zarar nev'inden bir zararı tevlide salih ise o fiille zarar arasında uygun illiyet rabıtası mevcuttur. Başka bir deyimle zararlı netice tipik mahiyeti itibariyle fiile uygun olmalı, onun uygun neticesi olarak görünmelidir.” şeklinde tanımlamaktadır (Tandoğan, 1961).

TCK m. 257'de ise görevin gereklerine aykırı hareket etmek ve görevin gereklerini yapmakta ihmal veya gecikme göstermek şeklindeki her iki halde de suçun gerçekleşmesi için hareketlerin yapılmış olması, suçun oluşması için yeterli değildir. Fail, görevinin gereklerine aykırı hareket etmekle ya da ihmal ya da gecikme göstermekle suçu tamamlamış olmaz. Bu suçun tamamlanması için söz konusu hareketlerden kamusal bir zarar, kişiler yönünden bir mağduriyet veya kazanç doğmuş olması gereklidir. Yargıtay Ceza Genel Kurulu'nun E. 2007/5-83, K. 2007/244, T.

20.11.2007 kararında, etik kurallara aykırılığın zarar neticesi doğurması halinde görevi kötüye kullanma suçunu meydana getireceği ifade edilmiş ve burada etik kurallara aykırılık ile zarar arasında bağlantı kurulmuştur.

Doktrinde; “Öncelikle failin hareketinin sonuç açısından bir sebep olup olmadığını araştırmak gerekir. Bu meşhur “**conditio sine qua non**” formülü ile (şart onsuz olmaz) araştırmak gerekir. Bunun anlamı şudur; **Neticenin oluşması açısından onsuz olmayan her şart, ceza hukuku bakımından illidir. İhmali suçlar da ise ihmal edilen hareket yapılsaydı, netice kesinlik sınırında bir olasılıkla engellenebilecekti denebiliyorsa, ihmal nedenseldir.** Bu formülün uygulanmasından sonra doğal olarak tespit edilen nedenselliğin failin meydana gelen neticeden sorumlu tutulabilmesi için yeterli olmadığına önemle işaret etmek gerekir. Gerçekten de ortaya çıkan sonuç illiyet bağı bakımından çok ileri götürülürse katilin annesi, onu Dünya’ya getirmesinden dolayı maktulün ölümünden sorumlu tutulabilecektir. Bu kapsamda, müfettişlerin fiilleri ile maden ocağında meydana gelen kaza arasında bir nedensellik bağı olduğu iddiası hukuka uygun değildir.

## 6. İŞYERİ İSG ORGANİZASYONU

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve 6098 Sayılı Borçlar Kanunu'na göre iş sağlığı ve güvenliği yönünden gerekli tedbirleri almak işverenin yükümlülüğündedir ve çalışanlarda bu hususlara uymakla yükümlüdür. Çalışanlar da işyerindeki iş sağlığı ve güvenliği kurallarına, bu yöndeki emir ve talimatlara uymakla yükümlüdür.

- A. 6331 Sayılı İSG Kanun ve 6098 Sayılı Borçlar Kanunu işyerlerinde işin yürütümü sırasında ortaya çıkması muhtemel riskler ve bu risklere karşı çalışanların korunması görevini işverene yüklemiştir.
- B. ÇSGB'nin görevi çalışma hayatını izlemek, denetlemek, gerektiğinde müeyyide uygulamak, düzenleyici politikalar oluşturmak ve gerektiğinde mevzuat değişikliği yapmaktır.
- C. Buna göre işveren işyerinde iş kazalarına karşı her türlü önlemi almak için gerekli araç ve gereci buldurmak, bu araç ve gereçlerin kullanılabilir durumda olduklarını kontrol etmekle yükümlüdür.
- D. İşveren işyerinde oluşabilecek risklere karşı;
  - a. Riskli olanı, daha az riskli olanla değiştirmekle
  - b. Risk ile çalışan arasında koruma sağlayacak bariyer ve koruyucular sağlamakla
  - c. Riskin gerçekleşmesini önleyecek tedbirler almakla
  - d. Riskin yayılmasını önleyecek tedbirler almakla
  - e. Çalışanların risklerden gördüğü zararı azaltmaya çalışmakla
  - f. İşyerinde bu önlemlerin kontrol ve denetimini sağlayarak eksiklik ve noksanlıkları gidermekle
  - g. Çalışanları riskler ve tehlikelerin zararları ve bunlardan korunma yollarını öğretmekle görevlidir.

Hukuk açısından daha önce olmayan bir riski oluşturan ve bundan nemalanan veya kar elde eden kişi, bundan doğacak zarardan da sorumludur. Çünkü bu risk nedeniyle bir kar elde etmektedir, yapmakta olduğu iş nedeniyle ortaya çıkan muhtemel riskleri almak ve almamak yetkisine ve gücüne sahiptir. Sahip olduğu bu yetki ve sorumluluk sebebiyle de ortaya çıkan her türlü zarardan sorumludur. Bu nedenle işveren işyerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden her türlü tedbiri almakla yükümlüdür. Başka bir deyişle 6331 Sayılı İş sağlığı ve Güvenliği Kanunu yönünden asli sorumludur.

İşveren gerçek ve tüzel kişilik olarak bu yetkisinin tümünü veya bir kısmını (atayacağı genel müdür, şantiye şefine vb.) devredebilir, paylaşabilir. Ancak bu durumda dahi tam olarak sorumluluktan kurtulamaz. Bu yetki ve sorumluluğu paylaştığı kişi veya kurumla birlikte sorumlu olurlar. Çünkü yapmış olduğu yetki devri sonrasında devrettiği yetkinin nasıl ve ne şekilde kullanıldığını denetlemek, kontrol etmekle yükümlüdür. Yetki devri ile yetkilendirilmiş olan işveren vekilleri (genel müdür,

müdürü, şantiye şefi vb) ancak yetkileri kadar sorumludurlar. İşveren vekilleri, hem işverene karşı hem de yasa nezdinde yaptıkları veya yapmadıkları nedeniyle sahip oldukları yetki miktarınca sorumludurlar. Hiç kimse yetkisi olmadığı bir işten sorumlu tutulamaz. Bu nedenle işveren vekillerinin sorumlulukları incelenirken yetki sınırlarına mutlaka bakılmalıdır. Yetki verilmemiş bir kişinin de işveren vekilliğinden bahsedilemez.



## 7. DEĞERLENDİRME

Devlet, ülke çapında yapılan her türlü faaliyeti, ticareti, ulaşımı, ekonomiyi, yargılamayı, üretimi, tüketimi vs çeşitli yollarla denetler ve bunlarla ilgili denetim birimleri oluşturur. Burada birbirine benzerlik gösteren iki denetim organının karşılaştırılması ile olayın dana iyi açıklanacağı görülmektedir. Bu iki birimin yaptığı iş birbirine paralel ve benzerlikler taşımaktadır.

İŞVERENLERİN YÜKÜMLÜLÜĞÜ	SÜRÜCÜLERİN YÜKÜMLÜLÜĞÜ
4857 Sayılı İş Kanunu, 6331 Sayılı İSG Kanunu	2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği
<ul style="list-style-type: none"><li>• İşveren, çalışanların işle ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamakla</li><li>• Mesleki risklerin önlenmesi,</li><li>• Eğitim ve bilgi verilmesi</li><li>• Her türlü tedbirin alınması,</li><li>• Organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması,</li><li>• Sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar.</li><li>• İşyerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uyulup uyulmadığını izler, denetler ve uygunsuzlukların giderilmesini sağlamak</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trafik Kurallarına Uymak,</li><li>• Araçlarını Yol, Hava, Arazi ve görüş şartlarına uygun hızda sürmek</li><li>• Trafiği Tehlikeye düşürmemek</li><li>• Trafik İşaret, Levha ve trafik ışıklarına uymak,</li><li>• Hız sınırlarına riayet etmek</li></ul>

ÇALIŞMA HAYATININ DENETİMİ	KARAYOLU ULAŞIM-TRAFİK DENETİMLERİ
4857 Sayılı İş Kanunu, 6331 Sayılı İSG Kanunu SGK Kanunu açısından Çalışma hayatını denetlemek üzere Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı görevlendirilmiştir.	2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği açısından da İçişleri Bakanlığına bağlı Trafik Denetleme ve Kontrol Şube Müdürlükleri görevlendirilmiştir.
İş Müfettişleri de Çalışma Hayatını denetler, mevzuata uymayan işverenlere yaptırım uygular.	Trafik polisi trafiği denetler, kontrol eder, trafik kurallarına uyulup uyulmadığını denetler, gerektiğinde ihlal eden sürücülere ipc uygular.
İş Kazası sonrası Adli ve Kolluk Kuvvetleri tarafından inceleme ve soruşturma yapılır. İş Müfettişleri de gerektiğince inceleme ve denetim yaparak kazanın nasıl ve neden kaynaklandığını inceler ve araştırır. Gereken yasal işlemleri yapar. Gerektiğinde yetkili makamlara ihbar ve bildirimde bulunur.	Trafik kazalarından sonra trafik görevlileri kazanın nasıl meydana geldiğini, kimin kusurlu olduğunu tespit ederek olayı adli makamlara havale eder.

DENETİM TÜRLERİ	
ÇALIŞMA HAYATININ DENETİMİ	KARAYOLU ULAŞIM-TRAFİK DENETİMLERİ
<ul style="list-style-type: none"><li>• Programlı Denetim</li><li>• İnceleme Denetimi (İhbar-Medya Haber vb)</li><li>• Şikâyet Denetimi</li><li>• Risk Bazlı Denetim (Yangın-Parlama-Patlama vb.)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evrak Denetimi (Ehliyet-Ruhsat-Sigorta-Muayene-GBT)</li><li>• Hız Denetimi (Radar-EDS)</li><li>• İhlal Denetimi (Hatalı Sollama)</li><li>• Yol Denetimi (Genel Denetim-Emniyet Kemerleri vb)</li></ul>

Burada olay ile, taksir ve bilinçli taksirle olaya neden olanlar arasındaki illiyet bağı kurularak TCK 85 de taksirle ölüme yol açmak olarak suç isnat edilmektedir. Yani denetimin yapılmaması olayın önlenmesinde bir kusur ve ihmal olarak kabul edilmektedir. Oysa denetim işi idari bir görevdir. Bu nedenle denetimdeki görev kusuru ve ihmali ile ilgili yaptırım da idari olacaktır. Denetimin yapılıp yapılmaması işin asli sorumlusu olanların sorumluluklarını ortadan kaldırmaz. İşverenin işyerindeki önlemleri alması asli görevi iken müfettişin yapacağı denetim idari bir görevdir. Bütün işyerlerinde denetim yapılması, işyerindeki her türlü noksanın tespit edilmesi ve yaptırılması söz konusu değildir. Bu nedenle denetimin kazayı mutlak önleyeceği bir husus olarak kabul edilemez.

## 8. TARTIŞMA

İki örnek üzerinden konuyu biraz daha açıklamak ve mukayese etmek gerekirse

Bir işyerindeki vinç periyodik bakım ve kontrolleri yapılmadığı için kaza meydana gelmiş ve kazalı vefat etmiştir. İşyerinde yapılan incelemede vincin bakım ve kontrollerinin olmadığı vincin arızalı olduğu görülmüştür. Bu olayda işveren yaptırması gerekli kontrolleri yaptırmamıştır. Vincin çalışma sahasına girişler kontrol edilmemiştir. Vinci kullanan kişinin operatör belgesi yoktur.

Diğer bir olayda ise muayenesi olmayan bir kamyon freni tutmadığı için kazaya neden olmuş ve birkaç kişinin ölümüne neden olmuştur. Kamyonun frenleri arızalıdır. Aracın şoförü günlük çalışma süresinin üzerinde araç kullanmış, aracını uygun hızda kullanmamıştır. Trafik Bilirkişisi tarafından Aracı Kullanan sürücünün asli kusurlu olduğu sonucuna varmıştır. Yeterli denetim yapmayan trafik görevlileri hakkında her hangi bir kusur izafe edilmemiştir.

Bu iki olay neden ve sonuçları itibariyle benzer özellikler taşımaktadır. Birinci olayda bilirkişiler işverene asli kusur vermiş, iş güvenliği uzmanı ve işyerinde kazadan önce denetim yapan Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Müfettişlerini de tali kusurlu olduğu kanaatine varmıştır.

Burada olay ile olaya neden olan etkenler incelendiğinde Birinci olayda denetim elemanlarına her hangi bir kusur izafe edilmezken, İkinci kazada denetim elemanları yeterli denetim yapmadıkları için kusurlu görülmüştür.

Olaylar kusur ve illiyet bağı açısından incelendiğinde;

Aracının bakım ve kontrollerini yaptırmadığı, aracını yol ve trafik durumuna uygun hızda kullanmadığı, günlük araç kullanma süresine uymayan sürücünün bu hususlarla ilgili olarak asli sorumlu olduğu açıktır. Karayolları Trafik Kanunu'na göre bunlarla ilgili asli sorumludur. Trafik kontrol ve denetiminin nerede, ne zaman yapılacağı kesin olmadığından denetimin yapılmaması kaza ile illiyet bağı zayıflatan bir husustur. Elbette ki trafik denetimde bu hususun tespiti yapılırdı, işverene yaptırım uygulansaydı kazanın olmama ihtimali vardır. Ancak bu sadece zayıf bir ihtimalden ibarettir. Trafik görevlilerinin bütün araçları kontrol etmek gibi bir görevleri yoktur. Bu nedenle kaza ile trafik görevlileri arasında illiyet bağı kurulamaz.

Diğer olayda ise 6331 Sayılı İSG Kanunu uyarınca işyerinde her türlü tedbirin alınması, gerekli bakım ve kontrollerin yapılması, çalışanların eğitilmesi işverenin asli görevi sorumluluğudur. Ancak İş Müfettişlerinin her işyerinde mutlaka denetim yapmak, her şeyi kontrol etmek gibi bir zorunlulukları yoktur. Elbette ki denetimde bu hususun tespiti yapılırdı, işverene yaptırım uygulansaydı kazanın olmama ihtimali vardır. Ancak bu sadece zayıf bir ihtimalden ibarettir. Denetimin nerede, ne zaman

hangi kriterler göz önüne alınarak yapılacağı kesin değildir. Bu nedenle olay ile Denetim Elemanları arasında illiyet bağı yukarıdaki örnekte olduğu gibi zayıflamaktadır. Bu nedenle de illiyet bağının varlığı kabul edilemez.

İki benzer örnekten anlaşılacağı üzere birinde illiyet bağı aranıp, diğesinde aranmaması hukuk açısından kabul edilemez bir durumdur.

Diğere bir örnek vermek gerekirse; Tutuklu yargılanması gereken bir şüpheliyi tutuksuz yargılanmak üzere serbest bırakan hakim veya savcı, şüphelinin serbest bırakılmasından sonra tekrar bir cinayet işlemesi durumunda, hakim veya savcının işlenen suçla illiyet bağı kurulması hukuken nasıl bir garabetse, denetim elemanlarının iş kazası durumunda yargılanması da aynı derecede yanlış ve hatalı bir durumdur.

## 9. SONUÇ

AB Üyesi ülkelerdeki İSG politikaları ve uygulamalarının en dikkat çekici yanı gönüllülük esasına ve cezalandırmadan çok ödüllendirme ve teşviklere dayanmasıdır. Bu birçok sorunun çözümünde anahtar rol oynamaktadır. Bu hem paydaşların motivasyonunu arttırmakta ve hem de devletim yükünü önemli oranda azaltmaktadır. Artık polisiye tedbirlerle modern dünyada sonuç almak mümkün değildir. Kurallar ve yasalar teşvik edici olursa daha iyi sonuç alındığı bir gerçektir.

Gelinen bu süreçte, yaşanan iş kazalarının kamu görevlilerinin ihmali nedeniyle meydana geldiği anlayışı üzerinden yargılama sürecinin devam ettirilmesi halinde, işyerlerinde iş kazalarının yaşanmasının önüne geçmek için yasal olarak önlem alma yükümlülüğü olan işverenlerin yerine devletin ve kamu görevlilerinin sorumlu olarak gösterilmesine yol açacağı ve işverenlerinin önlem alma sorumluluğunu azaltmakla birlikte kaza sonrası doğacak zararların da işveren yerine devlet tarafından karşılanmasının önünü açacağı değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak çözümün kaynağı top yekûn sorumlulukların yerine getirilmesidir.

Bu konuda paydaşlara düşen görevler şu şekilde olmalıdır:

Devletin;

Eğitim Politikası: İyi bir vatandaş, sorumlu birey, kendinden çok toplumun menfaatini gözeten, eğitilebilir insan yetiştirme,

Mesleki Eğitim ve İstihdam Politikası: Ekmeğini kimseye muhtaç olmadan ve gelecek kaygısı taşımadan kazanabileceği bir iş sağlanmasını amaçlayan, ülke çapında ihtiyaç duyulan iş gücü ve istihdamın sağlanması,

Yeraltı ve Yerüstü Kaynak ve Üretim Politikası: Ülke kaynaklarını ve ürünlerinin en fazla katma değer üretecek şekilde değerlendirilmesini sağlanması,

İşverenlerin; yaptıkları işlere göre eğitim görerek lisans almalı, yeterli eğitim, bilgi, makine ekipman ve kadro oluşturarak iş yapmaları sağlanmalıdır.

Çalışanlar da yaptıkları işlerde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uymalı, gerekli koruyucu ekipmanları kullanmalı, kendilerini ve başka çalışanları riske atacak hareketlerden kaçınmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

Gerek, N, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği-Anadolu Ü. 2007

ILIS İş Sağlığı ve Güvenliğini Geliştirme Projesi-İş Teftiş Sistemi Hakkında Uygulama Rehberi.İş Teftiş Kurulu Yayın No:32

([http://www.csgb.gov.tr/csgbPortal/ShowProperty/WLP%20Repository/itkb/dosyalar/yayinlar/yayinlar2013/2009\\_32](http://www.csgb.gov.tr/csgbPortal/ShowProperty/WLP%20Repository/itkb/dosyalar/yayinlar/yayinlar2013/2009_32))

Avrupa Birliği'nde İş Sağlığı ve Güvenliği. ÇSGB Yayın No:12. 2014

([http://www.casgem.gov.tr/Casgem/content/conn/casgem/path/Contribution%20Folders/Casgem/AnaSayfa/Yay%C4%B1n\\_ve\\_Dokumantasyon/2-AB](http://www.casgem.gov.tr/Casgem/content/conn/casgem/path/Contribution%20Folders/Casgem/AnaSayfa/Yay%C4%B1n_ve_Dokumantasyon/2-AB)

ISG.pdf;jsessionid=yh60TsLQhzyMy8kwZvvgJmZrG92QJQnTd70pWlSpvQWGI85syGmh!-962447794)

Fikret Eren, Borçlar Hukuku Genel Hükümler, 25. Baskı, Ankara, Yetkin Yayınevi, 2020, s. 561;  
Fikret Eren, Sorumluluk Hukuku Açısından Uygun İlliyet Bağı Teorisi, Ankara, Sevinç Matbaası, 1975, s. 1; Sefa Reisoğlu, Borçlar Hukuku Genel Hükümler, 25. Baskı, İstanbul, Beta Yayınevi, 2014, s. 175.

Haluk Tandoğan, Türk Mes'uliyet Hukuku, Ankara, Ajans Türk Matbaası, 1961, s. 77.

Mert, Demir- İlliyet (Nedensellik) Bağını Kesen Sebepler

<https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4>

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2022-49513>

# **ULUSLARARASI KÖMÜR MEVZUATININ İNCELENMESİ VE ÜLKEMİZ İÇİN YAPILAN DEĞERLENDİRMELER**

## ***A STUDY OF INTERNATIONAL COAL LEGISLATION AND EVALUATIONS FOR TÜRKİYE***

**Rahmi Kocaman\***

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, İSG Koordinatörlüğü, Ankara*

**Serdar Yılmaz**

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak*

**Birsen Kocaman**

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Doğaltaş Dairesi, Ankara*

**ÖZET** Gelişmekte olan ülkeler ellerinde bulunan potansiyelleri kullanmak adına politikalar geliştirmekte ve enerji üretiminde yerli kaynak kullanmayı tercih etmektedir. Yerli enerji kaynaklarımızın başında da kömür gelmektedir. Kömürlerin verimli, ekonomik, rezerv kaybına uğramadan iş kazalarının yaşanmaması için çeşitli yasal yaptırımlara da ihtiyaç vardır. Bu yaptırımların başında kanuni uygulamalar gelmektedir. Kömür üretimi yüksek olan ülkelerin maden kanunları incelemesi yapılmıştır. Avustralya Maden Kanunu, Amerika Birleşik Devletleri Maden Kanunu, Güney Afrika Cumhuriyeti Maden Kanunu, ülkemizde maden yasal düzenlemeleri ve maden kanununda yapılan değişiklikler, Anayasa'da madencilikle ilgili hüküm, Türkiye Maden Kanunundan bahsedilmektedir. Ülkemizde kömür için ayrı bir Maden Kanunu bulunmamaktadır. Bu çalışmada örnek olabileceği düşünülen iyi uygulamaları olan bazı ülkelerin kömürle ilgili İSG yönelik hazırlanmış olan mevzuat incelemesi yapılarak bu kanunların amaçları, uygulamaları ve etkileri değerlendirilerek ülkemiz için de kömür madenciliğine yönelik olarak etkin ve tesirli, kömür madenciliğine olumlu şekilde yön vereceği, kazaların önüne geçilmesine olanak sağlayacağı, ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlayacağı düşünülerek önerilerde bulunulmuştur.

**ABSTRACT** Developing nations are formulating policies to harness their potential and opting for the utilization of indigenous resources in energy production. Coal stands out as one of our indigenous energy sources. Various legal sanctions are also needed for coal to be efficient and economical, and to prevent reserve loss and work accidents. Legal practices are among these sanctions. The mining laws of countries with high coal production have been examined. The Australian Mining Law, the United States Mining Law, the South African Mining Law, the legal regulations on mining in our country, changes made in the mining law, provisions related to mining in the Constitution, and the Turkish Mining Law are mentioned. There is no separate Mining Law for coal in our country. In this study, legislation related to occupational health and safety (OHS) concerning coal in some countries, which is considered to be good practices and could be exemplary, has been examined. The purposes, implementations, and effects of these laws are evaluated, and suggestions are made for effective and influential regulations for coal mining in our country, which are thought to contribute positively to coal mining, prevent accidents, and positively contribute to the national economy.

\* [rkocaman74@gmail.com](mailto:rkocaman74@gmail.com)

## **1. GİRİŞ**

Kömürün dünya üzerinde 80 ülkede çıkartılıyor olması bu enerji kaynağının global pazar açısından önemini artırmaktadır. Ülkelerin kendi enerjilerini öz kaynaklarından sağlamak için kömür önemli bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Kömür üretim maliyetlerinin diğer enerji kaynaklarına göre daha düşük olması kömürün dünya genelindeki üretim ve tüketim miktarlarını artırmaktadır. Kömür bir enerji kaynağı olması sebebiyle çoğunlukla dünya genelinde kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ellerinde bulunan potansiyelleri kullanmak adına politikalar geliştirmekte ve enerji üretiminde yerli kaynak kullanmayı tercih etmektedir.

Bu çalışmada kömür hakkında genel bilgiler verildikten sonra dünya ve ülkemizdeki kömür rezervleri, üretimleri, kullanım alanları, ülkelerdeki kömür madenciliği incelenmekte, ardından Avustralya Maden Kanunu, Amerika Birleşik Devletleri Maden Kanunu, Güney Afrika Cumhuriyeti Maden Kanunu, ülkemizde maden yasal düzenlemeleri ve maden kanununda yapılan değişiklikler, Anayasa'da madencilikle ilgili hüküm, Türkiye Maden Kanunu, Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri ve Güney Afrika Cumhuriyetinde uygulanan kömür mevzuatlarından ve maden kazalarından bahsedilmektedir. Sonrasında sonuç ve öneriler kısmıyla tamamlanmaktadır. Kömür madenciliği ile ilgili mevzuatlar çoğu ülkede diğer madenlerle birlikte ele alınmıştır. Kömür için ayrı bir Maden Kanunu bulunmamaktadır. Bu çalışmada örnek olabileceği düşünülen iyi uygulamaları olan bazı ülkelerin kömürle ilgili İş Sağlığı ve Güvenliğine yönelik hazırlanmış olan mevzuat incelemesi yapılarak bu kanunların amaçları, uygulamaları ve etkileri değerlendirilerek Türkiye için de kömür madenciliğine yönelik daha etkin ve tesirli, kömür madenciliğine olumlu şekilde yön verecek, kazaların da önüne geçilmesine olanak sağlayacak, ülke ekonomisine de sağlayacağı olumlu katkılar düşünülerek kömür için mevzuat değişikliğinin yapılması gerekliliği önem arz etmektedir.

## **2. ÜLKEMİZDE MADENCİLİKLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER VE MADEN KANUNU DEĞİŞİKLİKLERİ**

Osmanlı Devleti dönemindeki ilk yasal düzenleme 1858'de çıkarılan Arazi Kararnamesi'dir. Bu kanun 1906'ya kadar yürürlükte kalmıştır. 1865'te Dilaver Paşa nizamnamesi; Ereğli'de çalışan kömür işçilerinin çalışma koşullarını iyileştirmek ve işverenin işçi üzerindeki haksız baskısını ortadan kaldırmak amacıyla 1865 yılında yürürlüğe giren bir düzenlemedir. Ancak asıl amaç, çalışan insanları iyileştirmekten çok, o dönemdeki işçi sıkıntısına çare bulmaktır. Şartları iyileştirilerek milletin tarla yerine madende çalışması istenmiştir. 1906 yılında Maden Nizamnamesi yürürlüğe girdi. Ayrıca 1901 yılında yürürlüğe giren Taş Ocakları Nizamnamesi de uygulamalara girmiştir. Cumhuriyet Döneminde; 1954 yılında 6309 sayılı Maden Kanunu yürürlüğe girmiş ve yabancı şirketlerin madencilik alanında ruhsat alarak faaliyet göstermelerine

izin verilmiştir. 14.10.1978 tarih ve 16431 sayılı Resmî Gazetede Devletçe İşletilecek Madenler Hakkındaki 2172 sayılı Yasa yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yasal düzenleme ile Bakanlar Kuruluna, belirli bölgelerde belirli türdeki madenlerin devlet tarafından aranmasına ve işletilmesine karar verme ve daha önce Türkiye'de gerçek ve tüzel kişilere verilen arama ruhsatları ve işletme haklarını geri alma yetkisi verilmiştir. 13.06.1983 tarih ve 18076 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 2840 sayılı yasa ile Bor Tuzları, Trona ve Asfaltit madenleri ile Nükleer Enerji Hammaddelerinin İşletilmesi, Linyit ve Demir Sahalarının bazılarının İadesi kabul edilmiştir. Bu yasa ile 1978 yılında devlete devredilen, devletin hüküm ve tasarrufunda olan alanların bir kısmı eski sahiplerine iade edilmiştir.

“3213 sayılı Maden Kanunu” 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe girmiştir. “3213 sayılı Maden Kanunu” nda sektörün sorularının çözümü, çevresel etkenler, işletme güvenliği gibi nedenlerden dolayı günün şartlarına göre zaman zaman ihtiyaç duyulduka değişiklikler yapılmış olup bu değişiklikler şunlardır; 12.06.1987 tarihinde 3382 sayılı kanun ile Maden Kanunu'nun 2. maddesinde değişiklik yapılmıştır. 16.02.1994 tarihinde “Bor Tuzları, Trona ve Asfaltit Madenleri ile Nükleer Enerji Hammaddelerinin İşletilmesini, Linyit ve Demir Sahalarının Bazılarının İadesini Düzenleyen Kanun” un bir Maddesinde Değişiklik Yapılmasına Dair 3971 sayılı Yasa yürürlüğe girmiştir. 3971 sayılı Kanun ile 2840 sayılı yasanın ikinci maddesi değiştirilerek “*Bor tuzları, uranyum ve toryum madenlerinin aranması ve işletilmesi Devlet eliyle yapılır*” hükmü getirilmiş, trona ve asfaltit madenlerinin özel sektör tarafından aranması ve işletilmesine imkân sağlanmıştır. 05.06.2004 tarihinde 5177 sayılı yasa yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 5177 sayılı Kanun ile 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanunu'nda değişiklikler yapılarak bazı maddeleri yürürlükten kaldırmış, bazı maddeleri değiştirilmiştir. 03.02.2005 tarihinde 25716 sayı ile (5177 sayılı kanunla değiştirilen) 3213 sayılı Maden Kanunu'nun uygulanması ile ilgili usul ve esaslar düzenlenerek Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği resmî gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 24.06.2010 tarihinde 5995 sayılı yasa yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 5995 sayılı Kanun ile 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanunu'nda değişiklikler yapılarak bazı maddeleri yürürlükten kaldırmış, bazı maddeleri değiştirilmiştir. 06.11.2010 tarihinde 27751 sayı ile (5995 sayılı kanunla değiştirilen) 3213 sayılı Maden Kanunu'nun uygulanması ile ilgili usul ve esaslar düzenlenerek Maden Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği resmî gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 18.02.2015 tarihinde 6592 sayılı yasa yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 6592 sayılı Kanun ile 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanunu'nda değişiklikler yapılarak bazı maddeleri yürürlükten kaldırmış, bazı maddeleri değiştirilmiştir. 21.09.2017 tarihinde 30187 sayı ile (6592 sayılı kanunla değiştirilen) 3213 sayılı Maden Kanunu'nun uygulanması ile ilgili usul ve esaslar düzenlenerek Maden Yönetmeliği resmî gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Halen yönetmeliğin kanuna aykırı olmayan kısımları



uygulanmaktadır. 6592 sayılı kanundan sonra da 3213 sayılı kanunda 27/01/2016 ile 02/12/2020 tarihleri arasında da 6661, 6719, 6745, 6770, 7020, 7061, 7103, KHK/700, KHK/703, 7164, 7176, 7226, 7257 sayılı kanunlar ile birtakım değişiklikler yapılmıştır (Resmi Gazete, www.mevzuat.gov.tr, 2024).



Şekil 1. Madenci Anıtı Zonguldak.

## **2.1. Anayasa'da Madencilikle İlgili Hüküm**

Anayasamızda “*Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletilmesinin devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılması. Kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim, usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir.*” hükmü ile Maden Kanunu’nun 4. maddesinde “*Madenler Devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, içinde buldukları arzın mülkiyetine tabi değildir.*” hükmü yer almakta olup ülkemizde Anayasanın ve Maden Kanunu’nun yukarıdaki açık hükmüne göre tabii kaynaklar buldukları arzın mülkiyetine tabi değildir. Devlet, bu tasarrufu kamu iktisadi kuruluşlarına veya gerçek ve tüzel kişilere belli süreler için devredebilir (Anayasa).

## **5.2. 3213 Sayılı Maden Kanunu’na Bakış**

Ülkemizde; madenlerin milli menfaatlere uygun olarak aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesi ile ilgili esas ve usuller 3213 sayılı Maden Kanunu’nda düzenlenmiştir. Kanuna göre madenlere ilişkin işlemler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

3213 sayılı Maden Kanunu’nda madenler; “*Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticarî değeri olan petrol, doğal gaz, jeotermal ve su*

*kaynakları dışında kalan her türlü madde bu Kanuna göre madendir. Madenler aşağıda sıralanan gruplara göre ruhsatlandırılır: I. Grup madenler, II. Grup madenler, III. Grup madenler, IV. Grup madenler, V. Grup madenler” olarak belirtilmiştir.*

Anayasamıza ve Maden Kanunu’na göre madenler devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, içinde buldukları arzın mülkiyetine tabi değildir. “Madenler üzerinde tesis olunan ilk müracaat (takaddüm), arama ruhsatı, buluculuk, görünür rezerv geliştirme ve işletme ruhsatı haklarının hiçbiri hisselerine bölünemez. Her biri bir bütün hâlinde muameleye tabi tutulur. Maden hakları, medeni hakları kullanmaya ehil T.C. vatandaşlarına, Türkiye Cumhuriyeti Kanunlarına göre kurulmuş tüzelkişiliği haiz şirketlere, bu hususta yetkisi bulunan kamu iktisadi teşebbüsleri ile müesseseleri, bağlı ortaklıkları ve iştirakleri ile diğer kamu kurum, kuruluş ve idarelerine verilir. Maden hakları gerçek veya tüzel tek kişi adına verilir.

Ruhsatlar için her yıl ruhsat alanına göre ruhsat bedeli alınmaktadır. Kaynak tuzlaları, lületaş ve oltutaşı için düzenlenen ruhsatlardan ruhsat bedeli alınmaz. Devlet hakkı ocaktan çıkarılan madenin ocak başındaki fiyatından alınır. Ocak başı satış fiyatı her yıl Genel Müdürlük tarafından ilan edilen miktardan az olamaz ve devlet hakkı da ruhsat bedelinden az olamaz. Ruhsat sahibi, arama ve/veya işletme ruhsatı süresince Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Koduna göre hazırlanan teknik raporlar ile kaynak veya rezerv olarak bildirdiği madenlerin bulucusu sayılır. Bu hakkı talep eden ruhsat sahibine buluculuk belgesi verilir.”

Kanuna göre ilk müracaat ve ruhsatlandırma işlemleri ise şu şekilde yapılmaktadır. “II. Grup (b) bendi ve IV. Grup madenler dışındaki ruhsatlar ihale ile verilir. I. Grup, II. Grup (a) ve (c) bendi madenler için doğrudan işletme ruhsatı verilir. II. Grup (b) bendi, III. Grup, IV. Grup madenler, V. Grup madenler arama ruhsatı ile aranır. II. Grup (b) bendi ve IV. Grup madenler için yapılan müracaatların işletme ruhsat taban bedeli ödenerek yapılması zorunlu olup müracaatlarda öncelik hakkı esastır. I. Grup (a) bendi madenler için alanlar il özel idarelerince ihale edilerek işletme ruhsatı verilir.

İşletme ruhsatı safhası, “arama ruhsatlı sahalara, geçici tesis alanı ile arama süresince belirlenen görünür ve/veya muhtemel rezerv alanı üzerine, arama ruhsatının diğer kısımları taksir edilerek, işletme ruhsatı verilir. İşletme ruhsatlarında, geçici tesis alanı ve görünür rezerv alanına işletme izni verilir. GSM, ÇED, mülkiyet izni ve Genel Müdürlük kayıtlarına işlenmiş izin alınması gereken alanlara ilişkin olarak gerekli izinlerin alınmasına müteakip işletme izni verilir. Bu iznin verildiği tarihten itibaren Devlet hakkı alınır. İşletme izni devredilemez. İşletme ruhsatı bir bütün olarak ve yönetmelikte belirtilecek esaslar çerçevesinde devredilebilir. Arama ve işletme ruhsatının fes olunması, yürürlük sürelerinin bitmesi veya terk sebebiyle sona ermesi

hallerinde ruhsat sahibine tazminat verilmeksizin kuyular, galeriler ve bunların muhafazası için yapılmış olan iksa tesisleri Devlete intikal eder. Bütün maden hakları ve faaliyetleri ile ilgili teknik ve mali konularla ilgili maden sicili Genel Müdürlük tarafından tutulur. Maden haklarının devir, intikal, haciz, rehin ve ipotek veya sona erme durumları bu sicile işlenir. Maden sicili alenidir. Maden sicilindeki kayıtların bilinmediği iddia edilemez. Madenler üzerine iktisap edilecek haklar tescil edilmedikçe hüküm ifade etmez. Madenlerden çıkarılan cevherler, arama ve işletme ruhsat sahibinin Genel Müdürlüğe yazılı müracaatları üzerine bildirildiği şahıslara kabzedilmeksizin rehnedilebilir. Bu durum maden siciline kaydedilir.

Maden arama dönemi içerisinde arama sahası özel mülkiyete konu gayrimenkul üzerinde kullanma amacına has olmak üzere belli süreler için madenci, Genel Müdürlüğe müracaat ile irtifak ve/veya intifa hakkı tesisi isteyebilir. İrtifak ve/veya intifa hakkı karşılığı, Kamulaştırma Kanunu'na uygun olarak seçilecek bilirkişiler tarafından tespit edilir. İşletme ruhsat sahasında ve/veya mücavirinde kurulacak tesislerde kullanılacak ve ruhsat sahası dışından getirilecek olan su, doğalgaz, elektrik ve haberleşme hatları için ruhsat sahibi Genel Müdürlüğe müracaat ederek irtifak ve/veya intifa hakkı tesisi isteyebilir

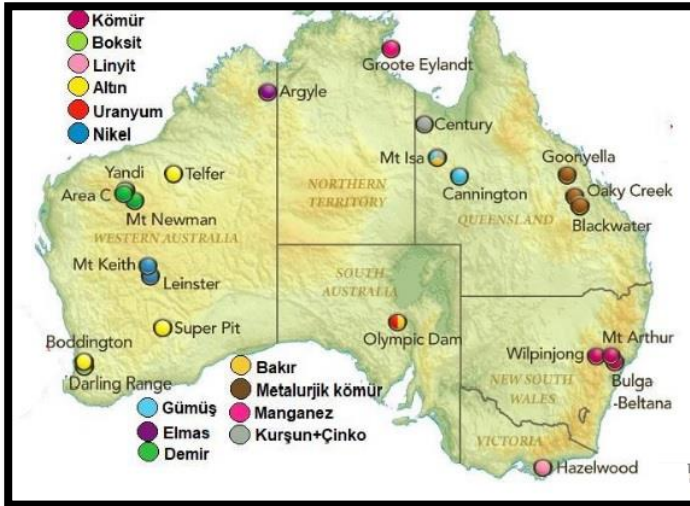
### **3. AVUSTRALYA, ABD VE G. AFRİDA KÖMÜR MADENCİLİĞİ VE KÖMÜR MADENCİLİĞİ MEVZUATLARI**

#### **3.1. Avustralya Kömür Madenciliği Mevzuatı**

Avustralya Kömür mevzuatı ile ilgili yapılan incelemeye göre; kömürün yönetimi, kömür maden hakları, ruhsat alma vb. durumlar için ayrı bir kömür maden kanunu bulunmamakta olup diğer madenlerle aynı kanun içerisinde yer almaktadır. Avustralya'da sadece kömüre has olarak Queensland eyaleti mevzuatları içerisinde "Kömür Madenciliği Güvenlik ve Sağlık Yasası 1999" (Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999)'nın bulunmaktadır. "Kömür Madenciliği Güvenlik ve Sağlık Yasası" (Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999); kömür madenlerinin işletilmesini düzenleyen, kömür madenlerindeki kişilerin ve kömür madenciliği faaliyetlerinden etkilenebilecek kişilerin güvenliğini ve sağlığını koruyan ve diğer amaçlarla ilgili bir Kanundur.

Kanun, Devlet ve Parlatentonun yasama yetkisinin izin verdiği ölçüde İngiliz Milletler Topluluğu ve diğer tüm Devletler dahil olmak üzere tüm kişileri bağlar. Kanundaki hiçbir şey Devleti bir suçtan dolayı sorgulayamaz. Bu Kanun, kömür madenleri ve kömür madenciliği faaliyetleri için geçerlidir. Kanun; bir kömür madenindeyken kişilerin güvenliğini veya sağlığını etkileyebilecek herkes için, kömür madenciliği faaliyetleri sonucunda kişilerin güvenliğini veya sağlığını etkileyebilecek

herkes için geçerlidir. Bu Kanunun amaçları ise şunlardır; kömür madenlerinde çalışanların ve kömür madenciliği faaliyetlerinden etkilenebilecek herkesin sağlık ve güvenliğini korumak; herhangi bir kişinin kömür madenciliği faaliyetlerinden kaynaklanan yaralanma veya hastalık riskinin kabul edilebilir bir seviyede olmasını sağlamak; bu Kanun ve diğer madencilik mevzuatı kapsamında güvenlik ve sağlıkla ilgili hükümlerin etkinliğini ve idaresini sağlamaktır. Bu kanunun amaçları şu şekilde gerçekleştirilmektedir. Kömür madenlerini işleten veya kömür madenlerinde başkalarının güvenliğini veya sağlığını etkileyebilecek kişilere güvenlik ve sağlık yükümlülükleri vermek; riski etkin bir şekilde yönetmek için kömür madenlerinde güvenlik ve sağlık yönetim sistemleri sağlamak; risk yönetimi ve kontrolünü zorunlu kılmak ve desteklemek için kömür maden işletmesinde düzenlemeler ve kabul edilebilir uygulamalar yapmak; kömür maden işletmesinde güvenlik ve sağlığı iyileştirmeye yönelik stratejiler geliştirmek için bir güvenlik ve sağlık danışma komitesi oluşturmak; kömür madeni işçilerinin sağlık ve güvenliği ile ilgili olarak temsil edecek güvenlik ve sağlık temsilcileri atamak; kömür madenlerinde risk yönetimi ve kontrolünün etkinliğini izlemek ve yeterli risk yönetimini sağlamak için gerekli önlemleri almak üzere müfettişler ve diğer görevlileri atamak; kömür madenlerindeki kişilerin yeterliliklerinin değerlendirilmesi ve tanınması için gerekli çalışmaların yapılması; kömür madenlerinin güvenli bir şekilde işletilmesini sağlayabilecek yetkin bir yönetim yapılarının oluşturulması; kömür madeninde kurtarma ekibinin kurulması; kömür madenlerinde acil durumlar için en iyi düzeyde hazırlık yapılması; kömür madeni işçisi olan, olacak veya olmuş olan kişilerin sağlık değerlendirmesi ve sağlık gözetiminin yapılması ile kanunun amaçları gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2. Avustralya Maden Bölgeleri.

Kabul edilebilir bir risk derecesi; kömür madenciliği faaliyetlerinde bulunabilmek için riskin kabul edilebilir sınırlar içinde olması; makul olarak elde edilebilecek kadar

düşük olması gerekir. Riskin kabul edilebilir sınırlar içinde ve makul olarak elde edilebilecek kadar düşük olup olmadığına karar vermek için risk altında olan bir kişinin yaralanma veya hastalanma olasılığı; yaralanma veya hastalığın ciddiyeti dikkate alınmalıdır. Kabul edilebilir bir risk derecesine ulaşmak için; kanuna göre her bir kömür madeni için risk yönetiminin devreye alınması, risk yönetiminin her bir kömür madeni için uygun risk yönetimi faktörünü ve uygulamalarını içermesi gerekmektedir. Risk yönetiminde; riski tanımlamak, analiz etmek ve değerlendirmek; kabul edilemez riski önlemek veya ortadan kaldırmak; risk derecesini ve riskin olumsuz sonuçlarını izlemek; ciddi kazaların ve yüksek potansiyelli olayların nedenlerini, tekrarlanmalarını önlemek amacıyla araştırmak ve analiz etmek; risk kontrol önlemlerinin etkinliğini gözden geçirmek ve uygun düzeltici ve önleyici faaliyetleri gerçekleştirmek; risk olasılığını azaltmak, ya da şiddetini düşürerek risklerin etkisini azaltmak gerekmektedir. Bir kömür madeninde kişiler için kabul edilemez düzeyde bir risk varsa, Kanun şunları gerektirmektedir: Kişiler güvenli bir yere tahliye edilmelidir; Riski kabul edilebilir bir derecesine indirmek için önlemler alınmalıdır. Riski kabul edilebilir bir dereceye indirmeye yönelik olarak, riske neden olan ekipmanların kullanımının durdurulmasını içerebilir. Kömür madeni işletmecisi, saha üst düzey yöneticisi, iş sağlığı ve güvenliği temsilcileri, kömür madeni çalışanları, müfettişler veya teftiş görevlileri tarafından işlem yapılır (Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999).

Yukarıdaki kanun incelemesinde de görüleceği üzere (Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999) Kömür Madencilik Güvenlik ve Sağlık Yasasının tamamen İş Sağlığı ve Güvenliği konularını kapsamakta olduğu görülmüştür. 3213 sayılı maden kanununun usul ve esasları kapsamında yer almadığı, 6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmeliklerini kapsadığı kanunun incelenmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kömür madenlerinde iş kazalarının azaltılmasına yönelik iyi örnek mevzuat uygulaması olarak iş güvenliği açısından birçok maddesi bulunmaktadır. Safe Work Australia 'da "Madencilik sektörü, son on yılda sağlık ve güvenlik alanında önemli iyileştirmeler yaparak hem ölümlerin hem de ciddi yaralanmaların görülme oranlarını azalttı. Bununla birlikte, madencilik sektörü hala tüm sektörler arasında en yüksek ölüm oranlarından birine sahiptir. 2015'e kadar olan 12 yılda, madencilik sektöründeki ölüm oranı, 2003'te 100.000 işçi başına 12,4 işçi ölüm oranından, 2015'te 4,4'e %65 oranında düştü. Her yıl ortalama 9 işçi ölümü olduğu" belirtilmektedir ([www.safeworkaustralia.gov.au](http://www.safeworkaustralia.gov.au), 2022).

Bu itibarla, Kömür Madencilik Güvenlik ve Sağlık Yasasının uygulanmasıyla ve madencilik sektöründeki sağlık ve güvenlik alanındaki önemli iyileştirmelerle kaza istatistiklerinden de kazaların azaldığı anlaşılmaktadır. Mevcut durumda 3213 sayılı Maden Kanunu'na katkı sağlayacak maddelerinin bulunmadığı, ancak bu kanunun

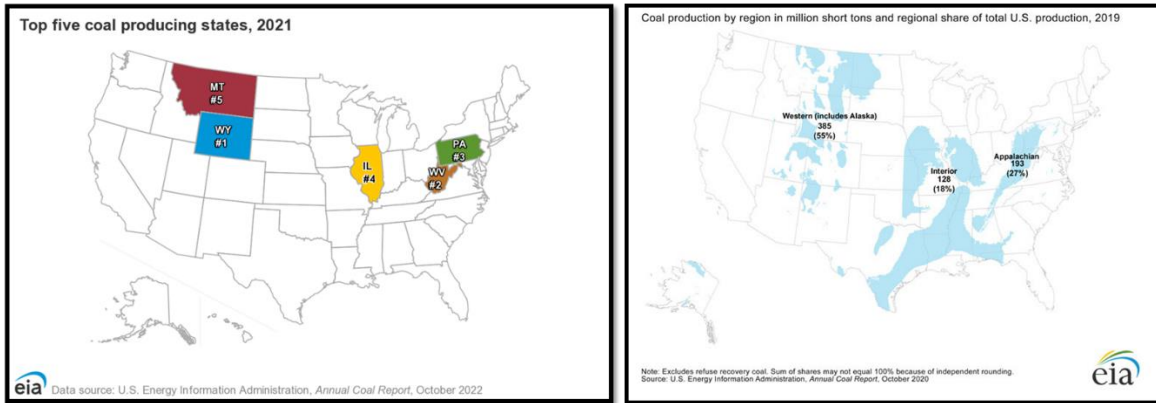
maddelerinin Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı görev alanına girdiği düşünülmektedir.

### **3.2. ABD Kömür Madenciliği Mevzuatı**

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) kömür mevzuatı ile ilgili yapılan incelemeye göre; kömürün yönetimi, kömür maden hakları, ruhsat alma vb. durumlar için yürürlükte olan ayrı bir kömür maden kanunu bulunmamakta olup diğer madenlerle aynı kanun içerisinde yer almaktadır. ABD’de mevzuatları içerisinde “1977 tarihli Federal Maden Güvenliği ve Sağlığı Yasası” (The Federal Mine Safety and Health Act of 1977) bulunmaktadır. ABD’de de yaygın olarak Maden Yasası olarak bilinen ve 15 Haziran 2006’da 2006 tarihli Maden İyileştirme ve Yeni Acil Müdahale (MINER) Yasası ile değiştirilmiş olan 1977 tarihli Federal Maden Güvenliği ve Sağlığı Yasası Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi’nin (MSHA) faaliyetlerini yöneten yasadır. Ticarete giren veya işlemleri veya ürünleri ticareti etkileyen her kömür veya diğer maden ve bu madenin her işletmecisi ve bu madende çalışan her madenci bu Kanun hükümlerine tabidir. Maden Kanunu uygulama sorumluluklarını İçişleri Bakanlığında Çalışma Bakanlığına devretmiş ve yeni teşkilata Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi adını vermiştir. Maden Yasası MSHA 'nın eylemlerinin çoğunun bağımsız olarak gözden geçirilmesini sağlamak için bağımsız Federal Maden Güvenliği ve Sağlık İnceleme Komisyonu'nu kurmuştur. Maden Yasası, 1969 Kömür Yasasını önemli şekilde değiştirmiş ve madencilik sektörünün tüm federal sağlık ve güvenlik düzenlemelerini hem kömür hem de metal - ametal tek bir yasa altında birleştirmiştir.

Tüm yer altı madenlerinde dört yılda bir teftiş yapılması, tüm yüzey madenlerinde iki yılda bir teftiş yapılması, madenciler için güçlendirilmiş ve genişletilmiş haklar sağlanması, madencilerin bu tür hakları kullandıkları için zarar verici eylemlerden daha iyi korunması, zorunlu madenci eğitimi hükümlerinin belirlenmesi, tüm yer altı madenleri için gerekli maden kurtarma ekiplerinin kurulması Maden Yasasının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Tüm kömür ve diğer maden sektörlerinde birinci öncelik bu sektör açısından en değerli kaynağın yani madencinin sağlığı ve güvenliği olmalıdır; kömür ve diğer maden sektörlerindeki güvensiz ve sağlıksız koşullardan kaynaklanan ölümler ve ciddi yaralanmalar madencilere ve ailelerine büyük acı ve ıstırap vermektedir; bu yüzden ulusal kömür maden ocakları ile diğer madenlerdeki ölümleri ve ciddi fiziksel zararları, bu tür madenlerden kaynaklanan mesleki hastalıkları engellemek amacıyla çalışma koşullarını geliştirmek için daha etkili araçlar ve önlemler sağlamak acil bir ihtiyaçtır; kömür ve diğer madenlerdeki güvensiz ve sağlıksız koşullarının varlığı kömür ve diğer madenlerin gelecekteki büyümesine ciddi bir engel teşkil etmektedir ve bu kabul edilemez; bu tür madenlerin işletmecileri, madencilerin de yardımıyla söz konusu koşulların ve uygulamaların varlığından birinci derecede sorumludur; kömür ve diğer madenlerdeki maden kazaları ya da mesleki

hastalıklar gereksiz yere işletmecinin üretimini aksamasına ve gelir kaybına yol açarak ticarete yük olmakta; bu nedenle geçici zorunlu sağlık ve güvenlik standartlarını inşa etmek ve Sağlık, Eğitim ve Refah Bakanlığı ve İş Bakanlığı'na kömür ve diğer madenlerdeki madencileri koruması için geliştirilen standardı artırma ve yayınlama görevi vermek; tüm kömür veya diğer maden işletmecisinin ve madencisinin bu standartlara uymasını sağlamak; gelişmekte olan Eyaletlerle işbirliği ve yardım sağlayarak maden sağlık ve güvenlik programlarını etkili uygulamalarını sağlamak; diğer eyaletlerle işbirliği içinde kömür ve diğer maden sektöründeki maden kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek için araştırma ve eğitim programlarını geliştirme ve yaymak kanunun amaçlarındandır (www.msha.gov, 2022; Federal Mine Safety & Health Act of 1977). Amerika Birleşik Devletleri'ndeki maden güvenliği ve sağlığı mevzuatının geçmişi bir asırdan daha eskiye dayanmaktadır. Madenci güvenliğini ve sağlığını iyileştirmeye yardımcı olması için yapılan yasalar ve değişikliklere göz attığımızda; (Eski yasalar) Güvenlik ve sağlık mevzuatında kademeli yapılan iyileştirmeleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz; 1891 - İlk Federal maden güvenliği yasası kabul edildi; 1910 - Maden Bürosu oluşturuldu; 1941 - Federal müfettişlere giriş hakkı verildi; 1947 – Bitümlü kömür ve linyit madenleri için güvenlik standartları oluşturuldu; 1952 - Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası kabul edildi; 1961 – Metal/ametel madenlerdeki yaralanmaları ve tehlikeleri inceleme yetkisi veren çalışma; 1966 - Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası tüm yeraltı kömür madenlerini kapsayacak şekilde genişletildi; 1966 – Federal Metal ve Ametal Maden Güvenliği Yasası kabul edildi, (Kömür yasası) Sağlık ve güvenlik mevzuatında yapılan önemli değişiklikler ise; 1969 – Federal Kömür Madeni Sağlık ve Güvenlik Yasası kabul edildi; 1973 – Maden İcra ve Güvenlik İdaresi (MESA) oluşturuldu. (Maden yasası) MSHA'nın oluşturulması; 1977 – Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (MSHA) oluşturuldu; 2006 – Maden İyileştirme ve Yeni Acil Müdahale Yasası (MINER Yasası) kabul edildi. Maden Güvenliği ve Sağlığı Mevzuatında yapılan değişiklikler aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3. En Çok Üretim Yapılan Eyaletler ve Kömür Üretim Bölgeleri.

1891- İlk Federal maden güvenliği yasası kabul edildi; Federal hükümet, yer altı kömür madenlerinde asgari havalandırma gereksinimleri oluşturmak ve operatörlerin 12 yaşın altındaki çocukları çalıştırmamasını yasaklamak için bir yasa çıkardı. Tüzük yalnızca ABD topraklarındaki madenler için geçerliydi.

1910- Maden Bürosu oluşturuldu; kömür madeni ölümlerinin yılda 2.000'i aştığı on yıldan sonra İçişleri Bakanlığı bünyesinde Maden Bürosu'nu kurdu. Büro'nun güvenlik ve sağlık rolü, teftiş yetkisi olmadan araştırma ve soruşturma ile sınırlıydı.

1941- Federal müfettişlere giriş hakkı verildi; Federal müfettişlere teftiş yapmak için kömür madenlerine girme hakkı verdi. Hiçbir güvenlik veya sağlık düzenlemesi zorunlu değildi.

1947 – Bitümlü kömür ve linyit madenleri için güvenlik standartları oluşturuldu; bitümlü kömür ve linyit madenleri için ilk Federal güvenlik standartlarını oluşturdu. Federal müfettişlerin maden işletmecisine ve Devlet maden dairesine ihlalleri bildirmesi için bir hüküm eklendi. Yürütme hükümleri dahil edilmemiştir. Standartların süresi bir yıl sonra sona erdi.

1952- Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası kabul edildi; 1952 tarihli Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası, büyük felaketlerin önlenmesine vurgu yaptı. Kanun, aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi temel bileşene sahipti: Bazı yeraltı kömür madenlerinde gerekli yıllık denetimler, İhlal bildirimleri ve yakın tehlike geri çekme emirleri verme yetkisi de dahil olmak üzere, Maden Bürosuna verilen sınırlı uygulama yetkisi, Yeraltı kömür madenleri için zorunlu güvenlik standartları, "gazlı" madenler için daha katı standartlar, Geri çekme emirlerine uymayan veya müfettişlere maden mülküne erişim vermeyi reddeden maden operatörlerine yönelik hukuki cezaların değerlendirilmesi, bununla birlikte güvenlik standartlarına uyulmaması nedeniyle parasal cezalar için herhangi bir hüküm getirilmemiştir. Ayrıca, tüm yer üstü kömür madenleri ve 15'ten az çalışanı olan tüm madenler Kanun kapsamında muaf tutulmuştur.

1961 – Metal- ametal madenlerdeki yaralanmaları ve tehlikeleri inceleme yetkisi veren çalışma; Maden Bürosu'na metal ve metal olmayan madenlerdeki yaralanmaların ve sağlık tehlikelerinin nedenleri ve önlenmesini kapsayan bir çalışma yürütme yetkisi verdi. Federal yetkililere bilgi toplamak için giriş hakkı verildi. Kanun, kömür ve linyit madenlerini kapsam dışı bırakmıştır.

1966- Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası tüm yeraltı kömür madenlerini kapsayacak şekilde genişletildi; 1952 tarihli Federal Kömür Madeni Güvenlik Yasası'nın kapsamını küçük yer altı kömür madenlerini de kapsayacak şekilde



genişletti. Standartlara uyulmamasının tekrarlanan garanti edilemez başarısızlıkları durumunda geri çekilme emirleri sağladı. Eğitim ve öğretim programları da genişletildi.

1966 – Federal Metal ve Ametal Maden Güvenliği Yasası kabul edildi; 1966 tarihli Federal Metal ve Metalik Olmayan Maden Güvenliği Yasası, metal ve metal olmayan madenler için güvenlik ve sağlık standartlarının geliştirilmesine yönelik prosedürler oluşturur. Standartlar tavsiye niteliğinde veya zorunlu olabilir. Yeraltı madenleri için yılda bir denetim gerekiyordu ve Federal müfettişlere ihlal bildirimleri ve geri çekilme emirleri verme yetkisi verildi. Eğitim ve öğretim programları da genişletildi.

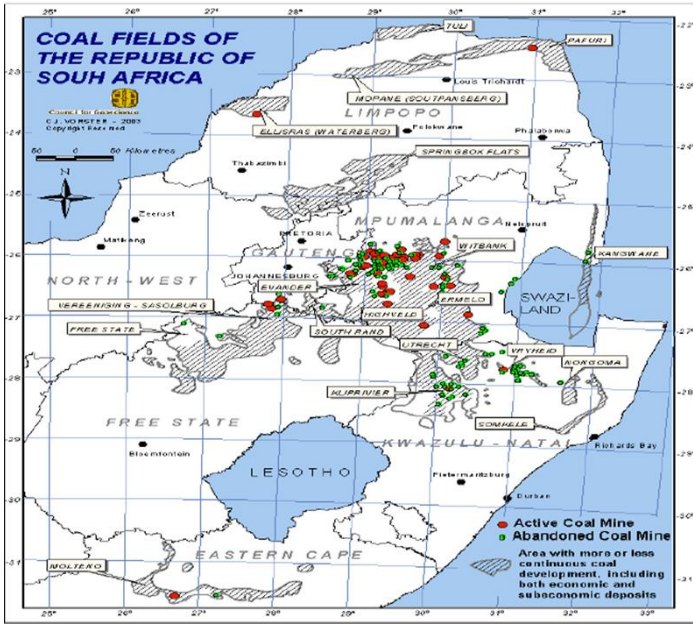
(Kömür Yasası) Sağlık ve Güvenlik Mevzuatında Yapılan Önemli Değişiklikler ise; 1969 – Federal Kömür Madeni Sağlık ve Güvenlik Yasası kabul edildi; Genel olarak Kömür Yasası olarak anılan 1969 tarihli Federal Kömür Madeni Sağlık ve Güvenlik Yasası, madencilik sektörünü bugüne kadar yöneten en kapsamlı ve katı Federal yasaydı. Tüm yeraltı kömür madenlerinde dört yılda bir teftiş yapılması, Tüm yüzey kömür madeninde iki yılda bir teftiş yapılması, Tüm ihlaller için zorunlu para cezaları, bilerek ve kasten ihlaller için cezai yaptırımlar uygulanması, Bireysel Devlet uygulama planları durduruldu, Tüm kömür madenleri için güvenlik standartları güçlendirildi ve sağlık standartları kabul edildi, İyileştirilmiş zorunlu güvenlik ve sağlık standartlarını geliştirmek için oluşturulan özel prosedürler, Eğitim hibe programı başlatıldı, Madencilere Federal denetim talep etme hakkı verildi, Akciğer hastalığı nedeniyle devre dışı bırakılan madenciler bazı haklardan yararlandı.

1973 – Maden İcra ve Güvenlik İdaresi (MESA) oluşturuldu; 1973'te İçişleri Bakanı, Maden Bürosundan ayrı yeni bir departman kurumu olarak Maden İcra ve Güvenlik İdaresini (MESA) kurdu. MESA, daha önce Büro tarafından yürütülen güvenlik ve sağlık uygulama işlevlerini üstlendi. Bu, maden güvenliği ve sağlık standartlarının uygulanması ile Büro'nun maden kaynaklarının geliştirilmesine yönelik sorumlulukları arasında herhangi bir çıkar çatışması görüntüsünü önlemek içindi.

(Maden yasası) MSHA'nın oluşturulması; 1977 – Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (MSHA) oluşturuldu; Yaygın olarak Maden Yasası olarak bilinen 1977 tarihli Federal Maden Güvenliği ve Sağlığı Yasası, şu anda MSHA'nın faaliyetlerini yöneten yasadır. 2006 – Maden İyileştirme ve Yeni Acil Müdahale Yasası (MINER Yasası) kabul edildi; 2006 yılında yapılan değişiklikler, 1977 tarihli Maden Yasasını aşağıdakileri yapılacak şekilde değiştirmiştir: Yeraltı kömür madenlerinde madene özel acil durum müdahale planlarının hazırlanması; Mayın kurtarma ekipleri ve terk edilmiş alanların mühürlenmesine ilişkin yeni düzenlemelerin yapılması; Maden kazalarının anında bildirilmesi, cezaların artırılmasına ilişkin değişiklikler yapılmıştır (www.msha.gov, 2022).

### **3.3. Güney Afrika Kömür Madenciliği Mevzuatı**

Güney Afrika kömür mevzuatı ile ilgili yapılan incelemeye göre; Kömür kanunu 1991 yılında yürürlükten kaldırılmış olup en son düzenleme 2004 yılında yapılmış ve kömürün yönetimi, kömür maden hakları, ruhsat alma vb. durumlar için yürürlükte olan ayrı bir kömür maden kanunu bulunmamakta olup diğer madenlerle aynı kanun içerisinde yer almaktadır. Güney Afrika mevzuatları içerisinde “1996 tarihli Maden Sağlığı ve Güvenliği Yasası 29” (Mine Health and Safety Act, 1996) bulunmakta olup kanun şunları amaçlamaktadır; madenlerde çalışanların ve diğer kişilerin sağlık ve güvenliklerinin korunmasını sağlamak ve bu amaçla - sağlık ve güvenlik kültürünü yerleştirmek; sağlık ve güvenlik önlemlerinin uygulanmasını sağlamak; sağlık ve güvenlik konularına uygun çalışan, işveren ve Devlet katılımı sistemlerini sağlamak; mevzuatı gözden geçirmek, İş Sağlığı ve Güvenliğini geliştirmek, hedeflenen amaçları gerçekleştirmek için devlet, çalışan ve işveren olmak üzere üçlü kurumlar oluşturmak; sağlık ve güvenliği iyileştirmek için etkili izleme sistemleri oluşturmak ve kontrol ve denetimini sağlamak; çalışanlara iş güvenliği eğitiminin verilmesini sağlamak; tehlikeleri belirlemek, sağlık ve güvenlik risklerini ortadan kaldırmak, kontrol etmek ve en aza indirmek için işverenlerin ve çalışanların görevlerini düzenlemek; tehlikeli koşullarda çalışmayı reddetme hakkını sağlamlaştırmak; maden sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak uluslararası kamu hukuku yükümlülüklerini yürürlüğe koymak kanunun amaçlarıdır (www.gov.za, 2022; mhsact29of1996). 1996 tarihli Maden Sağlığı ve Güvenliği Kanunu uyarınca, Maden Kaynakları ve Enerji Departmanının (DMRE) yasal yetkisini yerine getirmek için Maden Sağlığı ve Güvenliği Müfettişliği kurulmuş olup müfettişliğin görevi: Maden çalışanlarının ve madencilik faaliyetlerinden etkilenen toplulukların sağlığını ve güvenliğini korumak; Sağlık ve güvenlik kültürünü yerleştirmek, sağlık ve güvenlik önlemlerini almak ve mevzuatı uygulamaktır. Maden Sağlığı ve Güvenliği Müfettişliğinin sorumluluklarını şu şekilde sıralayabiliriz; 1996 Maden Sağlığı ve Güvenliği Yasasını ve onun hükümlerini değiştirildiği şekliyle uygulamak; Yürütmeyi yönlendirmek için politikalar ve mevzuat geliştirmek; Güney Afrika madencilik sektöründe denetimler yapmak; Güney Afrika madencilik endüstrisinde HIV/AIDS çalışmalarını kolaylaştırmak; Üçlü yapılara başkanlık etmektir (www.dmr.gov.za, 2023; mhsact29of1996).



Şekil 4. Güney Afrika Kömür Yatakları.

Madencilik, madencilik ortamında ölümlere ve kazalara neden olan birçok faktörle birlikte dünyanın en tehlikeli mesleklerinden biridir. Madencilere güvenli çalışma koşulları sağlamak çok önemlidir. Maden Sağlığı ve Güvenliği Müfettişliği ve Güney Afrika madencilik sektörü, sıfır zarar ilkesini benimsemiştir. Teftiş Kurulu, üçlü ortaklarıyla yakın iş birliği yoluyla birinci sınıf bir güvenlik performansı elde etmeyi amaçlamaktadır. Maden Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Güney Afrika maden sektöründe güvenlik ve sağlık koşullarının iyileştirilmesine yönelik devlet, işveren ve çalışan arasında iş birliğini gerektiren üçlü yapı için hükümler getirmiştir. 1996 tarihli Maden Sağlığı ve Güvenliği Yasasına ve onun düzenlemelerine uygunluğun denetlenmesi, tüm çalışanlara güvenlik eğitimi sağlanması ve madencilik sektöründe güvenlik ve sağlıkla ilgili tüm kültürün yerleştirilmesi gibi çok kapsamlı görevleri vardır. Güney Afrika Maden Kaynakları ve Enerji Departmanı (DMRE) tarafından “1984 ve 2005 yılları arasında Güney Afrika’da 11.000’den fazla maden işçisi öldü. 2003 yılında maden kazalarından kaynaklanan ölü sayısı yaklaşık 270 ölümdü ve maden ölümlerini yılda %20 oranında azaltmak için bir anlaşmaya varıldı. 2010 yılı, 2003 anlaşmasından bu yana yıllık %24’lük bir düşüşle Güney Afrika madencilik endüstrisi için bir başarıydı. Yıllık olarak yayınlanan rakamlar, gerçek ölümlerin daha da azalmaya devam ettiğini doğrulamaktadır.” denilmektedir (www.dmr.gov.za). Güney Afrika madencilik sektöründeki genel ölüm sayısının son on yılda azaldığı, ancak maden kazalarının en büyük etkisinin, bir maden işçisinin hayatını kaybetmesinden sonra geride kalan aile üyeleri ve meslektaşları arasında görüldüğü, Güney Afrika, çok çeşitli maden zenginliğiyle tanınmaktadır, ancak daha çok iyi düzenlenmiş bir madencilik sektörü ile tanınır. Maden Sağlığı ve Güvenliği Müfettişliği tarafından, maden ölümlerini ve mesleki yaralanmaları azaltmak için sürekli olarak mevzuatı ve ulusal madencilik standartlarını uygulandığı belirtilmektedir (www.dmr.gov.za, 2022)

## 4. SONUÇ

Kömür milattan önceki yıllardan bu yana halen önemini kaybetmeyen dünya için önemli bir yeraltı zenginliğidir. Kömürün dünya genelinde çıkartılıyor olması bu enerji kaynağının global pazar açısından önemini artırmaktadır. Ülkelerin kendi enerjilerini öz kaynaklarından sağlamak için kömür önemli bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Kömür üretim maliyetlerinin diğer enerji kaynaklarına göre daha düşük olması kömürün dünya genelindeki üretim ve tüketim miktarlarını artırmaktadır. Kömür çoğunlukla dünya genelinde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ellerinde bulunan potansiyelleri kullanmak adına politikalar geliştirmekte ve enerji üretiminde yerli kaynak kullanmayı tercih etmektedir.

Ülkemizde de enerjide yadsınamayacak kadar önemli bir yeri olan kömür, enerji üretiminde yerli kaynak olarak halen kullanılmaya devam etmektedir. Madencilik sektörü yapılan faaliyetin özelliği nedeniyle dünyada iş kazası oranlarının en yüksek olduğu sektörlerden biridir. Ülkemizdeki durum da dünyadaki durumla benzeşmektedir. Çünkü madencilik sektörü doğası gereği en riskli iş kollarından bir tanesidir. Madencilik sektörü içerisinde de en riskli olan kömür madenciliğidir. Kömür madenciliği içerisinde de özellikle yeraltı kömür madenciliği dünya genelinde en riskli sektörlerdendir. Kaza istatistiklerinden de dünyada ve ülkemizdeki büyük maden kazalarının çoğunlukla yeraltı kömür madenlerinde olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, dünyada kömür üretiminde ilk sıralarda yer alan Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Güney Afrika'nın kömür mevzuatları incelenmiştir. Bu ülkelerde kömür mevzuatı ile ilgili yapılan incelemeye göre; kömürün yönetimi, kömür maden hakları, ruhsat alma vb. durumlar için ayrı bir kömür maden kanunu bulunmadığı, diğer madenlerle aynı kanun içerisinde yer aldığı görülmüştür. Ancak, sadece kömüre has Avustralya'da Queensland eyaleti mevzuatları içerisinde "Kömür Madenciliği Güvenlik ve Sağlık Yasası 1999" (Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999), ABD'de de tüm madenler için yapılmış "1977 tarihli Federal Maden Güvenliği ve Sağlık Yasası" (The Federal Mine Safety and Health Act of 1977) ve Güney Afrika'da da tüm madenler için yapılmış "1996 tarihli Maden Sağlık ve Güvenliği Yasası 29" (Mine Health and Safety Act, 1996) bulunmaktadır. Bahse konu kanunların incelemesi sonucunda; bu ülkelerin bahsedilen kanunlarının İş Sağlık ve Güvenliği konularını kapsamakta olduğu görülmüştür. 3213 sayılı Maden Kanunu'nda "madenlerin milli menfaatlere uygun olarak aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesi ile ilgili esas ve usuller" düzenlenmiş olup inceleme yapılan ülkelere ait söz konusu İş Sağlık ve Güvenliği kanunlarının 3213 sayılı maden kanunu kapsamına girmediği, ülkemiz kanunlarından olan 6331 sayılı İş Sağlık ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmeliklerini kapsadığı ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu ülkelere ait Maden/Kömür İş Sağlığı ve Güvenliği kanunlarının kömür madenlerinde iş kazalarının azaltılmasına yönelik iyi örnek mevzuat uygulaması olarak iş güvenliği açısından birçok maddesi bulunmaktadır. Bu itibarla, söz konusu kanunların uygulanmasıyla ve madencilik sektöründeki sağlık ve güvenlik alanındaki önemli iyileştirmelerle kaza istatistiklerinden de kazaların azaldığı anlaşılmaktadır. Bu kanunların maddelerinin Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı görev alanına girdiği düşünülmektedir. İncelenen kanunlardan yapılan çıkarımlarda; söz konusu ülkelerde Çalışma Bakanlığı bünyesinde “Maden Dairesinin” bulunduğu görülmekte olup, ülkemizde de Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde benzer bir yapılanmaya gidilebileceği veya madencilik faaliyetleri ile ilgili ayrı bir “Maden Bakanlığı” kurulabileceği düşünülmektedir. Örnek olabileceğini düşündüğümüz iyi uygulamalara sahip Avustralya’da Kömür İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu bulunduğu, ülkemiz kanunlarından 6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği kanununun tüm sektörleri kapsadığı da göz önünde bulundurulduğunda en riskli sektörlerden olan maden sektörü için ve maden sektörü içinde de en riskli olan kömür madenciliği için ayrı bir “Kömür İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” yapılması gerekliliği, maden sektörü içinde en riskli olan kömür madenciliğinde daha güvenli madencilik bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Güney Afrika’nın kömür mevzuatları incelenmiştir. Bu ülkelerde kömüre yönelik mevzuatlar olduğu görülmüştür. Ülkemiz içinde kömür madenciliğine yönelik yeni bir İş Sağlığı ve Güvenliği mevzuatı düzenlenmesi uygun olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- ARİK, F., 2014. Kömür teknolojisi ve kimyası, Konya Karapınar – Ayrancı Termik Santrali Çevresel Etkiler Çalıştayı, Konya.
- AKTAN, M., Uygun, M., Erbayat, C.K., Gezici, S., 2015. Avustralya teknik inceleme raporu, Erişim Tarihi: 22.08.2021, <https://silo.tips/download/avustralya-tenkn-ncelme-raporu>
- BİLİM, N, Dündar, S, Bilim, A, 2018. Ülkemizdeki Maden Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Analizi, Araştırma Makalesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya
- CANBULAT, İ.,2016. Yüksek verimli Avustralya kömür madenlerinde sağlık güvenlik yönetimi, Erişim Tarihi: 22.08.2021, TMD Uluslararası Madenlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı ve Sergisi, Güvenli Madenciliğin yol haritası, <http://www.tmdconference.org/>
- KOCAMAN, B., 2022, Dünyada Kömür Madenciliği ile İlgili Örnek Mevzuat İncelemeleri ve Türkiye İçin Öneriler, Uzmanlık Tezi
- RATSHOMO, K., Nembahe, R., 2016. Enerji Verilerinin Toplanması, Yönetimi ve Analizi, South African Coal Sector Report, Pretoria.
- TOPALOĞLU, M., 2016. Madencilikle ilgili yasal düzenlemelerdeki küresel eğilimler ve Türkiye uygulaması, Türkiye 20. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak.
- TURHAN, M., 2014. Madencilik ve Hukuk, İstanbul, Şan Ofset Matbaacılık
- YORULMAZ, Ş., 1998. Türkiye’de kömürün keşfi ve kömür işletmeciliği tarihçesi, Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Bartın.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023, Ankara, 2018. <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi: 30.05.2024

- <https://www.mevzuat.gov.tr>, 3/Erişim Tarihi 0.05.2024 2024
- <https://www.tki.gov.tr/tr-TR/enerji-ve-komur> (Erişim Tarihi: 05.08.2023)
- <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari> Erişim Tarihi: 14.08.2023
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik> Erişim Tarihi: 22.11.2022
- <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/tarihin-en-buyuk-maden-kazalari/159755> Erişim Tarihi: 23.11.2023
- <https://tr.euronews.com/> Erişim Tarihi: 23.02.2024
- <https://www.mfa.gov.tr/sub.tr.mfa?03af1e06-bd93-40cb-ae4f-2c4ac27672e7> Erişim Tarihi: 23.11.2022
- <https://www.avusturalyakonsoloslugu.com/avusturalya-hakkinda/> Erişim Tarihi: 24.11.2022
- <https://www-legislation-qld-gov-au.translate.google.com/view/html/inforce/current/act-1999>-Erişim Tarihi 30.05.2024
- <https://www.legislation.wa.gov.au/legislation/statutes.nsf/home.html> Erişim Tarihi: 24.11.2023
- <https://www.gov.za/services/services-organisations/permits-licences-and-rights/mining-water> Erişim Tarihi: 25.11.2022
- <https://www.gov.za/about-sa/minerals> Erişim Tarihi: 25.11.2022
- [https://www.africanbusinesslife.com/SDE\\_21.html](https://www.africanbusinesslife.com/SDE_21.html) Erişim Tarihi: 25.11.2022
- <https://www.safeworkaustralia.gov.au/safety-topic/industry-and-business/mining> Erişim Tarihi: 26.11.2022
- <https://www.legislation.qld.gov.au/view/html/inforce/current/act-1999-039> “Queensland Coal Mining Safety and Health Act 1999” Erişim Tarihi: 26.11.2023
- <https://www.eia.gov/energyexplained/coal/where-our-coal-comes-from.php> Erişim Tarihi: 26.11.2022
- <https://www.dmr.gov.za/mine-health-and-safety/mine-accidents-> Erişim Tarihi: 26.11.2023

# UMREK VE KÖMÜR MADENCİLİĞİ

## UMREK AND COAL MINING

**Halim Demirkan\* Ahmet İbuk**

*Maden Mühendisleri Mesleki Gelişim Derneği*

**M. Oğuz Güner**

*Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı*

**ÖZET** 1994 yılında, Avustralya (JORC), Kanada (CIM), ABD (SME), Avrupa (PERC) ve Güney Afrika (SAMREC); bir araya gelerek, uluslararası ortak standart oluşturmak için CRIRSCO'yu kurmuşlardır. Türkiye CRIRSCO'ya 13. ülke olarak resmi üye olarak kabul edilmiştir. UMREK Türkiye'yi CRIRSCO'da üye olarak temsil etmektedir.

Yer bilimleri, madencilik ve metalürji (cevher zenginleştirme) alanında faaliyet gösteren yurtiçi ve yurtdışı profesyonelleri bir araya getirmek, üyeleri arasında işbirliğini geliştirmek ve “Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Komisyonu (UMREK)” ile işbirliği yapmak amacıyla “Birlik olarak kuruldu. Dünyada en çok kamuya açık raporlamada, yani sermaye piyasalarında kullanılan Kod, Banka Kredi işlemlerinde de yaygın olarak tercih edilmektedir.

Kömür, UMREK Kodunda; “Ek 4 – Kömür Arama Sonuçları, Kömür Kaynakları ve Rezervlerinin Raporlanması” başlığı ile yer almaktadır. Kodun genel olarak uygulanan maddelerin dışında kömüre özgü maddeler Ek.4 de verilmiştir. A4-1.Bu ekte yer alan maddeler, özellikle Kömür Arama Sonuçları, Kömür Kaynakları ve Kömür Rezervlerinin Halka Açık raporlanması ile ilgili olan konuları ele almaktadır.

**ABSTRACT** In 1994, Australia (JORC), Canada (CIM), the USA (SME), Europe (PERC), and South Africa (SAMREC) came together to establish CRIRSCO to create an international common standard. Turkey has been accepted as the 13th official member of CRIRSCO. UMREK represents Turkey as a member of CRIRSCO.

The union was established to bring together domestic and international professionals in the fields of geosciences, mining, and metallurgy (ore enrichment), to enhance cooperation among its members, and to collaborate with the "National Mineral Resource and Reserve Commission (UMREK). "The Code, which is most widely used for public reporting, i.e., in capital markets, is also commonly preferred in Bank Credit transactions.

Coal is included in the UMREK Code under the title "Appendix 4 - Reporting of Coal Exploration Results, Coal Resources, and Reserves." Specific clauses pertaining to coal, beyond the generally applied clauses of the Code, are provided in Appendix 4. These clauses particularly address issues related to the public reporting of Coal Exploration Results, Coal Resources, and Coal Reserves.

\*[halim.demirkan@gmail.com](mailto:halim.demirkan@gmail.com)

## **1. GİRİŞ**

Madenlerin kaynak ve rezervleri ile kalitesinin belirlenmesi için, maden yatağı hakkında yeterli bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle, kaynak ve rezervler bu bilgilerin nitelik ve niceliklerinin yeterliliği ölçüsünde belirlenmekte ve sınıflandırılmaktadır. Bir maden sahasında yapılan arama çalışmaları ve buna bağlı yapılan değerlendirme çalışmaları sonucunda yatağın yalnız hacmi ve tonajı değil fiziksel, kimyasal, jeolojik, mineralojik, teknik, teknolojik ve ekonomik, yasal, çevresel ve sosyal tüm karakteristiklerinin ortaya çıkarılması için yapılan tüm çalışmaların kompozisyonu o yatağın kaynak/rezervinin belirlenmesine esastır.

Madencilik sektörü büyük risk taşıyan bir sektördür. Bu riskin ana nedeni aramalar sonucunda ortaya çıkarılacak varlığın nicelik ve niteliklerinin tahmin edilmesindeki zorluklardır. Madencilikte büyük riskle birlikte yatırım tutarı da yüksektir. Bu riskin azaltılması, aramaların her aşamasında ve aramalardan sonra yapılacak bilimsel ve teknolojik çalışmalara bağlıdır. Maden arama, araştırma ve üretimi esnasında yapılan çalışmaların, üretilen verilerin uluslararası standartlara uygun, akredite laboratuvarlarda analiz ve testleri yapmış ve yetkin teknik elemanlar tarafından raporlanması bu çalışmaların açık, şeffaf ve güvenilir olması ile küreselleşen dünyada ve serbest piyasa ekonomisi koşullarında mühendisler, planlamacılar, madenciler, yatırımcılar ve finans kuruluşları arasında görüş birliğini sağlamaktadır. Uluslararası ticaretin ve madencilik yatırımlarının artması sebebiyle uluslararası kabul edilebilir bir rezerv/kaynak sınıflandırma sistemi oluşturma ihtiyacı doğmuştur.

UMREK Kodu ve ilgili kurumlar, Türkiye'nin de bunu ihtiyaç hissetme üzerine oluşturulmuştur.

## **2. CRIRSCO**

Maden aramacılığı ve işletmeciliği yatırım riskinin en yüksek olduğu alanlardan biridir. Maden aramacılığının ve madencilikte riskin büyüklüğü ve manipülasyonlara çok açık olması nedeniyle raporların gerçeğe aykırı şekilde hazırlanması ve bu nedenle hem maden yatırımcısı şirketler hem de hissedarlar büyük meblağlar kaybetmiştir. Poseidon (Avustralya 1969), Bre-X (Endonezya-1996), Cartaway (Batı Afrika 1996), Timbuktu (Batı Afrika 1996), Delgratia (Meksika 1997) en bilinen manipülasyonlardır. Raporlama standartlarına; madencilik firmalarının maden kaynaklarını ve yeraltı zenginliklerini en iyi şekilde sunmaları, yönetmeleri ve yatırım kaynaklarına ulaşabilmeleri için, ortak bir dil ve terminoloji kullanımına duyulan ihtiyaç, aramacılık ve madencilik risk taşıması ve manipülasyona çok açık olması ve yatırımcılarının haklarını korumak ve güvence altına almak için ihtiyaç duyulmuştur. Arama ve geliştirme faaliyetlerinin bir disiplin içinde açık, güvenilir ve şeffaf bir şekilde yapılmasıyla riskin olabildiğince azaltılması ve manipülasyonların önlenmesi hedeflenmektedir (DEMİRKAN, H., 2017 ve DEMİRKAN, H., 2018).



Bunun üzerine madencilik gelişmiş olduğu ülkeler, kendilerine özgü raporlama standartları geliştirmiş ve bunları hazırlayacak ve sorumluluğu üstlenecek uzmanlık alanlarında “yetkin kişilere” yetki verme yoluna gitmişlerdir. Maden ve yerbilimleri profesyonellerinin üye olduğu, sivil toplum örgütlerinin (STK, NGO) üyelerinden vasıfları uygun olanlar Yetkin Kişi (QP, CP) olarak yetkilendirilmektedir. Yetkin kişilerin uzmanlık alanlarında fiili tecrübeli, etik değerlere sahip ve mesleki gelişime önem veren ve bu konularda referanslara sahip olmaları aranmıştır.

1994 yılında, Avustralya (JORC), Kanada (CIM), ABD (SME), Avrupa (PERC) ve Güney Afrika (SAMREC); bir araya gelerek, uluslararası ortak standart oluşturmak için CRIRSCO’yu (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards - Maden Rezervleri Uluslararası Raporlama Standartları Komitesi) kurmuşlardır. CRIRSCO, maden arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervlerinin rapor edilmesine yönelik küresel ölçekte en iyi uygulamaları teşvik eden bir çatı kuruluş olarak organize olmuştur. Halen CRIRSCO’nun 15 üyesi bulunmaktadır. Kuruculara ilave olarak; (Comison Minera), Rusya (NAEN), Endonezya (KOMBERS), Brezilya (CBRR), Kazakistan (KAZRC), Moğolistan (MPIGM), Kolombiya, Türkiye (UMREK), Filipinler ve Hindistan (IMIC)’dır. Türkiye 2018 Mayıs ayı itibari ile CRIRSCO'ya 13. ülke olarak kabul edilmiştir (CRIRSCO, 2024 ve DEMİRKAN, H., 2018).

### ***CRIRSCO Şablonu***

CRIRSCO şablonu, dünya çapında ulusal veya bölgesel raporlama kodlarında ve standartlarında kabul edilen minimum standartlarının ve arama hedefleri, arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervlerinin raporlanması amacıyla öneriler ve yorumlayıcı yönergelerle bütünleştirilmiştir. Bu sebeple, CRIRSCO şablonu ulusal veya bölgesel raporlama kodları ve standartlarında yaygın olarak kabul edilen arama hedefleri, arama sonuçları, maden kaynak ve rezervlerinin raporlanması için etkili, iyi denenmiş, en iyi uygulamanın yaygınlaştırılmasına ve tanıtımına yardımcı olmak için sunulmuştur. Önceki beş yıl içinde Ulusal Raporlama Kuruluşları (NRO) tarafından yayınlanan kod ve standartların güncellemelerine ait en iyi uygulamaları içermektedir (DEMİRKAN, H., 2017 ve CRIRSCO, 2024).

Şablon, raporlama standartlarında tanımlanan ekonomik veya potansiyel olarak ekonomik olması öngörülen madenlerin raporlanması ile ilgilidir. Ekonomik olmayan veya henüz keşfedilmemiş madenlerin raporlanmasına doğrudan değinmemektedir. Bununla birlikte, CRIRSCO; kaynak ve rezerv kategorilerinde uluslararası raporlamanın tutarlılığını sağlamak için raporlarında bu tür bir maden envanteri olan kurumlar ile (hükümetler ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu (UNECE) vb.) diyalog halindedir.

CRIRSCO şablonu; baz ve değerli metaller, değerli taşlar, inşaat ve endüstriyel hammaddeleri, doğal taşlar, enerji hammaddeleri uranyum ve kömür gibi hammaddeler de dahil olmak üzere tüm katı madenleri içermekte; petrol, gaz, su veya jeotermal enerji

gibi katı olmayan enerji mineralleri içermemektedir. CRIRSCO, kaynak ve rezerv tanımlarının katı olmayan madenlerle uyumlu olması veya karşılıklı olarak anlaşılabilir olmasını sağlamak için petrol ve gaz sınıflandırma standartları geliştiricileri ile iş birliği yapmaktadır (DEMİRKAN, H., 2017 ve CRIRSCO, 2024).

### **3. UMREK**

CRIRSCO standartlarının sermaye piyasaları tarafından aranması ve bankalar nezdinde itibar görmesi, benzer olgular Türkiye’de de ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır. Türkiye CRIRSCO üyeliği gündeme gelmiştir. Diğer ülkelerde, doğrudan CRIRSCO tarafından tanınmış profesyonellerin oluşturduğu kamunun etkin olmadığı, sivil toplum örgütleri üzerinden yürüyen Yetkin Kişilik ve standardın oluşması (KOD), Türkiye’de bu yapıda STK olmadığı için sektöre uğramıştır. Bunun üzerine, Türkiye özel sektörün ağırlıkta olduğu bir komisyon kurarak (UMREK) onun tarafından tanınmış, üyeleri arasından uygun vasıfta olanlara “Yetkin Kişilik” unvanı verecek, bir STK üzerinden yürümeye karar vermiştir. Doğal olarak CRIRSCO’ya uyumlu bir Ulusal Kod (UMREK Kodu)’un oluşturulması da UMREK’in görevi olmuştur.

“Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu (UMREK)” 7.9.2016 tarih ve 29824 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren, 20.8.2016 tarih ve 6745 Sayılı “Yatırımların Proje Bazında Desteklenmesi İle Bazı Kanun Ve Kanun Hükmünde Kararnelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile kurulmuştur (Resmi Gazete, 2016).

UMREK Yönetmeliği 26.07.2017 tarih ve 30135 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. 03.10.2017 tarihinde UMREK Başkanı ve üyelerinin ataması gerçekleştirilmiştir (Resmi Gazete, 2017a). Ayrıca “Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” 29.12.2017 tarih ve 30285 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Resmi Gazete, 2017b).

Komisyonun üyeleri, yönetmelikte belirtildiği üzere, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) veya Türkiye Bankalar Birliği (TBB), Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) veya Borsa İstanbul A.Ş. (BİST), Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) ve Türkiye madencilik sektörü içinden gelen ve ilgili sivil toplum kuruluşlarına kayıtlı konusunda uzman 4 temsilciden oluşmaktadır. TOBB temsilcisi ilke birlikte özel sektörden katılan üye sayısı 5 olmuştur.

UMREK, Nisan 2018’de 13. ülke olarak CRIRSCO’ya katılmıştır.

### **4. YERMAM**

UMREK’in kurulması ve maden profesyonellerini CRIRSCO standartlarında barındıran bir STK bulunmadığı bilinmekteydi. UMREK’in tanıyacağı ve üyeleri

arasından uygun vasıfta olanlara “Yetkin Kişilik” verilecek, maden profesyonellerinin üye olduğu bir birlik kurulması gerekmektedir.

Yer bilimleri, madencilik ve cevher zenginleştirme alanında faaliyet gösteren yurtiçi ve yurtdışı profesyonelleri bir araya getirmek, üyeleri arasında işbirliğini geliştirmek ve UMREK ile işbirliği yapmak amacıyla 04.12.2017 tarihinde Bakanlar Kurulu kararı ile birlik olarak kurulmuş oldu (YERMAM, 2017a ve YERMAM, 2024 ve Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü, 2017).

YERMAM, ekonomik ve teknik alanlarda işbirliğini geliştirmek, bu konularda bilgi, görgü ve karşılıklı teknolojilerden yararlanmak maksadıyla; yer bilimleri, madencilik ve metalürji alanında faaliyet gösteren yurtiçi ve yurtdışı profesyonelleri bir araya getirmek, üyeleri arasında işbirliğini geliştirmek ve UMREK ile işbirliği yapmak amacı ile kurulmuştur (YERMAM, 2017a ve YERMAM, 2017b ve YERMAM, 2017c ve YERMAM, 2017d).

### ***YERMAM Üyelik Şartları***

YERMAM üyelik şartları, YERMAM tarafından hazırlanmış yönerge ile belirlenmiştir. Buna göre; dil, din, ırk ayrımı gözetmeksizin, belirlenen üyelik kriterlerini taşıyan, birlik tüzüğüne ve etik kurallar dahil, birlik tarafından çıkartılacak kurallara uymayı yazılı taahhüt eden, yerbilimleri, madencilik ve cevher hazırlama alanlarında faaliyet gösteren gerçek ve tüzel kişiler, kamu kurum ve kuruluşları ile YERMAM’a üyelik için başvuruların üniversitelerden (YÖK’ün denklik verdiği yurt dışı üniversiteler dahil) lisans seviyesinde mezun olmuş, madencilik sektöründe en az 5 yıllık tecrübeye sahip adaylar YERMAM’a üyelik için başvurabilirler. YERMAM üyeleri içinden mühendis unvanına, uzmanlık alanında en az 7 yıllık fiili tecrübeye ve etik değerlere sahip, bunları YERMAM profesyonellerinden ikisinin referansı ve belgeler ile kanıtlayan üyeler, YERMAM profesyonel üyeliği için başvurabilirler. YERMAM profesyonel üyeleri talepleri halinde, UMREK Yetkin Kişilik adayı olabilir (YERMAM, 2017b).

### ***UMREK YETKİN KİŞİSİ***

Yetkin kişi (QP, CP), genel tanımı ile, Tanınmış Profesyonel Kuruluşlar (TPK) tarafından uygun üyelik sınıfına kayıtlı (profesyonel üye) ve TPK tarafından önerilenler arasından yetkinlik belgesi (sertifika) verilen madencilik sektöründe çalışan mühendis unvanlı profesyoneldir (UMREK, 2018a).

Belirlenen üyelik kriterlerini taşıyan, UMREK Koduna ve UMREK tarafından çıkartılacak kurallara uymayı yazılı taahhüt eden, etik değerlere sahip, yerbilimleri, madencilik ve cevher zenginleştirme alanlarında faaliyet gösteren vasıflı ve deneyimli gerçek profesyonel üyeler, yetkin kişi sertifikasyonuna sahip olmak için YERMAM vasıtasıyla UMREK’e başvurabilirler (UMREK, 2018c).

Yetkin Kişi'nin ilgili alandaki mesleki tecrübesinin güncel olması ve süreklilik göstermesi, etik değerlere ve fiili tecrübeye sahip olmanın yanında, mesleki gelişime önem vermesi ve bunu sağlaması gerekmektedir. UMREK Yetkin Kişileri, her yıl gösterdikleri mesleki gelişimi, belgeleri ile kanıtladıkları bir raporu, üyesi oldukları YERMAM'a vermek zorundadır. Vermedikleri takdirde, üyelikleri bir yıl süre ile askıya alınacaktır. YERMAM üyeliği herhangi bir nedenle sona eren uzmanın yetkin kişiliği de sonlanmaktadır (UMREK, 2018b ve UMREK, 2018d).

Yetkin Kişi, uzmanı ve mesleği olan konuda arama, kaynak, rezerv tahmini raporlarını UMREK Koduna uygun olarak hazırlamak ve bir şahit ile birlikte imzalamak üzere yetkilendirilmiştir. Arama ve kaynak raporlarının jeoloji, rezerv raporlarının maden mühendisi yetkin kişi tarafından hazırlanması, işin özü gereğidir. Ancak, UMREK Kodu ile hazırlanana raporların multidisipliner bir çalışma olacağı ve raporun içeriğine göre farklı profesyonellerin sorumluluk aldıklarını da unutmamak gerekir. Maden ve jeoloji mühendisleri dışındaki mesleğe sahip Yetkin Kişiler, UMREK Kodlu raporun kendileri ile ilgili kısımlarından sorumlu olarak imza atabilmektedirler (UMREK 2023).

Türkiye'deki 166 UMREK Yetkin Kişisinden 94'ü jeoloji, 57'si maden mühendisidir. Diğer Yetkin Kişiler, hidrojeoloji, jeofizik, çevre ve jeodezi mühendisidir (UMREK 2024).

## **5. UMREK KODU**

### **5.1.İçerik**

UMREK Kodunun amacı, arama hedefleri, arama sonuçları, maden kaynakları veya maden rezervlerinin halka açık raporlanması için uluslararası terminolojiye uygun asgari bir standart sağlamaktır. Bu tür bir raporlama, arama hedefleri, arama sonuçları, maden kaynakları veya maden rezervleri ile ilgili makul ve dengeli bir yargıya varmak amacıyla yatırımcıların ve profesyonel danışmanların talep edecekleri ve halka açık raporda makul olarak bulmayı bekledikleri tüm bilgileri içermelidir. Kod, yalnızca tavsiye niteliğindedir ve ulusal bir yasal mevzuatın mevcut olduğu durumlarda, mevzuat öncelikli olacaktır, arama hedeflerinin, arama sonuçlarının, maden kaynaklarının ve maden rezervlerinin açık, güvenilir ve şeffaf bir şekilde raporlanması için gereken asgari standartları, önerileri, yasal gereklilikleri ve uygulama esaslarını belirlemektedir.

Bundan sonra gelen bölümlerde, kod, zorunlu bir eylemi ifade eden 'gerektirir/gerektirmektedir', 'uygular/uygulanmaktadır' kelimelerini ve '-malıdır/-melidir' eklerini içermektedir. Söz konusu kullanımın amacı, Kodun kurum ve kuruluşlar tarafından benimsenmesini sağlamak olup Kodun kendisinin zorunlu bir raporlama standardı olduğu anlamına gelmez.

CRIRSCO Şablonunun 2019’da güncellenen son versiyonuna göre, her bir üye kendi ulusal maden kaynak ve maden rezerv raporlama kod veya rehberini hazırlamak durumunda olduğundan, UMREK Mevzuat ve Raporlama Standartları Çalışma Grubu UMREK Kodunun ikinci versiyonu için Aralık 2020 tarihinde çalışmalara başlamıştır. CRIRSCO Şablonu (2019) ile uyumlu UMREK Kodu 2023 Şubat ayında CRIRSCO tarafından kabul görmüş ve madencilik sektörü paydaşları ile de UMREK sitesinde 12.04.2023 tarihinde, 2024 yılında yürürlüğe girmek üzere, paylaşılmıştır (UMREK, 2018 ve UMREK 2023).

### **UMREK 2024 İçerik:**

1. Giriş (Format)
2. Kapsam (Uygulama, İlkeler, Halka Açık Raporlar, Genel Raporlama)
3. Yetkinlik ve Sorumluluk (Yetkin Kişinin Deneyimleri, Yetkin Kişinin Sorumlulukları)
4. Raporlama Terminolojisi (Tanımlı Terimler, Dönüştürücü Faktörler)
5. Arama Hedeflerinin Raporlanması
6. Arama Sonuçlarının Raporlanması
7. Maden Kaynaklarının Raporlanması (Mümkün Maden Kaynakları, Belirlenmiş Maden Kaynakları, Ölçülmüş Maden Kaynakları, Maden Kaynağı Raporlama Kategorisinin Seçimi, Tahminlerin Doğruluğu)
8. Maden Rezervlerinin Raporlanması (Muhtemel Maden Rezervleri, Görünür Maden Rezervleri, Maden Kaynağı Raporlama Kategorisinin Seçimi, Tahminlerin Doğruluğu)
9. Teknik Çalışmalar (Kapsam Belirleme Çalışması, Ön Fizibilite Çalışması, Fizibilite Çalışması)
10. Eşdeğer Metalin Raporlanması
11. Emtia Fiyatlandırması ve Satışı
12. Madencilik İzinleri ve Yasal Zorunluklar
13. Sürdürülebilirlik Değerlendirmeleri

Tablo 1 – Değerlendirme ve Raporlama Kriterleri Kontrol Listesi

Tablo 2 – Teknik Çalışmalar İçin Rehber

Ek 1 – Kod Kapsamında Kullanılan Terimler ve Eşanlamlıları Sözlüğü

Ek 2 – Yetkin Kişi Onay Formu ve Uyumluluk Beyanı

Ek 3 – Cevherli Dolgular, Topuklar, Düşük Tenörlü Cevherleşmeler, Stoklar, Pasa ve Zenginleştirme Atıklarının Raporlanması

Ek 4 – Kömür Arama Sonuçları, Kömür Kaynakları ve Rezervlerinin Raporlanması

Ek 5 – Elmas ve Diğer Değerli Taşların Arama Sonuçları, Kaynak ve Rezervlerinin Raporlanması

Ek 6 – Endüstriyel Hammaddeler, Çimento Hammaddeleri ve İnşaat Hammaddeleri (Agregalar) Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervlerinin Raporlanması

Ek 7 – Doğal (Boyutlandırılabilir) Taşlar, Sanatsal ve Dekoratif Taşların Arama Sonuçları, Maden Kaynak ve Maden Rezervlerinin Raporlanması

Ek 8 – Çözelti Madencilik Yöntemleri ile Çıkarılan Metalik veya Metalik Olmayan Madenler İçin Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervlerinin Raporlanması

Ek 9 – Madencilik Yöntemleri ile Çıkarılan Asfaltit, Bitümlü Şeyller, Petrollü Kumlar ve Diğer Enerji Hammaddeleri İçin Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervlerinin Raporlanması

Ek 10 – Tanınmış Profesyonel Kuruluşlar (TPK'lar)

Ek 11 – Terimlerin İngilizce- Türkçe Karşılıkları

EK 12 – Kısaltma Listesi

## **5.2.UMREK Kodu Uygulamaları**

Kod, dünyada en çok halka açık raporlamada, yani sermaye piyasalarında kullanılmaktadır. Aynı zamanda bankaların kredi değerlendirmelerinde de yaygın olarak tercih edilmektedir.

Türkiye’de UMREK’in devreye girmesi ile; SPK karar organının, 21.09.2017 tarihli ve 34/1151 sayılı toplantısında sermaye piyasasında yapılacak değerlendirme hizmetlerinde, maden arama, maden kaynak ve rezervlerinin değerlendirmesinde ve raporlamasında YERMAM tarafından önerilen ve UMREK tarafından belirlenen yetkin kişiler tarafından hazırlanan raporların esas alınacağına dair karar alınmıştır (UMREK 2024).

BDDK, Bankaların Değerleme Hizmeti Almaları ve Bankalara Değerleme Hizmeti Verecek Kuruluşların Yetkilendirilmesi ve Faaliyetleri Hakkında Yönetmeliğin 4. maddesinin (3) numaralı fıkrası ve ilgili diğer mevzuat hükümleri saklı kalmak kaydıyla, Bankalar/Katılım Bankaları ve Finansal Kurumlar Birliği üyesi banka ve şirketlerin kredi süreçlerinin ve/veya diğer iş ve işlemlerinin değerlendirilmesinde, maden sahalarında yapılan maden arama, maden kaynak ve maden rezervlerinin uluslararası standartlara uygun raporlanması ve bu raporların doğru, güvenilir ve şeffaf olmasını sağlamak amacı ile kurulan UMREK tarafından yetkilendirilecek kişilerce hazırlanan raporların dikkate alınmasında fayda görüldüğü ifade edilmiştir. Kısaca, UMREK Kodu; borsa, bankalar ve madencilik sektörünün geniş desteğini sağlamıştır (UMREK 2024).

Türkiye, 2019 yılında dünyada örneği görülmeyen bir uygulama ile, UMREK’i maden mevzuatına taşımıştır. 3213 sayılı Maden Kanunu’nda yapılan değişiklik (Madde.24-Değişik dördüncü fıkra:14/2/2019-7164/17 md.); kanunun yirmi dördüncü maddesine “muhtemel rezerv alanlarının; IV. Grup maden işletme ruhsat sahalarında on yıl, diğer grup maden işletme ruhsat sahalarında beş yıl içinde Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Koduna göre kaynak ve/veya rezerv haline getirilmeyen alanlar taksir edilir.” cümlesi ilave edilmiştir (Resmi Gazete, 1985 ve Resmi Gazete,2019 ve Resmi Gazete, 2022). Bununla UMREK Yetkin Kişisi tarafından hazırlanan ve sorumluluğu alınan “Görünür Rezerv Raporları” mecburi hale gelmiştir. Bu madde, sektör için büyük bir mali yük getirmenin yanında, yeteri sayıda; konusunda uzman yetkin kişinin

(maden mühendisi) olmayışı da ayrı bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Uygulamadaki bu sorun nedeni ile; beş yıl içinde IV. Grup dışındaki madenler için yerine getirilmesi gereken yükümlülük, süre dolduğunda iptal edilmiştir (11/05/2024 – 7501 Sayılı Kanun) (Resmi Gazete, 2024). Bu yükümlülüğün, IV. Grup madenler için yerinde kalması ve geri kalan 5 yıllık sürenin, bunlar için yürürlükte kalması şaşkınlık yaratmıştır. Beş yıllık süre içinde aynı durumla karşılaşılacağı kesinken, bu maddenin kalması eşitlik ilkesine aykırı bulunmaktadır (Resmi Gazete, 2024).

UMREK'in maden mevzuatına alındığı diğer konu, "Buluculuk Hakkı"nda olmuştur. Kanunun Buluculuk Hakkı konusundaki 15. Maddesinde yapılan değişiklik (Değişik fıkra:14/2/2019-7164/15 md.), "Ruhsat sahibi, arama ve/veya işletme ruhsatı süresince Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Koduna göre hazırlanan teknik raporlar ile kaynak veya rezerv olarak bildirdiği madenlerin bulucusu sayılır. Bu hakkı talep eden ruhsat sahibine buluculuk belgesi verilir." Şeklinde (Resmi Gazete, 2019). Düzenleme öncesindeki "Buluculuk Hakkı" ile "UMREK'in gelmesinden sonraki hali; hem teknik olarak hem de mali olarak büyük yük getirmiş ve Buluculuk Hakkı gibi çok küçük meblağ için (%1), büyük bir yatırım gerekliliği ortaya çıkmıştır. Buluculuk Hakkı maddesindeki değişikliğin özel sektördeki yansıması görülemezken, yıllar içinde kamuda sorun yaratmıştır. Buluculuk Hakkı için aynı kanuna tabii olan MTA, 2024 yılında yapılan değişiklikle bu yükümlülükten kurtarılmıştır (11/05/2024 – 7501 Sayılı Kanun) (Resmi Gazete, 2024 ve Resmi Gazete,1985).

### **5.3.UMREK Kodunda Kömür**

Kodun amacına da uygun olarak; genel terimler, eşanlamlı olarak kabul edilebilecek diğer terimlerle birlikte Ek 1' de listelenmiştir. Ek.2'de yetkin kişi onay formu ve uyumluluk beyanı bulunmaktadır. Kodun Ek 3'ten Ek 12'ye kadar verilmiş olan bilgiler, belirli emtialar veya durumların raporlanmasına ilişkin daha fazla rehberlik ve ayrıntılı bilgi vermektedir. Kömür, bunlar içinde dördüncü bölümde, "Ek 4 – Kömür Arama Sonuçları, Kömür Kaynakları ve Rezervlerinin Raporlanması" başlığı ile yer almaktadır. Kodun genel olarak uygulanan maddelerinin dışında kömüre özgü maddeler, bu ekte verilmiştir (UMREK, 2018 ve UMREK, 2023).

#### ***Kod İle İlgili Maddeler:***

**A4-1.**Bu ekte yer alan maddeler, özellikle Kömür Arama Sonuçları, Kömür Kaynakları ve Kömür Rezervlerinin Halka Açık raporlanması ile ilgili olan konuları ele almaktadır.

**A4-2.**Aksi belirtilmedikçe, Kodun 1'den 13'e kadar olan maddeleri (Şekil 1 dahil) uygulanır.

**A4-3.**Kömür kaynakları ve rezervlerinin raporlanmasında, Kodun bir bölümü olan Tablo 1 dikkate alınmalı ve gerekçeleriyle beraber sunulmalıdır.

## ***Yönlendirme Bölümü***

Halka açık raporun amacına uygun olarak kömürle ilgili rapor içeriklerinde, “maden ve cevher” yerine “kömür”, “tenör” yerine “kalite”, “cevherleşme” yerine “kömür yatağı”, “ürün miktarı” yerine “kömür miktarı” terimlerinin kullanılması gerekmektedir. Diğer rezerv raporlarında kullanılan “Zenginleştirme Dönüştürücü Faktörleri”ne yapılan tüm referanslar, kömür rezerv raporlarında “Kömür Hazırlama İşlemleri” dönüştürücü faktörleri olarak kullanılmalı ve referans içerikleri bu şekilde değiştirilmelidir.

Kömür rezerv raporları hazırlanırken üretim faaliyetleri sonucu yaşanan kömür kayıplarının hesaba katıldığı rezervler (ham/tüvenan kömür) ile üretim faaliyetleri ile birlikte zenginleştirme (kömür yıkama) sonrası ürün kayıplarının da dâhil olduğu satılabilir kömürler arasında (bazen satılabilir kömür rezervleri olarak anılacaktır) açık bir ayırım yapılmalıdır.

Rezerv bilgileri tanım olarak madencilik kayıplarını ve seyrelmeyi içermeli ve gereksiz açıklamalar yapmaktan kaçınılmalıdır. Yerinde (üretilmemiş) kömürler adından da anlaşılacağı gibi kömür kaynak raporları içerisinde tanımlanmaktadır. Yerinde kömür olarak raporlanan kömür kaynakları için Yetkin Kişi, madencilik faaliyetlerden kaynaklı seyrelme ve maden üretim verimi ile zenginleştirme işleminden beklenen verim ile ilgili yorum yapmalıdır. Tüm madenlerde olduğu gibi, kömür kaynakları da, coğrafi olarak ulaşılabilir olma ve izinlerin alınabilme olasılığı dikkate alınarak, nihai ekonomik kazanım için makul beklenti oluşturan bir içeriğe sahip olmalıdır.

## ***Kod İle İlgili Bölümler***

**A4-4.** 'Maden Kaynakları' ve 'Maden Rezervleri' terimleri ile yukarıda tanımlanan alt bölümler de kömür raporlaması için geçerlidir, ancak raporu hazırlayan Yetkin Kişi tercih ederse, “Kömür Kaynağı (Kaynakları)” ile “Kömür Rezervi (Rezervleri)” terimleri uygun alt bölümlerle değiştirilebilir.

**A4-5.** Zenginleştirilmiş (lavvar/yıkama tesisinde yıkanmış) veya herhangi bir şekilde işlenmiş kömürü temsil eden Satılabilir Ürün (veya Satılabilir Kömür Rezervleri) bilgileri halka açıklanabilir. Açıklanan bilgilerde (Halka Açık Raporda) eşdeğer Muhtemel ve/veya Görünür Kömür Rezervleri belirtilmelidir.

**A4-6.** Tahmini Satılabilir Kömür (veya Pazarlanabilir Ürün) miktarına esas açıklamalar veya basit hesaplama mantığı raporda belirtilmelidir.

**A4-7.** Kömür ürünü ve özelliklerine yapılan tüm atıflar, alınan numunelerden elde edilen analitik sonuçlarla belirli özellikler gösterilmeden yapılmamalıdır.

**A4-8.** Kalite parametrelerinin dayandığı Kömür Kaynak ve Kömür Rezerv Raporları içerisinde ilgili kömür kalite bilgilerine yer verilmelidir. Ayrıca uygulanması mümkün



olan projelerde, Satılabilir Kömür Rezervleri, ilgili kömür ürün gruplarına göre alt bölümlere ayrılmalıdır.

Bir maden yatağından alınan numuneler yardımıyla belirlenen spesifik koklaşma özellikleri, analitik sonuçlar ile net olarak tespit edilmeden, 'koklaşabilir taş kömürü' veya "metalürjik kömür" terimi veya kok özellikleri ile ilgili herhangi bir atıf yapılmamalıdır.

Kömür kalitesini ölçmek için kullanılan parametreler, örneğin 'Orijinal' veya 'Kuru' nem oranı şeklinde rapor edilmelidir. Kömürün kalitesi, spesifik uygulamalarla ilgili parametrelere göre belirtilmelidir; termal kömür, metalürjik kömür (koklaşabilir kömür) vb. ilgili kalite parametrelerinin seçimi Yetkin Kişinin sorumluluğundadır ve kül, uçucu madde, kükürt, koklaşma özellikleri, kalorifik değer vb. içerebilir ve en önemli parametrelerden biri olan yığın yoğunluğu veriler içinde olmalıdır.

Kaynak sınıflandırması, kalınlık ile kalitenin mutlak surette birbirine bağlı olmadığını farkında olunarak, kalınlık ölçümlerinin sürekliliği ve güvenilirliği ile kalite parametrelerindeki güvenilirlik ve süreklilik dikkate alınarak yapılmalıdır. Damarın sürekliliği, atımlar ve faylar, dayklar ve kanallarla kömür damarının bozulması veya kendiliğinden yanmanın meydana geldiği alanlar hem yatay hem de dikey olarak dikkate alınmalı ve olası madencilik yönteminin bu tip süreksizlik ve değişimlerle baş edebilecek yeterlilikte olabilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.

**A4-9.**Kömür madeni ruhsat alanları ve arazi kullanımı planlamasına olan etkileri nedeniyle Kamu otoriteleri (ETKB, TKİ, TTK, EÜAŞ ve diğer) kısa ve orta vadeli ekonomik koşullar tarafından sınırlandırılmamış bir envanter kömür tahminine ihtiyaç duyulabilmektedir. Fakat, söz konusu kömür envanter tahminine yönelik bu çalışmalar UMREK Kodu ile raporlanamaz.

## **6.SONUÇ**

Karbon emisyonu nedeni ile dünyada terk edilmeye başlandığı iddia edilen, yine de savaş ve benzeri mücbir sebeplerle tekrar gündeme galen kömür madenciliği, enerjide dışarı bağlı ülkemiz için çok büyük önem arz etmektedir. ABD, Çin ve Hindistan'ın kömürden vazgeçmemesi de kömürün hala vazgeçilmez olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin kömür varlığı ile ilgili aramalarının, kaynak ve rezerv tahminlerinin hızlandırılması ve bunlar için bütçe ayrılması, kamunun yanında, özellikle kömür için özel sektöre teşvikler getirilmesi gerekmektedir.

Bütün bunların CRIRSCO altındaki uluslararası standart olan UMREK ile yapılması, verilerin güvenilirliği açısından önemlidir. Kömür ve kömüre dayalı santraller için, uluslararası alanda kredi ve destek bulunmasa bile, devlet ve/veya özel sektörün yapacağı yatırımların riskinin azalması ve yatırımların güvencesi için ülke nezdinde kritik ve stratejik önemi vardır.

## **KAYNAKLAR**

- Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü, 2017. 4.12.2017 tarih ve 11211 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı.
- DEMİRKAN, H. 2017. Ulusal Madenlerde Rezerv ve Kaynak Raporlama Komisyonu (UMREK) Çalıştay Notları, Halim DEMİRKAN, MAYEB Basın Yayın İnsan Kaynakları Ltd. Şti., Ankara,
- DEMİRKAN, H. 2018. Process of Turkey (Dated June 2018) and Workshops Notes, National Resource and Reserves Reporting Committee of Turkey (UMREK), MAYEB Basın Yayın İnsan Kaynakları Ltd, Ankara,
- CRIRSCO, 2024. “Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards”, <https://www.crirSCO.com/> (Haziran 2024)
- Resmi Gazete, 1985. Maden Kanunu (04.06.1985 tarihli ve 3213 Sayılı), 15/6/1985 Sayı:18785, 15.06.1985, Ankara.
- Resmi Gazete, 2016. Yatırımların Proje Bazında Desteklenmesi ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” (20.8.2016 tarih ve 6745 Sayılı), Sayı:29824, 7.9.2016, Ankara.
- Resmi Gazete, 2017a. UMREK (Ulusal Maden Rezerv ve Kaynak Raporlama Komisyonu) Yönetmeliği, Sayı:30135, 26.07.2017, Ankara.
- Resmi Gazete, 2017b. Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Sayı:30285, 29.12.2017, Ankara.
- Resmi Gazete, 2019. Maden Kanunu İle Bazı Kanunlarda Ve Kanun Hükmünde Kararnemede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Sayı:30700, 28.2.2019, Ankara
- Resmi Gazete, 2022. Maden Yönetmeliği, Sayı: 32040, 11.12.2022, Ankara.
- Resmi Gazete, 2024. Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Sayı: 32543, 11/05/2024, Ankara.
- UMREK, 2018a, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonunun Çalışma Usul ve Esasları, Ankara.
- UMREK, 2018b, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, Yetkin Kişiler İçin Sürekli Mesleki Gelişim (SMG) Rehberi, Ankara.
- UMREK, 2018c, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, UMREK Yetkin Kişi Tebliği, Ankara.
- UMREK, 2018d, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu UMREK Yetkin Kişi Etik Kurallarına İlişkin Usul ve Esaslar Tebliği, Ankara.
- UMREK Ulusal Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, Ulusal Maden Kaynak ve Maden Rezerv Raporlama Kodu, 2018, Ankara.
- UMREK Ulusal Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, Ulusal Maden Kaynak ve Maden Rezerv Raporlama Kodu (2. Versiyon), Şubat 2023, Ankara.
- UMREK -Ulusal Madenlerde Rezerv ve Kaynak Raporlama Komisyonu, <https://www.umrek.com.tr> (Haziran 2024)
- YERMAM, 2017a. Yerbilimleri, Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği Tüzüğü, 2017/11211 Sayılı Bakanlar Kurulu kararı, 04.12.2017, Ankara.
- YERMAM, 2017b. Yerbilimleri Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği, YERMAM Üyelik Şartları Yönergesi, YERMAM, Ankara.
- YERMAM, 2017c. Yerbilimleri Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği, YERMAM Kayıtlı Üye Mesleki Ahlak Kuralları, Ankara.
- YERMAM, 2017d. Yerbilimleri Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği, YERMAM Yetkin Kişiler İçin Sürekli Mesleki Gelişim (SMG) Rehberi, Ankara.
- YERMAM, Yer Bilimleri, Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği, <https://www.yermam.org.tr> (Haziran 2024).

# **YERALTI MADEN İŞLETMELERİNİ KAPSAYAN İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ MEVZUATININ UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR YÖNÜNDEN İRDELENMESİ**

## ***AN ANALYSIS OF THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY LEGISLATION COVERING UNDERGROUND MINING OPERATIONS IN TERMS OF THE PROBLEMS ENCOUNTERED IN ITS IMPLEMENTATION***

**Cenk Şahin\***, Yusuf Aydın

*Kozlu Müessesesi, TTK Zonguldak*

**Mehmet Bilen**

*Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*

**ÖZET** Bu çalışmada, yeraltı maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının uygulanmasında karşılaşılan zorluklar derinlemesine incelenmiş, mevzuatın etkin kullanımı sorgulanmış ve işçilerin güvenliğini sağlamak adına alınması gereken önlemleri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Ayrıca, mevzuatın sahadaki pratik uygulamalarıyla ilgili gerçek yaşam örneklerine ve karşılaşılan engellere odaklanılarak, iş sağlığı ve güvenliği standartlarının nasıl geliştirilebileceğine dair stratejik öneriler sunulmuştur.

**ABSTRACT** In this study, the challenges faced in the implementation of occupational health and safety legislation in underground mining operations are examined in depth, the effective use of the legislation is questioned, and the measures that need to be taken to ensure the safety of workers are comprehensively discussed. It also provides strategic recommendations on how to improve occupational health and safety standards, focusing on real-life examples of the practical application of the legislation in the field and the obstacles encountered.

---

\*[cenksahin1984@gmail.com](mailto:cenksahin1984@gmail.com)

## **1. GİRİŞ**

Yeraltı maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının uygulanması, karmaşıklığı ve yüksek risk faktörleri nedeniyle büyük önem taşımaktadır; bu kitap, mevzuatın sahadaki uygulanabilirliğini analiz ederken, karşılaşılan sorunların kökenlerine inerek, iş güvenliği standartlarının iyileştirilmesi için gerekli stratejileri belirlemeyi ve maden işçilerinin yaşamlarını koruyacak önlemleri vurgulamayı amaçlamaktadır.

Literatür taraması, yeraltı maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının uygulanabilirliğini ve etkinliğini değerlendiren çeşitli çalışmaları içermektedir. Örneğin, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (URL-1), maden işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gereken asgari şartları belirlemektedir. Bu yönetmelik, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na dayanarak hazırlanmış olup, Avrupa Birliği Direktifleri ile uyumlu hale getirilmiştir (URL-2). Ayrıca, literatürde yer alan çalışmalar, mevzuatın sahadaki uygulanabilirliğini ve karşılaşılan zorlukları ele almaktadır. Örneğin, Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik (URL-3) adlı çalışma, maden işyerlerinde sağlık ve güvenlik standartlarının iyileştirilmesi için gerekli stratejileri belirlemekte ve bu standartların etkin bir şekilde uygulanabilmesi için eğitim, denetim ve teknolojik yeniliklerin önemine dikkat çekmektedir.

Bu kapsamlı yaklaşım, sadece mevcut sorunları çözmekle kalmayıp, gelecekteki riskleri de minimize ederek, maden işçilerinin daha güvenli bir çalışma ortamına kavuşmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Literatürde yer alan bu çalışmalar, maden sektöründe sürdürülebilir bir güvenlik kültürünün oluşturulmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

### **1.1. Dünya Ülkelerinde Yapılan Mevzuat Çalışmaları**

Dünya genelinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı konusunda birçok ülke önemli çalışmalar yürütmektedir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, gelişmekte olan ülkeler de mevzuat düzenlemelerini güncel tutmaya ve iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesine yönelik tedbirleri sürekli iyileştirmeye çalışmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde Ulusal İş Güvenliği ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH), iş sağlığı ve güvenliği konusunda kapsamlı araştırmalar yaparak standartlar geliştirmekte ve yeni teknolojilerin iş kazalarını ve meslek hastalıklarını azaltmaya yönelik kullanımını teşvik etmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde ise İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (EU-OSHA) gibi kurumlar, üye ülkelerin mevzuatlarını uyumlaştırmaya ve en iyi ve en ideal uygulamaları yaygınlaştırmaya çalışmaktadır.

## **1.2. Yeraltı Maden İşletmelerini Kapsayan İş Sağlığı Güvenliği Mevzuatı Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar Yönünden İrdelenmesi**

Ülkemizde yeraltı maden işletmelerinde çalışanların iş sağlığı ve güvenliğini düzenleyen kapsamlı mevzuat bulunmaktadır. Bu mevzuat, madencilik sektörünün kendine özgü riskleri göz önünde bulundurularak geliştirilmiş olup, çalışanların güvenliğini, sağlığını ve refahını sağlamaya yönelik önemli hükümler içermektedir. Ancak bu mevzuatın uygulanmasında çeşitli zorluklar yaşanmakta ve çalışanların korunması konusunda bazı boşluklar gözlemlenmektedir.

### **2. MEVZUATIN TEMEL UNSURLARI**

Türkiye'deki yeraltı maden işletmeleri için iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının temel unsurları şunlardır:

1. **Risk Değerlendirmesi:** İşletmelerin, çalışanların maruz kalabileceği riskleri belirlemesi ve değerlendirmesi gerekmektedir<sup>1</sup>.
2. **Uygun Önlemler:** Risk değerlendirme sonucunda belirlenen risklere karşı uygun önlemlerin alınması.
3. **Çalışma Yerlerinin Düzenlenmesi:** Çalışma yerlerinin ve ekipmanın güvenli bir şekilde düzenlenmesi, kullanılması ve bakımının yapılması.
4. **Eğitim ve Öğretim:** İşçilere, sağlık ve güvenlik standartları hakkında eğitim ve öğretim verilmesi<sup>2</sup>.
5. **Gaz İzleme ve Erken Uyarı Sistemleri:** Yer altı kömür madenlerinde gaz izleme ve erken uyarı sistemlerinin kurulması.
6. **Mekanik Havalandırma Sistemi:** Ocak girişlerinde bağımsız iki farklı giriş çıkış sağlanması ve mekanik havalandırma sistemi kurulması.

Bu unsurlar, **Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği** ve **6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu** gibi yasal düzenlemelerle desteklenmektedir. Bu mevzuat, maden işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gereken asgari şartları belirlemekte ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının denetlenmesini sağlamaktadır. Mevzuatın uygulanması, işverenlerin ve çalışanların işbirliği ve katılımı ile gerçekleşir ve tüm işletmelerin bu mevzuata uygun hareket etmeleri zorunludur.

### **3. MEVZUAT DİLİ VE ÜSLUBU**

Mevzuat dili, yasal düzenlemelerin ve kanunların ifade edilme şeklidir. Türkiye'deki mevzuat dilinde, bazen karmaşık ve anlaşılması güç bir dil kullanıldığı görülmektedir. Yasa metinlerinde teknik terminoloji ve bürokratik üslup ağır basmaktadır. Bu durum, mevzuatın uygulanması ve vatandaşlar/ilgili kişiler tarafından anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Mevzuat dilinin açık, anlaşılır ve sade olması, hukuki güvenliğin sağlanması açısından önemlidir. Mevzuat üslubu da mevzuat dilinin bir parçasıdır. Türkiye'deki mevzuat üslubunda, bazen bürokratik ve ağır bir dil kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, mevzuatın uygulanması ve takibini zorlaştırmaktadır.

Mevzuat üslubunun yalın, anlaşılır ve uygulanabilir olması, hukuki işlemlerin etkin bir şekilde yürütülmesi açısından önemlidir. Ayrıca, mevzuat dilinde ve üslubunda kullanılan "uygun", "belirli", "yeteri kadar", "esasen" gibi belirsiz ifadelerin azaltılması da gerekmektedir.

### **3.1. Türkiye Maden Mevzuatındaki Belirsiz Kavramların Kullanımı**

Türkiye maden mevzuatında, "uygun", "belirli", "yeterli", "esasen" gibi belirsiz ve yoruma açık kavramların sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, mevzuatın uygulanmasında çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Söz konusu kavramlar, işverenler, işçiler ve denetleyiciler tarafından farklı şekillerde algılanabilmekte ve uygulamada tutarsızlıklara neden olabilmektedir. Bu tür belirsiz kavramlar, işletmelerin mevzuata uyum konusunda tereddütler yaşamasına, denetleyicilerin ise müdahale ve yaptırım uygulamada sıkıntılar yaşamasına neden olmaktadır. Maden sektöründe iş sağlığı ve güvenliği açısından oldukça kritik konuların ele alındığı mevzuatın, daha net ve anlaşılır bir dil kullanılarak oluşturulması gerekmektedir.

**Uygun:** Ne kadar "uygun" olduğu belirsiz

**Belirli:** Kesin tanımı yapılmamış

**Yeterli:** Yeterliliğin ölçütleri açık değil

**Esasen:** Asıl amaç veya gerekeç açık değil

## **4. MEVZUAT DEĞİŞİKLİK ÖNERİLERİ**

Burada mevzuat olduğu gibi alınmıştır. Yapılan hataları ve düzeltilmesi gereken yerleri (tavsiye niteliğinde) daha net ve anlaşılır olarak görmek mümkündür.

EK-1 1.1.6. İşyerlerinde çalışanlara dair kayıtlar tutulur. Ocağa giriş ve çıkışlar ile çalışanların bulunduğu yerler belirtilerek kayıt altına alınır. (Ek cümleler: RG-10/3/2015-29291) (URL-3). Ayrıca, yeraltı maden ocaklarında, yeraltında çalışacakların giriş-çıkışlarının ve buldukları yerlerin (en fazla 10 metreye kadar olacak şekilde) her an doğru bir şekilde yerüstünde takip edilebileceği bir sistem kurulur. Bu sistemde kullanılan ekipmanlar, kablolar ve tamamlayıcı unsurların yeraltında yaşanan göçük, su baskını, patlama, yangın gibi acil hallerde karşı korumalı olması ve bu hallerde de çalışabilir durumda (teknik olarak imkansız) olması sağlanır. Sistem tarafından tutulan kayıtlar en az bir yıl süreyle saklanır.

EK-1 1.2. (Değişik:RG-10/3/2015-29291) Her işyerinde işveren tarafından atanmış, çalışmanın devam ettiği sürece görev yapacak, yeterli beceri ve uzmanlığa sahip yetkili kişi veya kişiler (Çalışan başına yetkili kişi sayısı belirlenmelidir) bulunur.(Yetkili kişinin vasıfları ve öğrenim durumu da dahil net bir şekilde tanımı yapılmalı)

EK-1 Madde 5.4.6. (Değişik:RG-10/3/2015-29291) Kendiliğinden yanmaya elverişli madenlerde, bekleme barajları dahil olmak üzere gerekli tedbirler alınır. Yangın veya sızdırmazlık bekleme barajları üretimi biten panoların ya da herhangi bir yangın riskine

karşı asgari olarak her üretim panosunun alt taban ve üst taban yollarında kurulur (Hangi aşamada kurulacağından söz edilmemiştir. Hazırlık çalışmaları bittikten sonra üretime geçmeden de kurulabilir anlamı taşımaktadır. Hazırlık aşamasında çıkan yangınlar da meydana gelebilmektedir. Hazırlık aşamasında bekleme barajları kurulmalıdır şeklinde ekleme yapılabilir), bunlar dışında kurulacak bölgeler sağlık ve güvenlik dokümanında belirlenir. Ocağın ana hava giriş ve çıkışında bir yangın tehlikesine karşı, ocağın giriş ve çıkışını tamamen kapatabilecek miktarda malzeme bulundurulur. Üretimi biten eski imalat ve panolardaki kalıcı bekleme barajları hava sızdırmaz, basınca dayanıklı ve tahrip olmayacak şekilde kurulur ve ocak gazları yönünden sürekli kontrol altında bulundurulur. Bu barajlar, baraj arkalarında oluşabilecek gaz basıncı ve su baskınına karşı dayanımı hesaplanarak (Asgari beton dayanımı verilebilir) kurularak sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilir. Barajların arkasında bulunan oksijen, metan, karbonmonoksit, hidrojen sülfür vb. ocak gazları ile sıcaklık ölçümleri 10 günde bir, değişiklik tespit edilmesi halinde sürekli yapılır ve kayıt altına alınır. Barajların açılmasında (Barajların yeniden açılması için baraj üzerinde havalandırma akışının kontrollü sağlanması için vantüp çapında en az 1 adet kapaklı havalandırma borusu bulundurulmalıdır) gerekli güvenlik tedbirleri alınır. Bu barajlar hazırlanacak olan yeraltı çalışma planlarında gösterilir.

EK-1 6.12. Patlayıcı maddelere ilişkin yönerge: Patlayıcı maddelerin taşınması ve depo edilmesine ilişkin esaslar hususunda, ilgili mevzuat hükümlerinin de göz önünde tutulduğu ve aşağıdaki ayrıntıları kapsayan bir yönerge hazırlanır. Bu Yönergede;

- a) Patlayıcı madde depolarının yerini gösterir planlar,
  - b) Ateşleyiciler ile patlayıcı madde depolarına girmeye yetkili çalışanların listesi,(Çalışanlar sürekli güncellendiği için isimlerin yönergede olmasına gerek yoktur)
  - c) Patlayıcıları nem, bozulma ve donmaya karşı korumak için alınacak tedbirler,
  - ç) Patlayıcı madde tüketim planı,
  - d) Tecrit (ayırma) tedbirleri,
  - e) Havalandırma,
  - f) Patlama ve yangına karşı alınacak tedbirler,
  - g) Yangın halinde gaz ve dumanların boşaltılması,
  - ğ) Patlayıcı maddelerin taşınmasına dair kuralları,
- ile ilgili hususlar yer alır.

7.1. Bütün yeraltı işlerinde, taş, toprak, kömür, cevher vb. maddelerin kayma ve düşmelerini önlemek üzere, uygun ve yeterli tahkimat yapılır.

7.7. Yeraltı maden ocaklarında açık tutulması gereken her yerde tavan kendini taşıyacak kadar sağlam olmadıkça tahkimat yapılması zorunludur. (İki madde birbiriyle çelişiyor).

6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği kapsamında çıkarılan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde 10.03.2015 tarih ve 29291 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan değişiklikle Yer altı Maden İşlerinin Yapıldığı İşyerlerinde Uygulanacak

Asgari Özel Hükümler kısmı madde 8.3’de ‘ Havalandırma ile ilgili değerler periyodik olarak ölçülür ve ölçüm sonuçları kaydedilir. Havalandırma sisteminin detaylarını kapsayan bir havalandırma planı hazırlanır, periyodik olarak güncellenir ve işyerinde hazır bulundurulur. (Ek cümleler:RG-10/3/2015-29291) Ocaktaki hava miktarı; temiz hava giriş yolu ve havanın ayrıldığı bütün kollarda dâhil olacak şekilde, hava ölçüm istasyonları kurularak, gerekli ölçümler yapılmak suretiyle takip edilir. Bu ölçümler sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilen sıklıklara göre yapılır ve havalandırma defterine kaydedilir. ‘Hava hızı **her halde** 0,5 m/s’den az olamaz’ denilmiştir. Burada önemli olan nokta yönetmelik maddesinin hazırlık galerilerini kapsam dışı bıraktığının belirlenmesidir. Ocaktaki hava miktarı; temiz hava giriş yolu ve havanın ayrıldığı bütün kollarda dâhil olacak şekilde ifadesinde belirtilen kol; madencilikte iki kavşak arasındaki açıklık demektir. Dolayısıyla ucu kapalı olan baca, başyukarı ve hazırlık galerilerinde bu hususun aranmayacağı yönetmelikte zımnen belirtilmiştir. ‘Hava hızı her halde 0,5 m/s’den az olamaz’ ibaresi yönetmelikte müstakil bir madde değil, hava ölçüm istasyonlarının kurulum yerlerinin peşinden gelen devam maddesidir. Bu bakımdan ‘Hava hızı her halde 0,5 m/s’den az olamaz’ ifadesini müstakil bir madde olarak değerlendirip işlem tesis etmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır.

Bir diğer husus da; madenlerde ve tünellerde olması gereken hava hızı değerleri birçok parametrenin göz önünde bulundurulmasıyla hesaplanmaktadır. Salt hava hızı değeri tespiti hem uygulamada sıkıntılar doğuracak hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından bazı riskler oluşturacaktır. Öncelikle Yeraltı maden ocaklarında ve özellikle kömür madenlerinde havalandırmadaki amaçları sıralayacak olursak;

- 1) Yanıcı, patlayıcı, zehirli ve boğucu gazların ocak havası içerisindeki konsantrasyonunu yok etmek veya azaltmak.
- 2) Patlayabilir veya sağlığa zararlı toz konsantrasyonunu yok etmek veya kabul edilebilir seviyeye indirmek
- 3) Çalışanlar için yeterli temiz havayı temin etmek
- 4) Termal konfor
- 5) Ateşlemelerden sonra meydana gelen zararlı gazları güvenlik önermelerinde izin verilen oranlara indirmek şeklinde sıralayabiliriz.

Hava miktarı belirlenirken bütün akademik yayınlarda ve ders kitaplarında belirtilen hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar;

- a- Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı
- b- Yayılacak gaz miktarına göre gerekli hava miktarı
- c- Oluşacak toz miktarına göre gerekli hava miktarı
- d- Patlayıcı madde kullanımına bağlı gerekli hava miktarıdır.

Son zamanlarda mevzuattan kaynaklı kafa karışıklığı nedeniyle yukarıda belirtilen hava miktarı belirleme yöntemlerine bir de yasal mevzuata göre hava miktarı ibaresi eklenmiştir. Örneğin Eskişehir Osmangazi üniversitesinde 2022 yılında yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında Soma kömür havzasında faaliyet gösteren Fernas İnş. Kınık 2 Yaylaköy Linyit İşletmesi’ne ait yeraltı kömür madeninde ‘‘Hazırlık aşamasındaki bir yeraltı kömür madeni için vantilatör seçimi ve havalandırma



tasarımı” başlıklı kitap yayımlanmıştır. Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocaklarında tali havalandırma için gerekli hava miktarının belirlenmesi çalışmaları kapsamında; hazırlık çalışmaları esnasında ocakta çalışan sayısı, yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri esas alınarak ayrı ayrı değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 1 Hava miktarı hesabı.

Hesaplama Ölçütü	Gerekli Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /s)
Çalışan sayısı	2,5
Gaz miktarı	1,34
Toz miktarı	0,3
Yasal değerler	14

Sonuç olarak, hesaplama ölçütlerine göre Fernas Kınık Yaylaköy Linyit İşletmesi ocakları için tali havalandırmada gerekli hava ihtiyacı, hava hızı limitlerine göre 14 m<sup>3</sup>/sn olarak belirlenmiştir” denilmiştir. Görüldüğü üzere bilimsel olarak hesaplanan gerekli hava miktarları ile yasal mevzuata göre olduğu ifade edilen gerekli hava miktarı hesabı arasında adeta uçurum bulunmaktadır. Hesaplama, hazırlık galerinin de hava hızının 0,5 m/s olacağı düşünülerek yapılmış ve bu şekilde büyük farklar çıkmıştır. Eğer yasal mevzuata göre olduğu ifade edilen yöntemle hava miktarı hesabı yapılacaksa diğer hesaplamaları yapmanın bir anlamı da kalmamaktadır. Oysaki mevzuata göre hazırlık galerilerine hava ölçüm istasyonu dahi kurulma zorunluluğu bulunmadığı için hazırlık galerilerinde hava hızı değil, hava debisini esas almak gerekmektedir. Zira, miktar diye ifade edilen kavram debidir. Eğer hava hızı odaklı bir yaklaşım uygulanırsa bu durum işletmeleri galeri kesitlerini daraltmaya yönlendirebilir. Örneğin; 4 kişinin çalıştığı 16 m<sup>2</sup> kesitli bir hazırlık galerisinde 300 m<sup>3</sup>/dak hava miktarı bulunmaktayken hava hızı 0,3 m/s’dir. Aynı hava akımında kesit genişliği 10 m<sup>2</sup>’ye düşürülürse a hava hızı 0,5 m/s’ye çıkmaktadır. Hava hızını artırmak için kesit daralmasına gitmek hem iş sağlığı ve güvenliği hem de ergonomi açısından önemli riskler barındırmaktadır. Bu bakımdan ilgili yönetmelik maddesi hazırlık galerilerinde hava hızı talep etmemiştir fakat bunu zımnen ifade etmiştir. Söz konusu zımni ifade hem denetleyiciler nezdinde hem de çalışanlar ve teknik personel kademesinde kararsızlığa neden olmaktadır. Konunun açık bir şekilde anlaşılacak somut ifadelerle düzenlenmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Burada mevzuatın diline de bir eleştiri getirmek gerekmektedir.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği’nde Ek-3 madde 8.3’te **“Ocaktaki hava miktarı; temiz hava giriş yolu temiz hava giriş yolu ve havanın ayrıldığı bütün kollarda dâhil olacak şekilde, hava ölçüm istasyonları kurularak, gerekli ölçümler yapılmak suretiyle takip edilir. Bu ölçümler sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilen sıklıklara göre yapılır ve havalandırma defterine kaydedilir.**

**Hava hızı her halde 0,5 m/s'den az olamaz'** denilmiştir. Görüldüğü üzere mevzuat, hava miktarı olarak konuya girmiş, fakat finali hava hızıyla yapmıştır. Ayrıca 'kollarda' ifadesindeki da'nın ayrı yazılması gerekirdi. Mevzuat içerik olarak tali galerilerle ana galerileri yani ana hava akımı ile tali hava akımını birbirinden ayırsa da kafa karışıklığını giderememiştir. Bu bakımdan esaslı bir tadilat yapılması yerinde olacaktır. Hazırlık galeri ile ana galerilerin havalandırma hesapları ayrı ayrı belirtilmeli ve uygulamada mümkün olmayan yaklaşımlardan vazgeçilmelidir. Ocağın bütününde hava hızını 0,5 m/s olarak talep etmek hem hazırlık galerileri açısından hem de bazı **özel bölgelerdeki** teknik ve güvenlik açısından olumsuzluklara neden olabilecektir.

Örneğin; ocağın güvenli şekilde havalandırılması için kurulmuş olan hava kapıları, her bölgede kısa devrelere sebep olmamak için katar mesafesi kadar aralıklarla 2 adet olacak şekilde kurulur. Ocağın havalandırma rejimine göre farklı noktalardan beslenen galerilere bazı bölgelerden fazla hava akımı geçmesi istenmez. Bu durumlarda iki hava kapısı arasında havalandırma hızı çok düşük de olabilir. Bu kapılar genelde ana hava akımının geçtiği galerilerde kurulur ve kirli hava bulunmaz. Dolayısıyla hava kapıları arasında da hava hızına limit koymak da ocağın genel havalandırma rejimine olumsuz etki yapabilir.

Başka bir durum da ayak kesitleri ile tabanyolu kesitlerinin farklı olmasından kaynaklı hava hızı değişiklikleridir. Örneğin 4 m<sup>2</sup> kesitli bir üretim ayağından 0,5 m/s hava hızı geçtikten sonra 12 m<sup>2</sup> kesitli tabanyoluna çıktığında aynı hava hızı 0,16 m/s 'ye düşmektedir. Söz konusu 12 m<sup>2</sup> kesitli tabanyolunda 0,5 m/s hava hızını yakalamak için ayak içerisine 1,5 m/s hava hızı girecektir. Bu da kömür yangınlarına, kömür tozu yoğunluğunun artmasına ve termal konforun bozulmasına neden olacaktır. Hal böyleyken iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler meydana gelecektir.

Sonuçta konu bütün yönleriyle ele alınıp farklı disiplinlerden de yararlanmak gerekmektedir. Bu bağlamda havalandırma ve klimatoloji alanında bilimsel destek de alınmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir. Havalandırma, iklimlendirme cihazı ile yapılıyorsa hava esintisi (cereyan) önlenmelidir. Bunun için hava akımı rüzgâr yönünde 0,5 m/s altında olmalı (Gülçubuk, 1996). Dolayısıyla çalışanların esintili havanın zararlarından korunması gerekiyor. Bu da hava hızını insan odaklı bir seviyeye getirmekle mümkün olacaktır. Kömür ocaklarında taban yolları, hazırlık galerileri ve başyukarı gibi çalışma alanlarında havalandırma, iklimlendirme cihazı ile yani vantilatörler ile sağlandığından 0,5 m/s den sonra insan sağlığı açısından riskler başlamaktadır.

Hava hızı anayollarda ve ayaklarda 0,25 m/s ve ikinci derece yollarda 0,1 m/s den az olmamalıdır. Bununla beraber, anayol ve ayaklar için 3,5 m<sup>3</sup>/s, tali yollar için 2 m<sup>3</sup>/s'den fazla hava vermek zorunluluğu yoktur (Yenisey, 1969). Gerek üfleyici, gerekse emici havalandırma sisteminde galeri içinde havanın ortalama hızı 0,15 m/s ve üzerinde, 4,0 m/s'nin altında olmalıdır (Arioğlu, 2009). Genel bir kaide olarak ortam sıcaklığı ve yayılan sıcaklık düzeyleri konfor değerlerinde iken, olması gereken hava

hızı 0,15 m/s civarındadır. Hız 0,5 m/s 'nin üzerine çıktığında çalışma yeri esintili kabul edilirken, 0,1 m/s 'nin altına düştüğü durumlarda çalışma yeri havasız olarak nitelendirilir. Görüldüğü gibi iklimlendirme ve klimatoloji bilimlerine göre hava hızının maksimum noktası, yönetmelikte minimum noktası olarak belirtilmiştir.

Sonuç olarak çalışma ortamında termal konforun sağlanması, sağlığa zararlı olan su buharı, gaz ve tozların uygun bir biçimde dışarı atılması, yanmaya müsait damarlar için hava hızının optimum seviyelerde seyretmesi gibi nedenlerle hazırlık galerileri ve birtakım özel çalışma alanlarını da içeren detaylı bir mevzuat çalışmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

8.6. Terk edilen veya yeterince havalandırılmayan yerler çalışanların girmesini önleyecek biçimde kapatılır ve üzerlerine uyarı işareti konulur. (Havalandırılmayan yerlerin sadece insan geçişini engelleyecek şekilde kapatılması kabul edilebilir risk seviyelerinde değildir. Çünkü atmosferik basınç düşüşlerinde biriken metan gazının ortama yayılma riski vardır. Yeterince havalandırılmayan yerlerin barajla kapatılması gereklidir.)

8.9. Ocağın çeşitli kısımlarında, sıcaklık ve nem oranı düzenli olarak ölçülür. Nem oranı göz önünde bulundurularak hava sıcaklığının sağlığa zararlı düzeye yükselmemesi için gerekli tedbirler alınır. Bu düzeye yaklaşıldığında ölçme işlemi her gün gerekli görülecek aralıklarla yapılır ve ölçme sonuçları havalandırma defterine yazılır. Söz konusu şartların sağlık için tehlikeli olması halinde çalışma geçici olarak durdurulur. ( sıcaklığın zararlı düzeyi kaç derecedir? nem oranı ile birlikte değerlendirildiğinde eşdeğer efektif sıcaklık yani hissedilen sıcaklığı ölçen bir sensörün bulunması gereklidir.)

10.8. Havalandırma esas itibariyle aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Eğimi hiçbir kısımda % 10' u geçmeyen kesitinin herhangi bir noktasında grizu toplanmasına imkân bulunmayan ve grizu birikimini önleyecek hava akımı sağlanan galeriler havalandırma bakımından düz sayılır.

Söz konusu madde yürürlükten kaldırılan Maden Ve Taş Ocakları İşletmelerinde Ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük'ten alıntılanmıştır. Fakat tüzüğün 179. Maddesinde; " Havalandırma esas itibariyle aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Zorunluluk halinde, Bakanlıktan izin alınarak, yukarıdan aşağıya doğru havalandırma yapılabilir" şeklindedir. Ana havalandırma zaten aşağıdan yukarı doğru yapılmaktadır. Her ne kadar burada bahsedilen havalandırma ana havalandırma olsa da son zamanlarda bazı denetçiler tarafından lokal bölgelere de konu taşınmıştır.

Esas itibariyle ibaresi Türkçe'de "aslında" anlamı taşır. Eğer esas itibariyle şeklinde bir cümle kuruluyorsa koşullar sağlandıktan sonra zıt işlem yapılabilir anlamı oluşur. O yüzden tüzükte esas itibariyle ibaresinin içi, Bakanlık izni alınma koşuluyla doldurulmuştur. Hal böyleyken yönetmelikteki esas itibariyle ibaresinin karşılığı

bulunmamaktadır. Bakanlık izni yerine “gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmak kaydıyla çalışma izni yapılarak zorunlu hallerde yukardan aşağı havalandırma yapılabilir denilebilir, yahut ana havalandırma şeklinde cümleye başlanabilir.

11.4. Zincirleme toz patlamalarına neden olabilecek yanıcı toz ve/veya grizu patlamalarının yayılması patlama barajları yapılarak önlenir. Patlamayı durdurucu bu barajların yerleri ocaktaki üretim ve faaliyetlerden kaynaklı değişikliklere göre güncellenir ve yerleri imalat haritaları ve havalandırma planında gösterilir. (Ocakta kurulum mesafeleri belirlenebilir).

## **5. MEVZUAT NASIL ve KİMLER TARAFINDAN OLUŞTURULMALI**

Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde sağlık ve güvenlik mevzuatı, çalışan işçilerin sağlığını ve güvenliğini korumak amacıyla belirlenen asgari şartları içerir. Bu mevzuatın oluşturulması ve uygulanması çeşitli paydaşlar tarafından gerçekleştirilir.

1. Amaç ve Kapsam:
  - Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenliğini korumak amacıyla mevzuat belirlenir (URL-1).
  - Bu mevzuat, 4857 sayılı İş Kanunu kapsamına giren tüm yeraltı ve yerüstü maden işyerlerini içerir.
2. Dayanak:
  - Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde sağlık ve güvenlik mevzuatı, 4857 sayılı İş Kanununun 78. maddesine göre düzenlenmiştir.
3. Tanımlar:
  - Yeraltı ve yerüstü maden işleri, madenlerin çıkarılması, araştırılması ve satışa hazırlanması gibi faaliyetleri ifade eder.
  - İşyeri, maden çıkarma işlerinin yapıldığı tesisleri ve çalışma alanlarını içerir.
4. İşveren Yükümlülükleri:
  - İşveren, işçilerin sağlık ve güvenliğini sağlamak için tasarım, inşaat, teçhizat, işletme ve bakım konularında önlemler almalıdır.
  - Özel risk içeren işler uzman kişiler tarafından ve talimatlara uygun olarak yapılmalıdır.
  - İşveren, sağlık ve güvenlik dokümanını hazırlamalı ve güncellemelidir (URL-1).

Bu mevzuatın oluşturulmasında kamu kurumları, işverenler, uzmanlar ve akademisyenler işbirliği yapar. Kamu kurumları, denetim ve düzenlemelerle mevzuatın uygulanmasını sağlar. Akademik katkı ise araştırmalar ve bilimsel verilerle mevzuatın güncellenmesine katkıda bulunur. Paydaşların işbirliği, işçi sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir (URL-3).

## **a. Mevzuatın Oluşturulması**

Yeraltı maden işletmelerine yönelik iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının oluşturulması, çok paydaşlı bir süreç olmalıdır. Bu süreçte, kamu kurumları, işveren temsilcileri, işçi sendikaları, maden mühendisleri, iş güvenliği uzmanları, akademisyenler ve ilgili tüm tarafların katılımı sağlanmalıdır. Böylece tüm paydaşların ihtiyaçları, beklentileri ve endişeleri dikkate alınarak, kapsamlı ve uygulanabilir bir mevzuat oluşturulabilir.

## **b. Kamu Kurumlarının Rolü**

Kamu kurumları, mevzuatın oluşturulması ve uygulanmasında kilit rol oynamaktadır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı gibi ilgili kurumlar, mevzuatın hazırlanması, yayımlanması, denetlenmesi ve uygulanmasından sorumludur. Ayrıca, Adalet Bakanlığı ve Maliye Bakanlığı da mevzuatın hukuki ve mali boyutlarında etkilidir.

## **c. Paydaşların Katkısı**

İşveren temsilcileri, işçi sendikaları, maden mühendisleri ve iş güvenliği uzmanları, mevzuatın oluşturulmasında önemli katkılar sağlar. İşverenler, uygulanabilir ve ekonomik yönden sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olur. İşçi sendikaları, çalışanların haklarının ve ihtiyaçlarının gözetilmesini sağlar. Maden mühendisleri ve iş güvenliği uzmanları ise, teknik gereklilikler ve iş sağlığı ve güvenliği standartlarının belirlenmesi konusunda önemli rol oynar.

## **d. Akademik Katkı**

Akademisyenler, mevzuatın bilimsel temellere dayandırılması ve uygulamada karşılaşılan sorunların çözümü için önemli bir kaynak oluşturur. Araştırmalar, vaka analizleri ve uzman görüşleri, mevzuatın geliştirilmesi ve iyileştirilmesi sürecinde yol gösterici olabilir. Ayrıca, eğitim programları ve farkındalık çalışmaları aracılığıyla paydaşların kapasitelerinin artırılmasına da katkı sağlarlar.

## **6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yeraltı maden işletmelerini kapsayan iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının uygulanmasında çeşitli sorunlar ile karşılaşmaktadır. Yasal düzenlemelerin yeterliliği, yönetsel sorunlar, teknik altyapı eksiklikleri, finansal kaynakların yetersizliği, insan kaynağı sorunları, eğitim ve farkındalık eksiklikleri, denetim mekanizmalarının etkinliği, cezai yaptırımların caydırıcılığı gibi hususlar uygulamada zorluklar yaratmaktadır. Bununla birlikte, yeraltı maden işletmelerinin kendine has özellikleri, çalışma koşullarındaki zorluklar ve teknolojik yetersizlikler de mevzuatın uygulanmasını güçleştirmektedir.

Bu sorunların aşılabilmesi için, yasal düzenlemelerin güncellenmesi, yönetsel kapasitenin artırılması, teknik altyapının iyileştirilmesi, finansal kaynak sağlanması, eğitim ve farkındalık çalışmaları, denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi ve cezai yaptırımların etkinleştirilmesi gibi kapsamlı önlemlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca, mevzuatın oluşturulma sürecinde tüm paydaşların katılımının sağlanması, uygulamayı kolaylaştırıcı ve destekleyici politikaların geliştirilmesi de önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, yeraltı maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik mevzuatın etkin bir şekilde uygulanabilmesi için çok yönlü ve kapsamlı çözümler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, çalışanların can ve iş güvenliğinin korunması, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının önlenmesi mümkün hale gelecektir.

## KAYNAKLAR

### URL-1

[https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150616144501\\_444\\_227370c5.pdf](https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150616144501_444_227370c5.pdf)

### URL-2 <https://nedenisguvenligi.com/is-sagligi-ve-guvenliginin-tarihsel-gelisimi/>

Gazete, R. (2013). Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.

Göztepe, C. C., Erdim, B., & Akyıldız, S. (2011). İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatında Sağlık ve Güvenlik Dokümanı Hazırlanışı. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*.

### URL-3 <https://www.aile.gov.tr/eyhgm/mevzuat/ulusal-mevzuat/yonetmelikler/maden-isyerlerinde-is-sagligi-ve-guvenligi-yonetmeligi/>.

### URL-4

<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18858&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>

### URL-5

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>

### URL-6

[https://www.isguvenligi.net/wpcontent/uploads/mevzuat/yeralti\\_ve\\_yerustu\\_maden\\_isletmelerinde\\_saglik\\_ve\\_guvenlik.pdf](https://www.isguvenligi.net/wpcontent/uploads/mevzuat/yeralti_ve_yerustu_maden_isletmelerinde_saglik_ve_guvenlik.pdf)

### URL-7

<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18858&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>

Özdemir, C., Tunca, B., & Çöl, M. (2023). Dünyada ve Türkiye’de Maden Kazaları. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 7(2), 109-118.

### URL-8

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>

### URL-9

[https://www.isguvenligi.net/wpcontent/uploads/mevzuat/yeralti\\_ve\\_yerustu\\_maden\\_isletmelerinde\\_saglik\\_ve\\_guvenlik.pdf](https://www.isguvenligi.net/wpcontent/uploads/mevzuat/yeralti_ve_yerustu_maden_isletmelerinde_saglik_ve_guvenlik.pdf)

Özdemir, C., Tunca, B., & Çöl, M. (2023). Dünyada ve Türkiye’de Maden Kazaları. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 7(2), 109-118.

### URL-10 <https://www.csgb.gov.tr/isggm/haberler/yeralti-maden-isletmelerinde-guvenlik-kosullarinin-iyilestirilmesi-icin-destek/>

### URL-11 <https://tuv.com.tr/dokuman/ISO-45001-2018-Standard%c4%b1.pdf>

### URL-12 <https://www.csgb.gov.tr/isggm/hizmetlerimiz/isg-hizmetleri>

**URL-13**

<https://bing.com/search?q=%c4%b0%c5%9f+Sa%c4%9f%c4%b1%c4%9f%c4%b1+ve+G%c3%bcvenli%c4%9fi+Y%c3%b6netim+Sistemi+planlama>

**URL-14** <https://guvenliinsaat.csgb.gov.tr/isg-konulari/saglik-ve-guvenlik-plani/>

**URL-15** <https://www.tse.org.tr/ts-iso-45001-is-sagligi-ve-guvenligi-yonetim-sistemi/>

**URL-16** [https://cesan.com/upload/files/dosyalar/2017/Yonetim\\_Procedure\\_Cesan.pdf](https://cesan.com/upload/files/dosyalar/2017/Yonetim_Procedure_Cesan.pdf)

**URL-17** [https://www.arcelikglobal.com/media/5175/05\\_2020-i-sgi-syeri\\_uygulamakurallari-tr.pdf](https://www.arcelikglobal.com/media/5175/05_2020-i-sgi-syeri_uygulamakurallari-tr.pdf)

**URL-18** <https://onlineisgegitimi.com/is-sagligi-ve-guvenligi-yonetim-sistemleri/>

**URL-19** <https://www.sistempatent.com/belgelendirme/sistem-belgelendirme/iso-45001/iso-45001-is-sagligi-ve-guvenligi-isg-yonetim-sistemi.aspx>

**URL-20** <https://isgadayi.com/is-sagligi-ve-guvenligi-kurulu-kimlerden-olusmaktadir/>

**URL-21** <https://isghazirlik.com/isg-kurulu-nedir/>

**URL-22** <https://kaleosgb.com.tr/is-sagligi-ve-guvenligi-kurulu/>

**URL-23**

<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=17031&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetciligi&mevzuatTertip=5>

**URL-24** <https://iskanunu.com/yasal-degisiklikler/1977-torba-yasa-ile-degisik-maden-ve-yeralti-iscileri-emeklilik-sartlari/>

**URL-25** <https://www.tki.gov.tr/yeralti-madenciligi>

Aydın, G., & Karakurt, İ. (2021). Yeraltı maden işletmeciliğinde sağlık ve güvenlik sorunları. *Teknik Bilimler Dergisi*, 11(1), 1-12.

Koçali, K. (2023). Fine-Kinney Risk Değerlendirmesi Yöntemi ile Yeraltı Maden Ocağında Delme Patlatma İşlemlerinin İncelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 10(99), 2185-2199.

**URL-26** <https://www.csgb.gov.tr/isggm/haberler/yeralti-maden-isletmelerine-yonelik-finansal-destek-ve-rehberlik-programi-izmir-ve-ankara-cevresindeki-maden-isletmelerine-online-olarak-tanitildi/>

**URL-27** [https://www.isguvenligi.net/wp-content/uploads/mevzuat/yeralti\\_ve\\_yerustu\\_maden\\_isletmelerinde\\_saglik\\_ve\\_guvenlik.pdf](https://www.isguvenligi.net/wp-content/uploads/mevzuat/yeralti_ve_yerustu_maden_isletmelerinde_saglik_ve_guvenlik.pdf)

Gazete, R. (2013). Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.

Bakanlığı, T. Ç. V. S. G., & Başkanlığı, İ. T. K. (2011). Yeraltı Ve Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Rehberi.

Aydın, G., & Karakurt, İ. (2021). Yeraltı maden işletmeciliğinde sağlık ve güvenlik sorunları. *Teknik Bilimler Dergisi*, 11(1), 1-12.

Göztepe, C. C., Erdim, B., & Akyıldız, S. (2011). İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatında Sağlık ve Güvenlik Dokümanı Hazırlanışı. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*.

# **TRAKYA BÖLGESİNDE MEKANİZE AYAK YÖNTEMİ İLE KÖMÜR ÜRETİMİ YAPAN BİR YERALTI KÖMÜR İŞLETMESİNDE İŞ KAZALARININ İNCELENMESİ VE İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI**

## ***INVESTIGATION OF WORK ACCIDENTS AND OCCUPATIONAL SAFETY PRACTICES IN AN UNDERGROUND COAL MINE THAT PRODUCES COAL USING THE FULL MECHANIZED LONGWALL METHOD IN THE THRACE REGION***

**Oktay Yazıcı, Suha Keskin, İbrahim Durna\*, Ömer Varol, Murat Girgin, Sedat Can Tosmak**

*Kiremitçiler Gurup Özşen Maden İşletmeleri, Edirne*

**ÖZET** Bu çalışmada, Trakya bölgesindeki Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür işletmesinde mekanize ayak kömür üretimi, kömür üretimi için yapılan hazırlıklar ve diğer yardımcı faaliyetlerde 01.01.2022 – 01.04.2024 tarihleri arasında meydana gelen iş kazaları incelenmiş olup farklı istatistikler ile iş kazaları sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu istatistik ve sınıflandırmalardan yararlanılarak mevcut iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları revizyonlara tabi tutularak yeniden düzenlenmiş ve uygulamaya konmuştur. Bu çalışmalar süreklilik arz etmekle beraber iş sağlığı ve güvenliği yönetimi süreçleri arasında olan sürekli iyileştirmenin bir parçasıdır.

Ayrıca, Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür işletmesinde mekanize yeraltı kömür maden işletmesinde güvenli bir işyeri oluşturabilmek ve sağlık ve güvenlik konularında başarılı çalışmalar yapabilmek iyi iş güvenliği uygulamasına da dayanmaktadır. Bu çalışmada iş kazaları ve diğer sağlık tehlikelerinin olmaması veya en aza indirilmesi amacıyla uygulanan iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları da anlatılmıştır.

**ABSTRACT** In this study, the work accidents that occurred between 01.01.2022 and 01.04.2024 in the full mechanized Longwall coal production, preparations for coal production and other auxiliary activities in the Kiremitçiler Group Özşen Mining Enterprises underground coal mine in the Thrace region were examined and the work accidents were classified with different statistics. Later, using these statistics and classifications, existing occupational health and safety practices were revised, rearranged and put into practice. These studies are ongoing and are a part of continuous improvement among occupational health and safety management processes.

In addition, being able to create a safe workplace in the full mechanized longwall underground coal mine of Kiremitçiler Group Özşen Maden İşletmeleri and carrying out successful work on health and safety issues is also based on good occupational safety practices. In this study, occupational health and safety practices implemented to prevent or minimize occupational accidents and other health hazards will also be explained.

\* [ibrahimdurna@ozsenmadencilik.com.tr](mailto:ibrahimdurna@ozsenmadencilik.com.tr)



## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada Trakya bölgesindeki Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür işletmesinde mekanize ayak kömür üretimi, kömür üretimi için yapılan hazırlıklar ve diğer yardımcı faaliyetlerde 01.01.2022 – 01.04.2024 tarihleri arasında meydana gelen 357 iş kazası incelenmiş olup farklı istatistikler ile iş kazaları sınıflandırılmıştır. Daha sonra mevcut iş sağlığı ve iş güvenliği uygulamaları ve bu istatistikler sonucunda sürekli iyileştirme kapsamında yapılan iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları özet olarak anlatılmıştır.

İş kazaları, çalışanlar için yaralanma, sakat kalma, ölüm gibi sonuçlar doğurmakla birlikte işverenlere ve devlete yüklediği ağır ekonomik maliyetleri de beraberinde getirmektedir.

Bu ekonomik maliyetlere bakıldığında, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının işverene ve devlete maliyetinin çok yüksek olduğu bilinmektedir. Hâlbuki iş kazalarının ve meslek hastalıklarının oluşmasını önlemek için harcanan para, iş kazası ve meslek hastalığı sonrasında oluşan maliyetlerin kat kat altında olduğu tespit edilmiştir. İşyerlerinde alınan önlemler, can ve mal kayıplarını engeller, üretim ve hizmetlerde beklenmeyen maliyetlerin önüne geçilmesini sağlar.

### 1.1. İş Kazası Tanımı

İş kazası tanımı dünyada ve ülkemizde şu şekilde yapılmaktadır:

ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) iş kazası tanımı: Belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik bir olaydır. (ILO, 2016)

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) iş kazası tanımı: Önceden planlanmamış, çoğu zaman kişisel yaralanmalara, makinelerin, araç ve gereçlerin zarar uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olaydır.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre iş kazası tanımı: İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olaydır.

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'na göre iş kazası tanımı: İş kazası;

- Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada,
- İşveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle, sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle,
- Bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,
- Bu Kanunun 4. maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi kapsamındaki emziren kadın sigortalının, iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,
- Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan, bedenen ya da ruhça engelli hale getiren olaydır.

Görüldüğü üzere, Türk mevzuatında iş kazası sadece insan odaklı iken, uluslararası iş kazası yaklaşımında üretim, makine ve ekipmana gelen kayıpları göz önüne almaktadır.



Şekil 1. Olay; Kaza ve Ramak Kala

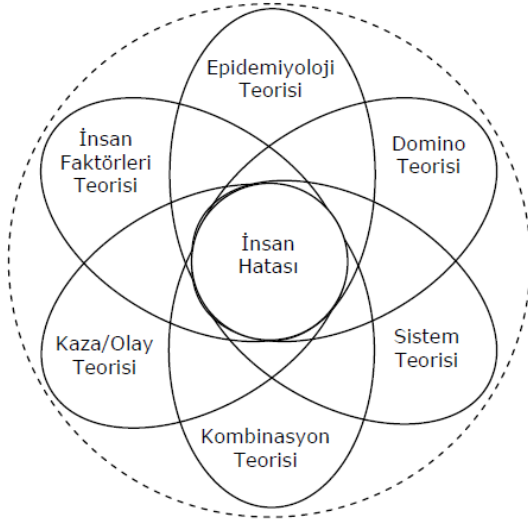
## 1.2. İş Kazalarının Nedenleri

İş kazalarının önlenmesine yönelik araştırmalar, öncelikle kaza nedenlerinin belirlenmesini gerekli kılar. Zira problemlerin çözümü için geliştirilen bilimsel yaklaşımlar, ancak tanımlanmış olaylar için geçerlidir.

Bir kazanın incelenmesi ve analiz edilmesi, kazanın neden kaynaklandığını anlamak ve tekrar etmesini engellemek içindir. Kaza sebeplerini araştırmak için kullanılan çeşitli teoriler geliştirilmiştir.

Araştırmalarda kaza nedenleri ve kazalara etki eden faktörler, genellikle kaza sebep teorileri ve kaza sınıflandırmaları ile iç içe girerek ve bazen de biri diğerinin yerine kullanılarak ele alınmıştır.

Kazalarla ilgili farklı dönemlerde bazı teoriler ortaya çıkmış ve bunlar uzun yıllar iş güvenliği programlarına temel teşkil etmişlerdir. Kaza sebeplerini açıklamak için geliştirilen en genel teoriler şunlardır; Domino Teorisi, İnsan Faktörleri Teorisi, Kaza/Olay Teorisi, Epidemiyoloji Teorisi, Sistem Teorisi ve Kombinasyon Teorisidir. Bu teorilerin temelinde iş kazası nedeni insan hatasıdır.



Şekil 2. İş kaza sebebi teorileri.

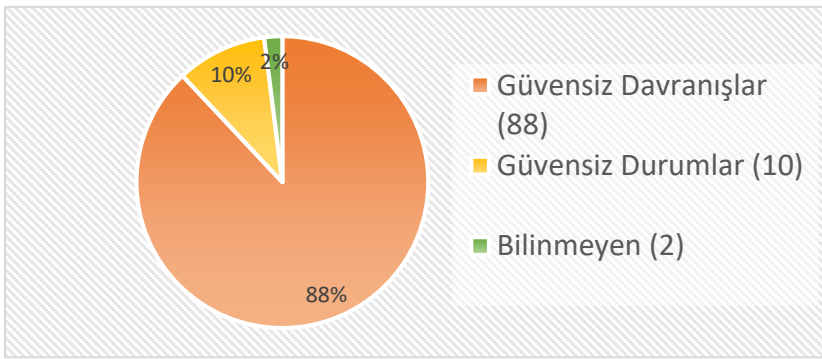
İş kazası önleme ve işyeri güvenliğinin ilk öncüsü Travelers Insurance Company'nin (Gezginler Sigorta Şirketi) bir görevlisi olan Herbert W. Heinrich'tir. 1920'lerin sonlarında, 75.000 iş kaza raporu üzerinde çalıştıktan sonra Heinrich;

\*İş kazalarının %88'ine iş arkadaşları tarafından ortaya konan güvenli olmayan hareketlerin (Güvensiz hareketler) neden olduğunu,

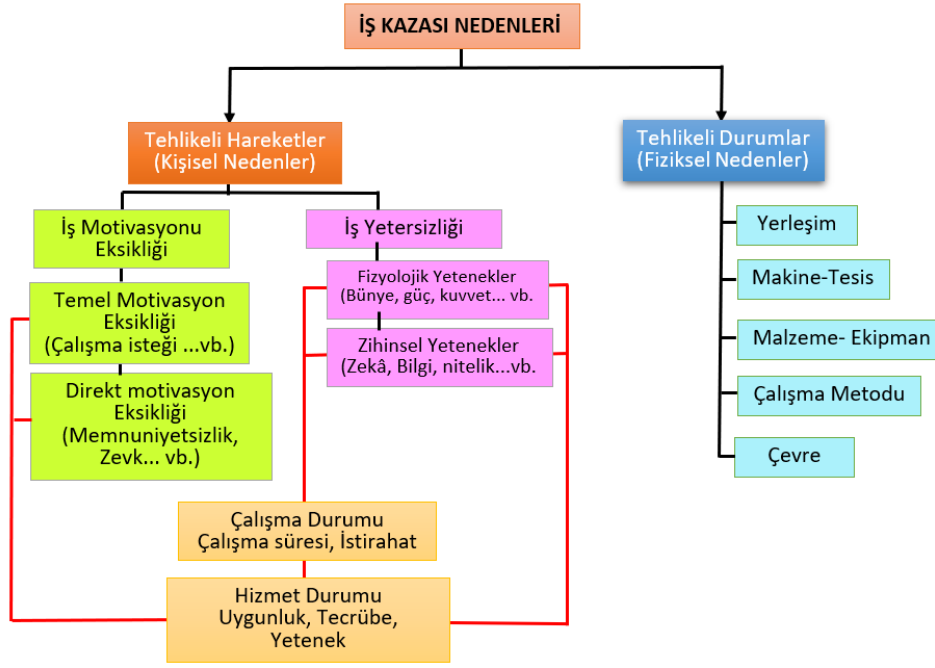
\*İş kazalarının %10'una güvenli olmayan koşulların (Güvensiz durumlar) neden olduğunu,

\*İş kazalarının %2'sinin engellenemez olduğunu ortaya koymuştur. (hse.gov.uk)

Dolayısı ile iş kazalarının %98 i gerekli önlemler alındığında engellenebilir.

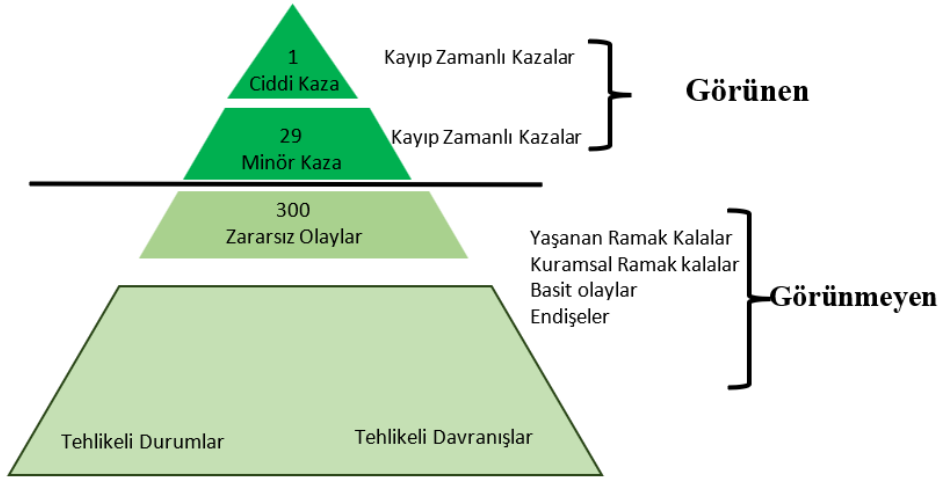


Şekil 3. W.H. Heinrich'e (1931) göre tüm kazaların nedeni.



Şekil 4. İş kaza nedenleri.

Heinrich Piramidi veya Heinrich Yasasına göre bir iş yerinde benzer 330 adet kaza ele alındığında, meydana gelen 1 ağır yaralanmalı kaza için 29 hafif yaralanmalı ve 300 yaralanmasız (ramak kala) olay meydana gelmektedir.



Şekil 5. Heinrich e göre iş kaza nedenleri.

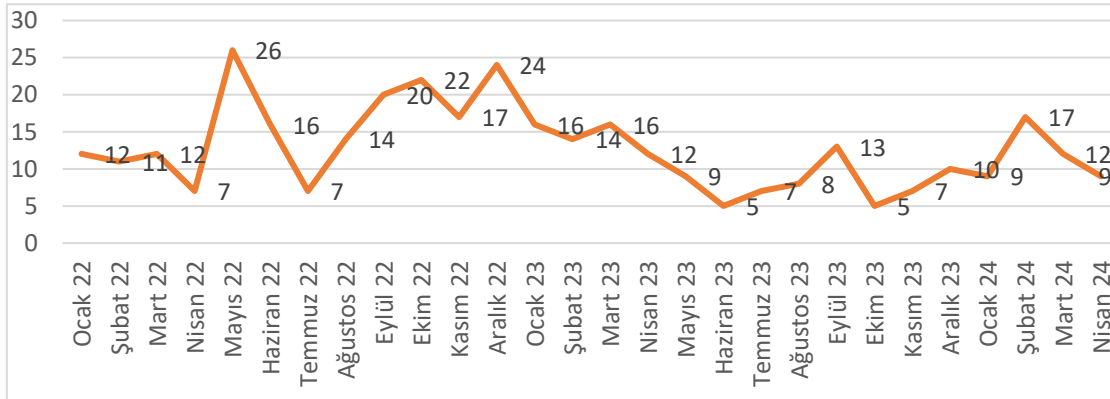
## 2. İŞ KAZA İSTATİSTİKLERİ

Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür işletmesinde 01.01.2022-01.04.2024 tarihleri arasında meydana gelen iş kazalarının aylara, birimlere, iş kazası yaşanan yerlere, iş kaza türlerine, iş günü kayıplarına, iş kaza saatlerine, vücutta

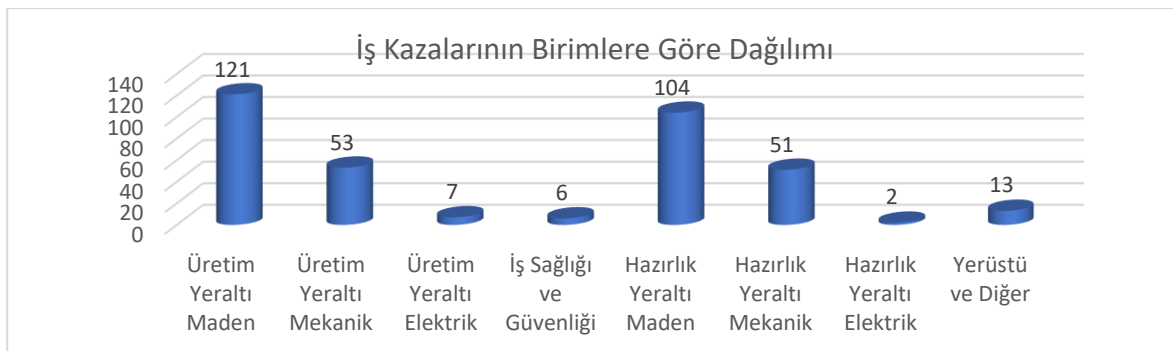
kazalanma bölgelerine, vardiyalara, yaşa ve çalışma sürelerine göre dağılım grafikleri çıkarılmıştır. Grafikler aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 1. Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür işletmesinde iş kaza dağılımı.**

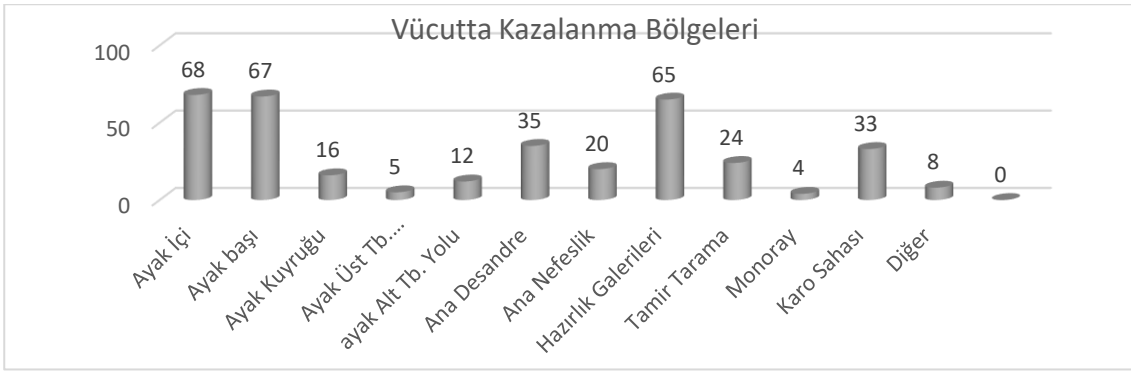
		Ocak 22	Şubat 22	Mart 22	Nisan 22	Mayıs 22	Haziran 22	Temmuz 22	Ağustos 22	Eylül 22	Ekim 22	Kasım 22	Aralık 22	Ocak 23	Şubat 23	Mart 23	Nisan 23	Mayıs 23	Haziran 23	Temmuz 23	Ağustos 23	Eylül 23	Ekim 23	Kasım 23	Aralık 23	Ocak 24	Şubat 24	Mart 24	Nisan 24
Üretim İlerleme	Metre	136	141	89	27	133	110	86	140	127	107	56	8	12	118	131	102	98	104	114	92	123	101	130	61	203	79	80	
Üretim Çalışan Sayısı	Kişi	148	157	158	161	162	194	194	205	190	198	233	229	225	202	203	194	187	194	179	181	184	190	209	209	204	203	233	229
Hazırlık İlerleme Miktarı	Metre	446	291	343	368	200	295	271	454	554	368	400	515	22	16	312	328	358	276	346	464	425	283	100	196	121	313	510	367
Hazırlık Çalışan Sayısı	Kişi	179	180	185	184	192	181	178	177	202	217	218	212	211	197	205	188	187	188	182	185	185	183	177	173	176	182	155	146
Toplam Çalışan Sayısı	Kişi	345	341	357	361	371	391	384	377	400	434	474	467	450	455	456	438	419	407	404	411	418	419	432	432	426	434	437	422
Üretim İş Kaza Sayısı	Kişi	11	6	10	3	12	11	4	5	9	7	10	11	7	7	8	6	6	1	5	5	8	2	3	6	5	9	5	8
Hazırlık İş Kaza Sayısı	Kişi	1	5	2	4	14	5	3	9	11	15	7	13	8	4	6	6	1	4	2	3	5	3	4	4	3	8	6	1
Diğer İş Kaza Sayısı	Kişi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Toplam İş Kaza Sayısı	Kişi	12	11	12	7	26	16	7	14	20	22	17	24	16	14	16	12	9	5	7	8	13	5	7	10	9	17	12	9



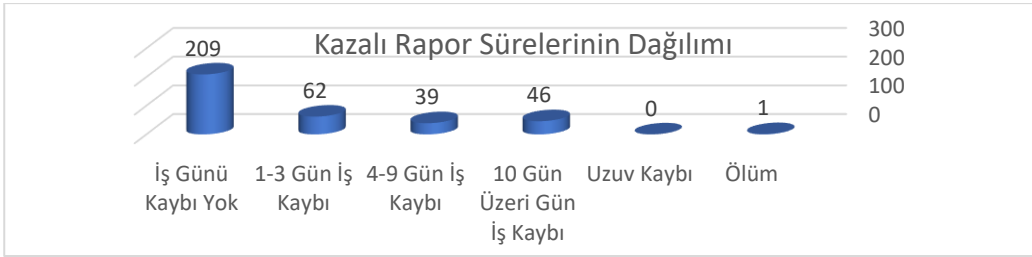
**Şekil 6. İş kazalarının aylara göre dağılımı.**



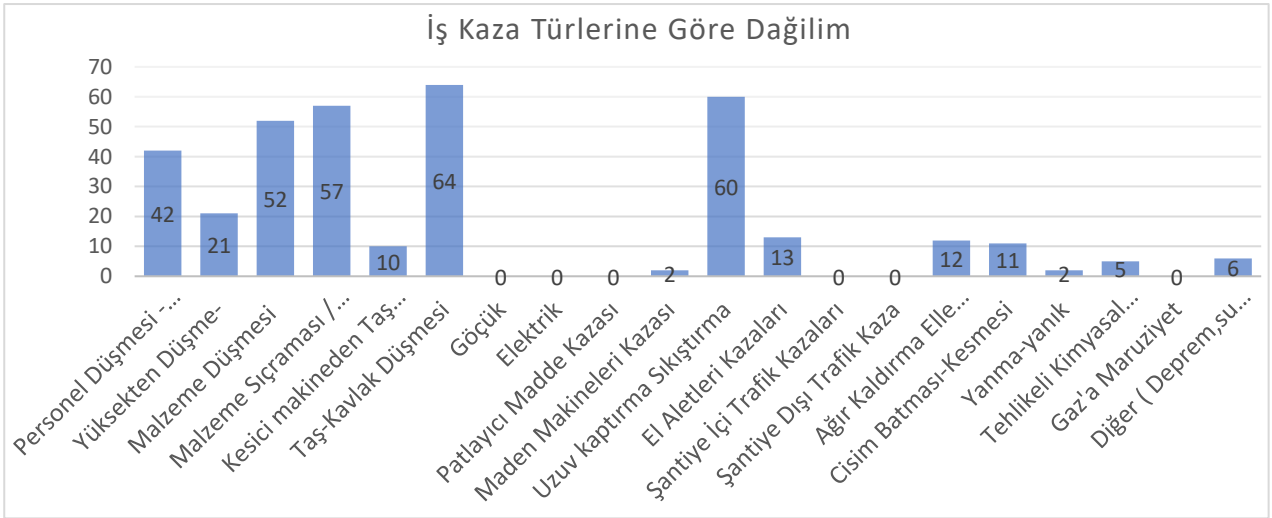
**Şekil 7. İş kazalarının birimlere göre dağılımı.**



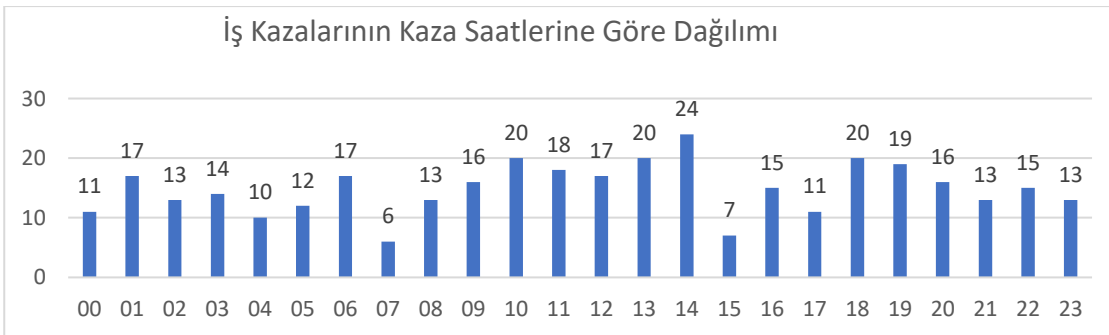
Şekil 8. İş kazalarının en çok yaşandığı yerler (üretim, ana yollar, hazırlıklar).



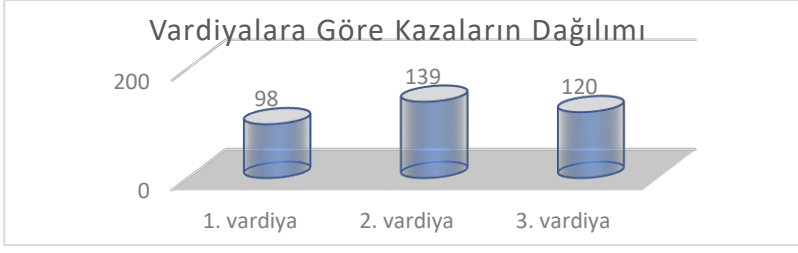
Şekil 9. İş kazalarının iş günü kayıplarına göre dağılımı.



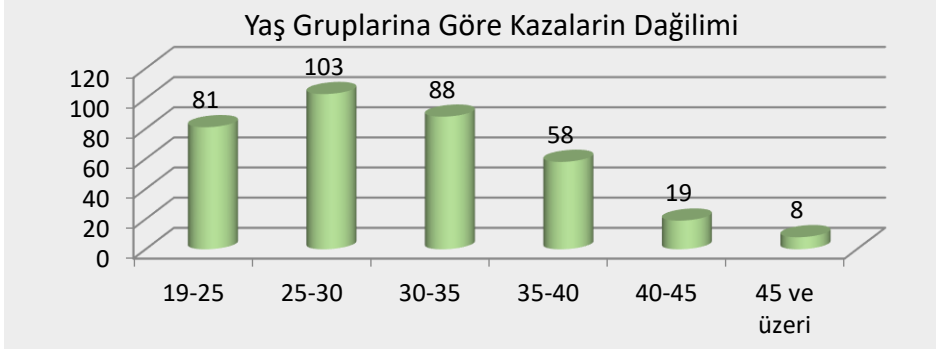
Şekil 10. İş kazaları türlerine göre dağılımı.



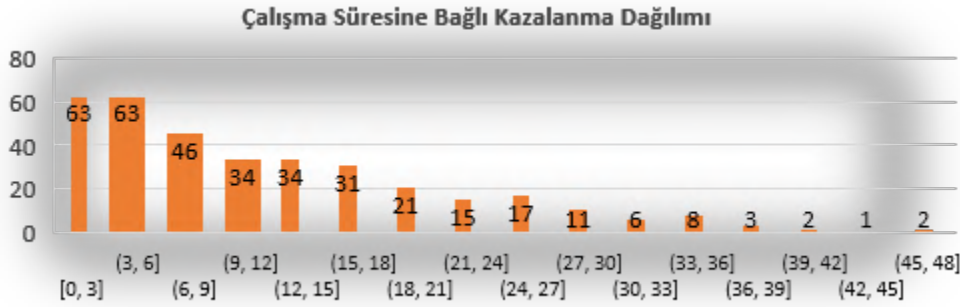
Şekil 11. İş kazalarının saatlere göre dağılımı.



Şekil 12. İş kazalarının vardiyalara göre dağılımı.



Şekil 13. İş kazalarının yaş gruplarına göre dağılımı.



Şekil 14. İş kazalarının çalışma sürelerine göre dağılımı.

Kaza sıklık hızı, kaza ağırlık oranı ve kaza olabilirlik oranlarına baktığımızda 2023 yılı için (Aritan E.A., 2017) ;

$$\text{Kaza Sıklık Hızı} = (\text{Yıllık Kaza Sayısı} / \text{Toplam İnsan Saat Çalışma Sayısı}) * 1000000$$
$$: (122 / 939600) * 1000000 = \underline{129,84}$$

$$\text{Kaza Ağırlık Oranı} = (\text{Kayıp Gün Sayısı} / \text{Toplam İnsan Saat Çalışma Sayısı}) * 1000$$
$$: (418 / 939600) * 1000 = \underline{0,44487}$$

$$\text{Kaza Olabilirlik Oranı} = (\text{Yıllık Kaza Sayısı} / \text{Toplam İşçi Sayısı}) * 100000$$
$$: (122 / 428) * 100000 = \underline{28476,95}$$

### **3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI**

#### **3.1. Ortam Gözetimi ve Saha Çalışmaları**

Çalışma ortamı gözetimi; İSG Faaliyetlerinin İşletme Faaliyetleriyle Bütünleştirilmesi ve alınan önlemlere uyulup uyulmadığını denetleme ve giderek önlemlere uyulmasını temin edilmesi çalışmalarını kapsamaktadır.

**Havalandırma Çalışmaları;** Çalışma yapılan bütün yeraltı işletmelerinde uygun havalandırma sağlanmaktadır. Çalışılmayan yerler beton barajlarla kapatılmaktadır. Ortam ölçümleri; toz, gürültü, titreşim, nem, sıcaklık, basınç vb. ölçümler düzenli olarak yapılmaktadır. Ayrı çalışan ekiplere gaz ölçüm cihazı verilerek, yönetici personeller, iş güvenliği sorumluları tarafından gaz ölçümleri manuel ve sabit cihazlarla yapılmaktadır.

**Tahkimat ve Kontrolleri;** Mekanize ayakta kalkan tipi yürüyen tahkimat (şilt), hazırlık baca tahkimatı demir (atnalı veya trapez) tahkimat olup arazi durumlarına göre 1 m, 0,75 m veya 0,5 m aralıklarla yapılmaktadır. Bu tahkimatlar çelik fırçalar ile birbirlerine bağlanmakta, hasır teller ile yan ve tavan cidarlar taş-kavlak düşmemesi için kapatılmaktadır. Dayanımı zayıf olan bölgelerde, kavşaklarda ilave tahkimat, beton ve kaya saplama yapılmaktadır.

**Nakliyat, Makine Ekipman ve Kontrolleri;** Tüm kullanılan ekipmanlar yeraltı şartlarına uygun, gerekliliklerine göre ATEX, CE, Alev Yürütmez, Antistatik vb. özelliktedir. Bakım ve kontrolleri yapılmaktadır.

**Sondaj, Kontrol Sondajı;** Yeraltı ilerlemelerine göre su, gaz, fay vb. risk oluşturulabilecek durumların veya kömürün tespiti için yerüstü ve yeraltından sondaj ve kontrol sondajları yapılmaktadır.

**Baraj ve Hava Kapıları;** kömür tozu veya metan patlamasına dayanıklı, su basıncına ve arazi basınçlarına dayanıklı barajlar ve hava akımını yönlendirmek amacı ile hava kapıları yapılmakta, bunların kontrolleri her vardiya yapılmaktadır.

**Kontrol merkezi, Personel Takip ve Gaz İzleme;** Yerüstü kontrol merkezi tarafından yeraltı havalandırma ve gazlar, personel takip sistemi ile personel durumları sürekli izlenmekte ve kayıt altına alınmaktadır.

**Lamba, OFK ve diğer kişisel Koruyucu Donanım;** Madenci Lambası, Oksijen Maskesi (OFK), toz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar işletme tarafından verilmekte ve kullanımı denetlenmektedir.

**Vardiya Tespitleri;** Her vardiya iş güvenliği uzmanları tarafından görülen eksiklikler ve uygunsuzluklar tespit edilmekte, ilgili birim sorumlularına ve çalışana giderilmesi için bildirilmekte ve kayıt altına alınmaktadır.



**Uyarı İşaret ve Levhaları;** Tüm yeraltı ve yerüstüne uyarı işaret ve levhaları ile Çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi ya da talimat veren veya tehlikelere karşı uyaran işaretler ile bilgilendirilmektedir.

**İlkyardım Önlemleri;** Yeraltı ve yerüstünde gerekli ilkyardımcı personel, ilkyardım malzemesi, sedye vb. mevcuttur ve kontrolleri yapılmaktadır.

**Yangın Önlemleri;** Yeraltı ve yerüstünde gerekli eğitimli personel, yangın tüpü ve yangın söndürme sistemleri mevcuttur ve kontrolleri yapılmaktadır. Kül ve enjeksiyon sistemleri mevcuttur.

### **3.2. Evrak ve Dokümantasyon Çalışmaları**

**Risk Değerlendirme;** İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılmaktadır. Değişen durumlara göre güncellenmektedir.

**Acil Durum Planı;** Acil durumlar, acil durumun olmaması için yapılması gerekenler, acil durum olması durumunda etkisinin azaltılması için yapılacaklar, acil durumda yapılacaklar, önleme, koruma, tahliye, yangınla mücadele, ilk yardım ve benzeri konularda yapılması gereken çalışmalar ile bu durumların güvenli olarak yönetilmesi ve bu konularda görevlendirilecek çalışanlar belirlenmiş ve eğitim ve tatbikatlar düzenli olarak yapılmaktadır (ÇSGB, Rehber 13).

**Sağlık Güvenlik Dokümanı;** Risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, alınacak iş güvenliği tedbirleri, yönerge ve planlar, çalışma yerlerinin ve ekipmanın güvenli şekilde düzenlenmesi, kullanılması ve bakımının yapılması vb. mevzuat hükümlerini de içerecek şekilde hazırlanmış ve eğitim ve uygulanmaları yapılmaktadır.

**Yönerge ve Prosedürler;** Havalandırma, tahkimat, nakliyat vb gibi kısaca bir faaliyeti gerçekleştirmek ya da bir amaca ulaşabilmek için izlenen yol ve yöntemler yazılı olarak tanımlanmıştır.

**Talimat;** Bir işin iş sağlığı ve güvenliği kuralları çerçevesinde nasıl yapılacağı veya yapılmaması gerekenler talimatlar şeklinde yazılmıştır. Konulara ve çalışma durumlarına göre tüm yönetici ve çalışanlara bildirilmektedir.

**Diğer Defter ve Raporlar;** İlave iş güvenliği faaliyetleri, kontrol ve ölçümler defterlere yazılmakta ve iş güvenliği durumları raporlanmaktadır.

**Yıllık Çalışma Planı;** İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları yıllık olarak planlanmaktadır.

**Yıllık Değerlendirme Planı;** İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları yıllık olarak değerlendirilmektedir.

**Çalışan Temsilcisi;** İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili çalışmalara katılma, çalışmalarını izleme, tehlike kaynağının yok edilmesi veya tehlikeden kaynaklanan riskin azaltılması için tedbir alınmasını isteme, tekliflerde bulunma ve benzeri konularda çalışanları temsil etmektedir.

**İş Güvenliği Uzmanı;** Her vardiyada çalışan iş güvenliği uzmanı bulunmaktadır.

**İşyeri Hekimi;** Sürekli çalışan İşyeri Hekimi mevcuttur.

**Diğer Sağlık Personeli;** Üç vardiya çalışan diğer sağlık personeli mevcuttur.

**İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulu;** iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili çalışmalarda bulunmak üzere kurul mevcuttur.

**Patlamadan Korunma Planı;** Patlayıcı ortam oluşmasına ve birikmesine karşı alınacak tedbirler, Patlama riski bulunan yerlerde, patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek için gerekli tedbirler ve patlamanın etkisini azaltmak için alınması gerekli tedbir ve kullanılacak ekipmanı ayrıntılı olarak belirten patlamayı önleme planı mevcuttur.

**Yangından Korunma Planı;** yanabilecek kaynaklardan yangının başlaması ve yayılmasına karşı işyerleri planlanması, kurulması, donatılması, işletmeye alınması, işletilmesi ve bakımında gerekli tedbirler, yangın başlangıcını ve yayılmasını tespit ve yangınla mücadele konusunda alınacak tedbirlerle ilgili detayları kapsayan yangından korunma planı mevcuttur.

**Zehirli Gazlardan Korunma Planı;** Zararlı maddelerin ortam havasına karıştığı veya karışabileceği yerlerde; zararlı maddelerin çıkışının kaynağında engellenmesi, kaynağından emilmesi veya uzaklaştırılması, bu maddelerin ortam havasındaki yoğunluğunun azaltılması, gibi tedbirler alınarak çalışanların risk altında olması engelleme amaçlı plan mevcuttur.

**İSG Kontrol Formları- İş İzinleri;** Potansiyel olarak yüksek tehlikeli ve/veya rutin olmayan çalışmaların kontrol altında tutulması, çalışanların yapılacak işe uygunluklarının belirlenmesi ve çalışmada uyulacak kuralların belirlenmesi için oluşturulan form ve izinler mevcuttur.

**Gaz Ölçüm Cihaz Listesi ve Kalibrasyon;** Gaz ölçüm cihazlarının düzenli olarak kontrolü ve kalibrasyonu yapılmaktadır.

**Merkezi Gaz Ölçüm Devre Kesiciler;** Merkezi gaz izleme sistemine bağlı devre kesiciler mevcuttur. Metan değerleri %1 i gördüğünde bulunan makine veya ekipmanın, bölgenin elektriği kesilmektedir.

**Tahliye;** Yer altı maden işyerlerinde acil durum arama, kurtarma ve tahliye ekipleri (tahlisiyeci) ve bu ekiplerin hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edebilmesi için uygun bir kurtarma istasyonu mevcuttur.

**İş Kaza ve Melek Hastalıkları ve Analizleri;** İş kazaları ve meslek hastalıkları kayıt, analiz ve araştırmaları yapılmaktadır.

**İş Hijyen Ölçümleri;** İş hijyen ölçümleri (toz, gürültü, titreşim, termal konfor, aydınlatma, kimyasal maruziyet vb.) yapılmaktadır.

**Tehlikeli Durum- Ramak Kala olayları- İş Durdurma Kayıtları;** Çalışanlardan ve sahadan alınan bu bilgiler incelenmekte ve kayıt altına alınmaktadır.

**Yüklenici Firmalar ve ziyaretçiler;** İş hijyeni ile iş sağlığı ve güvenliği önlemleri ve acil durumlarda yapılacaklar konusunda bilgi ve eğitim verilmektedir.

**Araç Kullanma ve Servis Kontrolleri;** İşletme ve diğer servis araçları kontrol ve denetimi yapılmaktadır.

**Kimyasallar;** Kimyasallar tehlikeleri ve MSDS (Malzeme Güvenlik Formları) içeriğine uygun olarak alım, depolama, nakliyat, kullanım, imha vb. takibi yapılmaktadır.

**Makine ekipman ve Malzemelerin Uygunluk Belgeleri;** (ATEX, CE, AT uygunluk, Yanmaz, Alev Yürütmez, Antistatik vb.) uygunluk belgesi olan ekipmanlar kullanılmaktadır (csgeb.gov.tr/isggm).

**Kişisel Koruyucu Donanım;** Meslek bazlı kullanım ve denetimi yapılmaktadır.

**Defterler;** Yapılan çalışmalar Havalandırma Defteri, Baraj Kontrol Defteri, Günlük İSG Faaliyet Defteri ve kontrolleri, Gaz Ölçüm Defteri vb. kayıt altına alınmaktadır.

**Diğer Plan ve Bilimsel Raporlar;** Tahkimat Uygunluk Raporu, havalandırma, hidrojeoloji Raporu, Kömür Gaz içeriği ve Yanabilirlik Raporları vb. gibi konularda çeşitli kurum ve üniversitelerle çalışılmaktadır.

### **3. 3. Eğitim Çalışmaları**

Başlıca eğitim çalışmaları; İşe giriş iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, Yıllık periyodik iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, İş kazalı işe dönüş eğitimi, Mesleki eğitim, Mesleki yeterlilik eğitimi, Diğer Eğitimler (Acil durum eğitimleri vb.) yapılmaktadır.

## 4. SAĞLIK ÇALIŞMALARI

### 4.1. Sağlık Gözetimi

İş sağlığı gözetimi, çalışma ortamı gözetimi ve çalışanın sağlık gözetiminin bileşkesidir. Çalışanın sağlık gözetimi ise, planlı yapılan (işe giriş, ek muayene, tamamlayıcı ya da periyodik muayene gibi) aktif sağlık gözetimi şeklinde olabildiği gibi, çalışanın herhangi yakınması nedeniyle doktora gittiğinde, başka bir hastalığı nedeniyle yapılan tetkiklerde ya da tesadüfen ortaya çıkan bulguların meslekle ilişkilendirilmesiyle, pasif sağlık gözetimi şeklinde de olabilir.

### 4.2. İşe giriş ve periyodik sağlık kontrolleri

İlk işe alım öncesi yeni işe giriş muayeneleri ve uygun işe yerleştirme görevi işyeri hekiminin önemli görevlerinden biridir. İşe giriş sırasında yapılması gereken bir dizi işlemi kapsar. İşçinin çalışacağı işyerinin tamamında veya işyerinin bir bölümünde var olan tüm riskler dikkate alınarak, bu risklere yönelik anamnez ayrıntılı olarak alınmalı ve işe girecek kişinin tıbbi muayenesi yapılmalıdır. Hekim raporu almadan çalışan istihdam etmek yasaktır. İşe giriş muayenesinde çalışana, çalışma ortamından kaynaklanabilecek sağlık sorunları konusunda bilgi verilmekte, sağlık durumu ile iş koşulları arasında olumsuz etkiden şüphelenen çalışanın erken kontrol muayenesine gelmesi sağlanmaktadır.

**Aralıklı Kontrol Muayeneleri veya periyodik muayeneler;** tehlikeli ve çok tehlikeli işler kapsamında çalışan tüm çalışanların en az yılda bir kez hekim raporu ile çalışmalarında sakınca olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan işin ve olası etkilenmenin özelliğine göre tamamlayıcı tetkikler yapılmaktadır.

**İşin niteliğine göre ek ve tamamlayıcı muayeneler** (örneğin gürültülü ortamda çalışanlara odyometri, tozlu ortamda çalışanlara solunum fonksiyon testi ve akciğer grafisi vb.). Ek ve tamamlayıcı muayeneler yapılırken çalışma ortamındaki riskler göz önünde bulundurulmakta, işkoluna özel gerekli laboratuvar tetkiklerinin yapılması sağlanmaktadır (ÇSGB, 2012).

**Erken kontrol muayenelerinde;** erken dönemde çalışma ortamından kaynaklanan etkileşimler belirlenmeli ve önlemler alınmalıdır. İşçide kronik hastalıklar nedeniyle oluşabilecek duyarlılıklar da ancak erken muayene ile belirlenebilir.

**İşe dönüş muayenesinde,** “sağlık sorunları nedeniyle işe devamsızlık durumlarında işe dönüş muayenesi yaparak, kişinin eski işinde çalışıp çalışamayacağına karar vermek ve eski işinde çalışması sakıncalı bulunanların mevcut sağlık durumlarına uygun bir işte çalıştırılmasını tavsiye etmek” amacıyla yapılan muayenelerdir.

**İşten (ayrılma) çıkış muayeneleri / nihai muayeneler;** Çalışanın emekli olması ya da işten ayrılması, iş değiştirmesi, hatta aynı işyeri içerisinde meslek ve çalışma alanı

değiştirmesi koşullarında bile, mevcut işinden ayrılırken son sağlık durumunun saptanması ve kayıt altına alınması amacıyla yapılmasında yarar olan muayenelerdir.

### **4.3. Kazalıya ilk müdahale ve kazalı takibi**

İş kazası durumunda ilkyardımcı belgeli personeller tarafından, işletmede sürekli bulunan diğer sağlık personelleri tarafından ve İşyeri hekimi tarafından ilk müdahaleler yapılmakta ve hastaneye sevk edilen personellerin sağlık durumlarının takibi yapılmaktadır.

## **5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada iş sağlığı ve güvenliği açısından “Çok Tehlikeli” olarak sınıflandırılan, maden sektöründe önemli bir alt kol olan yeraltı mekanize kömür üretimi yapılan bir işletmede, iş kazaların nedeni, geçmiş 2 yıl 4 aylık iş kazalarının incelenmesi ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları konularına yönelik araştırma yapılmıştır.

İş kazalarına neden olan çalışma ortamındaki tehlikeli hareketler ve tehlikeli durumlar ile ilgili gerekli önlemler alındığında iş kazaları önlenebilir.

Yeraltı mekanize kömür üretiminde çalışma ortamının sürekli değişkenlik göstermesi, çalışanların eğitim seviyesi ve çalışma ortamı tehlikelerini yeterince değerlendirememesi, işletmenin mekanize sistemde yeni olması dolayısıyla çalışanların yeni ve yeterli tecrübesinin olmaması yaşanan en büyük problemleri teşkil etmektedir.

Kömür damarı üst tavan yapısının kil olması dolayısı ile tavanın sağlam olmaması kavlak düşme sonucu oluşan kazaların fazla olmasında en büyük etkidir.

İş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesinde yukarıda belirtilen problemler yanında proaktif bir yaklaşım sergilenerek risk analizi temel alınarak önlem ve tedbirler uygulamaya geçilmekte, diğer taraftan iş kazaları incelenerek mevcut önlem ve tedbirlerde aksayan, eksik kalan yönler sürekli iyileştirme yapılarak süreç sürdürülmelidir.

## **KAYNAKLAR**

- Aritan E. A., Arıtan M., 2017, Kaza Oranları Hesaplamalarıyla İş Kazası Analizi, Afyonkarahisar, 8  
İLO, 2016, Yeraltı Kömür Madenlerinde İş sağlığı ve Güvenliği Rehberi, Ankara, 367  
ÇSGB, Maden Sektörü iş sağlığı ve güvenliği rehberi, 41  
ÇSGB, 2012, KOBİ'ler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi: Maden Sektörü, Ankara, 70  
ÇSGB, Rehber 13, KOBİ'ler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi: Risk Değerlendirmesi, İSG Performans İzleme ve Sağlık Tehlikeleri Maden Sektörü: Kömür, Ankara, 54  
<https://www.csgb.gov.tr/isggm>  
Health And Safety Executive (HSE) [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)

# **KÖMÜR DAYANIMININ TAHMİNİNDE DÖNÜŞÜM FAKTÖRÜ VE DAYANIM ORANININ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

## ***INVESTIGATION OF THE USE OF CONVERSION FACTOR AND STRENGTH RATIO IN THE ESTIMATION OF COAL STRENGTH***

**Kadir Karaman\***, Ercan Şahinoğlu, Yunus İskender

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon*

**ÖZET** Kömürün tek eksenli basınç dayanım (UCS) parametresi, mekanik kazıcıların ve kırma-öğütme ekipmanlarının seçimi ve tasarımında kullanılmaktadır. Ancak, deney için kömürden karot almak zordur ve bazen mümkün değildir. Bu nedenle, örnek hazırlamanın daha kolay olduğu nokta yükü dayanım indeksi (PLI) kömür dayanımının tahmininde sıklıkla kullanılmaktadır. Literatürde UCS ve PLI arasındaki orandan elde edilen dönüşüm faktörü (k) genellikle kayaçlar ve az sayıda kömür dayanımının tahmini için önerilmiştir. Ancak, önceki çalışmalarda genellikle yüksek k değerlerinin kömür dayanımının tahmininde kullanıldığı görülmektedir. UCS ve çekme dayanımı arasındaki orandan elde edilen dayanım oranı (R) da kayaçların dayanım tahmininde kullanılmaktadır. Bu çalışmada kömürün dayanım tahmininde k ve R katsayıları araştırılmış ve önceki çalışmalarda kullanılan yüksek katsayılar ile kıyaslanmıştır. Yüksek katsayılar kömürde kullanıldığında k ve R için sırasıyla %57 ve %87'ye varan yüksek tahmini dayanım değerleri elde edilmektedir. Ayrıca, boy/çap oranı (L/D) 1.5, 2.0 ve 2.5 olan örneklerde dayanım, k ve R katsayılarındaki değişimler araştırılmıştır.

**ABSTRACT** The uniaxial compressive strength (UCS) parameter of coal is used in the selection and design of mechanical excavators and crushing-grinding equipment. However, it is difficult and sometimes not possible to obtain coal cores for testing. Therefore, the point load strength index (PLI), which is easier to prepare samples, is commonly used to estimate coal strength. In the literature, conversion factor (k) derived from the ratio between UCS and PLI have been proposed for rocks in general and for the prediction of coal strength in a limited number of applications. However, in previous studies, high k values are generally used in the prediction of coal strength. The strength ratio (R) obtained from between UCS and tensile strength ratio is also used to estimate the UCS of rocks. In this study, the k and R coefficients were investigated for coal's UCS prediction and compared with the high coefficients used in previous studies. When high coefficients are used in coal, high estimated strength values up to 57% and 87% are obtained for k and R, respectively. The changes in strength, k and R were also investigated in samples with length/diameter ratio (L/D) of 1.5, 2.0 and 2.5.

\* [kadirkaraman@ktu.edu.tr](mailto:kadirkaraman@ktu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Yeryüzünde çeşitli amaçlara yönelik olarak tasarlanan büyük mühendislik yapılarının yanı sıra, giderek artan alt yapı, ulaşım, yerleşim ve enerji gibi gereksinimlerin karşılanabilmesi için yeraltı yapıları da hızla çoğalmakta ve boyut olarak büyümektedir. Zayıf zeminlerde açılan tünel ya da madencilik galerilerinde yaşanan en büyük sorun uzun dönemde oluşacak olan deformasyonlardır. Bu tür yapılar kazı ve tahkimatın ardından ilk etapta stabil olsa dahi uzun dönemde sıkışmaya bağlı olarak tahkimat sistemlerinde yenilmeler meydana gelmektedir (Aksoy vd. 2012). Kayaların jeomekanik özellikleri kaya mühendisleri tarafından kaya kütlelerinin ve yeraltı yapılarının (madencilik, tünelcilik vb.) tasarımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bunların doğrudan ölçümü genellikle düzgün kesilmiş karot numuneleri gerektirir ve test süreci yorucu ve zaman alıcıdır. Örneğin, iyi hazırlanmış karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı (UCS), çekme dayanımı ve elastik modül testleri gerçekleştirilir. Öte yandan standart örneklerin hazırlanamadığı kaya ortamlarında nokta yük indeksi (PLI) ve endirekt çekme dayanımı (BTS) gibi dolaylı test yöntemleri, basit, hızlı ve daha ekonomik çözüm yönleri nedeniyle UCS'yi tahmin etmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Kahraman 2001, Karaman vd. 2015). Ancak yumuşak, çok zayıf ve kil içeren kayalar ve kömürlerde standart örneklerin hazırlanması söz konusu dolaylı testler için bile zor olmaktadır.

Araştırmacılar, UCS ve PLI arasındaki orandan elde edilen dönüşüm faktörünü (k) çeşitli kayalar için hesaplamışlardır. Broch ve Franklin (1972) k katsayısını 24 bulmuş, Pells (1975) ise k değerinin 24 olarak kabul edilmesi durumunda dolomit, norit ve piroksenit gibi kayaların UCS tahmininde %20 hataya yol açtığını ifade etmiştir. Benzer olarak, Topal (2000) k değerinin 24 alınmasının hatalı olduğunu ve tuf gibi zayıf kayalar için bu oranın 20'nin altında ve 13-14 gibi bir değerde olması gerektiğini belirtmiştir. Kaya ve Karaman (2016) çok sayıda (490) veri kullanarak magmatik, tortul ve metamorfik kayaların alt kökenlerine (piroklastik, volkanik, plütonik, kimyasal, kırıntılı, foliasyonlu ve foliasyonsuz) yönelik k katsayılarını yaklaşık 13-18.6 arasında bulmuşlardır. Tašić vd. (2018) kömür örneklerinin PLI parametresinden UCS değerlerini k katsayısını 21 alarak tahmin etmişlerdir. PLI'ye benzer şekilde, birçok araştırmacı UCS ve BTS (dayanım oranı, R) arasındaki ilişkiyi çeşitli kayalar için araştırmıştır (Tahir vd. 2011; Kahraman vd. 2012, Karaman vd. 2015). Literatürde farklı kaya türleri için BTS'den UCS tahmini ile ilgili bazı pratik yaklaşımlar mevcuttur (Sheorey 1997, Ramamurthy 2001).

Kömürün dayanım (UCS) bilgisi, mekanik ekskavatörlerin ve kömür kırma ve öğütme ekipmanlarının seçimi ve tasarımı için önemlidir. Oda-topuk yönteminde topuk boyutlarının tasarlanmasında kömürün tek eksenli basınç dayanımı kullanılır. Kömürlerde her zaman tabakalanma düzlemleri ve takozlar bulunur; aynı zamanda kırılmalı yapıları vardır. Bu nedenle, standart dayanım testleri için kömürden prizmatik/silindirik numunelerin çıkarılması veya kesilmesi zordur ve bazen mümkün değildir. Bu nedenle PLI gibi kolay testlerden kömür dayanımının tahmin edilmesine yönelik yöntemler kullanışlı olmaktadır (Bilim ve Özkan 2008; Kahraman vd. 2017).

Rusnak ve Mark (2000) kömürde UCS ölçümlerinin yüksek değişkenliğinden dolayı çoğu kömür madeni tasarım problemi için UCS'nin makul bir yaklaşımının yeterli olduğundan bahsetmişlerdir.

PLI ve BTS gibi dolaylı yöntemlerden kayaçların dayanım tahmini sıklıkla yapılmaktadır. Ancak, kömürde söz konusu parametrelerden elde edilen k ve R katsayıları kullanılarak dayanım tahminine yönelik yapılan çalışmalar yetersizdir. Ayrıca, kömür bloklarından UCS için standart örnek hazırlamak çok zor olduğundan daha kısa karot uzunlukları (5, 10 cm gibi) kullanılabilir (Wen vd. 2023). Bu nedenle, bu çalışmada k ve R katsayılarından kömür dayanımının tahmininin yanı sıra daha kısa (boy/çap oranı < 2.5) olan örneklerde UCS, k ve R değerlerindeki değişimler araştırılacaktır.

## 2. MALZEME VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kullanılan kömür örnekleri, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu (Zonguldak) Müessesesine ait Milopero (kurul) (K-1) ve Çay (K-2) damarlarından temin edilmiştir (Şekil 1). Laboratuvara getirilen kömür bloklarından NX (54.7 mm) çapında silindirik karot örnekleri alınmıştır. Numunelerin uçları düz bir şekilde kesilmiş ve testlerden önce birbirlerine paralel hale getirilmiştir. Laboratuvar deneyleri, kömür örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı (UCS), nokta yükü dayanım indeksi (PLI), Brezilya (endirekt) çekme dayanımı (BTS), yoğunluk ( $\rho$ ) ve test anındaki su içeriğini içermektedir. Deneyler ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma sahası yer bulduru haritası; 1: Kozlu Müessese



Kömür bloklarından UCS deneyleri için tavsiye edilen standart örneklerin (L/D=2.5) alınması oldukça güç olmaktadır. Bu çalışmada, K-1 kodlu ocaktan alınan kömür bloğundan çok sayıda karot örneği alınabilmektedir. Bu nedenle, L/D oranı 1.5, 2.0 ve 2.5 olacak şekilde karot örnekleri hazırlanmıştır. K-2 kodlu ocaktan alınan blok örneğinden L/D oranı 2.0 olan karot örnekleri alınabilmektedir.

Kömür örnekleri genellikle çok zayıf ve düşük dayanıma sahip olduklarından UCS deneyleri 5 ton yük kapasiteli pres ile 0.05 mm/s yükleme koşulunda gerçekleştirilmiştir. Her kömür örneğinden en az üç adet karot numunesi teste tabi tutulmuş ve ortalaması alınarak UCS değerleri belirlenmiştir. Deneyler sonrasında sağlam kalan karot parçası tartılarak etüve konulmuş ve daha sonra kuru ağırlığı tartılarak deney esnasındaki su içeriği (%) belirlenmiştir. Dijital test cihazının kullanıldığı aksel yönteme göre yapılan PLI deneylerinde en az altı adet örnek kullanılmıştır. Deneyler ISRM (2007)'de belirtildiği üzere 10-60 saniyede gerçekleştirilmiştir. PLI deneylerinde kullanılan silindirik örneklerin boy/çap oranı genellikle 0.4-0.6 arasında değişmiştir. Dolaylı çekme dayanımını belirlemek için, BTS testi iki plaka arasına yerleştirilen ve neredeyse tekdüze bir çekme gerilimi dağılımı oluşturacak şekilde sıkıştırılarak yüklenen dairesel bir karot numunesi üzerinde uygulanmıştır. Deneyler, 100 N/s'lik bir yükleme hızında ve boy/çap oranı 0.5 olan karot örnekler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama BTS değeri en az 5 numunenin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Deneylere ait görüntüler Şekil 2'de, deney sonuçları ise Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Deneysel çalışmalardan görüntüler; kömür bloğu (a), bir bloktan alınan örnekler (b), karotların deneye hazırlanması (c), dayanım (UCS) deneyi (d), UCS sonrası örnekler (e), BTS deneyi (f), PLI deneyi (g).

### Çizelge 1. Kömür örneklerine ait deney sonuçları.

Örnek kodu	UCS (MPa)	PLI (MPa)	BTS (MPa)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Su içeriği (%)
K-1	10.64	0.65	1.52	1.33	0.34
K-2	6.15	0.46	1.15	1.30	0.35

K-1: Kozlu -485 Milopero (Kurul) Damarı Kartiye 4 kömür örneği, K-2: Kozlu 3. Kartiye -485 Çay Damarı ayaktan alınan örnek

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

K-1 ve K-2 ocaklarına ait karot örneklerden dayanım deneyleri de yapılabildiği için k ve R oranları hesaplanabilmektedir. k oranı K-1 için 16.4 olarak, K-2 için ise 13.4 olarak bulunmuştur. Zayıf kayaçlarda k değerinin düşük olduğu bilinmektedir (Topal 2000; Kaya ve Karaman 2016). Bowden vd. (1998) zayıf kayaçlarda k katsayısını araştırmışlar ve tebeşir, marn, çamurtaşı, kalkerli şeyl, mercan ve kalkarenit kayaçları için elde ettikleri k değerlerinin 20'nin oldukça altında olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen k değerinin literatüre uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma bölgesindeki kömürlerin ortalama k değeri 14.9 olarak bulunmuştur. Rashed vd. (2018) yaptıkları çalışmada 9 farklı kömüre ait UCS ve PLI arasındaki orandan elde edilen k katsayısını 19.8 bulmuşlardır. Ancak UCS deneyi için küp şekilli örnekleri kullanmışlardır. Küp örneklerden elde edilen UCS değerlerinin silindirik örneklerden daha yüksek olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Söz konusu çalışmada silindirik örnek kullanılması durumunda k katsayısının daha düşük olacağı anlaşılmaktadır. Cavagnaro (1980) kömür ve yan kayaç örneklerinin olduğu sondaj karotlarını kullanarak çok sayıda PLI ve UCS verisini tek bir grafikte değerlendirmiş ve k katsayısını ortalama 25 bulmuştur. Ancak PLI değerinin 1 MPa'dan, UCS değerinin de 12 MPa dan daha küçük olduğu durumda k katsayısını 10 olarak ifade etmiştir. Bu aralıkta her ne kadar kömür çoğunlukta olsa da sert toprak ve yan kayacın da olabileceği anlaşılmaktadır. Öte yandan, genellikle yan kayaçlar için önerilen k katsayısının (21) kömürün dayanım tahmininde kullanıldığı anlaşılmaktadır (Tašić vd. 2018). 21 sayısı literatürde bazı kömür yan kayaçları için önerilmiş (Carter ve Snedden 1977) ve bazı araştırmacılar da söz konusu katsayıyı kullanarak kömürün dayanımını tahmin etmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada karşılaştırma amacıyla kömüre ait PLI değerlerinden dayanımı tahmin etmek için 21 katsayısı kullanılmıştır (Çizelge 2). Laboratuvarda ölçülen dayanım değerlerinin 21 katsayısı kullanılarak bulunan dayanım değerlerinden oldukça farklı olduğu (%28-%57 arasında) anlaşılmaktadır. Bu farklılığın nedeni kömür yan kayaçlarına yönelik olarak önerilen katsayının kömürün dayanım tahmininde kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tahir ve Karaman (2021) bazaltik kayaçlara yönelik k katsayısını araştırmışlardır. Araştırmacılar bazaltların çok çeşitli (ojitli, zeolitli bazalt, vesiküler bazalt, amigloidal bazalt vb.) jeolojik türlerinin olması nedeniyle tek bir k katsayısının uygun olmayacağını bildirmişlerdir. Bu nedenle en uygun k oranı aralık değerlerinin  $17 \leq k \leq 20$  olmasını tavsiye etmişlerdir. Bu çalışmada kömürlere yönelik k katsayısının

araştırılabileceği yapılan deneysel çalışmalar neticesinde ortaya çıkmıştır. Bunun için farklı sahalardan değişken özellikte kömür örneklerinin dayanım tahmininde k katsayılarının istatistik açıdan güvenilirliği araştırılarak aralık değerler önerilebilir. Ayrıca kömüre ait karot örneklerin tabaka düzlemine dik veya paralel olarak deneye tabi tutulması özellikle tortul kayaçların PLI sonuçlarını oldukça etkileyebilmektedir (Karaman ve Kesimal 2012). Tabaka düzlemine paralel yapılan PLI deneylerinde değerler çok düşük çıkmakta, dolayısıyla k değeri artabilmektedir.

Literatürde UCS ve çekme dayanımı (BTS) arasındaki korelasyon için bazı pratik yaklaşımlar bulunmaktadır (Sheorey 1997, Ramamurthy 2001). Cai (2010), çekme dayanımı verileri mevcut olmadığında, kayaçların çekme dayanımını tahmin etmek için genel yaklaşımın UCS ve çekme dayanımı değerleri (dayanım oranı, R) arasındaki korelasyonu kullanmak olduğunu belirtmiştir. Buna ek olarak, çoğu kayaç çekme dayanımının yaklaşık 10 katı tek eksenli basınç dayanımına eşit olduğu ifade edilmektedir (Kahraman vd. 2012, Sheorey 1997). Öte yandan dayanım oranlarının çoğu kayaçlar için 10 ila 50 arasında (Vutukuri vd. 1974), sağlam kayaçlar için 4 ila 25 ve daha homojen ve izotropik kayaçlar için 8 ila 12 arasında (Ramamurthy 2001) büyük bir değişim gösterdiği ifade edilmektedir. R katsayısındaki bu değişim kayaçların türüne ve kökenine bağlıdır (Cai 2010). Bu çalışmada, R oranları K-1 ve K-2 için sırasıyla 7.0 ve 5.35 olarak hesaplanmış olup ortalaması 6.2'dir. Sadece aynı kömür havzasına ait (Zonguldak) örnekler çalışıldığından R değerleri literatürde bulunan değerlerden daha dar bir aralıkta elde edilmiştir. Literatürde kayaçlar için R katsayısı olarak genellikle 10 alınmaktadır. Ayrıca, Pomeroy vd. (1956) kömürün çekme dayanımını araştırdıkları çalışmada, belirli bir numune boyutu için çekme dayanımının basınç dayanımının onda biri mertebesinde olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada kömür örnekleri için daha düşük değerler elde edilmiştir. Çizelge 2'den de görüleceği gibi ölçülen UCS ve R katsayısı 10 alınarak tahmin edilen UCS değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçülen ve tahmini UCS değerleri arasındaki farklar %42.9-%87 arasında değişmiştir.

Çizelge 2. k ve R oranlarından dayanım tahmini.

Örnek kodu	UCS/PLI (k) oranı	UCS <sub>ö</sub> (MPa)	UCS <sub>T-k21</sub> (MPa)	Fark (%)	UCS/BTS (R) oranı	UCS <sub>T-R(10)</sub> (MPa)	Fark (%)
K-1	16.36	10.64	13.65	28	7.00	15.2	42.9
K-2	13.37	6.15	9.66	57	5.35	11.5	87.0

UCS<sub>ö</sub>: Laboratuvarda ölçülen UCS, UCS<sub>T-k21</sub>: k değeri 21 alındığında tahmin edilen UCS, UCS<sub>T-R(10)</sub>: R katsayısı 10 alındığında tahmin edilen UCS

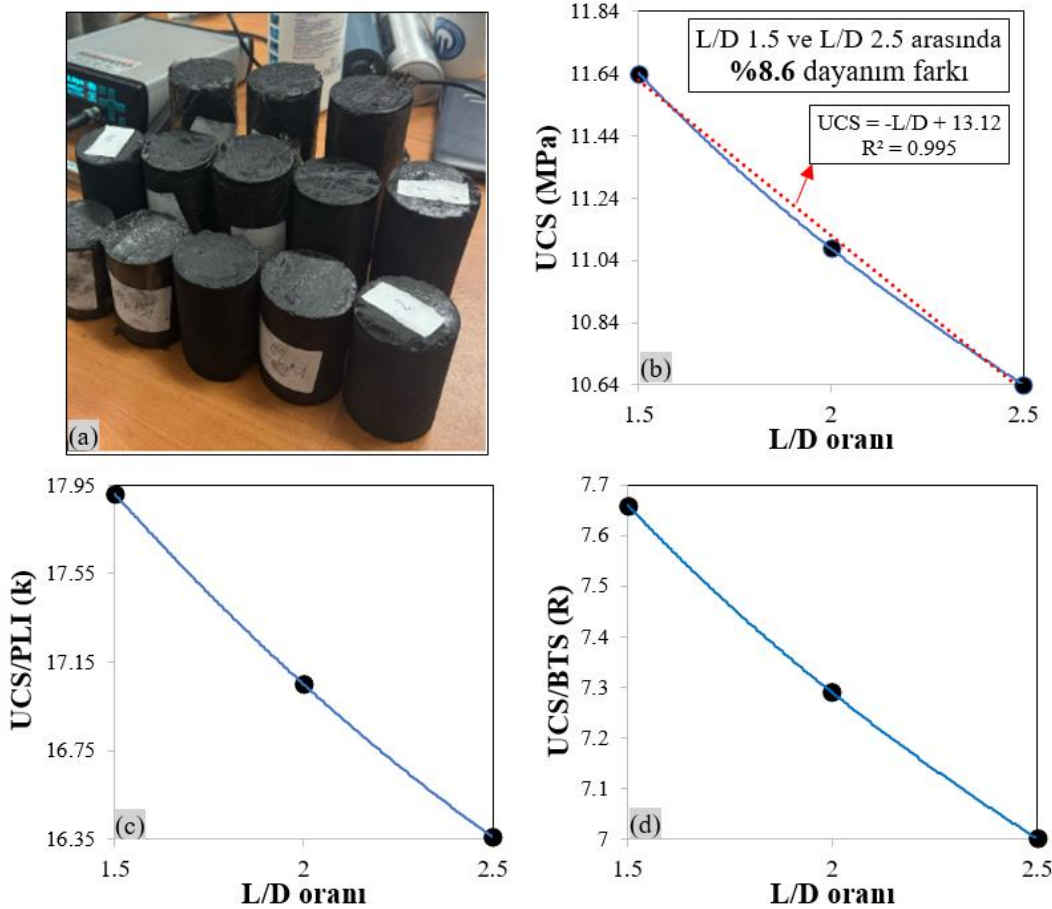
Liu vd. (2021) nem içeriğinin kömürün mekanik özellikleri ve enerji depolama karakteristikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, UCS deneyleri için çapı 5 cm, boyu ise 10 cm olan kömür karotları kullanmışlardır. Öte yandan Wen vd. (2023) kriyojenik koşullarda kömürün kaya mekanik özelliklerini inceledikleri çalışmada UCS deneyleri için çapı 2.5 cm, boyu ise 5 cm olan kömür karotları kullanmışlardır. UCS için standart örnek hazırlamanın zorluğu sadece kömür için değil aynı zamanda

kömür yan kayaçları için de söz konusu olabilmektedir. Yaralı (2016) kömür çevre kayaçları üzerinde yaptığı çalışmada kaya bloklarının kalınlıkları yeterli olmadığı için örneklerin boy/çap oranı 2.0 olacak şekilde hazırlandığını ifade etmiştir. Bu çalışmada, K-1 örnekleri için üç farklı L/D oranında (1.5, 2.0 ve 2.5) karot örnekler hazırlanabilmiştir (Şekil 3a). Böylelikle, kömür bloklarından karot almak zor olduğundan kısa örneklerin dayanım, k ve R katsayılarına etkisi hakkında fikir elde edilmiş olacaktır.

Çizelge 3. L/D oranının dayanım, k ve R üzerindeki etkisi.

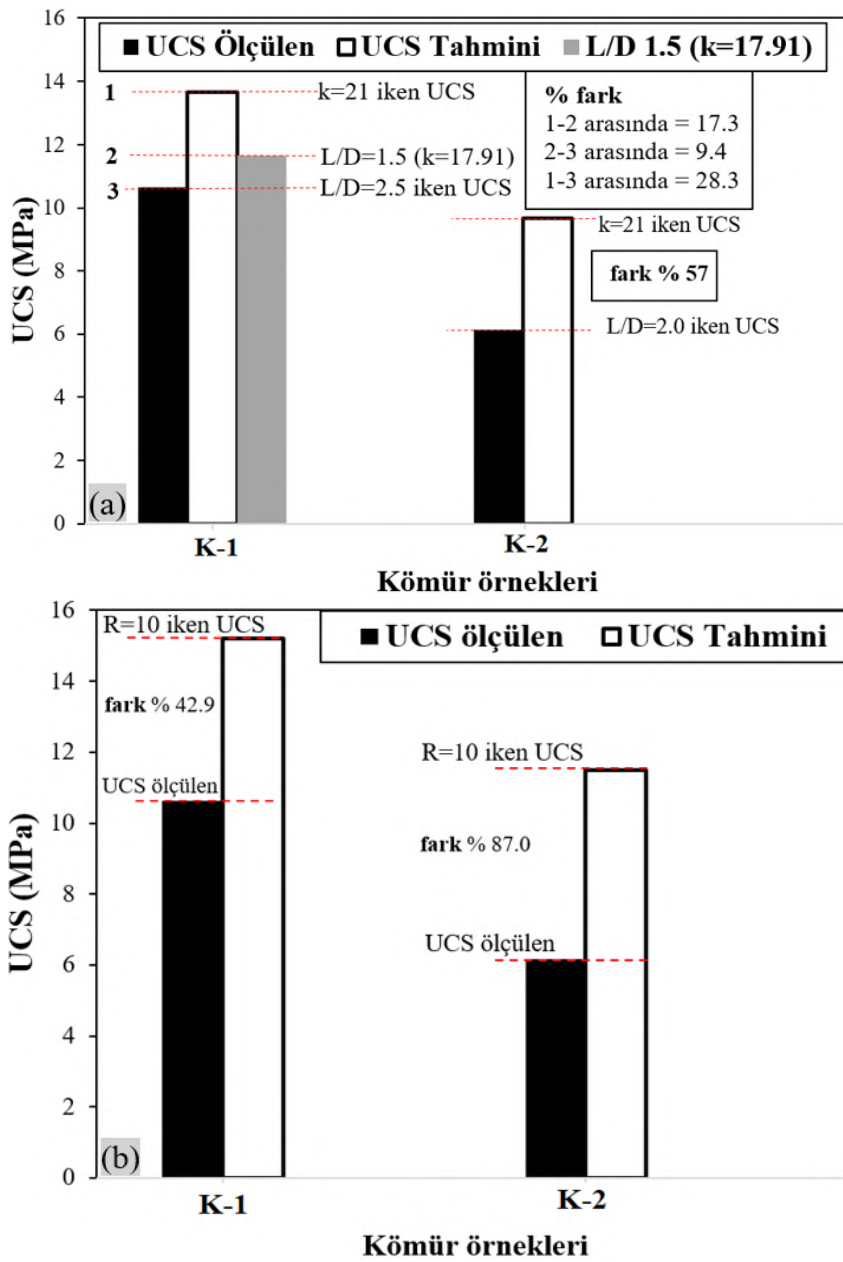
Örnek kodu	L/D	UCS (MPa)	PLI (MPa)	k	BTS (MPa)	R
K-1	1.5	11.64	0.65	17.91	1.52	7.66
	2.0	11.08	0.65	17.05	1.52	7.29
	2.5	10.64	0.65	16.36	1.52	7.00

Çizelge 3'teki veriler kullanılarak L/D oranı ile UCS, k ve R katsayıları arasında ilişki grafikleri çizilmiştir (Şekil 3b-c). Örnek uzunluğunun artması bünyesindeki kusurları (mikro-çatlak, boşluk vb.) artıracığından dayanımda düşüş görülmüştür. L/D oranı 1.5 ve L/D oranı 2.5 olan örnekler arasındaki dayanım farkları yaklaşık %9'u bulmaktadır.



Şekil 3. L/D oranı ile UCS (b), k (c) ve R (d) katsayıları arasındaki ilişki.

UCS ve L/D arasında güçlü ilişki görülmüştür (Şekil 3b). Bu çalışmada K-1 örnekleri için söz konusu güçlü ilişkiden yola çıkarak tahmin modeli oluşturulmuştur. Şekil 3b'deki eşitlik kullanılarak K-1 havzasından daha kısa örnekler için kömür dayanım tahminleri yapılabilecektir. Ancak farklı havzalara ait çok sayıda kömür örnekleri kullanılarak, istatistik analizlerle desteklendiğinde daha güvenilir eşitliklerin elde edilebileceği anlaşılmaktadır. PLI ve BTS deneylerinde kullanılan örnekler aynı olduğundan dayanımdaki değişimler k ve R değerlerine de yansımıştır. L/D oranı arttıkça k ve R katsayıları da düşmüştür. k ve R katsayısı kullanılarak ölçülen ve tahmini kömür dayanımları K-1 ve K-2 için karşılaştırılmıştır (Şekil 4a, b). Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı k=21, R=10 ve farklı L/D oranından elde edilen UCS değerleri kömürün ölçülen dayanım değerleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. k (a) ve R katsayısı (b) kullanılarak ölçülen ve tahmini kömür dayanımlarının karşılaştırılması.

Grafikler incelendiğinde kömüre yönelik k ve R katsayısının kapsamlı bir şekilde araştırılması gerektiği açıktır. Kayaçlar için önerilen k ve R katsayısının kullanılması neticesinde laboratuvarda ölçülen dayanım değerleri ile tahmini değerler arasındaki fark k için %57'ye, R için %87'ye ulaşmaktadır. Dayanımın olması gerekenden oldukça yüksek olarak tahmin edilmesi kazı planlamasından tahkimat tasarımına kadar birçok madencilik faaliyetini olumsuz yönde etkileyebilecektir.

#### **4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada iki farklı kömür ocağından alınan örneklerin dayanım tahmininde dönüşüm faktörü (k) ve dayanım oranı (R) katsayıları araştırılmıştır. Ayrıca, farklı L/D oranlarında (1.5, 2.0 ve 2.5) hazırlanan karot örnekleri için dayanım deneyleri yapılarak dayanıma, k ve R değerlerine etkisi incelenmiştir. Kömür yan kayaçları için önerilen k katsayısından belirlenen dayanım değerlerinin kömürün dayanımından oldukça yüksek olduğu (%28-%57 arasında) görülmüştür. Benzer şekilde, kayaçlar için önerilen R değerinden tahmin edilen dayanım değerleri ölçülen dayanım değerlerinden %42.9-%87 arasında daha yüksek bulunmuştur. L/D oranı arttıkça kömürün dayanımı düşmüş, orantılı olarak k ve R değerlerinde düşüş görülmüştür. Ayrıca UCS ve L/D arasındaki ilişki kullanılarak kısa örneklerden standart boylardaki karottan elde edilen dayanım değerlerinin tahmin edilebileceği görülmüştür. Standart karot alınmadığı durumlarda kömürün dayanım tahmininde sağlam kayaçlar/kömür yan kayaçları için önerilen k ve R katsayılarının kullanılmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Kömürün dayanım tahmininde güvenilirliği artırmak için kömür için önerilen k ve R katsayılarının birlikte değerlendirilmesi bu çalışmada önerilmektedir. Hem UCS hem de PLI deneylerinde yükleme yönü tabaka düzlemine dik yapılması önerilmektedir. Deneyler farklı tabaka düzlemi konumlarında gerçekleştirildiğinde k katsayısının olması gerekenden çok farklı çıkabileceği unutulmamalıdır. Bu çalışma, kömürün dayanım tahmininde k ve R katsayılarının kullanılabilirliği konusunda bir ön çalışma niteliği taşımaktadır. Sonuç olarak, söz konusu katsayıların farklı havzalardan alınan çeşitli dayanım özelliklerine sahip kömürler için araştırılması bu çalışmada önerilmiştir.

#### **TEŞEKKÜR**

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda çalışma yapmamıza imkan sağlayan TTK yönetim kurulu başkanı Muharrem KİRAZ ve tüm yönetim kuruluna teşekkür ederiz. Çalışmalarımızda desteklerini eksik etmeyen ve sürecin tamamında emeği olan İSG Eğitim daire başkanı Burhan ARIK'a, Kozlu Müessese Müdür Vekili Yusuf AYDIN'a ve Üzülmaz Müessese Müdürü M. Murat KÖSEOĞLU'na, Saha çalışmalarımızda teknik bilgi ve tecrübeleriyle katkı veren Kozlu ocak maden mühendisleri Volkan ERTOP ve Ömer TOK'a, Üzülmaz ocak maden mühendisi Ahmet MUSLU'ya ve katkı veren tüm kurum çalışanlarına teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

- Aksoy, C.A., Geniş, M., Aldaş, G.U., Özacar, V., Özer, S. C., Yılmaz, Ö. 2012. A Comparative Study of The Determination of Rock Mass Deformation Modulus By Using Different Empirical Approaches, *Engineering Geology*, 131-132, 19-28.
- Bilim, N., Özkan, İ. 2008. Determination of the Uniaxial Compressive Strength of Coal with İndirect Tests, 8th International Scientific Conference SGEM 2008-Modern Management of Mine Producing Geology and Environmental Protection Albena, Bulgaria.
- Bowden, A.J., Lamont-Black, J., Ullyott, S. 1998. Point Load Testing of Weak Rocks with Particular Reference to Chalk, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 31, 95-103.
- Broch, E., Franklin, J.A. 1972. The Point-Load Strength Test, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanical Abstracts*, 9, 6, 669-676.
- Cai, M. 2010. Practical Estimates of Tensile Strength and Hoek–Brown Strength Parameter  $M_i$  of Brittle Rocks, *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 43, 167–184.
- Carter, P.G., Sneddon, M. 1977. Comparison of Schmidt hammer, point load and unconfined compressive tests in carboniferous strata. Conference on rock engineering, Newcastle, England, pp. 197–210.
- Cavagnaro, R.L. 1980. Geotechnical testing of Leigh Creek Coalfield. Proceedings of the 3rd Australian ve New Zealand Conference on Geotechnics, Wellington, 1-237-1-243.
- ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974–2006. In: Ulusay, Hudson (Eds.), suggested methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics. ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey. 628 s.
- Kahraman, S. 2001. Evaluation of Simple Methods for Assessing the Uniaxial Compressive Strength of Rock *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanical Abstracts*, 38, 991–994.
- Kahraman, S., Fener, M., Kozman, E. 2012. Predicting the Compressive and Tensile Strength of Rocks From İndentation Hardness İndex, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 112, 331–339.
- Kahraman, S., Aloglu, A. S., Aydın, B., Saygin, E. 2017. The Needle Penetration Test for Predicting Coal Strength, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 117, 6, 587-591.
- Karaman, K., Kesimal, A. (2012). Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Nokta Yüğü Deney Yöntemleri ve Porozitenin Değerlendirilmesi, *Madencilik Dergisi*, 51, 4, 3-14.
- Karaman, K., Cihangir, F., Erçikdi, B., Kesimal, A., Demirel, S. 2015. Utilization of the Brazilian Test for Estimating the Uniaxial Compressive Strength and Shear Strength Parameters, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115, 3, 185-192.
- Kaya, A., Karaman, K. 2016. Utilizing the Strength Conversion Factor in the Estimation of Uniaxial Compressive Strength from the Point Load İndex, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 1, 341-357.
- Pells, P.J.N. 1975. The Use of Point Load Test in Predicting the Compressive Strength of Rock Material Technical Note, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 13, 6,54-56.
- Pomeroy, C.D., Morgans, W.T.A. 1956. The Tensile Strength of Coal, *British Journal of Applied Physics*, 7, 243-246.
- Ramamurthy, T. 2001. Shear Strength Response of Some Geological Materials in Triaxial Compression, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 38, 683–697.
- Rashed, G., Barton, T., Sears, M., Van Dyke, M., Mohamed, K. 2018. Estimation of the Intact Strength of Coal Using İndirect Methods, Proceedings of the 37th International Conference on Ground Control in Mining, ICGCM 2018, pp. 294 – 301.

- Rusnak, J. A., Mark, C. 2009. Using the Point Load Test to Determine the Uniaxial Compressive Strength of Coal Measure Rock. In: Barczak, T., Finfinger, G., Heasley, K., Luo, Y., Mark, C., Peng, S., and Tadolini, S., Eds. Proceedings of the 19th International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown, WV: West Virginia University, pp. 362–371.
- Sheorey, P.R. 1997. Empirical Rock Failure Criteria. Ed. 1, A. A., Balkema, Rotterdam.
- Tahir, M., Mohammad, N., Din, F. 2011. Strength Parameters and Their Inter-Relationship for Limestone of Cherat and Kohat Areas of Khyber Pakhtunkhwa, Journal of Himalayan Earth Sciences, 44, 2, 45–51.
- Tahir, Y.M.O., Karaman, K. 2021. Dönüşüm Faktörünü Kullanarak Nokta Yüğü Dayanım İndeksinden Bazaltların Tek Eksenli Basınç Dayanımının Tahmini, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, s. 11, 4, 1-9.
- Tašić, D., Ignjatovic, D., Durdevac, L. 2018. Determining The Strength Index of Coal From The Brod Gneotino Deposit, Bitola, Mining and Metallurgy Institute Bor, 35, 45-48.
- Topal, T. 2000. Nokta Yükleme Deneyi ile İlgili Uygulamada Karşılaşılan Problemler, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 24, 1, 73-86.
- Vutukuri V. S., Lama R. D., Saluja S.S. 1974. Handbook on Mechanical Properties of Rocks, I- Testing Techniques and Results, Trans Tech Publications, 280.
- Wen, H.T., Yang, R.Y., Jing, M.Y., Huang, Z.W., Hong, C.Y., Chen, J.X., Cong, R.C. 2023. Rock Mechanical Properties of Coal in Cryogenic Condition, Petroleum Science, 20, 1, 407-423.
- Yaralı, O. 2016. Kayaçların Mekanik Özelliklerinin Cerchar Aşınma İndeksine Olan Etkilerinin Araştırılması, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 1, 218-229.



# **YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE UZUNAYAK ÜRETİM PLANI ALTERNATİFLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

## *INVESTIGATION OF LONGWALL PRODUCTION PLAN ALTERNATIVES IN UNDERGROUND COAL MINING*

**İsmail Arslan\*, Doğan Karakuş**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Buca/İzmir*

**Fatih Fırat Gökdeniz**

*İmbat Madencilik Enerji Turizm San. Tic. A.Ş, Soma/Manisa*

**ÖZET** Bu çalışmada uzunayak madenciliğinde ayak uzunluğunu ve üretim kapasitesini arttırmak için alternatif planlamalar yapılmıştır. Ventsim programı ile havalandırma modelleri oluşturulmuştur. Plan çizimleri Autocad programı kullanılarak yapılmıştır. Planlama yapılırken; havalandırma, kendiliğinden yanma olgusu ve acil durum senaryoları değerlendirilip, iş güvenliği açısından da örnek planların teknik yönleri irdelenmiştir.

**ABSTRACT** In this study, alternative planning has been carried out to increase the length of the longwall and production capacity. Ventilation models have been created using the Ventsim program. Planning drawings were made using the Autocad program. During the planning, ventilation, spontaneous combustion phenomenon, and emergency scenarios were evaluated, and the technical aspects of sample plans were examined in terms of occupational safety.

## 1. GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliği metodlarında klasik madenciliğin yerine, teknolojinin gelişmesiyle birlikte insan gücüyle yapılan ve yıllarca süren hazırlık kazısı ve üretim, makinaların gelişmesi ile birlikte hızlı, ekonomik ve güvenli bir şekilde yapılmaktadır. Günümüzde otomasyon sistemleriyle donatılmış ocaklarda, otomatik sistemlerle, bilgisayar ve uzaktan kumanda ile yönetilebilmektedir. İlkel madencilikten buraya kadar ulaşılmasının en büyük sebebi; insan popülasyonunun artışıyla birlikte gerekli olan malzeme ihtiyacıdır.

Yeraltı kömür madenciliğinde üretim yöntemleri genellikle iki şekilde yapılmaktadır; oda topuk yöntemi ve uzunayak yöntemidir. Dünyada en çok uygulanan yöntem uzunayak yöntemidir. Uzun ayaklarda üretimi artırmak için ilk akla gelen ayak uzunluğunu arttırmaktadır. Teorik olarak bu mümkün gözükse de ayak uzunluğunun artmasını engelleyen faktörler bulunmaktadır. Damar kalınlığı, damar eğimi, faylanmalar, kendiliğinden yanma, tavan göçebilirliği, ton başına metan geliri, su geliri gibi faktörler engellere örnektir. Bu çalışmada “Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuplu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli” ortaya konularak ayak uzunluğu arttırılmaya çalışılmıştır. Havalandırma, üretim kapasitesi, ayak ilerleme hızı, kendiliğinden yanma, optimum çalışan sayısı gibi konuların teknik yönlerinin avantajları ortaya konulmuştur.

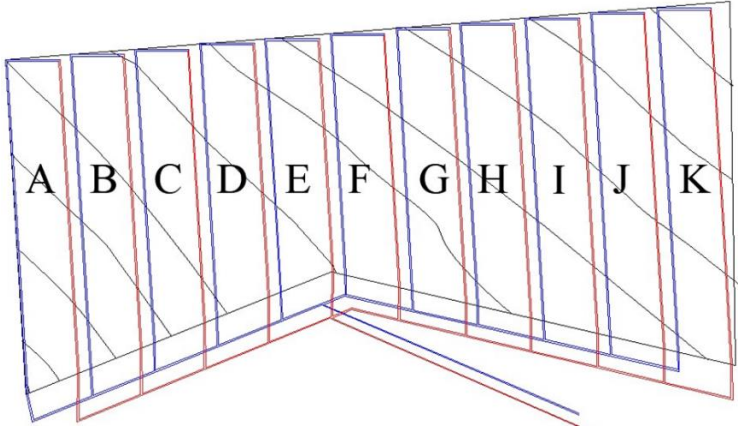
## 2. ALTERNATİF PLANLAMA MODELLERİ

Yapılan çalışmada iki adet pano plan modeli oluşturulmuştur. Bu modeller şu şekilde sıralanmaktadır;

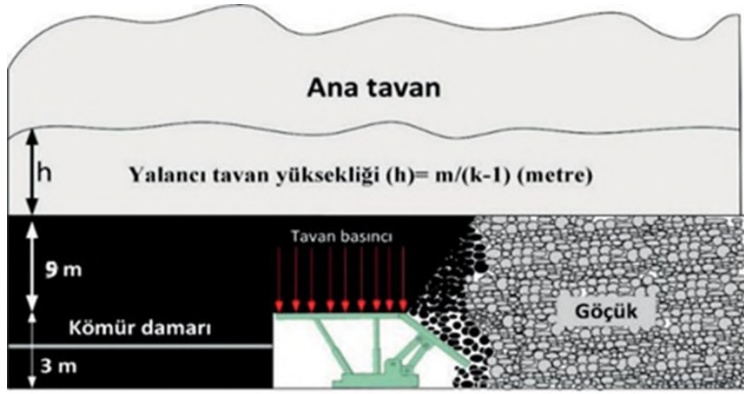
- 1- Dönümlü, dilimin tek seferde kazanıldığı, arkadan göçertmeli tam mekanize ayak planı modeli
- 2- Dönümlü, dilimin tek seferde kazanıldığı, orta rekuplu, arkadan göçertmeli, tam mekanize ayak planı modeli

Bu çalışma modeli, kömür kalınlığı 12 metreden fazla olmayan damarlar için önerilmiştir. 33.464.416 ton kömür rezervi bulunan örnek sahada ayak uzunluğu 150 m olarak çalışılmaktadır. Literatürden ve saha uygulamalarından elde edilen verilerde, kömür damarının kesim ile göçükten kazanım oranı 1/3 olarak tespit edilmiştir. Düşünülen modelde 3-4 metresi kesici yükleyici makinayla kesimden kazanılırken, damarın geriye kalan kısmı arkadan göçertme yapılarak kazanılmaktadır. Tavan kömürü kazanım oranı yapılan deneysel çalışmalarda ve sahalardan elde edilen verilere dayanarak %70 ile %85 olduğu bilinmektedir.

## 2.1. Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Arkadan Göçertmeli Tam Mekanize Ayak Planı Modeli



Şekil 1. Örnek panonun plan görünüşü (ölçeksiz).



Şekil 2. Örnek panonun kesit görünüşü (Şimşir ve Yetkin, 2018).

### 2.1.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması

Tablo 1. Kesici ile Kazılarak Yapılarak Kazanılan Kömür Miktarı.

KESİCİ İLE KAZILARAK YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI					
PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	KESİM ARINI YÜKSEKLİĞİ (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m <sup>3</sup> )	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	150	850	3	1,6	612.000
B	150	810	3	1,6	583.200
C	150	750	3	1,6	540.000
D	150	700	3	1,6	504.000
E	150	645	3	1,6	464.400
F	150	687	3	1,6	494.640
G	150	756	3	1,6	544.320
H	150	803	3	1,6	578.160
I	150	866	3	1,6	623.520
J	150	922	3	1,6	663.840
K	186	984	3	1,6	878.515
TOPLAM					6.486.595

Kömür damarının 9 metresi tavandan göçertme ile kazanılacaktır, fakat tavan kömürünü %100 verimle kazanmak mümkün görünmemektedir. Tavan kömürünün

kazanımıyla alakalı hem yapılan bilimsel çalışmalardan hem de sahalardan edinilen verilerden %70 ila %85 verimle kömür kazanılmaktadır. Bu çalışmada tavan kömürü kazanım oranı %80 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2. Tavandan Göçertme Yapılarak Kazanılan Kömür Miktarı (Verim %80).

TAVANDAN GÖÇERTME YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI (VERİM%80)					
PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	TAVAN KÖMÜRÜ KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOĞUNLUĞU (t/m <sup>3</sup> )	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	150	850	9	1,6	1.468.800
B	150	810	9	1,6	1.399.680
C	150	750	9	1,6	1.296.000
D	150	700	9	1,6	1.209.600
E	150	645	9	1,6	1.114.560
F	150	687	9	1,6	1.187.136
G	150	756	9	1,6	1.306.368
H	150	803	9	1,6	1.387.584
I	150	866	9	1,6	1.496.448
J	150	922	9	1,6	1.593.216
K	186	984	9	1,6	2.108.436
TOPLAM					15.567.828

Tablo 1 ve Tablo 2'deki pano verilerine dayanarak panolardan üretilmesi hedeflenen net işletilebilir kömür miktarı 22.054.424 ton olarak hesaplanmıştır.

### 2.1.2 Hazırlanacak Pano ve Ayak Boyları

Plan üzerinde hazırlanacak panoların uzunluklarına bağlı olarak hazırlanması gereken taban-tavan yolu uzunlukları ve hazırlanacak ayak uzunlukları Tablo 3'te verilmiştir.

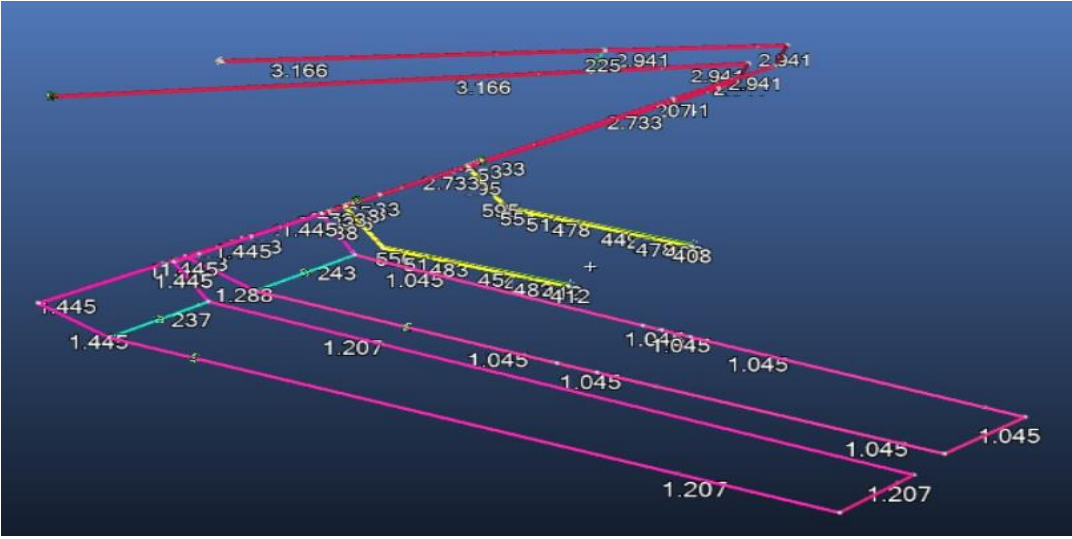
Tablo 3. Panolara göre hazırlanacak taban-tavan yolu ve ayak uzunlukları.

PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	TAVAN-TABAN YOLU UZUNLUĞU (m)
A	150	1700
B	150	1620
C	150	1500
D	150	1400
E	150	1290
F	150	1374
G	150	1512
H	150	1606
I	150	1732
J	150	1844
K	186	1968
TOPLAM	1.686	17546

İşletme boyunca toplam 1.686 m ayak içi hazırlık ve 17.546 m taban-tavan yolu hazırlık ilerlemesi yapılması gerekmektedir.

### 2.1.3 Hava Miktarının Belirlenmesi

Planlanan üretim yöntemine uygun ve yeterli olan hava miktarları; hazırlanan pano için belirlenen verilerin neticesinde, ocakta çalışan sayısı, ocağa yayılacak gaz miktarı, oluşacak toz miktarı, kullanılacak dizel motorlu araçlardan yayılacak gaz miktarı ve yasal mevzuatta belirtilen ocak gazı ve hava hızları limit değerleri esas alınarak hesaplanmıştır. (Yılmaz, 2022) Üretim kapasitesi en yüksek, en uzak ve yanında bulunan hazırlık panoları hesaplanarak gerek hava hesabı yapılmıştır. Havalandırma devresinin Ventsim Programı kullanılarak simülasyonu yapılmıştır. Hava yollarının kesitleri; Desandreler 20,5 m<sup>2</sup>, Nakliye galeriler 16,5 m<sup>2</sup>, tavan-taban yolları 13,1 m<sup>2</sup> ve acil kaçış yolları 7,1 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Ocak havalandırma planı.

### 2.1.3.1 Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı

160 m ayak için, taban-tavan yolu dâhil toplam 40-50 çalışan olmaktadır. 110 çalışan kabul edilmiştir.

$Q=110*0,6 = 66 \text{ m}^3/\text{dk} = 1,1 \text{ m}^3/\text{sn}$  havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 2.1.3.2 Ocağa yayılacak gaz miktarı

Metan gaz içeriği haritasının oluşturulması ileride panoların çalışırken, hangi panoda kaç m<sup>3</sup> gaz geliri olduğu bilinerek hava miktarı hesabında kullanılabilir olacaktır. İki adet panonun eş zamanlı üretimi için en uzak ve üretim kapasitesi en yüksek panolara göre gerekli hava hesabı yapılmıştır.

Damar içerisinde metan (CH<sub>4</sub>) gaz içeriği 1.2 m<sup>3</sup>/ton olarak kabul edilmektedir.

**j Panosu Günlük Üretimi= 7.340 ton**

$$Q = \frac{Q_g \times 100}{K_g \times 24 \times 3600} \quad (1)$$

Burada;

Q: Gerekli hava miktarı (m<sup>3</sup>/sn)

Q<sub>g</sub>: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m<sup>3</sup>) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m<sup>3</sup>/ton)) Q<sub>g</sub>=7.340 \*1,2 = 8.808 m<sup>3</sup>

K<sub>g</sub>: İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu %0,6 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{8.808 \times 100}{0,6 \times 24 \times 3600}$$

Q= 16,98 m<sup>3</sup>/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

**K Panosu Günlük Üretimi= 8.222 ton**

Q<sub>g</sub>: Ocak havasına karışan gaz miktarı (m<sup>3</sup>) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği (m<sup>3</sup>/ton))

Q<sub>g</sub> =8.222 \*1,2 = 9.867 m<sup>3</sup>

$$Q = \frac{9.867 \times 100}{0,6 \times 24 \times 3600}$$

Q= 19,03 m<sup>3</sup>/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Hava hızı değeri: Q=A\*v

Q: Gerekli hava miktarı m<sup>3</sup>/sn

A: Kesit Alanı m<sup>2</sup> (ayak faydalı kesit alanı 14m<sup>2</sup>)

V: Hava Hızı m/sn

$$19,03 = 14 * v$$

Hava hızı 1,36 m/sn yönetmelikte belirtilen hava hızları aralığında olduğu görülmektedir.

### **2.1.3.3 Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaza göre gerekli hava miktarı**

Birçok havalandırma planlamacısı dizelle çalışan makinaların 100kw güç için 6-8 m<sup>3</sup>/sn hava miktarları kabul etmiştir. İki adet 75 kw gücünde makinanın kullanılması ön görülmüştür.

Toplam güç= 75\*2= 150 kw

$$Q = \frac{q * G}{100} \quad (2)$$

Burada;

Q = Gerekli hava miktarı (m<sup>3</sup> /sn)

q = 100 kW güç için gerekli hava miktarı (m<sup>3</sup> /sn)

G = Yeraltında çalışacak dizel motorlu araçların toplam gücü (kW)

$$Q = \frac{8 \cdot 150}{100} = 12 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

Tablo 4. Farklı hesaplama yöntemlerine göre gerekli hava miktarları hesabı.

Hesaplama Yöntemi	Hava Miktarı Hesapları (m <sup>3</sup> /sn)
Çalışan Sayısına Göre j panosu	0,5
Çalışan Sayısına Göre k panosu	0,6
<b>Ocak Gazlarına Göre j panosu</b>	<b>16,98</b>
<b>Ocak Gazlarına Göre k panosu</b>	<b>19,03</b>
Yayılacak Toz Miktarına Göre	1,6
Dizel makinelere göre	12
<b>Hazırlık Panosu Galerileri</b>	<b>7,86</b>
Güvenlik kat sayısı (%)	0,25
<b>Toplam Hava Miktarı</b>	<b>(36,01x1,25) +7,86=52,87</b>

Planlaması yapılan panoların havalandırma şebeke analizinde çıkan sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir; Ana fan için gerekli güç 83,2 kW, Ayaktan geçecek havanın hızı 1,36 (m/sn), ocak için gerekli olan hava miktarı 3.166 (m<sup>3</sup>/dk) basıncı 1.176 (Pa) ve ocak direnci 0,043 (Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>)

Tablo 5. Havalandırma şebeke verileri.

Fan gücü (kW)	83,2
Ayakta hava hızı (m/sn)	1,36
Ocakta hava miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	3.166
Ocak basıncı (Pa)	1.176
Ocak direnci (Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup> )	0,043

## **2.2. Dönümlü, Dilimin Tek Seferde Kazanıldığı, Orta Rekuplu, Arkadan Göçertmeli, Tam Mekanize Ayak Planı Modeli**

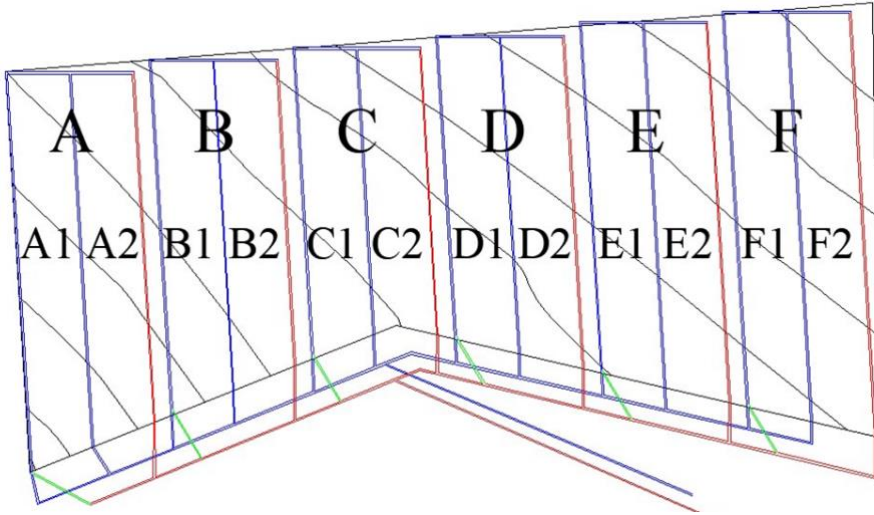
Bu çalışma modeli kömür kalınlığı 12 metreye kadar olan damarlar için önerilmiştir. Literatürden ve saha uygulamalarından elde edilen verilerde, kömür damarının kesim ile göçükten kazınım oranı 1/3 olarak tespit edilmiştir. Düşünülen modelde 3-4 metresi kesici yükleyici makinayla kesimden kazanılırken, damarın geriye kalan kısmı arkadan göçertme yapılarak kazanılmaktadır.

Bu yöntemde taban yolundan ayağı iki parçaya bölecek şekilde bir orta-rekup hazırlanır. Orta-rekup ayak arının belirli bir bölgesinden irtibatlanır. Ayak içi iki bölgeye ayrılmış olur, taban yolu ile orta-rekup arasında kalan ayak içi bölgesi alt

ayak olarak isimlendirilir. Alt ayakta kazı L tip tamburlu kesici yükleyici makine ile yapılmaktadır. Alt ayağa ait ayna konveyörü (AFC) ve arka konveyör (BSL) ayrı bulunur. Ayak içinde kazısı yapılan kömür, ayak başında bulunan kırıcıdan geçer ve kömür taban yolunda bulunan bant konveyör ile nakledilir. Orta-rekup ile tavan yolu arasında kalan ayak içi bölgesi ise üst ayak olarak isimlendirilir. Üst ayakta da kazı L tip tamburlu kesici yükleyici makine ile yapılmaktadır. Üst ayağa ait ayna konveyörü (AFC) ve arka konveyör (BSL) ayrı bulunur. Ayak içinde kazısı yapılan kömür, ayak başında bulunan kırıcıdan geçer ve kömür taban yolunda bulunan bant konveyör ile nakledilir. Alt ayağın kuyruğu ile üst ayağın başı yanı orta rekup irtibatı olan kısım klasik ayak tahkimatı olan (hidrolik direk+ mafsalı çelik belleme) ile tahkimatı yapılabilmektedir. İki ayağın ara mesafesi 3 m civarında tutulmaktadır.

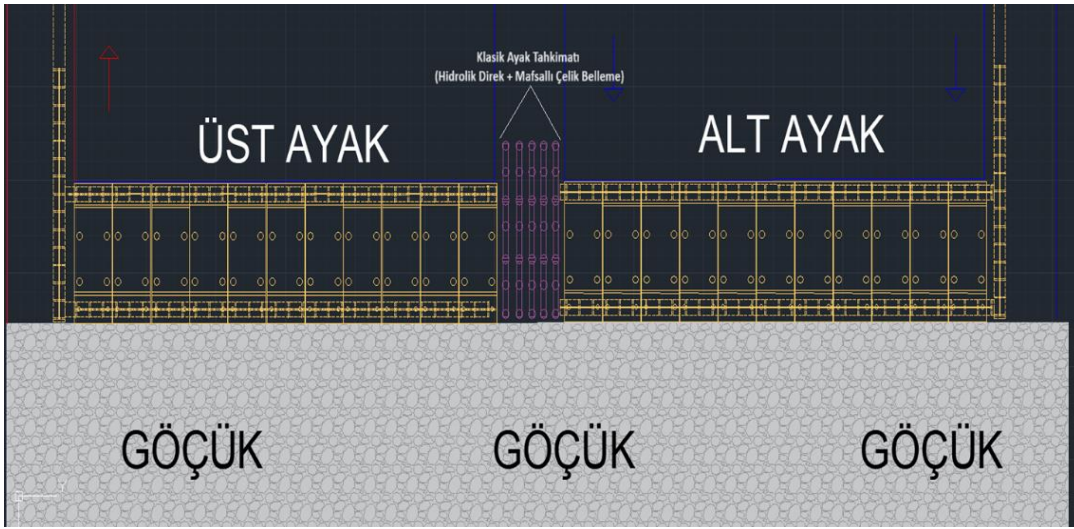
Bu yöntemin avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir;

İşletilebilir yüksek rezerv kazanımı, daha az taban yolu hazırlığı, az sayıda çalışanla uzun bir ayağın organizasyonu ve havalandırma açısından önemli derecede alternatif uygulamalar sunmaktadır. Bunlara ek olarak önemli konulardan birisi de acil durum senaryosunda orta rekuptan temiz hava girmesiyle yeni bir kaçış güzergâhı da sunmaktadır.



Şekil 4. Örnek panonun plan görünüşü (ölçeksiz).





Şekil 5. Alt ayak + üst ayak uygulamasının plan görünüşü (ölçeksiz).

### 2.2.1 Üretim Kapasitesi ve Panonun Ömrünün Hesaplanması

Tablo 6. Kesici ile kazılarak yapılarak kazanılan kömür miktarı

KESİCİ İLE KAZILARAK YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI						
PANO ADI	AYAKLARIN ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	KESİM ARINI YÜKSEKLİĞİ (m)	KÖMÜR YOGUNLUĞU (t/m <sup>3</sup> )	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	A1	150	803	3	1,6	578.160
	A2	150	803	3	1,6	578.160
B	B1	150	780	3	1,6	561.600
	B2	150	780	3	1,6	561.600
C	C1	150	750	3	1,6	540.000
	C2	150	750	3	1,6	540.000
D	D1	150	840	3	1,6	604.800
	D2	150	840	3	1,6	604.800
E	E1	150	930	3	1,6	669.600
	E2	150	930	3	1,6	669.600
F	F1	186	980	3	1,6	874.944
	F2	186	980	3	1,6	874.944
TOPLAM						8.658.208

Bu çalışmada tavan kömürü kazanım oranı %80 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 7. Tavandan göçertme yapılarak kazanılan kömür miktarı (verim %80)

TAVANDAN GÖÇERTME YAPILARAK KAZANILAN KÖMÜR MİKTARI (VERİM%80)						
PANO ADI	AYAKLARIN ADI	AYAK UZUNLUĞU	PANO UZUNLUĞU (m)	TAVAN KÖMÜRÜ KALINLIĞI (m)	KÖMÜR YOGUNLUĞU (t/m <sup>3</sup> )	İŞLETİLEBİLİR REZERV (ton)
A	A1	150	803	9	1,6	1.387.584
	A2	150	803	9	1,6	1.387.584
B	B1	150	780	9	1,6	1.347.840
	B2	150	780	9	1,6	1.347.840
C	C1	150	750	9	1,6	1.296.000
	C2	150	750	9	1,6	1.296.000
D	D1	150	840	9	1,6	1.451.520
	D2	150	840	9	1,6	1.451.520
E	E1	150	930	9	1,6	1.607.040
	E2	150	930	9	1,6	1.607.040
F	F1	186	980	9	1,6	2.099.866
	F2	186	980	9	1,6	2.099.866
TOPLAM						18.379.699

Bu pano verilerine dayanarak panolardan üretilmesi hedeflenen net işletilebilir kömür miktarı 27.037.907 ton olarak hesaplanmıştır.

### 2.2.2 Hazırlanacak Pano ve Ayak Boyları

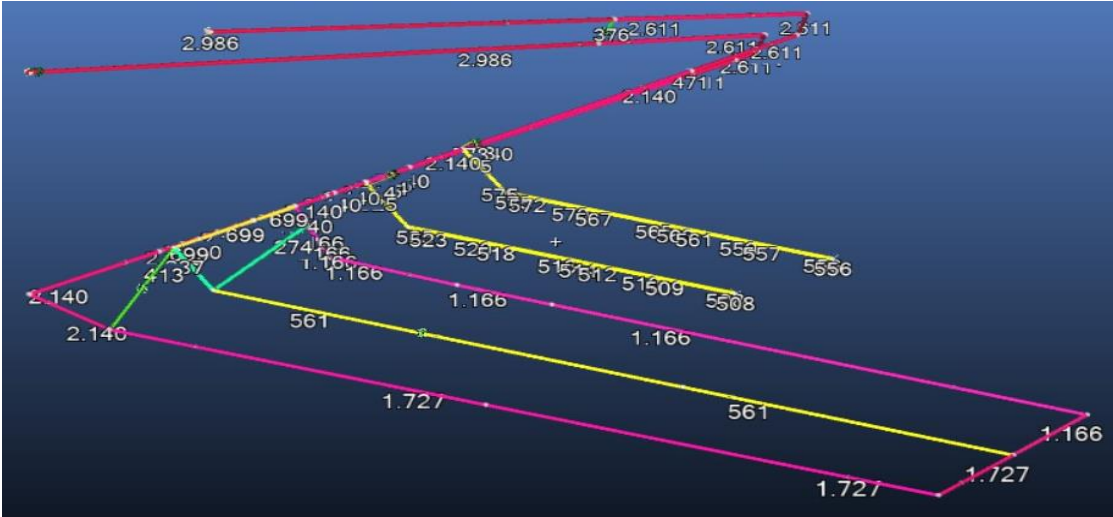
Plan üzerinde hazırlanacak panoların uzunluklarına bağlı olarak hazırlanması gereken taban-tavan yolu uzunlukları ve hazırlanacak ayak uzunlukları tablo 8’te verilmiştir.

Tablo 8. Panolara göre hazırlanacak taban-tavan yolu ve ayak uzunlukları.

PANO ADI	AYAK UZUNLUĞU	TAVAN-TABAN YOLU UZUNLUĞU (m)
A	300	2409
B	300	2340
C	300	2250
D	300	2520
E	300	2790
F	372	2940
TOPLAM	1.872	15249

İşletme boyunca toplam 1.872 m ayak içi hazırlık ve 15.249 m taban-tavan yolu hazırlık ilerlemesi yapılması gerekmektedir.

### 2.2.3 Hava Miktarının Belirlenmesi



Şekil 6. Ocak havalandırma planı.

### **2.2.3.1 Çalışan sayısına göre gerekli hava miktarı**

Alt-üst ayak uygulamasında iş organizasyonu zor ve kalabalık olmaktadır. 300 m ayak için, taban-tavan yolu ve orta rekup dahil toplan 80-90 çalışan olmaktadır. 90 çalışan kabul edilmiştir.

$$Q=90*0,6 = 54 \text{ m}^3/\text{dk} = 0,9 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ havaya ihtiyaç duyulmaktadır.}$$

### **2.2.3.2 Ocağa yayılacak gaz miktarı**

#### **F1 Ayak İçin Hesap**

$Q_g$ : Ocak havasına karışan gaz miktarı ( $\text{m}^3$ ) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği ( $\text{m}^3/\text{ton}$ ))

$$Q_g = 8.195 * 1,2 = 9.834 \text{ m}^3$$

$K_g$ : İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu % 0,6 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{9.834 * 100}{0,6 * 24 * 3600}$$

$$Q = 18,97 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ havaya ihtiyaç duyulmaktadır.}$$

#### **F2 Ayak İçin Gerekli Hava Miktarı**

Damar içerisinde metan ( $\text{CH}_4$ ) gaz içeriği  $1.2 \text{ m}^3/\text{ton}$  olarak kabul edilmektedir.

Günlük Üretim toplam= 8.195 (ton)

$$Q = \frac{Q_g}{K_g - X_o} \quad (3)$$

Burada;

$Q$ : Gerekli hava miktarı ( $\text{m}^3/\text{sn}$ )

$X_o$ : Giriş havasında o gazın konsantrasyonu (%)

$Q_g$ : Ocak havasına karışan gaz miktarı ( $\text{m}^3$ ) (Günlük Üretim (ton) x Damar Gaz İçeriği ( $\text{m}^3/\text{ton}$ ))

$$Q_g = 8.195 * 1,2 = 9.834 \text{ m}^3$$

$K_g$ : İzin verilen gaz konsantrasyonu (%)

Maden yönetmeliğinde metan %1,5 olduğunda sistem enerjisi kesilir ve çalışma alanı boşaltılır. Bu sebepten dolayı metan konsantrasyonunu %1 olarak kabul edilmiştir.

$$Q = \frac{9834}{(0,01 - 0,006) * 24 * 3600} = \frac{9834}{24 * 3600}$$

F2 ayak için 28,34 m<sup>3</sup>/sn havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hava miktarının 18,97 m<sup>3</sup>/sn taban yolundan girmektedir. Orta rekuptan 9,37 m<sup>3</sup>/sn hava geçecektir.

Hava hızı değeri:  $Q=A*v$

$$28,34=14*v$$

Hava hızı 2,02 m/sn yönetmelikte belirtilen hava hızları aralığında olduğu görülmektedir.

### 2.2.3.3 Dizel motorlu araçlardan yayılacak gaza göre gerekli hava miktarı

Birçok havalandırma planlamacısı dizelle çalışan makinelerin 100kw güç için 6-8 m<sup>3</sup>/sn hava miktarları kabul etmiştir. İki adet 75 kw gücünde makinanın kullanılması ön görülmüştür.

Toplam güç= 75\*2= 150 kw

$$Q=\frac{8*150}{100}= 12 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

Tablo 9. Farklı hesaplama yöntemlerine göre gerekli hava miktarları hesabı.

Hesaplama Yöntemi	Hava Miktarı Hesapları (m <sup>3</sup> /sn)
Çalışan Sayısına Göre	0,9
<b>Ocak Gazlarına Göre</b>	<b>28,34</b>
Yayılacak Toz Miktarına Göre	8,3
Dizel makinelere göre	12
<b>Hazırlık Panosu Galerileri</b>	<b>7,86</b>
Güvenlik kat sayısı (%)	0,25
<b>Toplam Hava Miktarı</b>	<b>(28,34x1,25)+7,86=43,29</b>

Planlaması yapılan panoların havalandırma şebeke analizinde çıkan sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir; Ana fan için gerekli kurulu güç 62,2 kW, F2 Ayaktan geçecek havanın hızı 2,02 (m/sn), ocak için gerekli olan hava miktarı 2.986 (m<sup>3</sup>/dk) ocak basıncı 906,3 (Pa) ve ocak direnci 0,038 (Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>).

Tablo 10. Havalandırma şebeke verileri.

Fan gücü (kW)	62,2
Ayakta hava hızı (m/sn)	2,02
Ocakta hava miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	2.986
Ocak basıncı (Pa)	906,3
Ocak direnci (Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup> )	0,038

## SONUÇ

### 1- Rezervin Net İşletilebilir Kömür Oranı

Tablo 11. Net işletilebilir kömür oranı.

	Net işletilebilir kömür	N.İ Oranı (%)
1.Yöntem	22.054.424	65,91
2.Yöntem	27.037.907	80,79

Her iki yöntemde net işletilebilir kömür oranlarında 2.Yöntem daha avantajlı olduğu görülmektedir.

### 2- Toplam Taban Yolları ve Ayak Uzunlukları Karşılaştırma

Tablo 12. Toplam taban yolu ve ayak uzunluklarının karşılaştırılması.

	Taban yolları toplam uzunluğu (m)	Toplam ayak uzunluğu (m)
1. Yöntem	17546	1.686
2. Yöntem	15249	1.872

Toplam taban yolları uzunlukları değerlendirildiğinde 2.yöntem %13,10 oranında daha avantajlıdır.

Toplam ayak uzunlukları değerlendirildiğinde 2.yöntem %9,94 oranında daha avantajlıdır.

### 3- Havalandırma Şebeke Verilerinin Karşılaştırılması

Tablo 13. Havalandırma şebeke verilerinin karşılaştırılması.

	1.Yöntem	2.Yöntem
Fan gücü (kW)	83,2	62,2
Ayakta hava hızı (m/sn)	1,36	2,02
Ocakta hava miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	3.166	2.986
Ocak basıncı (Pa)	1.176	906,3
Ocak direnci (Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup> )	0,043	0,038

Gerekli Fan gücüne (kW) göre değerlendirildiğinde 2.yöntem daha avantajlıdır.

Ayakta hava hızına (m/sn) göre değerlendirildiğinde 2.yöntemde hava hızı 1.yönteme göre daha hızlı fakat ideal çalışma hava hızına (1,5-3,5 m/sn) değerlendirildiğinde ikinci yöntemde hava hızı ideal olanıdır.

Ocaktaki hava miktarına ( $m^3/dk$ ) göre değerlendirildiğinde 1.yöntemde ihtiyaç duyulan hava miktarı daha fazladır.

Ocak basıncına (Pa) göre değerlendirildiğinde 2.yöntemde fanın yenmesi gereken basınç (Pa) daha az olduğu görülmektedir.

Ocak direncine ( $Ns^2/m^8$ ) göre değerlendirildiğinde 1.yöntemde direnç 2.yönteme göre daha fazladır.

#### **4- Çalışan Sayısı ve İş Organizasyonu**

Çalışan sayısı bakımından 2.yöntemde daha az çalışan yeterli olmaktadır çünkü 1.yönteme göre 2 panoyu tek seferde işlemiş olduğundan %20 oranında az işçilik gerekecektir.

İş organizasyonu açısından 2.yöntemde kontrol daha zordur çünkü 2 ayağın senkronize çalışması gerekmektedir. Senkronize çalışması için de her iki ayaktaki işlerin de rutinlerinde olması gerekmektedir.

#### **5- Ekipman Sayısı**

1.yöntemde panolar tek tek çalışmış olsaydı 2.yöntemde kullanılan ekipman sayısı 2 kat fazla olacaktı fakat 2 pano birlikte çalışıyor olarak değerlendirme yapıldığı için ekipman sayısı aynıdır.

### **KAYNAKLAR**

- ŞİMŞİR, F. 2015. Yeraltı Madencilik Yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir
- YETKİN, M.E. 2016. Yürüyen Tahkimatların Boyutlandırılmasının Ve Tahkimat Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar Doktora Tezi, İzmir
- YILMAZ, L. 2022. Hazırlık Aşamasındaki Bir Yeraltı Kömür Madeni İçin Vantilatör Seçimi ve Havalandırma Tasarımı Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir
- Maden İşyerlerinde İSG Yönetmeliği, 2013  
<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18858&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

# **TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TESTLERE DAYALI OLARAK ÇİMENTOLU MACUN DOLGULARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

## *ASSESSING PERFORMANCE OF CEMENTED PASTE BACKFILLS BASED ON DESTRUCTIVE AND NON- DESTRUCTIVE TESTS*

**Tuğba Keskin, Erol Yılmaz\* , Muhammet Sarı, Tuğrul Kasap**

*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize*

**ÖZET** Çimentolu macun dolgunun (ÇMD), kalite ve performansının daha kolay ve düşük maliyetle belirlenebilmesi için ultrasonik darbe hızı (UPV) gibi yeni tekniklere yönelim artmıştır. Bu çalışmada, UPV yöntemiyle ÇMD'nin mukavemet gelişimi ve gözenek yapısındaki değişimin değerlendirilmesi ve tek eksenli basınç dayanımı (UCS) testi ile UPV arasında bir korelasyon oluşturulması amaçlanmıştır. Bu sebeple dolgular iki tip atık, (HT, LT) sabit katı (ağırlıkça %74) ve bağlayıcı içeriği (ağırlıkça %4.5) kullanılarak hazırlanmıştır. Çimento (OPC) ikamesi olarak sabit oranda uçucu kül ve cüruf (OPC/GBFS-FA: 70/30) kullanılmıştır. Farklı kür süreleri (3-90 gün) sonunda yapılan deneyler sonucunda HT içeren numunelerin toplam gözenekliliğinin, LT içerenlere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Atık tipi ve mineral katkı türüne bağlı olarak UPV ve UCS arasında mükemmel korelasyon eğrileri bulunmuştur. Ayrıca ölçülen ve beklenen mukavemet değerleri %95 güven aralığında yer almıştır. Sonuç olarak, bu çalışmanın ÇMD'nin performansının daha etkin, hızlı ve az maliyetli bir şekilde tespit edilmesine imkân sağlayacağı düşünülmektedir.

**ABSTRACT** To facilitate easier and cost-effective evaluation of cemented paste backfill (CPB) quality and performance, innovative techniques like UPV have gained popularity. This study aimed to assess strength development and changes in pore structure of CPB using UPV and establish correlations with UCS tests. For this reason, backfills were prepared using two types of tailings (HT, LT), fixed solid (74 wt.%) and binder (4.5 wt.%) content. Fly ash and slag (70/30 ratio with OPC) served as cement substitutes. Over curing periods ranging from 3 to 90 days, CPB samples containing HT exhibited lower total porosity compared to LT containing samples. Significant correlation curves between UPV and UCS were observed, varying with waste type and mineral additives. Furthermore, measured strength values aligned closely with expected values within a 95% confidence interval. This study demonstrates the potential for more efficient, rapid, and cost-effective determination of CPB performance, thereby enhancing overall quality assessment methodologies.

\*[erol.yilmaz@erdogan.edu.tr](mailto:erol.yilmaz@erdogan.edu.tr)

## **1. INTRODUCTION**

Cemented paste backfill (CPB) is a technology frequently used in underground metallic mines and plays a important role in eliminating waste and reducing environmental impacts (Sari et al., 2023). The CPB method is used to efficiently extract ore, as well as ensuring reliable, sustainable and meticulous waste disposal for mining operations. It is widely preferred to support floors and side walls, especially in places where mines are depleted (Cao et al., 2021). Considering the acid mine drainage that appears due to contact of sulfur-containing pyritic tailings with water/oxygen, the CPB method appears as an effective solution in preventing such environmental problems (Ling et al., 2024). In recent years, research on CPB technology has increased due to the operation of low-grade mines and economic pressures. This technology is constantly being developed and improved in response to rising require for alternative sources and operational/industrial challenges.

The main components of CPB can generally be listed as tailings (75-85 wt.%), water (15-25 wt.%) and binders (2-7 wt.%) (Li et al., 2020). In addition to these components, various additives (mineral/chemical) can also be used based on economic, environmental and durability requirements (Sari et al., 2022). In this context, coal waste can be shown as an example of alternative resources used for different purposes in CPB mixtures. Ash waste resulting from the burning of coal in thermal power plants has become an important environmental and management problem in addition to energy production. Correct management of these wastes is of great importance in reducing environmental impacts and maximizing their economic value (Guo et al., 2024). Ash waste is generally by-products formed in thermal power plants and are generally divided into fly ash and bottom ash. The composition of these wastes varies based on the type of coal burned, the technology of the power plant and the processing methods (Yuan et al., 2021). Various strategies can be applied to manage ash waste. Among these, storage, recovery, recycling and technological innovations stand out. Most of the ash waste is currently stored in landfills, but this method can be problematic in terms of sustainability and pose environmental risks (Han et al., 2022). Recovery and recycling are important in line with circular economy principles. The concept of circular economy adopts the philosophy of reusing waste as raw material rather than just being a problem that needs to be disposed of. In this context, managing ash waste in line with a circular economy can provide significant benefits both environmentally and economically (Millward-Hopkins and Purnell, 2019). This approach can reduce the search for new raw materials and therefore contribute to the conservation of natural resources. While the majority (80%) of ash waste in Turkey is disposed of by storing it in landfills, it is estimated that 65% of ash waste in the USA can be reused or recovered (ACAA, 2019). In this study, the usability of fly ashes in place of cement in CPB mixtures and their impact on the characteristic properties of backfill are discussed.

CPB transported to underground cavities through pipelines must be resistant to environmental effects and backfill strengths must be determined accurately and effectively. Determining mechanical properties is vital to ensure the durability and



stability of the CPB (Ali et al., 2021). The uniaxial compressive strength (UCS) test is a widely applied method to measure the strength of the backfill. However, determining the mechanical properties of CPB can be experimentally demanding and require large-scale testing for various materials. This directs researchers to faster, easier and lower-cost methods. Ultrasonic pulse velocity (UPV) testing is a non-destructive testing method repeatedly used in structural engineering to determine the intrinsic properties of building materials such as concrete, steel and wood (Xu et al., 2024). This method provides important information about the material's strength, density, homogeneity and, accordingly, its overall quality by measuring the propagation speed of sound waves within the material. UPV testing generally consists of an electrical pulse generator, transmitting/receiving transducers (Mata et al., 2023). During testing, the transmitter transducer is placed on the material surface and an electrical pulse is sent from the pulse generator to the material. This pulse propagates in the form of sound waves within the material. The receiving transducer on the other surface detects these waves and measures the time passage. The speed of sound waves varies depending on the elastic properties and density of cementitious materials; The cement matrix with higher density will transmit sound waves faster. This method is mostly used to detect cracks, voids, and other defects within concrete. UPV testing is a non-destructive testing method frequently preferred by engineers and researchers to predict the long-term performance of structures and determine maintenance strategies when necessary (Kannur and Chore, 2023).

There are many studies on this issue in literature. Nam et al., (2024) presented a relationship between strength and UPV results by using the UPV test to determine and compare the early age demolding times of concrete produced with lightweight and ordinary aggregates. Wang et al., (2023) obtained coral concrete from coral aggregates with various morphologies and internal structures. They determined the connection between porosity and strength of concrete using the UPV method and presented the relationship between them. Yilmaz et al., (2014) performed UCS and UPV tests on CPB samples prepared with different water/cement and binders. As a result of the study, they stated that there was a linear link between UCS and UPV values. Jiang et al., (2020) explored the changes in the strength of CPBs prepared with different mineral additives because of curing at different temperatures (from 10 to 50°C). They found that UPV results were less sensitive to changes in cure temperature than UCS. Kasap et al., (2023) used the UPV test, as well as mechanical and microstructure tests, to determine the performance of the CPB they obtained by using sand instead of tailings (up to 50%) in CPB mixtures. They presented that there was a consistent correlation between UPV and UCS results.

In this search, the strength and performance of CPBs containing different types of mine tailings (acidic and basic) and mineral additives (slag and fly ash) were examined. Destructive (UCS and MIP) and non- destructive (UPV) tests were performed on CPB samples prepared in fixed cement and solid content. Additionally, the results are presented comparatively as a correlation of UPV data.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. CPB Components

#### 2.1.1. Mine Tailings

The low (LT: 4.69) and high (HT: 10.45) pH content mine tailings used in this study were obtained from a mine in the north of Turkey. The Malvern Mastersizer device was operated to analyze the particle size distribution (PSD) of the tailings. As a result of this testing, it was determined that the fine material content of the tailings (LT: 27.2%; and HT: 24.9%) was suitable for use as filling material for mines.

#### 2.1.2. Cement (Binder), Fly Ash and Slag (Mineral Admixtures)

In this study, CEM I-42.5R (OPC - Ordinary Portland Cement) was used as a binder. Slag and fly ash type C (GBFS and FA) were used in fixed replacement ratios (OPC/ Admixtures: 70/30) as a substitute for cement. PSD values of OPC, GFSB and FA are given in **Fig. 1**.

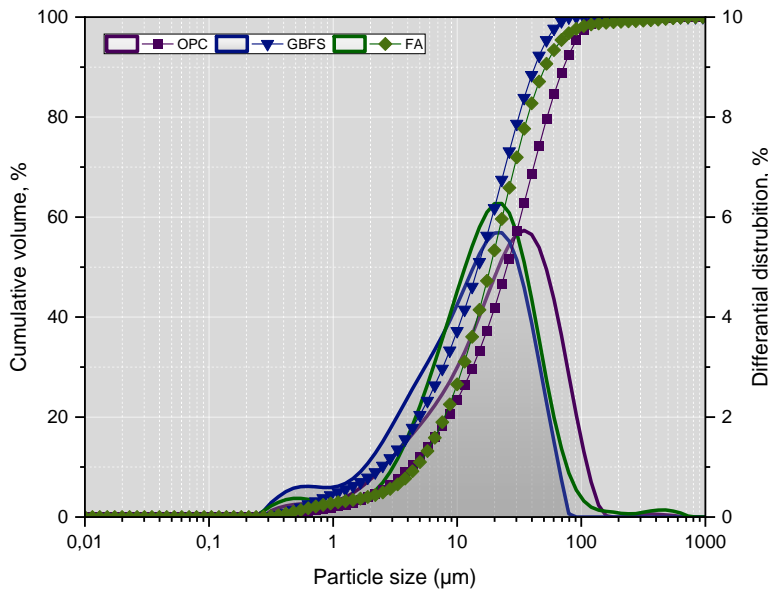


Figure 1. PSD of OPC, GFSB, and FA.

#### 2.1.3. Pore/ Tap Water

In the current investigation, both tap and pore water obtained from tailings (LT and HT) were used as mixing water.

#### 2.1.4 CPB Manufacturing Stages

The characterized CPB components were mixed until they became homogeneous in a 10-liter mechanical mixer with the mixing time and volume. The amount of GBFS and FA used as a substitute for cement was determined as 30%. After the dry materials

were mixed, tap water was inserted to the mixer and mixed for 8 minutes. The mixture was transferred into cylindrical molds (with a diameter of 50 mm and a height of 100 mm) and then samples placed in the curing cabin were left to cure at  $21\pm 2$  °C and 90% relative humidity. CPB mixture recipes are presented in detail in **Table 1**.

Table 1. CPB blend recipe design.

Sample ID	Tailings type	Solid content	Binder dosage	Mixture ratio			Slump	Curing time
				Cement	Slag	Fly ash		
LT@C	LT	74	4.5	100	-	-	25	3,14,28,56,90
HT@C	HT	74	4.5	100	-	-	25	3,14,28,56,90
LT@GBFS	LT	74	4.5	70	30	-	25	3,14,28,56,90
HT@GBFS	HT	74	4.5	70	30	-	25	3,14,28,56,90
LT@FA	LT	74	4.5	70	-	30	25	3,14,28,56,90
HT@FA	HT	74	4.5	70	-	30	25	3,14,28,56,90

## 2.2 Methods

### 2.2.1. Mini Slump Tests

The slump quantities of the CPBs in this study were controlled using a mini slump cone. As a result of the tests, a solid content of 74 wt.% was obtained for the CPB samples. A slump value of 25 cm was selected for the targeted solid content.

### 2.2.2. UPV Measurement

The UPV method is frequently employed to test the physical properties of CPB non-destructively. The measurements were repeated 3 times for each sample and an average UPV result was obtained.

### 2.2.3. UCS Test

The UCS test was performed to determine axial deformation under the influence of vertical force. The test was performed for the samples whose UPV tests were completed. For the best UCS values, the experiments were repeated 3 times and the average UCS value was obtained.

### 2.2.4. MIP Test

The CPB samples were subjected to MIP test to determine their pore structures. The MIP test was repeated twice on the same backfill samples and a  $\pm 1\%$  difference in porosity was observed. Based on this result, it was also determined that the mercury penetration performance was nearly the similar.

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

#### 3.1. Evaluation of Total Porosity of CPBs With Different Tailings and Mineral Additive

Within the scope of the study, the change in the total porosity of CPBs prepared with separate types of tailings (basic tailings/HT and acidic tailings/LT) and mineral additives (FA and GBFS) was investigated depending on the curing time (3-90d) (**Fig. 2**). Total porosity can be expressed as the ratio of maximum infiltration pressure and minimum pore size. The total porosity of CPB specimens containing HT varied between 44.8% and 25.1%, while this value was between 50.2% and 26.3% for the samples containing LT. At similar curing times, CPBs containing LT reached higher total porosity values compared to HT. This situation is directly linked to the development of cement hydration in the backfill environment. LT creates an unfavorable environment for the growth of cement hydration in the backfill medium, preceding to the dissolution of hydration products (e.g., portlandite) and the breakage of bonds (e.g., C-S-H) (Cihangir et al., 2018). As a result of the damage of hydration products in the environment, the total porosity increases and supports the formation of a permeable structure. In addition, the high permeability of the internal environment of the backfill facilitates air/water passage and increases the oxidation of process tailings, which adversely affects the performance of CPBs (Qin et al., 2022).

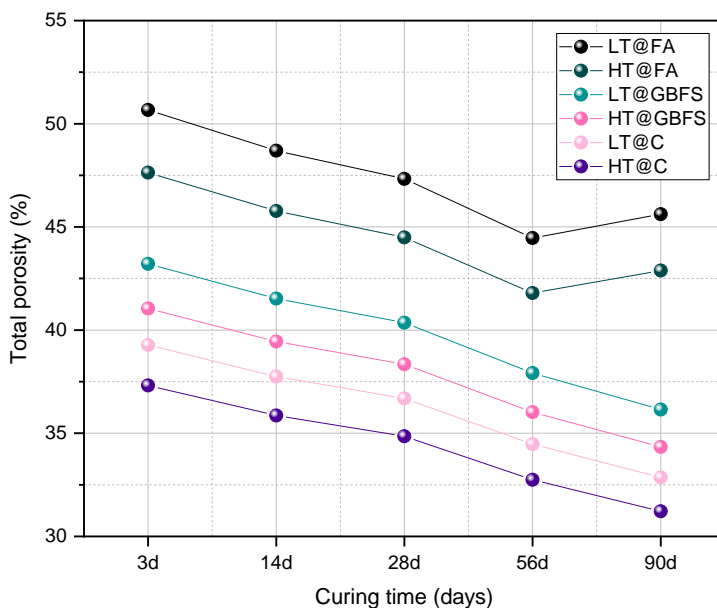


Figure 2. Total porosity results of all CPB samples

As can be clearly observed in **Fig. 2**, the total porosity decreases with increasing curing time. For instance, while the total porosity of the LT@C (control) sample was 35.7% at the end of 14 days curing time, this value was 34.1% after 56 days curing time. In addition, the mineral additives used as OPC substitutes in CPBs (fixed ratio: 30%) significantly increased the total porosity. Total porosity values reached approximately 47.9% for CPBs containing LT-FA and 44.6% for CPBs containing HT-FA. The higher porosity values of the CPBs containing FA compared to the control samples

(LT@C/HT@C) are because the pozzolanic responses of FA are not as effective as OPC hydration (Bull and Fall, 2020). In comparison, the total porosity of GBFS-substituted CPBs reached lower values compared to FA, especially at longer curing times (e.g., 90d). From this, it can be concluded that the pozzolanic activity of GBFS substitution is considerably higher than that of FA at long cure times for CPB mixtures.

### 3.2. Relationship Between UCS and Total Porosity

**Fig. 3** shows the change in UCS values of CPBs prepared with LT, HT and mineral additives (FA and GBFS) depending on the curing time. Regardless of other variables, UCS values increased with curing time in all CPB samples. Like other studies, this is an indication that more hydration products (e.g., C-S-H) are formed in CPB with increasing curing time and strength values increase (Li et al., 2022; Zhang et al., 2023). Besides, the raise in hydration products with curing time decreases the total porosity of CPBs and supports the strength (Wang et al., 2022).

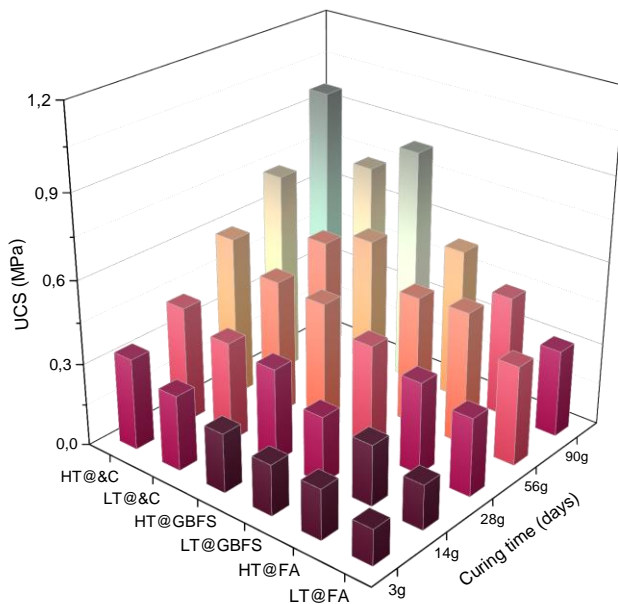


Figure 3. UCS results of all CPB samples.

Compared to the backfills containing HT, the UCS values of the samples with LT were 26.1%-90.3% lower. This may have been due to pyrite oxidation and acidification potential of LT with high sulfate content. The high acidic property of LT compared to HT at similar curing times slows down the hydration reactions in CPB, resulting in a material with high porosity and impaired structural integrity. This phenomenon triggered the formation of an environment with a higher porosity of up to 35.5% in CPBs containing LT compared to HT (total porosity findings in **Fig. 2**). Also, different searches have emphasized that acidic process tailings such as LT degrade the structural integrity of cementitious mixtures (e.g., dissolution of hydration products) and lead to a more porous/permeable environment, negatively affecting properties such as strength and durability (Müllauer et al., 2013; Jafari and Grabinsky, 2021). In contrast to the negative effects of LT, HT contributes to the formation of hydration products by supporting the alkaline/basic environment in the CPB environment. This triggers the

formation of lower porosity/permeability and contributes to higher UCS values of CPBs in the short/long term.

When the strengths of CPBs with FA and GBFS substitution (30% to OPC) are analyzed, it is seen that they reached lower values especially in the first 28 days (early curing period). For example, the UCS values of the CPBs containing LT (LT@FA and LT@GBFS) were 19.8% to 42.3% lower than the control sample (LT@C). This is because of the lower pozzolanic activity of mineral admixtures such as FA and GBFS compared to OPC and the adverse effects from LT. Previous studies reported that the low CaO (calcium oxide) content of admixtures such as FA and GBFS (compared to OPC) resulted in insufficient hydration product formation in cementitious mixtures, resulting in lower UCS values. In contrast to this situation, increasing the amount of binder and curing time can eliminate the negative effects of cementitious mixtures such as CPB due to mineral additives. GBFS contributes significantly to the improvement of properties such as strength and durability of CPBs due to its many advantages (e.g., resistance to chemical corrosion) at longer curing times (Zheng et al., 2019). This can be evidenced by the fact that CPBs with LT and GBFS (LT@GBFS) achieved 9.1% higher UCS values than the control sample (LT@C) at 90 days of curing. Since the basic/alkaline environment of CPBs prepared with HT and GBFS enhances the interaction with OPC, the above-mentioned phenomenon was not observed in HT@GBFS samples.

### **3.3. Relationship Between UPV and Total Porosity**

**Fig. 4** shows the change in UPV values of CPBs prepared with LT, HT and mineral additives (FA and GBFS) depending on the curing time. As can be clearly observed in **Fig. 4**, UPV improves with expanding curing time. For instance, the 3, 14 and 28-day UPV results of the LT@GBFS sample were found to be 1289, 1363 and 1422, respectively. In addition, when all CPBs were analyzed, it was determined that the backfills containing LT reached higher UPVs compared to HT. For example, HT@C (90 days) had the highest UPV of 1801 m/s while LT@FA (3 days) had the lowest UPV of 1206 m/s. It can be concluded that CPBs containing HT (high pH/basic tailings) have a denser structure compared to LT. The structural integrity of CPB as well as other cementitious mixtures (e.g. concrete and mortar composites) is directly dependent on the type/amount of cement, the structure (porosity) of the aggregates and the cement-aggregate bond properties. Therefore, the poor quality of the constituent materials of CPBs, especially the presence of acidic tailings, negatively affects the main parameters such as performance and porosity of the backfills (Akkaya et al., 2021). Furthermore, such factors affecting the quality and performance of CPBs also play a crucial role in the results of non-destructive tests such as UPV. Therefore, the UPV values of the samples with LT are lower compared to the CPBs with HT. The decrease in UPV values is also directly related to the porosity/permeability of CPBs (Zhang et al., 2020). CPBs with high porosity (containing LT) are more likely to encounter air and water than CPBs with high porosity (e.g., oxidation), which impairs structural integrity and decreases UPV values.

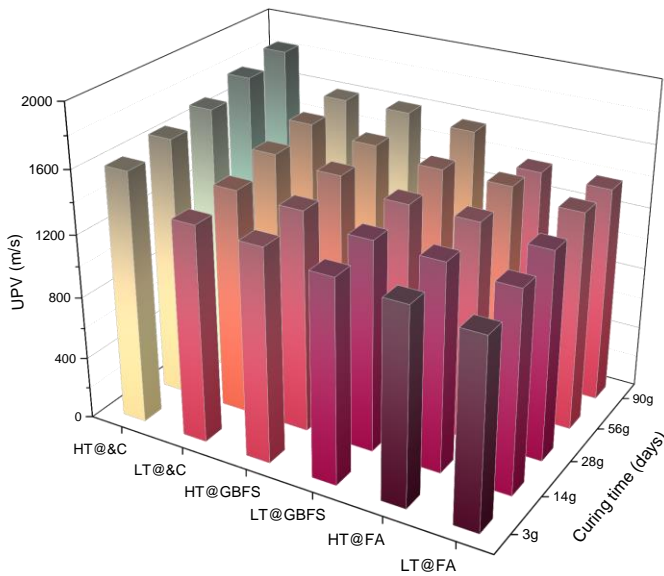


Figure 4. UPV results of all CPB samples.

### 3.4. Correlation Between UCS and UPV

There is a strong link between UPV and UCS of cementitious mixtures. This relationship is influenced by many factors such as mix ratio, different types of admixtures (e.g., mineral and chemical), cement and aggregate type/quantity. The regression curves generated to discover the relationship between UCS and UPV of cementitious mixtures produced by considering the above-mentioned factors can give unique results for the estimation of UCS values. Considering the mineral additives (FA and GBFS) used in the study (independent of tailings type), the correlation between UPV and UCS was evaluated using the least square regression method (**Fig. 5**). Different regression approaches (e.g., linear / polynomial / logarithmic / logarithmic / exponential / power) were adopted, and the coupling coefficients were calculated for each regression approach. **Table 2** illustrates the regression equations and  $R^2$  (correlation coefficient) for all the backfills. The  $R^2$  value (between 0 and 1) is generally used in regression analyses to assess the significance of the dataset (Raposo, 2016). As the  $R^2$  value gets smaller (closer to 0), the significance between the data set and the fitted curve decreases, while as this value gets larger (closer to 1), it is assumed that all variables in the fitted curve and the data set correspond to each other. In other words,  $R^2$  approaching 1 indicates a strong relationship between the dataset and the fitted curve. Taking this into account, the power curve method ( $R^2$  values: 0.8959 - 0.9170) was selected among the regression analyses (**Table 2**). In addition to identifying the correct regression curves, it is crucial to consider different approaches used to increase the significance of regression models, such as confidence and prediction bands (Telschow and Schwartzman, 2022). Mainly, the confidence band/interval represents the full range of possible boundaries of the dataset according to the fitted curve. The prediction band/range, on the other hand, allows us to have information about the experimental points of all the variables of the dataset considering the specified confidence level (95% in this study). In other words, it indicates where we can expect to see the variables that make up the dataset. The prediction band/interval is considered as a constant term and differs from the confidence

band/interval because of this feature. Also, for this reason, the forecast band generally covers a wider area than the confidence band. In this study, the power fitting curves selected for all CPBs were evaluated with 95% confidence and prediction band (Fig. 5.).

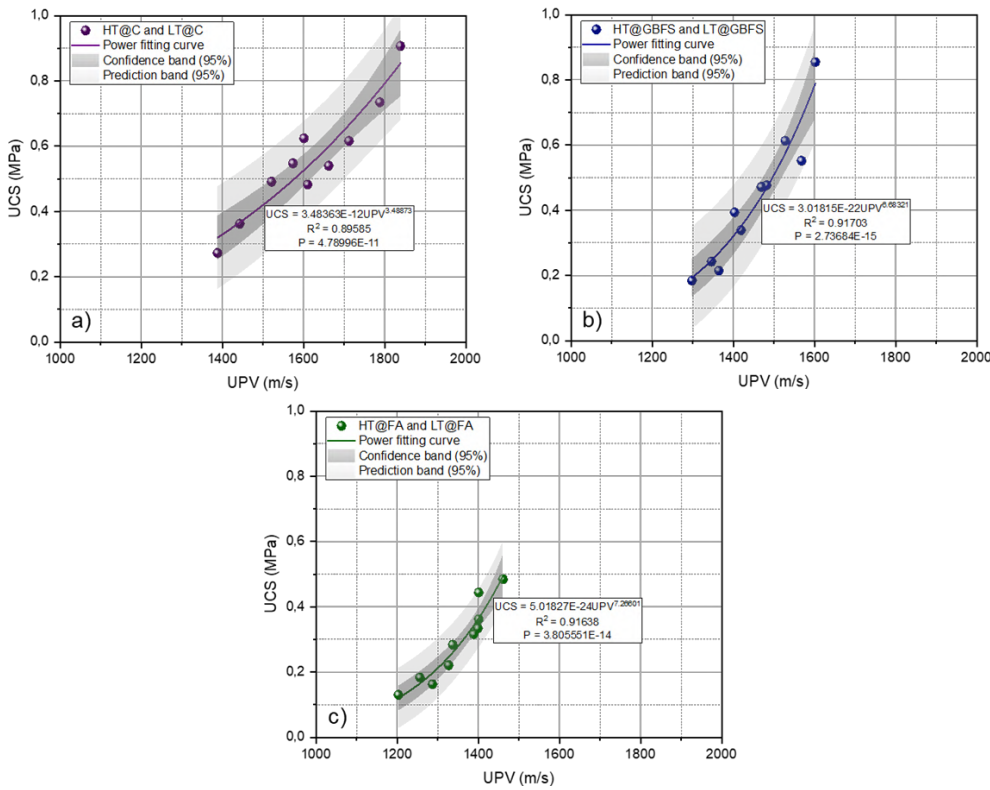


Figure 5. Relationship between UPV and UCS results: a) control; b) GBFS; and c) FA

Table 2. Different correlation results of all CPB samples

Sample ID	Regression type	Equation	R <sup>2</sup>
HT@C/LT@C	Linear	0.0012UPV-1.3605	0.8906
	Polynomial	6E-07UPV <sup>2</sup> -0.0008UPV+0.2208	0.8954
	Logarithmic	1.9008ln(UPV)-13.476	0.8839
	Exponential	0.0141e <sup>0.0022UPV</sup>	0.8947
	Power	3.48363E-12UPV <sup>3.48873</sup>	0.8959
HT@GBFS/LT@GBFS	Linear	0.002UPV-2.4225	0.9019
	Polynomial	3E-06UPV <sup>2</sup> -0.0064UPV+3.6199	0.9166
	Logarithmic	2.8447ln(UPV)-20.263	0.8942
	Exponential	0.0004e <sup>0.0048UPV</sup>	0.9150
	Power	3.01815E-22UPV <sup>6.68321</sup>	0.9170
HT@FA/LT@FA	Linear	0.0014UPV-1.6072	0.8822
	Polynomial	4E-06UPV <sup>2</sup> -0.0087UPV+5.0768	0.9190
	Logarithmic	1.8601ln(UPV)-13.107	0.8712
	Exponential	0.0002e <sup>0.0053UPV</sup>	0.9155
	Power	5.01827E-24UPV <sup>7.26601</sup>	0.9164

Fig. 6 displays the relationship between the measured (UCS<sub>m</sub>) and predicted (UCS<sub>p</sub>) strengths of the backfills produced considering different types of tailings (LT/HT) and mineral additives. It is clear from Fig. 6 that the relationship between UCS<sub>m</sub> and UCS<sub>p</sub>



values is quite strong ( $R^2$  value (correlation coefficient):0.93753). Moreover, the variables of the whole dataset are within the 95% confidence band. Therefore, it can be predicted that the curve fitting method used in this study (power curve fitting) is able to predict the UCS results close to reality. In addition, the results obtained from the regression method prove the accuracy and reliability of UPV in terms of evaluating the performance of the backfills.

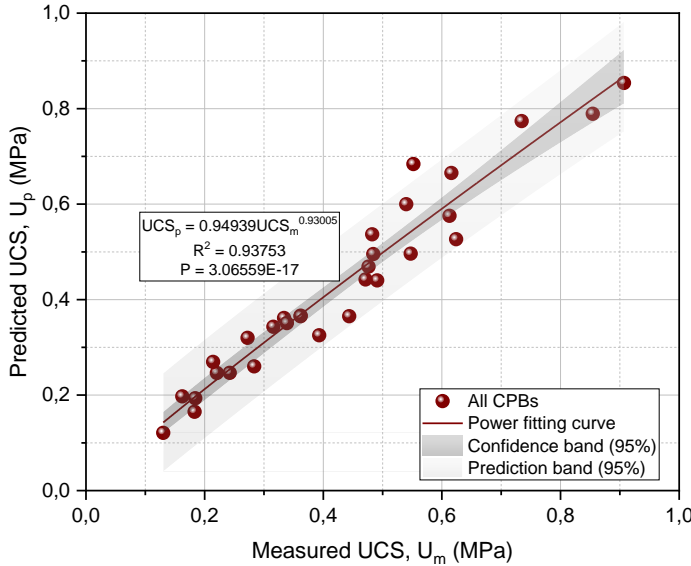


Figure 6. Link between measured and predicted strength of CPBs.

#### 4. CONCLUSIONS

The quality and performance of CPBs prepared with different types of tailings (LT and HT) and mineral admixtures (FA and GBFS - cement substitutes) were evaluated using destructive (UCS and MIP) - non-destructive (UPV) methods and the relationships between them were discussed in detail. CPBs were prepared at 74wt.% solids and 4.5% cement content and cured for 3-14-28-56-90 days. In addition, the cement replacement ratio of FA and GBFS used in CPBs was selected as 30%. As a result of the detailed studies on CPBs, the main outputs are presented below:

- The total porosity of the CPBs including LT reached 50.2%, while the total porosity of the backfills including HT was 44.8%. This favored the structure of a more porous/permeable structure in CPBs with LT compared to HT and adversely affected the UCS-UPV findings.
- Compared to the backfills containing HT, the UCS values of the samples with LT were 26.1%-90.3% lower. This is a sign that the excessive sulfate content of LT is due to pyrite oxidation and acidification potential.
- When all CPBs were analyzed, it was determined that the backfills containing LT achieved higher UPVs compared to HT. From this, it can be concluded that CPBs containing HT (high pH/basic tailings) have a denser structure compared to LT.
- The relationship between UCS and UPV was evaluated using different regression methods and the best curve fitting method was determined as power.

Furthermore, the equation that best reflects the relationship between the measured (UCS<sub>m</sub>) and predicted (UCS<sub>p</sub>) powers was obtained as  $UCS_p = 0.94939UCS_m^{0.93005}$ .

The results showed that there was a strong relationship between CPBs evaluated by different methods (destructive and non-destructive) and this relationship was affected by many factors such as porosity, type of tailings (LT/HT) and type of mineral additive (FA/GBFS). In addition, the different pozzolanic properties of FA and GBFS used as cement substitutes significantly affected the UCS and UPV values in the short and long term. The authors intend to conduct further research to evaluate the feasibility of using different materials to eliminate/reduce the inherent hazardous nature of process tailings and to improve the performance of backfills using ultrasonic methods.

## **KAYNAKLAR**

- Akkaya, U. G., Cinku, K., Yilmaz, E. 2021. Characterization of strength and quality of cemented mine backfill made up of lead-zinc processing tailings, *Frontiers in Materials*, 8, 740116.
- Ali, B., Yilmaz, E., Tahir, A.R., Gamaoun, F., El Ouni, M.H., Murtaza Rizvi, S.M. 2021. The Durability of High-Strength Concrete Containing Waste Tire Steel Fiber and Coal Fly Ash, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021, 1, 7329685.
- American Coal Ash Association. 2019. Coal Ash Recycling Rate Declines Amid Shifting Production and Use Patterns November 19, 2019, Washington, D.C.
- Bull, A. J., Fall, M. 2020. Thermally induced changes in metalloid leachability of cemented paste backfill that contains blast furnace slag, *Minerals Engineering*, 156, 106520.
- Cao, S., Xue, G., Yilmaz, E., Yin, Z., Yang, F. 2021. Utilizing Concrete Pillars as An Environmental Mining Practice in Underground Mines, *Journal of Cleaner Production*, 278, 123433.
- Cihangir, F., Ercikdi, B., Kesimal, A., Ocak, S., Akyol, Y. 2018. Effect of sodium-silicate activated slag at different silicate modulus on the strength and microstructural properties of full and coarse sulphidic tailings paste backfill, *Construction and Building Materials*, 185, pp. 555-566.
- Guo, J., Fan, Y., Qiao, C., Ma, X., Dong, X., Zeng, H. 2024. Harnessing Coal and Coal Waste for Environmental Conservation: A Review of Photocatalytic Materials, *Science of The Total Environment*, 946, 174437.
- Han, J., Yu, D., Wang, Q., Yu, N., Wu, J., Liu, Y., Luo, L., Pan, H. 2022. Beneficiation Of Coal Ash from Ash Silos of Six Chinese Power Plants and Its Risk Assessment of Hazardous Elements for Land Application, *Process Safety and Environmental Protection*, 160, pp. 641-649.
- Jafari, M., Grabinsky, M. 2021. Effect of hydration on failure surface evolution of low sulfide content cemented paste backfill, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 144, 104749.
- Jiang, H., Yi, H., Yilmaz, E., Liu, S., Qiu, J. 2020. Ultrasonic Evaluation of Strength Properties of Cemented Paste Backfill: Effects of Mineral Admixture and Curing Temperature, *Ultrasonics*, 100, 105983.
- Kannur, B. and Chore, H.S. 2023. Ultrasonic Pulse Velocity and Electrical Resistance of Low-Fines Self-Consolidating Concrete for Pavements, *Materials Today: Proceedings*, 93, pp. 1-4.
- Kasap, T., Yilmaz, E., Sari, M., Karasu, S. 2023. Predicting Long-Term Impact of Cementitious Mine Fill Considering Sand as A Copper-Tailings Substitution, *Powder Technology*, 428, 118887.
- Li, J., Yilmaz, E., Cao, S. 2020. Influence of Solid Content, Cement/Tailings Ratio, and Curing Time on Rheology and Strength of Cemented Tailings Backfill, *Minerals*, 10, 10, 922.
- Li, K., Li, X., Du, C., Xue, H., Sun, Q., Liu, L. 2022. Experimental study on microstructure and erosion mechanisms of solid waste cemented paste backfill under the combined action of dry-wet cycles and sulphate erosion, *Materials*, 15, 4, 1484.

- Ling, H., Li, X., Xue, H., Sun, Q., Liu, L., Du, C., Li, K. 2024. The Effect of Acid Mine Drainage on The Properties of An All-Solid Waste Paste Backfill Body Based on Oil Shale Residue, *Construction and Building Materials*, 425, 136017.
- Mata, R., Ruiz, R. O., Nuñez, E. 2023. Correlation Between Compressive Strength of Concrete and Ultrasonic Pulse Velocity: A Case of Study and A New Correlation Method, *Construction and Building Materials*, 369, 130569.
- Millward-Hopkins, J., Purnell, P. 2019. Circulating Blame in The Circular Economy: The Case of Wood-Waste Biofuels and Coal Ash, *Energy Policy*, 129, pp. 168-172.
- Müllauer, W., Beddoe, R. E., Heinz, D. 2013. Sulfate attack expansion mechanisms, *Cement and Concrete Research*, 52, pp. 208-215.
- Nam, Y., Kim, W., Kim, Y., Lee, T., Park, S. 2024. Analysis of Influence of Concrete Aggregate in Evaluation of Form Removal Time of Concrete Using Ultrasonic Pulse Velocity Methods, *Journal of Building Engineering*, 86, 108775.
- Qin, S., Cao, S., Yilmaz, E. 2022. Employing U-shaped 3D printed polymer to improve flexural properties of cementitious tailings backfills, *Construction and Building Materials*, 320, 126296.
- Raposo, F. 2016. Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques: A tutorial review, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 77, pp. 167-185.
- Sari, M., Yilmaz, E., Kasap, T. 2023. Long-Term Ageing Characteristics of Cemented Paste Backfill: Usability of Sand as A Partial Substitute of Hazardous Tailings, *Journal of Cleaner Production*, 401, 136723.
- Sari, M., Yilmaz, E., Kasap, T., Guner, N.U. 2022. Strength and Microstructure Evolution in Cemented Mine Backfill with Low and High Ph Pyritic Tailings: Effect of Mineral Admixtures, *Construction and Building Materials*, 328, 127109.
- Telschow, F. J., Schwartzman, A. 2022. Simultaneous confidence bands for functional data using the Gaussian kinematic formula, *Journal of Statistical Planning and Inference*, 216, pp. 70-94.
- Wang, J., Fu, J., Song, W., Zhang, Y. 2022. Effect of rice husk ash (RHA) dosage on pore structural and mechanical properties of cemented paste backfill, *Journal of Materials Research and Technology*, 17, pp. 840-851.
- Wang, L., Zhang, Q., Yi, J., Zhang, J. 2023. Effects of Coral Aggregate Properties on The Ultrasonic Pulse Velocity of Concrete, *Journal of Building Engineering*, 80, 107935.
- Xu, X., Ran, B., Jiang, N., Xu, L., Huan, P., Zhang, X., Li, Z. 2024. A Systematic Review of Ultrasonic Techniques for Defects Detection in Construction and Building Materials, *Measurement*, 226, 114181.
- Yilmaz, T., Ercikdi, B., Karaman, K., Külekçi, G. 2014. Assessment of Strength Properties of Cemented Paste Backfill by Ultrasonic Pulse Velocity Test, *Ultrasonics*, 54, 5, pp. 1386-1394.
- Yuan, Q., Zhang, Y., Wang, T., Wang, J., Romero, C.E. 2021. Mechanochemical Stabilization of Heavy Metals in Fly Ash from Coal-Fired Power Plants Via Dry Milling and Wet Milling, *Waste Management*, 135, pp. 428-436.
- Zhang, H., Cao, S., Yilmaz, E. 2023. Carbon nanotube reinforced cementitious tailings composites: Links to mechanical and microstructural characteristics, *Construction and Building Materials*, 365, 130123.
- Zhang, S., Ren, F., Guo, Z., Qiu, J. Ding, H. 2020. Strength and deformation behavior of cemented foam backfill in sub-zero environment, *Journal of Materials Research and Technology*, 9, 4, pp. 9219-9231.
- Zheng, J., Sun, X., Guo, L., Zhang, S., Chen, J. 2019. Strength and hydration products of cemented paste backfill from sulphide-rich tailings using reactive MgO-activated slag as a binder, *Construction and Building Materials*, 203, pp. 111-119.

# **TRAKYA HAVZASINDA TAM MEKANİZE UZUN AYAK ÜRETİM SONRASINDA OLUŞAN TASMAN VE ETKİLERİ**

## *SUBSIDENCE AND IMPACTS AFTER FULLY MECHANIZED LONGWALL PRODUCTION IN THRACE BASIN*

**Oktay Yazıcı, Tolga Parlak\***, Murat Çimen, Bilge Bozdağ, Can Yılmaz  
*Kiremitçiler Grup-Özşen Maden İşletmeleri, Edirne*

**ÖZET** Trakya bölgesinde maden çalışmalarına 20. yüzyılda başlanmış ve ilk klasik ayak yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, çok fazla tehlike barındırdığı ve üretim hızı yönünden zayıf olduğu için uzun ayak yöntemi tercih edilmiştir. Uzun ayak yönteminde yeraltında üretim sonrası boşlukları oluşmakta ve oluşan boşluklar nedeniyle yerüstünde oturma alanları gözlemlenmektedir. Özşen Maden İşletmeleri tarafından, maden sahasında üretimi biten A-01, A-02 ve A-10 panolarında oluşan tasman hareketleri takip edilmiş ve etkileri irdelenmiştir. Bu amaçla fotogrametrik ve jeodezik yöntemlerle ölçümler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak üretim yapılan alanlarda yerüstünde tasman etkisinin üretim alanı ile sınırlı kaldığı, x, y, z yönlerinde değişimlerin olduğu ve tasmanın üretim alanının hemen ardından yerüstüne etki ettiği görülmüştür. Ayrıca tabaka eğiminden dolayı alt kotlarda tasmanın daha fazla olduğu görülmüş, üretim alanı ortasında birebir oturmalarn olduğu sonucuna varılmıştır.

**ABSTRACT** Mining in Thrace began in the 20th century using the classical foot method, due to the method's low production rate and involves too much danger, the longwall method was preferred. In the longwall method, underground voids form post-production, causing observed settlement areas on the surface. Subsidence movements occurring in panels A-01, A-02 and A-10 whose production has been completed are monitored and their effects have been examined by Ozsen Mining Enterprises. For this purpose, measurements were taken using photogrammetric and geodetic methods, and analyzed. As a result, it has been observed surface subsidence effects remained confined to the production area, with changes observed in the x, y, and z directions, subsidence impacting immediately after production. Additionally, it was concluded that due to the inclination of the strata, subsidence movements are more pronounced at lower elevations, and directly aligned subsidences are formed in the middle of the production area.

---

\* [tolgaprlk@gmail.com](mailto:tolgaprlk@gmail.com)

## 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde kömür madenciliği istihdam ve ülke ekonomilerine büyük katkı sağlamaktadır. Ülkemizde kömür madenciliği yer altı ve açık işletme olarak yapılmaktadır. Yer altı maden işletmelerinde klasik, yarı mekanize ve tam mekanize üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında; üretim hızı, tahkimat kullanım verimliliği, mekanik üretimin kolaylığı, planlama ve daha güvenilir olmasından dolayı tam mekanize uzun ayak yöntemi öne çıkmaktadır. Uzun ayak yöntemleri, arkadan göçertmeli ve dolgulu olarak uygulanabilmektedir. Makalemize konu olan sahada arkadan göçertmeli, geri dönüşlü tam mekanize uzun ayak yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Arkadan göçertmeli uzun ayak yönteminde ayak arkasında kalan göçük alanının zaman içerisinde, jeolojik yapıya göre kendiliğinden ya da bir müdahale ile boşluğu doldurması beklenir. Oluşan bu jeolojik hareketlilik cevherin üzerindeki tabakalarda tamamen veya kısmi olarak yer değişikliğine neden olmaktadır. Meydana gelen bu yer değişimine tasman denilmektedir. Cevherin derinliği, cevher tabakasının eğimi, cevher tabakasının kalınlığı, cevher tabakasının üzerinde bulunan tabakaların jeolojik özellikleri ve üretimin hızı tasmanı etkileyen faktörlerdir.

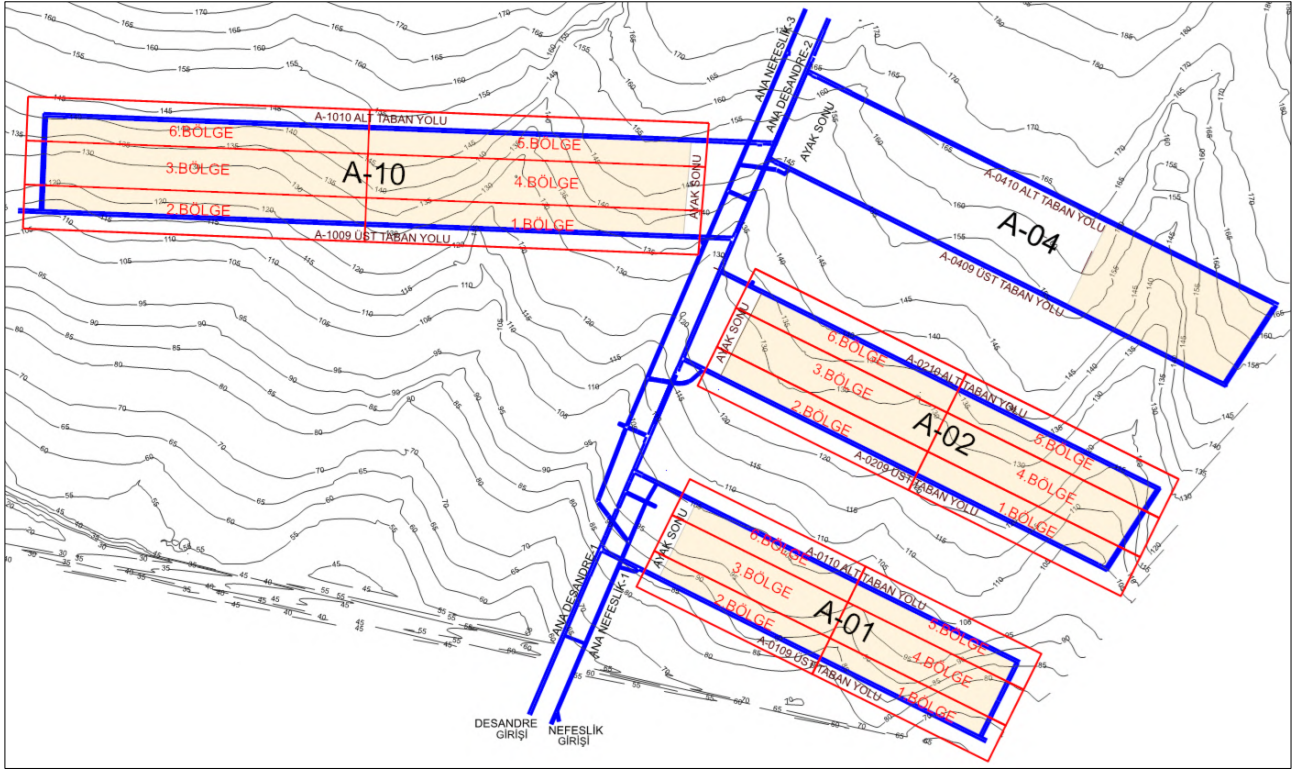
## 2. İŞLETME SAHASI HAKKINDA BİLGİLER

Güney Trakya bölgesinde (Uzunköprü-Keşan-Malkara) birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar neticesinde 11 adet kömür potansiyeline sahip damar tanımlanmıştır (Şengüler vd., 2000). Bölgedeki kömürler, genel olarak limnik ortamda ve ASTM standartlarına göre alt bitümlü kömür olarak sınıflanmaktadır. Lebküchner (1974) Danışmen Formasyonu içerisinde yer alan 11 adet damarı, stratigrafik olarak en altta yer alan kömür için 1 numara, üstüne gelen diğer kömür damarlarına 2, 3,...,11 olarak numaralandırma işlemi ile tüm damarları adlandırmıştır. Trakya bölgesinde çok bilinen, Harmanlı Damarı olarak nitelendirilen ve 4 numaralı damar olarak adlandırılmış kömür, zenginleştirme işlemi ile ülkenin her yerinde evsel ve endüstriyel tüketimlerde kullanılmaktadır. Çalışılan bölgede; kalınlık, yüksek kalori, düşük kükürt, yanal ve düşey yöndeki devamlılıkları dikkate alındığında birçok damar içerisinden Özşen Maden İşletmeleri tarafından da üretimi yapılan 4 numaralı kömür damarı öne çıkmaktadır. 4 numaralı linyit damarının altında bulunan damarların da doğrultuları ve eğimleri genellikle birbirine paralel olup farklı kalınlıkladırlar. Damar eğim yönü genel olarak 5KD, damar doğrultusu K65B olarak kabul edilmektedir.

Ruhsat sahasında mevcutta açık işletme ve yeraltı işletmesi 4 numaralı kömür damarında çalışmaktadır. 4 numaralı kömür damarı; Şeritli KM, tavan kıltaşı, KM2, ara kesme, KM1 ve taban kıltaşı olarak adlandırılmıştır. Üretimi yapılacak olan kömür, bir ara kesmeyle ayrılan KM1 ve KM2 olarak adlandırılan iki damar halinde ve kömürün stamp yüksekliği ortalama 3.30 metredir.

Yeraltı işletmesinde, geri dönüşlü arkadan göçertmeli tam mekanize uzun ayak sistemle panolar üretim ilerleme yönünde ve alt taban yoluna doğru baş aşağı olacak şekilde tasarlanmıştır. Üretimin, iki pano arasında bir pano bırakılarak daha emniyetli bir şekilde yapılması hedeflenmiştir (Şekil 1). 2022-2024 yılları arasında üretimi

tamamlanan A-01, A-02 ve A-10 panoları ve 2024 yılı Mart ayında üretime başlanılan A-04 panosunda tasman hareketi gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Özşen Maden İşletmeleri Örtü Kalınlığı ve Tasman Analiz Bölgelerini Gösterir Yeraltı Planı

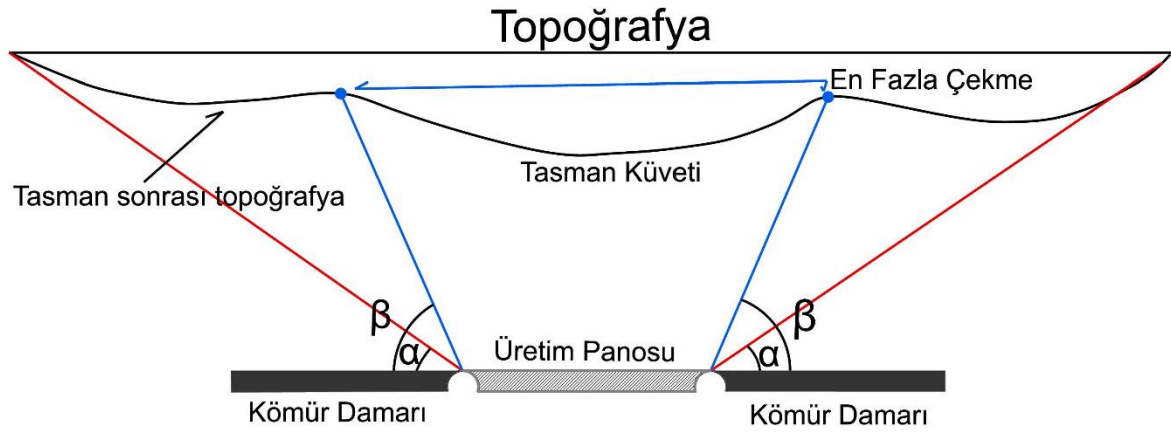
Uzun ayak yöntemiyle üretimi yapılan panoların, hem yeraltında hem yerüstünde jeolojik yapılarda oluşan hareketliliğin (tasman) takibi önemlidir. Jeoteknik sondajlarla da tasman hareketinin oluşabileceği kayaçların dayanıklılığı ve yeryüzünde oluşabilecek hasarlar saptanır. Özşen Maden İşletmeleri tarafından ruhsat sahasında jeoteknik sondajlarla uygun seviyelerde karot numunesi alınmış, akretide zemin ve kaya laboratuvarında tek eksenli basınç dayanım deneyi yapılmıştır (Şekil 2). Bu deneyin yapılmasındaki amaç, kayaçların basınç altında ne kadar yüke dayandığını test etmektir.

AÇIKLAMA		TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIM DENEYİ ( $\sigma_u$ )		
LİTOLOJİ	ORTALAMA KALINLIK	NUMUNE DERİNLİK	( $\sigma_u$ ) (Mpa)	
OB	0.00-130.00 m			
KUMTAŞI 2	1.20-4.00 m			
KİLTAŞI	5.00-9.80 m			
KUMTAŞI 1	9.40-15.50 m	93.04-93.43 m	7.10	
		94.09-94.33 m	29.30	
		95.65-95.99 m	6.70	
		96.40-96.64 m	8.30	
		98.00-98.53 m	20.00	
		99.54-99.94 m	25.30	
		100.42-100.80 m	7.50	
		101.73-101.97 m	5.90	
KİLTAŞI 1	0.80-1.20 m			
ŞERİTLİ KM	0.20-2.70 m			
KİLTAŞI	0.60-0.80 m			
KM2	1.40-4.45 m			
KM1-KM2 ara kil				
KM1				
KİLTAŞI	0.90-2.05 m	110.51-110.81 m	5.50	
		111.21-111.47 m	10.00	
KUMTAŞI	0.20-2.00 m			

Şekil 2. 4.damar stratigrafik kolon kesiti ve tek eksenli basınç dayanım değerleri.

### 3. TASMAN

Tasman hareketi topoğrafya üzerinde farklı oluşumlarla topoğrafyayı değiştirmektedir (Şekil 3). Tasman etkisi ile topoğrafya üzerinde oluşan çöküntüye tasman küveti denilir. Tasman küvetinde en fazla çöküntünün olduğu noktaya maksimum tasman denilmektedir. Tasman küvetinin dışarısında kalan ve çeşitli dinamiklerle topoğrafyanın yükselmesi (kabarması) ile yer değiştirme gözlemlenmektedir. Tasman küvetinin topoğrafyada ne kadar alana yayıldığı hem maden işletmeleri hem de doğal çevre, çevredeki tarımsal çalışmalar ve yerleşim alanları açısından önemlidir. Tasman küvetinin alanı için tasman kırılma açısı ( $\beta$ ) bilinmelidir. Tasman kırılma açısı üretim alanın sınırı ile topoğrafyada oluşan yer hareketin en fazla olduğu noktanın yatayla yaptığı açıdır. Tasman sınır açısı ( $\gamma$ ) yeraltı üretim sınırı ile tasmanın başladığı sınır arasında ki açıdır.



Şekil 3. Yeryüzündeki tasman oluşumu ve tasman etkileri.

### 3.1 Ölçüm Yöntemleri

Tasman hareketinin etkisinin belirlenmesi ve analizi çeşitli ölçüm yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Fotogrametri, Jeodezik ölçümler ve İnSar v.b. ölçüm yöntemleri ile çözümler sağlanmaktadır. Bu yöntemler uygulama kolaylığı, hassasiyet, zaman ve maliyet parametreleri göz önüne alınarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada jeodezik ve fotogrametrik ölçüm yöntemleri ile değerlendirme yapılmıştır.

#### 3.1.1. Fotogrametrik ölçüm yöntemi

Fotogrametri, yersel fotogrametri ve hava fotogrametri olarak iki ana başlıkta incelenir. Bu çalışmanın ana ölçüm yöntemlerinden biri de hava fotogrametrisidir. Hava fotogrametrisi; hava araçları ya da herhangi bir platform üzerinde özel kameralar aracılığıyla fotoğraf veya diğer optik görüntülerin belirli bir standart çerçevesinde elde edilmesidir. Fotogrametride elde edilen görüntüler çeşitli işlem süreçleri ile sayısal veriye dönüştürülür ve analizleri yapılır. Fotogrametrik ölçüm yönteminin avantajları, detaylı ölçümler yapılması, uzaktan nesne ölçümü yapılabilmesi ve zorlu arazi şartlarında kolaylıkla ölçüm yapılabilmesi ve geniş alanları hızlı ölçmesi ile zaman avantajı sağlamasıdır.

Fotogrametrik ölçüm yönteminin dezavantajları; hassas ölçüm sağlaması için kameraların ve ekipmanın kalitesinin yüksek olması, iklim ve hava şartlarının ölçümü etkileyebilmesi, ağaçlık alanların ve eğimli alanlarda ölçümü yapmanın zor olması, verilerin işleme ve analiz sürecinin zaman alabilmesidir. (Fotogrametrik ölçüm hassasiyet  $\pm 4$  cm dir).

#### 3.1.2 Jeodezik ölçüm yöntemi

Jeodezik ölçüm genel bir anlam ile topografya üzerinde Totalstation, Nivo, uydu tabanlı konumlama sistemi (RTK,Ağ-RTK) yardımıyla yapılan yersel ölçüm yöntemleridir. Bu çalışma da jeodezik ölçüm yöntemleri, Ağ-RTK ve Total station ölçüm teknikleri kullanılmıştır.



Ağ-RTK ölçüm tekniği; diğer jeodezik ölçüm yöntemlerine göre uygulama kolaylığı, zaman tasarrufunda avantaj sağlar iken kullanım alanının kısıtlı olması, ölçüm hassasiyetinin diğerlerine göre düşük olması ( $\pm 3$  cm hassasiyeti) dezavantajdır. Totalstation ölçüm tekniği; ölçüm hassasiyetinin (1mm+1.5 ppm) yüksek olması, kullanım alanının geniş olması avantajları olup, uygulama kolaylığının olmaması, ölçümlerde uzun zaman harcanması dezavantajlarıdır. Bu uygulamada ölçüm yöntemleri avantaj ve dezavantajlar dikkate alınarak tercih edilmiştir.

### **3.2 Tasman Analizi**

Tasman analizi, yerüstünde oluşan tasman küvetinin yatay ve düşey yönde etkileri, yer altı galerilerinde konverjans, üretimi yapılan ya da yapılmakta olan panolar için yer altı sularının kontrolü, olası metan ve diğer gazların birikim takibi açısından önemli bir konudur. Tasman hareketlerinin önemli bir etkeni de örtü kalınlığıdır. Panolardaki örtü kalınlıkları; A01 panosu 95 m, A02 panosu 125 m, A10 panosu 135 m ortalama derinliklerinde yer almaktadır.

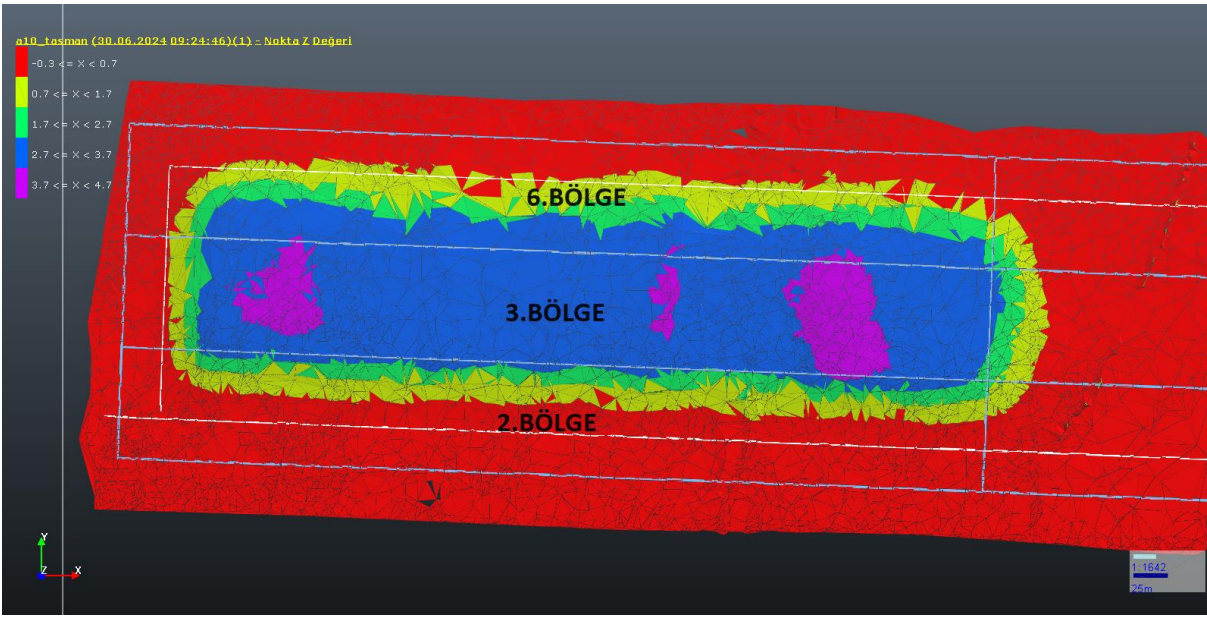
#### **3.2.1 Düşey Hareket Analizi**

Tasman analizi için önemli girdilerden biri düşey hareket takibidir. Düşey hareket, yeraltında yapılan cevher üretimi sonrasında oluşan yeraltı boşluğunu üst tabakaların doldurmak istemesi sonucu yer yüzeyinde oluşan düşey (z) yer değiştirmedir.

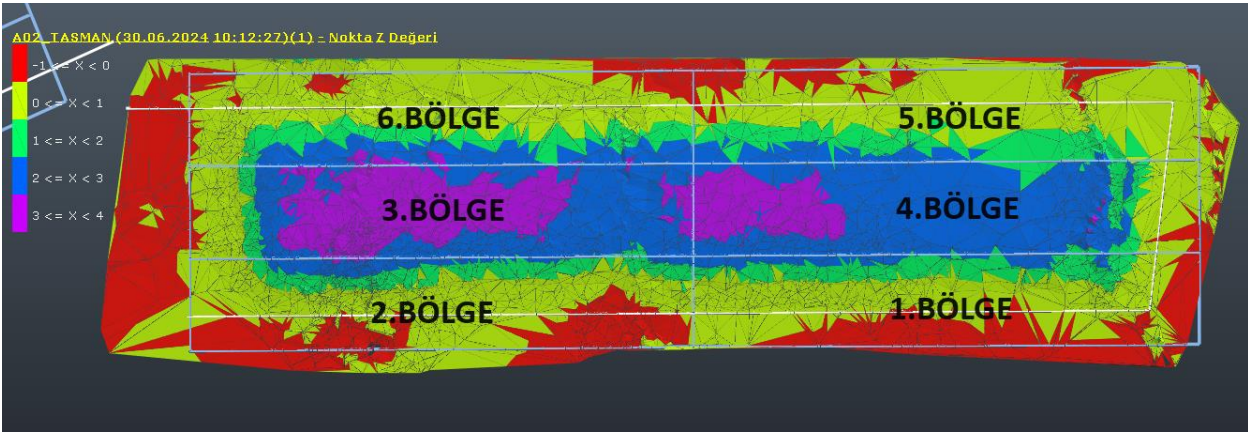
Bu çalışmada yer altı kömür üretimi yapılan panolarda düşey hareket analizi yapılmıştır. Panolar olası tasman sınırı dahil edilerek taban yolu galeriler, kılavuz galerisi ve ayak sonundan 40 metre pano dışına paralel atılarak altı eşit bölgeye ayrılmış ve bu bölgelerde ki düşey değişim gözlemlenmiştir (Şekil 4, 5 ve 6). Burada amaç, pano eğimleri ile tabaka eğimleri, üretim damarı ile yerüstü topoğrafya arasında ki örtü kalınlık değişimi ve bunların tasman hareketi ile ilişkisini görebilmektir.

Panolarda yapılan üretim sonucunda oluşan boşluğun jeolojik yapının hareketi sonucu dolması beklenir. Üretim kesim yüksekliği, panonun derinliği, jeolojik yapı, cevher damar eğimi düşey hareketi doğrudan etkileyen faktörlerdir.

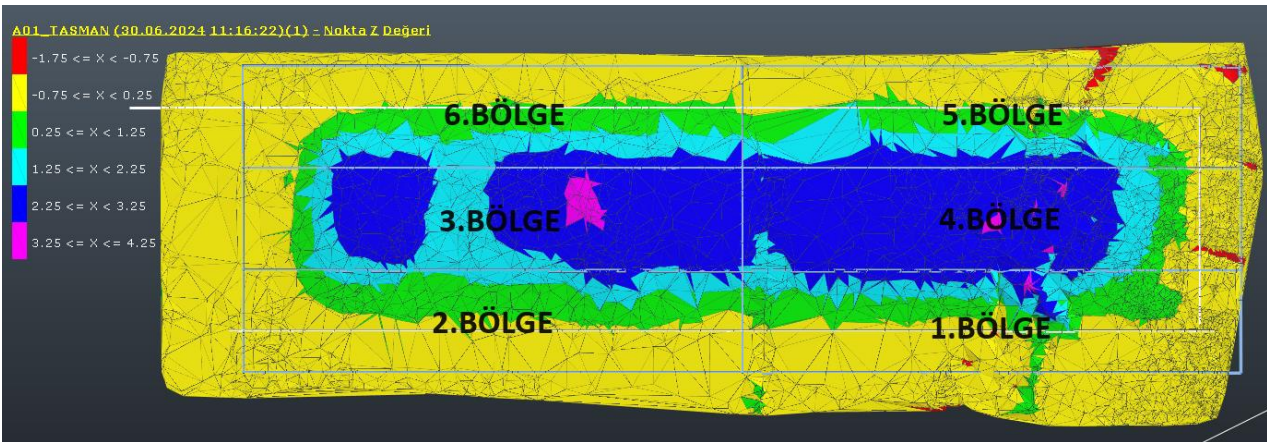
Üretim kesim yüksekliği (cevher damar yüksekliği), düşey hareket ile doğrudan bağlantılıdır. Alınan cevher yüksekliği kadar yeryüzünde de düşey hareket beklenmektedir. Fakat jeolojik katmanların kırılmaması yâda katmanlar arasında boşluk kalmasından dolayı beklenen düşey hareket tüm üretim alanında gerçekleşmez. Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6' da görüldüğü üzere panolar üzerinde tasman küveti oluşur.



Şekil 4. A-10 Panosu düşey hareketi.



Şekil 5. A-02 Panosu düşey hareketi.



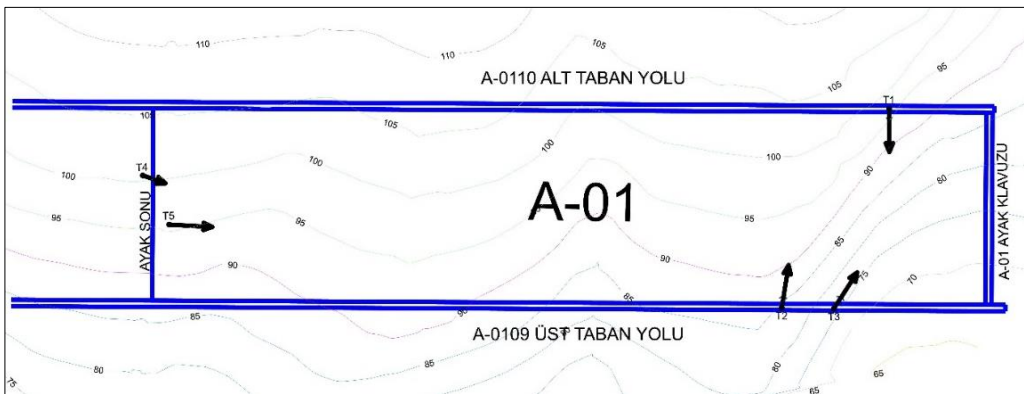
Şekil 6. A-01 Panosu düşey hareketi.

Bu yapıda pano ortasında beklenen düşey hareket gerçekleşirken pano sınırına yakın bölgelerde alt taban yollarında ~25-30 metre, üst taban yollarında ~40-45 m'ye kadar bölgede birebir düşey hareket gerçekleşmemiştir. Bu durum jeolojik katmanların kırılmaması, katmanlar arasında boşluk kalması ve tabaka eğimlerinden dolayı alt taban yollarında daha fazla olmasına neden olmaktadır.

### 3.2.2. Yatay Hareket Analizi

Tasman analizi için önemli girdilerden biri de yatay hareket takibidir. Yatay hareket, yeraltında yapılan cevher üretimi sonrasında oluşan yeraltı boşluğunu üst tabakaların doldurmak istemesi sonucu yer yüzeyinde oluşan yatay (x,y) yer değiştirmedir.

Bu çalışmada yatay hareket takibi jeodezik ölçümlerle yapılmıştır.



Şekil 7. A-01 Panosu yatay hareket ve örtü kalınlığı

A-01 Panosu üzerinde yapılan yatay hareket izleme noktaları Şekil 6'da belirtildiği üzere taban yolları üzeri ve pano üretim dış sınırındadır.

Çizelge 1. A-01 Panosu yatay değişim analizi

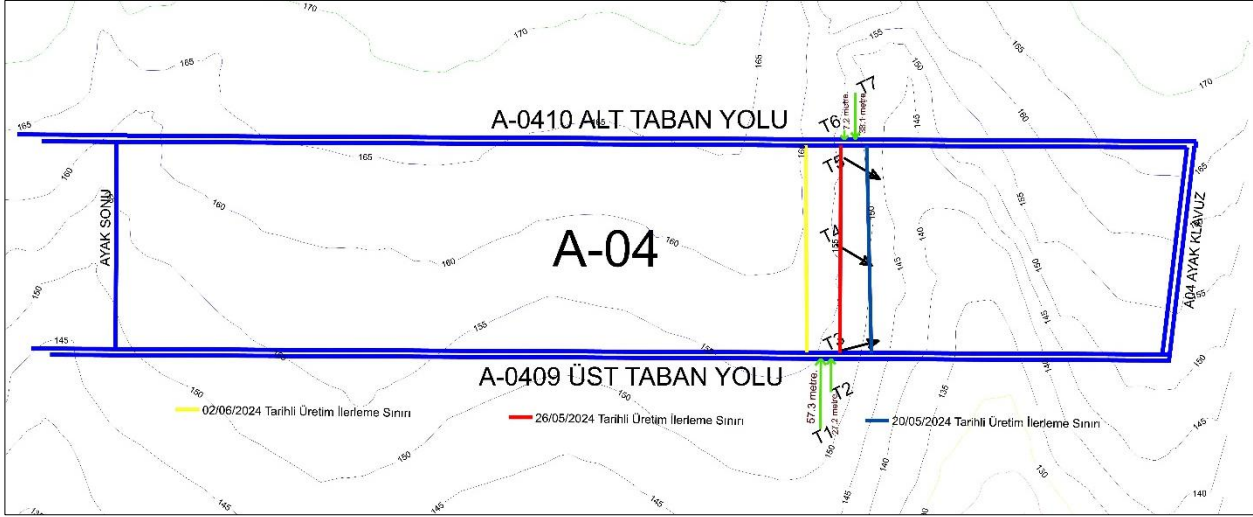
Nokta adı	1.Ölçüm	2.Ölçüm	Yatay hareket(cm)
T1	2021	17/05/2024	58
T2	2021	17/05/2024	22
T3	2021	17/05/2024	10
T4	07/03/2022	18/03/2022	7
T5	07/03/2022	18/05/2022	4

A-01 Panosu üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde gözlem noktalarının yatay hareket değişimi vektör yönüyle Şekil 7'de gösterilmiştir. Yatay hareket pano üzerinde üretimi yapılan alanda oluşan tasman hareketliliği vektörel yönde gerçekleşmiştir. Yatay hareketin vektör büyüklüğü Çizelge 1'de belirtilmiştir.

A-04 Panosu üzerinde yatay hareketi analiz edebilmek için 7 adet ölçüm istasyonu yerüstünde belirlenmiştir. Yeraltı üretim bölgesi sınırları içerisinde ve dışında belirli aralıklarla daha bu alanda üretim yapılmadan yerüstünde hazırlanmıştır. Bu

noktalardan T1 57 m, T7 38 m pano üretim alanı dışındadır. Burada amaç ölçüm istasyonlarında üretim yapılırken ve yapıldıktan sonraki yatay hareketliliği gözlemek ve birim zamandaki yatay hareketliliğin tespitidir.

Gözlem noktalarının üretim sırasında ve üretim sonrası hareketi vektör yönü ile Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. A-04 Panosu yatay hareket ve örtü kalınlığı.

Gözlem noktalarının yatay yer değişimi 1.ölçüm (20/05/2024), 2.ölçüm (26/05/2024) ve 3.ölçüm (02/06/2024) ve 4.ölçüm(25/06/2024) ile zamansal değişimi Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. A-04 Panosu yatay değişim analizi (Ölçüm Hassasiyeti  $\pm 3$ cm’dir.)

Nokta Adı	1-2 Ölçüm Yatay Hareket (cm)	1-3 Ölçüm Yatay Hareket(cm)	1-4 Ölçüm Yatay Hareket(cm)
T1	14	2.2	5.5
T2	2.0	1.3	8.0
T3	2.7	7.5	22.5
T4	7.7	75.1	53.1
T5	5.5	8.8	28.7
T6	2.3	2.7	9.1
T7	2.2	5.8	3.9

A-04 Panosu üzerinde yapılan ölçümler neticesinde yatay hareketlilik üretimin gözlem noktaları üzerinde iken en fazla 7,7 cm iken üretim ilerledikten sonra 75.1 cm seviyelerine gelmiş fakat son ölçümlerle birlikte yatay yer değiştirmenin sonucunda en fazla yatay yer değiştirme 53.1 cm olarak gözlemlenmiştir. Bu durum tasman hareketi ile bir noktanın 75.1 cm yer değiştirme sonrasında üretim ilerlemesine bağlı olarak noktanın eski yerine 22 cm hareket ederek nihai durumda 53.1 cm hareket ettiği görülmüştür.

### 3.2.3. Hacimsel Değişim Analizi

Tasman analizi için diğer önemli konu hacimsel değişimdir. Yeraltında yapılan cevher üretimi sonrasında oluşan yeraltı boşluğunu üst tabakaların doldurmak istemesi sonucu yer yüzeyinde bir miktar yer değiştirme (oturma) olacaktır. Fakat yeraltında üretimi yapılarak boşaltılan alanın hacmi ile yeryüzeyine etki eden hacim aynı olmayacaktır. Bu nedenle yatay ve düşey hareketler sonucu oluşan tasman hacmi ile üretim hacmi karşılaştırılır. Hacimsel farkların belirlenen bölgelerde ki değişim analizi yapılır. Bu analizler sonucunda eski üretim bölgesinde olası su birikim miktarı, olası CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO vb. gaz birikim miktarı, eski üretim alanları yanında yapılacak hazırlık ve üretim çalışmalarında oluşabilecek konverjans gibi bilgiler elde edilir.

A-01 ve A-02 Panolarında üretim sonucunda oluşan boşluk, tasman hareketi sonucu oluşan yeryüzündeki hacimsel değişim ve örtü kalınlığı hacmi bölgelere ayrılarak Çizelge 3 ve Çizelge 4’de verilmiştir. A-10 panosunda arazi de tarımsal faaliyet bu süreçte devam ettiği için sağlıklı ölçü alınamamış, bu nedenle eklenmemiştir.

Çizelge 3. A-01 Panosu hacimsel değişim analizi.

A-01 Panosu	Örtü Hacmi (m <sup>3</sup> )	Üretim Hacmi (m <sup>3</sup> )	Topoğrafya Değişen Hacim (m <sup>3</sup> )	Tasman faktörü
1.Bölge	1,174,960.98	40,167.25	9,521.04	0.24
2.Bölge	1,679,568.71	39,739.18	7,829.45	0.20
3.Bölge	2,983,061.29	82,077.25	63,252.20	0.77
4.Bölge	2,577,498.93	80,363.45	63,395.15	0.79
5.Bölge	3,016,132.97	42,243.44	12,865.66	0.30
6.Bölge	3,207,917.78	42,167.53	16,047.91	0.38

Çizelge 4. A-02 Panosu hacimsel değişim analizi.

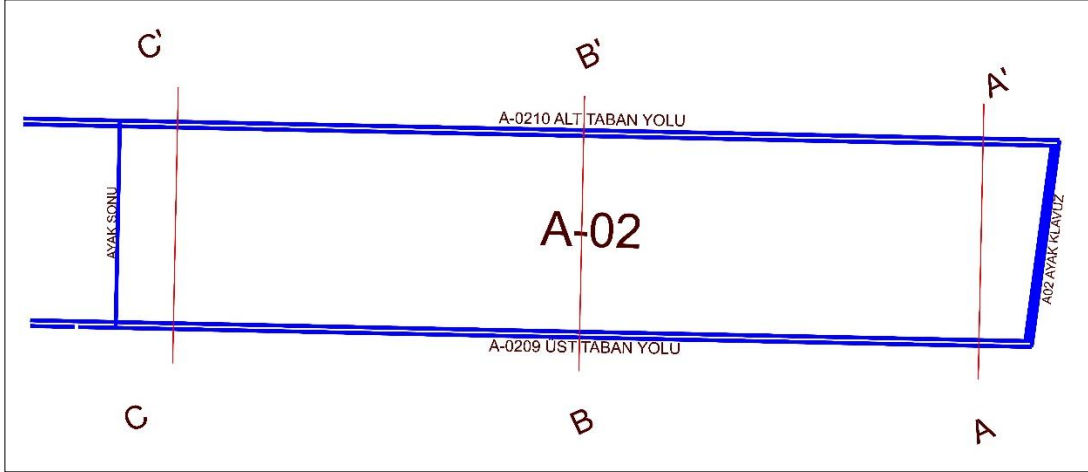
A-02 Panosu	Örtü Hacmi (m <sup>3</sup> )	Üretim Hacmi (m <sup>3</sup> )	Topoğrafya Değişen Hacim (m <sup>3</sup> )	Tasman faktörü
1.Bölge	4,110,781.40	59,213.22	17,684.65	0.30
2.Bölge	4,875,826.98	59,110.41	15,856.68	0.27
3.Bölge	5,157,820.80	110,910.66	97,756.06	0.88
4.Bölge	4,834,588.76	112,299.49	89,848.04	0.80
5.Bölge	4,847,822.36	60,720.06	24,547.07	0.40
6.Bölge	5,381,268.44	59,188.85	30,720.94	0.52

A-01 ve A-02 Panolarında yapılan üretim sonucunda oluşan boşlukta farklı oranlarda tasman oluşmuştur. Bu analiz de üretim ve tasman hacimleri arasında tasman faktörü hesaplanmıştır. Bu faktör üretilen miktarın ne kadarının tasmana neden olduğunu belirtir. Çizelge 3 ve Çizelge 4’de verilen hacimsel değişime göre panoların 3 ve 4. bölgelerinde tasman daha fazla iken, diğer bölgelerde tasmanın daha az meydana geldiği görülmüştür. Tasman faktörüne göre üst taban ve alt taban yollarının olduğu

bölgelerde boşlukların yüksek olduğu, pano ortasında ise boşluk oranının en düşük olduğu alan olarak görülmektedir.

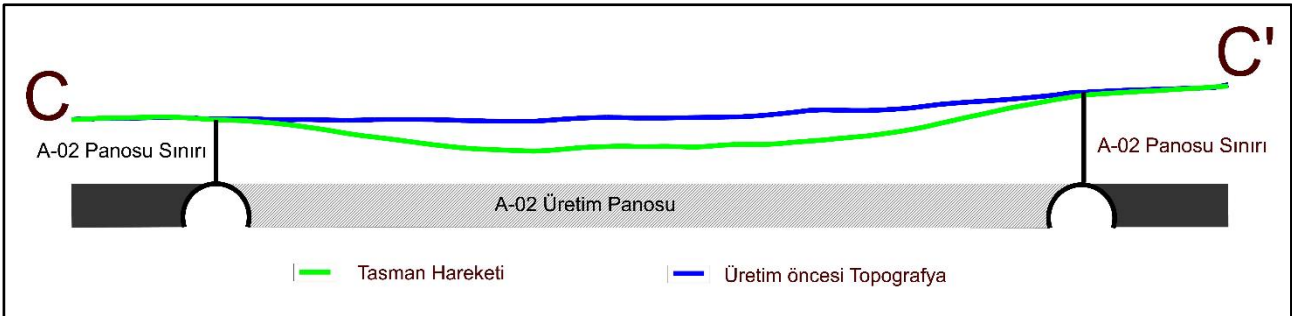
### 3.3. Tasman Sınır Açısı

Panolarda tasman sınır açısını belirlemek için panolar üzerinde kesit alımları yapılmıştır Şekil 9'da A-02 kesit hatlarını gösterir örnek plan bulunmaktadır. Bu şekilde tüm panolarda kesitler alınmıştır.



Şekil 9. A-02 Panosuna ait En Kesit Hatlarını Gösterir Plan.

Tüm panolarda üretim yapılmadan önce ve sonraki enkesit alımları Şekil 10'da ki gibi oluşturulmuş ve Şekil 3'de belirtilen tasman sınır açıları ölçülmüştür.



Şekil 10. A-02 Panosu C-C' Tasman En Kesiti.

A-10 ve A-02 Panosuna ait en kesit alımlarına göre ölçülen tasman sınır açıları Çizelge 5'te belirtilmiştir. A-01 panosu verilmemiştir.

## Çizelge 5. Panolara Ait Tasman Sınır Açılıarı

Kesit Hattı	A-10 Panosu	A-02 Panosu
	Tasman Sınır Açısı	Tasman Sınır Açısı
A	81.3456°	84.1200°
A'	77.5987°	78.0029°
B	80.3026°	82.6520°
B'	75.8940°	82.5150°
C	81.7815°	86.5783°
C'	76.5326°	81.2765°

Tasman sınır açısı, yeryüzündeki bina, arazi durumu, yol, yerleşim yerleri vb. beşeri ve doğal unsurların etkilenmemesi açısından önemlidir. Çizelge 5'te hesaplanan değerlere göre tasman sınırı derinliğe göre değişse de en fazla 25 m gözlemlenmiştir.

## 4. SONUÇ

Gelişen teknoloji ile beraber yeraltı kömür madenciliğinde tam mekanize uzun ayak sisteminin kullanılması hem verimlilik ve hem de işyükünü azaltmasıyla öne çıkmaktadır. Tam mekanize uzun ayak sisteminde yeraltında işletilen panoların üretim sonrasında oluşan boşluklarının jeolojik katmanların hareketi sonucunda yeryüzüne de tesir etmesi kaçınılmazdır. Ayrıca tasman oluşumlarını belirlemek için bulunan bölgenin jeolojik, jeoteknik ve yapısal unsurlarının bilinmesi yorumlama açısından çok önemlidir. Tasman sonrası oluşan durumla ilgili bu çalışmada yapılan analizleri kısaca özetlemek gerekirse:A01 panosu 95 m ile A02 panosu 135 m örtü yüklerine göre yapılan değerlendirmeler aşağıda yer verilmiştir.

- Yatay hareket analizi sonucunda pano üretim alanının ~20 m dışında bir hareket görülmezken pano ortalarına geldikçe hareketin arttığı ve en fazla 75 cm yer değiştirme olduğu görülmüştür. Tasman hareketi belirlenen ilk lokasyondan 75.1 cm güney doğu yönünde yerdeğiştirme sonrasında üretim ilerlemesine bağlı olarak noktanın ilk lokasyon yönünde (yaklaşık batı) 22 cm yerdeğiştirerek diferansiyel hareketin 53.1 cm güney doğu yönünde hareket ettiği görülmüştür.
- Düşey hareket analizi sonucunda tasmanın pano ortasına gelen 3 ve 4. bölgelerde en yüksek tasman miktarları görülürken 3 ve 4.bölgelerin kenarlarına doğru azaldığı (2-4 m)görülmüştür. Pano kenarlarında kalan bölgeler de ise alt taban yolları tarafında daha fazla tasman oluştuğu, tasman sınır açılarının 75-82° arasında olduğu, üst taban yollarında ise tasmanın daha az olduğu ve tasman sınır açılarının 80-86° arasında olduğu görülmüştür.
- Hacimsel değişim analizinde panolarda 1 ve 2. Bölgelerde (Alt taban) tasman hareketinin; 0.24-0.30 tasman faktörü ile jeolojik tabakalarda daha az hareketlilik meydana gelirken, boşluklu bir yapı oluşumu olduğu anlaşılmaktadır. Panonun 3 ve 4 bölgelerinde 0.77-0.88 tasman faktörü sonucunda daha fazla değişim meydana geldiği, boşluk seviyesinin en az olduğu bölge olarak görülmüştür. Panonun 5 ve 6.bölgelerinde (Alt taban) 0.30-0.52

tasman faktörü ile jeolojik tabakaların az hareketlilik ile kısmen boşluklu bir yapı olarak görülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Can E., 2011. Taskömür Havzasındaki Artık ve Aktif Tasman Oluşumlarının Yapılar ve Altyapı Tesisleri Üzerindeki Deformasyon Etkilerinin Belirlenmesi ve Araştırılması, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 5p.
- Kara, H., Kır, N., Şengüler, İ., Toprak, S., Tuncalı, E., 2020. Güney Trakya Bölgesindeki Kömürlerin Petrografik İncelemesi ve Ortamsal Yorumu, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zongulda



# **KÖMÜR OCAĞI PATLATMALARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ**

## **COMPUTER AIDED EVALUATION OF COAL MINE BLASTS**

**Türker Hüdaverdi, Yaşar Ağan\***

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

**ÖZET** Kömür ocağı patlatmaları diğer açık ocak patlatma faaliyetlerinden kendi özgü yapısı nedeniyle farklıdır. Genellikle kömür ocaklarında patlatma delikleri geniştir. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değerleri metal madenlerine ve agrega ocaklarına oranla daha büyüktür. Bu çalışmada bir kömür ocağında gerçekleştirilen patlatma faaliyeti incelenmiş; bilgisayar simülasyonu yoluyla ocak için iki farklı çok sıralı patlatma tasarımı önerilmiştir. Birinci tasarımda atım üç sıralıdır ve delikler şebeş delinmiştir. İkinci atım beş sıralıdır ve delikler kare düzende delinmiştir. Emülsiyon ve ANFO patlayıcılar birlikte kullanılmış, patlayıcı tipindeki değişimin enerji dağılımına etkisi değerlendirilmiştir. Atımlarda özgül şarj 0,371–0,375 kilogram/metreküp mertebesinde gerçekleşmiştir. Özgül delme 0,0204 metre/metreküptür. Zaman konturları yoluyla ateşleme sırasında yığının hareket yönü incelenmiştir. Yığının ortalama parça boyutu 43 santimetre olarak tahmin edilmiştir. Bilgisayar simülasyonu kömür patlatmalarını tüm yönleriyle inceleme imkanı sağlamıştır.

**ABSTRACT** Blasting operations in collieries have some specific parameters in comparison to other open pit blasting operations. Generally, blastholes are larger. Burden and spacing values are larger than open pit and quarry applications. In this study, a sample blasting operation in a colliery was investigated and two different multi-row blast design were proposed. The first pattern has three rows and the blastholes are replaced in a staggered pattern. The second blast has five rows. Square drilling pattern was chosen for blastholes. Emulsion and ANFO explosives were charged together and effect of the explosive type on energy distribution was examined. The calculated specific charge is between 0.371 and 0.375 kilogram/meter cube. The specific drilling is 0.0204 meter/meter cube. The time contours were drawn to examine the movement of muckpile. The estimated mean particle size of muckpile is 43 centimeters. Computer simulations make it possible to evaluate colliery blasts comprehensively.

---

\* [agany@itu.edu.tr](mailto:agany@itu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Patlatma faaliyeti kayaç kazısı için gerçekleştirilen temel açık işletme operasyonudur. Patlatma faaliyetinin verimli gerçekleşmesi için kayaca uygun patlayıcının seçilmesi gerekmektedir. Ardından mühendisler tarafından patlatma tasarım hesaplamaları yapılır. Tasarımın sonra en önemli konu uygun ateşleme düzeninin belirlenmesidir. Delikler ve sıralar arası gecikme belirlenir. Ateşleme düzeni parçalanma verimliliğini etkilemenin yanı sıra, çevresel etkilerin azaltılması açısından da önem arz etmektedir. Patlatma faaliyetinde mühendisler tarafından kontrole edilemeyen parametre kayaç özellikleridir. Kayacın fiziksel özellikleri, yoğunluğu, tabakalanma durumu, çatlak sıklığı, çatlakların yönelimi patlatma sonuçlarını etkileyebilir (Bhandari 1997).

Açık kömür işletmelerindeki patlatma faaliyetleri kendine has özellikler taşır. Bu işletmelerde daha nadiren kömürde patlama yapılsa da özellikle dekapaj için örtü kazısı patlayıcılar ile gerçekleştirilir. Kömür madenciliğinde örtü kazısı için draglayn ve halatlı ekskavatör gibi yüksek kazı kapasitesine sahip ekipmanlar kullanılır. Bu çerçevede genellikle geniş çaplı delikleri ile patlatma yapılmaktadır. Agregatör ocaklarında delik çapı 89-100 mm civarında uygulanır. Metal madenlerinde 110-165 mm çaplı delik dibi tabanca (DTH) deliciler sıklıkla görülür. Kömür madenlerinde ise 200 mm'nin üzerinde delik delen döner delicilere rastlamak mümkündür. Delme işlemlerinde 3 konili matkaplar kullanılabilir (Jimeno ve diğ. 1995.) Dekapaj atımlarında kömür damarına zarar vermemek için tam kömür damarına ulaşana kadar delme yapılmaz. Damara belirli bir mesafe kaldığında delme durdurulur.

Kömür ocaklarında delik çapı geniş olduğu için dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değerleri de geniş tutulur. 5-12 metre arası dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe uygulamalarına sıklıkla rastlanır. Delikler geniş olduğu için yüksek miktarda patlayıcı içerir (ISEE 2011). Bu durum çevresel etkilerin önem kazanmasına neden olur. Delikler yüksek miktarda patlayıcı içerdiği için yüksek miktarda yer sarsıntısı oluşturma ihtimali vardır. Gecikme başına anlık şarj düşük tutulmalı mümkünse aynı anda patlayan delik sayısı azaltılmalıdır.

Geniş çaplı delikler ile büyük tasarım parametreleri uygulanarak gerçekleştirilen kömür ocağı patlamalarında enerji dağılımını ve ateşleme düzenini incelemekte fayda vardır. Bu çalışmada bir kömür ocağı için iki farklı patlatma tasarımı oluşturulmuştur. Her tasarım için ateşleme konturları, anlık şarjın değişimi ve detonasyon sırasında enerji dağılımı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Patlatma tasarımı için parçalanma boyut dağılımı tahmininde bulunulmuştur.

## 2. ARAZİ İNCELEMESİ

Örnek bir kömür ocağı olarak Tunçbilek kömür havzasında BYL panoda incelemelerde bulunulmuştur. Tunçbilek jeolojik serisi Miyosen yaşlıdır. Genel olarak kumtaşı-konglomera (M1), marn (M2), kireçtaşı (M3a), kumtaşı-konglomera (M3b) olmak üzere dört birime ayrılmıştır. Havzada kömür üretimi M2 olarak adlandırılan 400-500 metrelik formasyon içinde 5-20 metrelik linyit tabakasında gerçekleştirilmektedir. M2 birimini oluşturan litojik birimler başta marn olmak üzere, killi marn, siltli marn, silttaşı ve kiltasıdır. Ekonomik linyit oluşumu M2 formasyonunun alt tabakalarında görülmektedir. M2 formasyonun üzerinde kireçtaşı tabakaları mevcuttur (Kündem 2019, Acaroğlu ve diğ. 2020). Ocakta patlatma deliklerini delme işlemi Ingersoll-Rand marka DM50XL900 model paletli deliciler ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). Delik çapı 228,6 milimetredir (9 inch). Ana patlayıcı olarak ANFO ve emülsiyon patlayıcılar kullanılmaktadır. ANFO'nun yoğunluğu  $0,81 \text{ gr/cm}^3$  ve infilak hızı 4830 metre/saniyedir. Özellikle kayaç formasyonunun yumuşak olduğu kömür ocaklarında sıklıkla tercih edilen bir patlayıcıdır. Formasyonun sert olduğu kısımda veya delik içinde su olması durumunda emülsiyon patlayıcılar tercih edilir. Bu patlayıcıların yoğunluğu  $1,15-1,25 \text{ gr/cm}^3$  civarındadır ve suya dayanıklıdır (Hustrulid 1999, Zhang 2016).



Şekil 1. BYL panoda patlatma delikleri ve Ingersoll-Rand delici.

Aşağıda Çizelge 1’de kullanılan patlayıcıların genel özellikleri sunulmuştur Ateşleme elektriksiz Nonel kapsüller ile gerçekleştirilmektedir. Nonel kapsüller, elektrikli kapsüllere göre statik elektrikten etkilenmedikleri için daha güvenlidir (Zou 2017). Genellikle delik içine uzun gecikmeli (400-500 milisaniye) kapsüller yerleştirilir. Delikler arası gecikme yüzey gecikme kapsülleri ile sağlanır. Yüzey kapsülleri için Tunçbilek ocağında sıklıkla 17, 25, 42, 67 ve 109 milisaniye (ms) gecikmeli kapsüller kullanılmaktadır.

### Çizelge 1. Kullanılan patlayıcıların teknik özellikleri.

	ANFO	Emülsiyon
İnfilak Hızı	4803 m/sn	4500 – 4900 m/sn
Enerji	3840 kJ/kg	3956 kJ/kg
Patlama Isısı	3079 K	2950 K
Gaz Hacmi	973 lt/kg	1022 lt/kg
Yoğunluk	0,81 gr/cm <sup>3</sup>	1,15 – 1,25 gr/cm <sup>3</sup>
Suya Dayanıklılık	Yok	Mükemmel

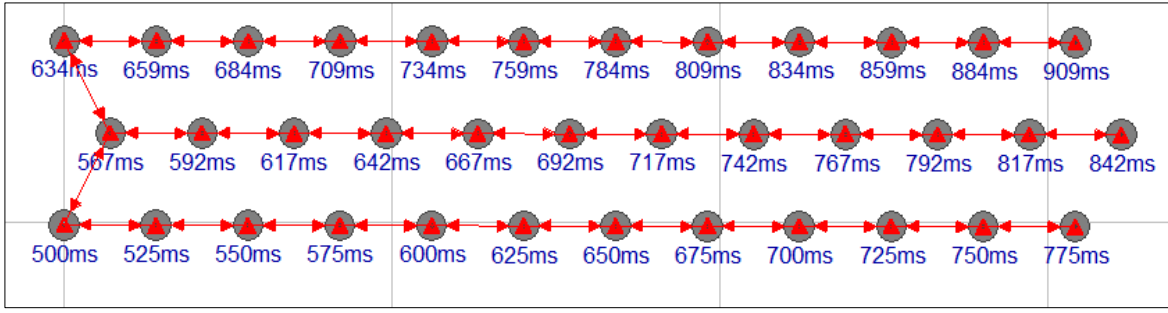
Çizelge 2’de ocakta uygulanan patlatma tasarım parametreleri sunulmuştur. Ocakta geniş delikler ile patlatma yapıldığı için dilim kalınlıkları 7 metre civarı gözlenmiştir. Kimi zaman bu değer üzerinde dilim kalınlığı uygulandığı da görülmektedir. Sıkılama mesafesi yaklaşık dilim kalınlığı kadar uygulanmaktadır. Delikler kimi zaman kare düzende kimi zaman ise şaşbeş düzende delinmektedir.

### Çizelge 2. Ocakta gözlenen patlatma tasarım parametreleri.

Delik Çapı (D)	228,6 mm
Delik Boyu (L)	15 m
Dilim kalınlığı (B)	7 m
Delikler arası mesafe (S)	7 m
Sıkılama (T)	7 m
Şarj yüksekliği (hc)	8 m
Özgül delme (q)	0.0204 m/m <sup>3</sup>
Şarj miktarı (W)	262,67 kg (ANFO)
Delik eğimi	90 <sup>0</sup>

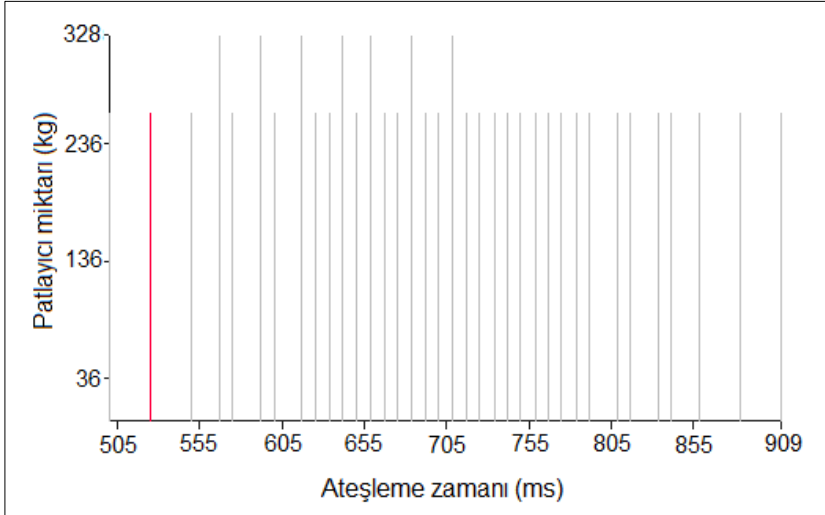
## 3. KÖMÜR OCAĞI İÇİN ÖNERİLEN I NO’LU PATLATMA PATERNİ

Şekil 2’de ocakta fiili uygulanan tasarım parametreleri esas alınarak bir patlatma paterni oluşturulmuştur. Delikler üç sıra şaşbeş olarak delinmiştir ve her sırada 12 delik mevcuttur. Delik içi gecikme 500 milisaniyedir. Delikler arası 25 ms, sıralar arası 42 ms yüzey gecikme kapsülleri kullanılmıştır. Deliklere 8 metre ANFO şarj edilmiştir. Toplam 8537 kg ANFO ve 1379 kg emülsiyon patlayıcı kullanılmıştır. İkinci sıranın soldan ilk dört deliğine ve üçüncü sıranın soldan 2. 3. ve 4. deliklerine tabandan itibaren ilk dört metre emülsiyon şarj edilmiştir. Bu dip şarjın üstüne dört metre kolon şarjı olarak ANFO koyulmuştur. Yalnızca ANFO şarj edilen deliklerde patlayıcı miktarı 263 kilogramdır. Emülsiyon ve ANFO doldurulan 7 delikte patlayıcı ağırlığı 328 kg’dır. Tüm deliklerin ateşlenmesi 909 milisaniyede tamamlanmıştır (Şekil 2).



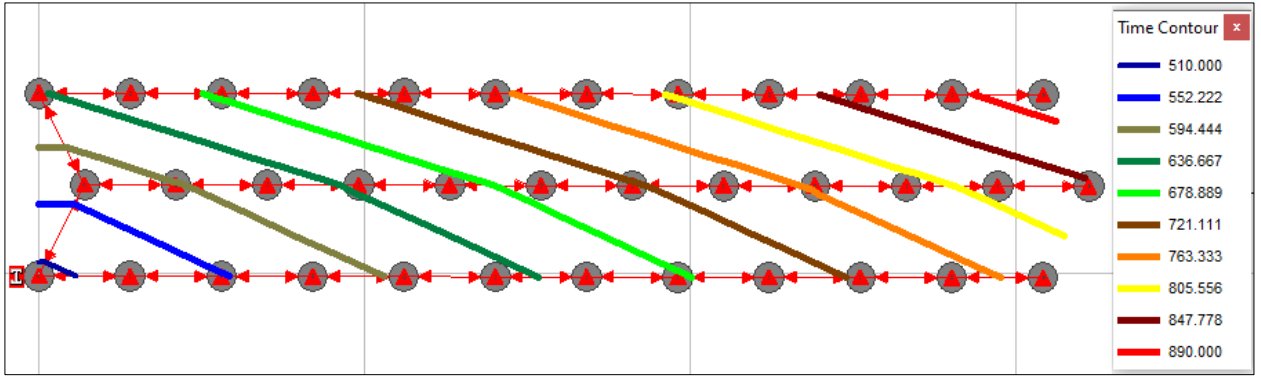
Şekil 2. I No'lu tasarım için deliklerin konumu ve ateşleme düzeni.

Aşağıda Şekil 3'de anlık şarjın değişim grafiği sunulmuştur. Yatay eksen ateşleme zamanını, dikey eksen ise patlayan şarj miktarını göstermektedir (JKSimBlast 2006). Bu atımda aynı anda patlayan delik sayısı 1'dir. En yüksek şarj 567. milisaniyede emülsiyon ve ANFO içeren deliklerin patlatılmasıyla oluşmuştur ve 328 kilogramdır. Yoğun ateşlemenin 617–792 milisaniyeler arasında gerçekleştiği söylenebilir.



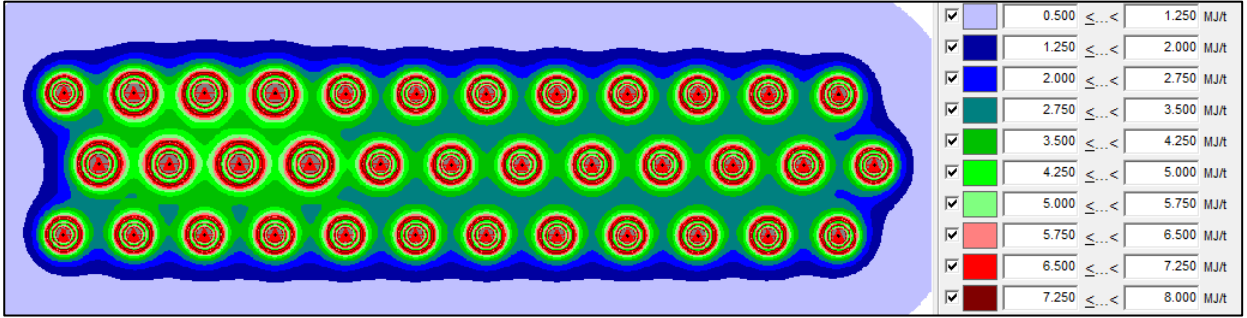
Şekil 3. Patlatma süresince anlık şarjın değişimi.

Şekli 4'de ateşleme zaman konturları sunulmuştur. Zaman konturları ateşlemenin nasıl ilerlediğini net olarak göstermektedir. Ateşleme ilk sırada en soldaki delikten başlamış, son sırada bulunan en sağdaki deliğe doğru ilerlemiştir. Zaman konturları yığının ne yöne doğru hareket edeceği konusunda da ipucu vermektedir. Bu atımda yığın hafif sola doğru yayılmaktadır. Özellikle iki serbest yüzeyin olması durumunda maksimum verim elde edilir (Dyno Nobel 2006).



Şekil 4. I No'lu tasarım için ateşleme zaman konturları.

Şekil 5'de patlatma sırasında yaklaşık enerji dağılımı görülmektedir. Enerji dağılımının birimi Megajoule/ton şeklinde ifade edilmektedir. Görüldüğü üzere özellikle patlatma deliklerinin etrafında enerji yoğunluğu söz konusudur. Delik merkezinden uzaklaştıkça patlayıcı enerjisi düşmektedir. Atımın sol tarafında emülsiyon patlayıcı kullanılan deliklerin çevresinde 3.5–4.25 MJ/t'lık enerji oluşumu gözlenmektedir.



Şekil 5. I No'lu tasarım için enerji dağılımı.

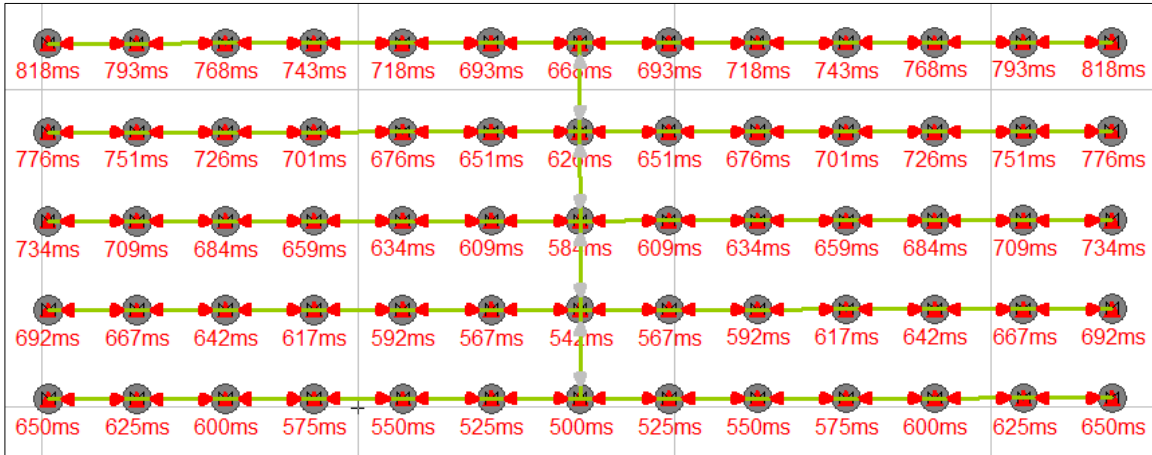
Çizelge 3'de planlanan atım sonucu oluşan patlatma tasarım büyüklükleri verilmiştir. Atım sırasında 36 adet delik içi kapsül kullanılmıştır. Toplam kullanılan patlayıcı 10 tona yakındır.

Çizelge 3. Planlanan I No'lu atım için verimlilik parametreleri.

Toplam Kırılan Hacim	26460 m <sup>3</sup>
Toplam Delme	540 m
Toplam Patlayıcı	9916 kg
Toplam şarj uzunluğu	288 m
Özgül şarj	0,375 kg/m <sup>3</sup>
Özgül delme	0,0204 m/m <sup>3</sup>

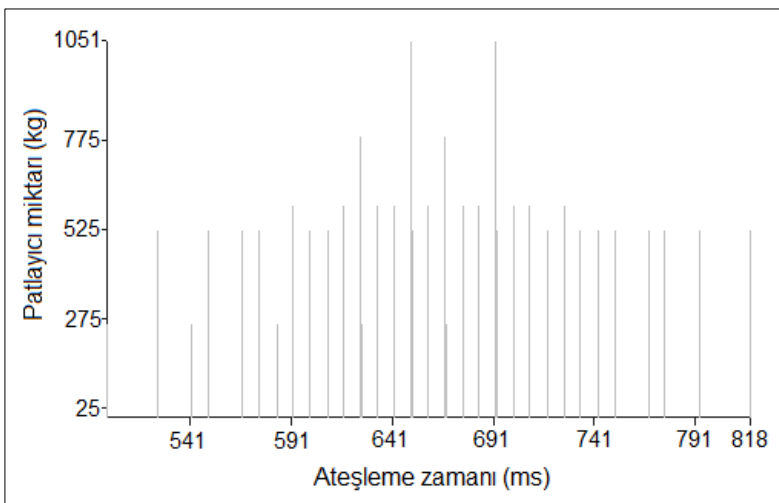
#### 4. KÖMÜR OCAĞI İÇİN ÖNERİLEN II NO'LU PATLATMA PATERNİ

İkinci önerilen patlatma paterni 5 sıralıdır ve her sırada 13 delik mevcuttur (Şekil 6). Toplam kırılan hacim 47775 metreküptür. Delikler kare düzende delinmiştir. Delik içi kapsüller 500 milisaniyedir. Delikler arası gecikmeyi sağlamak için 25 ms, sıraları arası gecikme için 42 ms Nonel kapsüller kullanılmıştır. İlkinde göre daha büyük olan bu atımda ateşleme ilk sıranın ortasından başlatılmıştır. Yüzey ateşlemesi 318 milisaniyede, tüm deliklerin ateşlenmesi ise 818 milisaniyede tamamlanmaktadır.



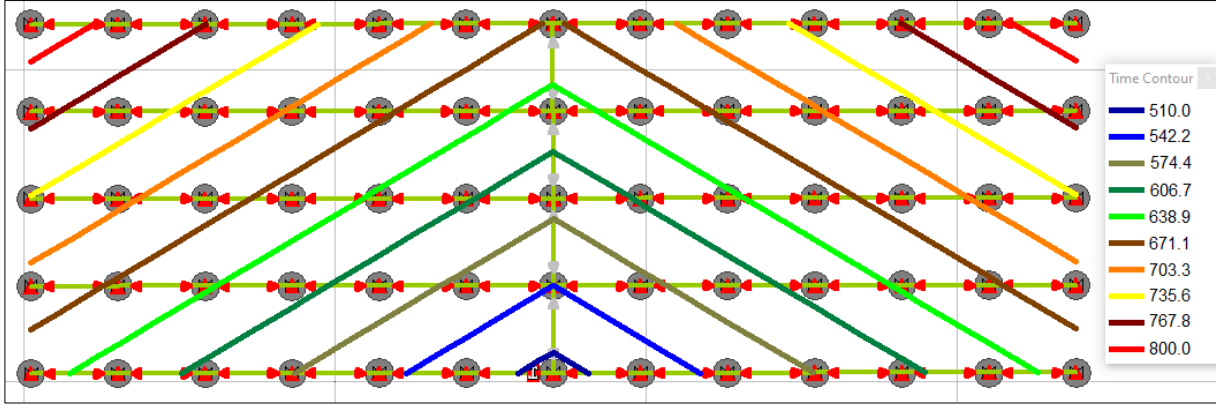
Şekil 6. II No'lu tasarım için deliklerin konumu ve ateşleme düzeni.

Anlık şarjın değişimi grafiği aşağıda Şekil 7'de sunulmuştur. Atım ortadan açıldığı için maksimum patlayan delik sayısı 4'e çıkmıştır. En yüksek anlık şarj 650.-651. milisaniyede patlayan 4 deliktir. Bu durum 1051 kg patlayıcının anlık olarak ateşlenmesine neden olmuştur. 692. ve 693. milisaniyede tekrar 4 delik patlamaktadır. 625. ve 667. milisaniyede iki kez 3 delik aynı anda patlamaktadır.



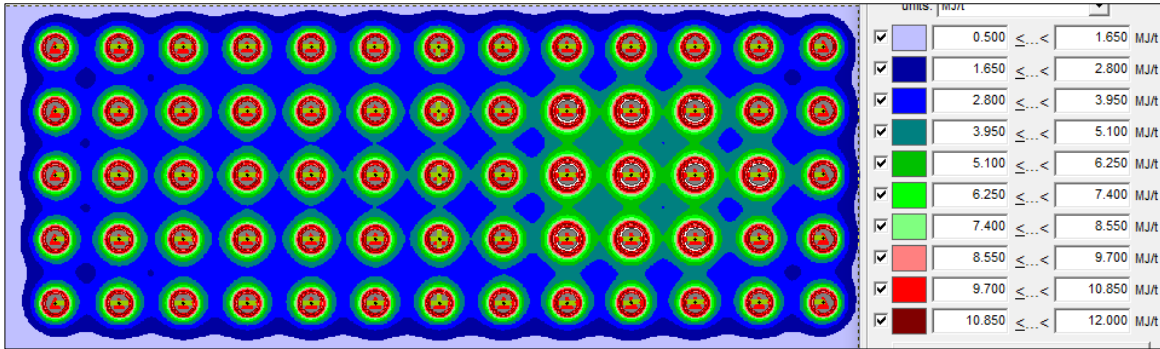
Şekil 7. II No'lu tasarım için anlık şarjın değişim grafiği.

Şekil 8’de tasarlanan atım için ateşleme konturları sunulmaktadır. Ortadan başlayan ateşleme nedeniyle yığın atım bölgesinin ortasına doğru yığılmaktadır. Bu tür patlatma tasarımında kimi araştırmacılar patlayan deliklerin ortaya çıkardığı malzemenin birbirleriyle çarpışacağını ve parça boyut dağılımının daha ince olacağını öngörmektedir. Bu ateşleme düzeni daha çok tek serbest yüzeyin olduğu durumlarda uygulanmaktadır.



Şekil 8. II No’lu tasarım için ateşleme zaman konturları.

Şekil 9 planlanan ikinci atım için patlayıcı enerji dağılımını göstermektedir. 2., 3. ve 4. sıralardaki 9-11 No’lu 9 deliğe önce 4 metre emülsiyon patlayıcı konmuş; ardından 4 metre ANFO şarj edilmiştir. Emülsiyon patlayıcının enerji dağılımı üzerindeki etkisi açık olarak görülmektedir. Atımın solunda delikler arası enerji 2,8–3,9 MJ/ton seviyesinde iken, atımın sağ tarafında 3,95–5,1 MJ/ton’luk bir enerji açığa çıktığı görülmektedir.



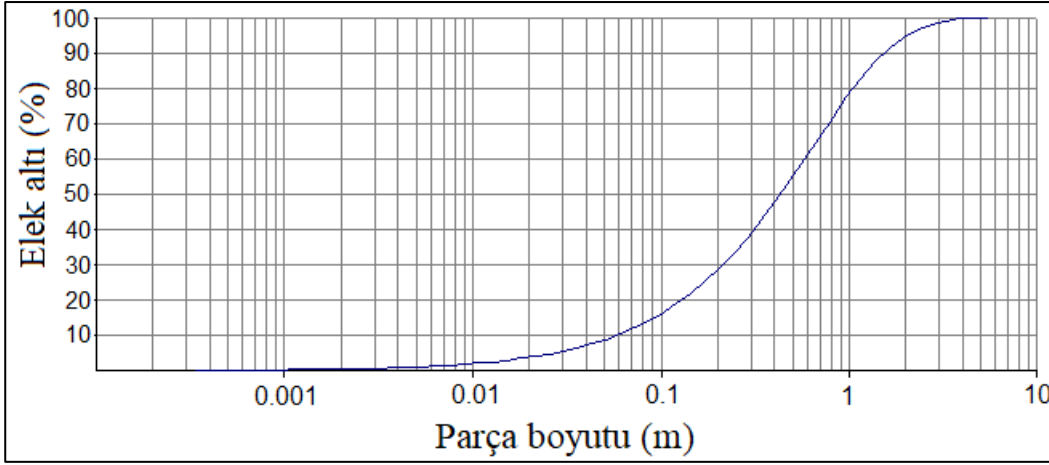
Şekil 9. II No’lu tasarım için enerji dağılımı.

Bu atımda da özgül şarj 0.371 kg/m<sup>3</sup> mertebesinde gerçekleşmiştir. Toplam 975 metre delme yapılmış, 520 metre patlayıcı şarjı gerçekleştirilmiştir. Kırılan hacim 47775 metreküptür. Toplam 17731 kg patlayıcı kullanılmıştır.

Şekil 10’da KuzRam metoduna göre oluşturulmuş yığın tahmini parça boyut dağılım eğrisi sunulmuştur (Cunningham, 1978, 2005). Ortalama parça boyutu 43



santimetredir. Malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı 1,05 metredir. 10 santimetrenin altındaki malzeme miktarı %16'dır. İki cm'nin altındaki çok ince malzeme miktarı %3,75 mertebesindedir.



Şekil 10. II No'lu tasarım için parça boyut dağılım eğrisi.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kömür ocaklarında gerçekleştirilen patlatmalar yapısı gereği kendine özgü nitelikler içermektedir. Atımların bilgisayar yoluyla simülasyonu önemli bir verimlilik artışı sağlayacaktır. Bu çalışmada incelenen kömür ocağı için iki farklı patlatma tasarımı önerilmiştir. Önerilen patlatma tasarımlarında özgül şarj  $0,371 \text{ kg/m}^3$ , özgül delme ise  $0,0204 \text{ m/m}^3$  mertebesindedir. Ateşleme düzeninin detonasyon sırasında yığın hareketi üzerindeki etkisi simülasyon yazılımı yoluyla incelenmiştir. Serbest yüzeyin varlığı ateşleme tasarımının seçimi konusunda önemli rol oynayabilir. İki serbest yüzey olduğu bir durumda serbest yüzey avantajını kullanmak için ateşleme köşe noktadan başlayabilir.

Ateşleme tasarımı anlık şarjın değişimi üzerinde etkilidir. İlk patlatma tasarımında anlık şarj tek delik (328 kg) iken, ikinci tasarımda 4 deliğe (1081 kg) çıkmıştır. Yakınlarda yerleşim yerleri var ise anlık patlayan şarj miktarı düşürülebilir. Bu bildiride ele alınan örneklerde arazi uygulamalarına paralel olarak suyun mevcut olduğu deliklere 4 metre taban şarjı olarak emülsiyon patlayıcı yerleştirilmiştir. Patlatma simülasyonu bu durumlarda enerji dağılımının nasıl gerçekleştiğini net olarak ortaya koymuştur. Emülsiyon patlayıcının kullanıldığı deliklerin çevresinde enerji daha yüksektir.

Tasarlanan atımlar için yığının boyut dağılımı tahmin edilmiştir. Yığının ortalama parça boyutu 43 cm'dir. Yığında bulunan 10 cm'den küçük parça miktarı %16'dır. Patlatma öncesi parça boyut dağılımı öngörülebilirse, patlatma tasarım büyüklükleri değiştirilerek istenen parça boyut dağılımı elde edilebilir. Bilgisayar simülasyonu

ateşleme düzeni, yığın hareketi, enerji dağılımı ve parçalanma boyutu olmak üzere patlatma operasyonuna bütüncül olarak bakma imkânı sağlamaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- Acaroğlu, Ö., Ünlü, S., Hasipek. B. 2020. Üç konili Rotari Matkapların Seçiminde Dikkat Edilecek Önemli Parametreler, Madencilik Dergisi, 59, 4, s. 275-285.
- Bhandari, S. 1997. Engineering Rock Blasting Operations, A.A. Balkema, Rotterdam, 195 p.
- Cunningham, C. V. B., 1987. Fragmentation Estimations and KuzRam Model – Four Years On. In: Proceedings of 2nd Int. Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Keystone, Colorado, 475-487.
- Cunningham, C. V. B., 2005. The Kuz-Ram Fragmentation Model – 20 Years On. In: Proceedings of The EFEE 5th World Conference on Explosives and Blasting, European Federation of Explosives Engineers, Brighton, 201-210.
- Dyno Nobel 2006, Shot pattern guide, Dyno Nobel Inc Salt Lake City, Utah, USA
- Hustrulid, W. 1999. Blasting Principles for Open Pit Mining–Vol. 1: General Design Concepts, A. A. Balkema, Rotterdam, 382 p.
- ISEE, 2011. ISEE Blaster’s Handbook, 18<sup>th</sup> Edition, International Society of Explosive Engineers, Cleveland, 1030 p.
- Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. and Carcedo, F. J. A., 1995. Drilling and Blasting of Rocks, A. A. Balkema, Brookfield Publication, Rotterdam, 391p.
- JKSimBlast 2006. JKSimBlast User Manual, Soft-Blast Pty Ltd, Queensland, Australia, 250 p.
- Kündem, C. 2019. GLİ Tunçbilek Açık Ocak İşletmelerinde Farklı Nozul Boyutu Ve Matkap Tiplerinin Sondaj Makinaları Verimliliğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 99 s.
- Zhang, Z. 2016. Rock Fracture and Blasting: Theory and Applications, Butterworth-Heinemann, Oxford, 528 p.
- Zou, D. 2017. Theory and Technology of Rock Excavation for Civil Engineering, Springer, Singapore, 699 p.

# **ZONGULDAK KÖMÜR HAVZASININ JEOLJİK YAPISINI DOĞRU ANLAMAK İÇİN NELER YAPILMALI?**

## ***WHAT SHOULD BE DONE TO CORRECTLY UNDERSTAND THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF ZONGULDAK COAL BASIN?***

***Ali Baltas\****

*Jeoloji Yüksek Mühendisi*

**ÖZET** Giderek daha derin kotlara inmekte olan kömür madenlerinde, güvenlik önlemlerini en yüksek seviyede uygulamanın yanı sıra, doğru planlama ve işletmecilik yaparak maliyet artışını en aza indirmek amaçlanır. Bu nedenle özellikle yeraltı madenlerinde; jeolojik yapının doğru anlaşılması, tehlike oluşturacak yerlerin belirlenmesi ve verimli işletmeciliğin gerçekleştirilmesi için doğru bilgilere ulaşmak bir zorunluluktur.

Bu çalışmada paralik havzalarda kömürleşme süreçleri hakkında özet bilgiler verilmiş ve aynı özelliklere sahip karmaşık yapıdaki Zonguldak Taşkömürü Havzasında gelişen sedimantolojik ve tektonik süreçler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerden hareketle, havzanın jeolojik yapısının daha doğru anlaşılması için öneriler sunulmuştur. Bu yazının bir amacı da, jeoloji mühendislerinin yeraltı kömür madenlerindeki görev ve sorumluluklarını tartışmaya açmak ve çalışmalarda daha aktif görev almaları konusunda görüş ve öneri oluşmasına katkı sunmaktır.

**ABSTRACT** *In coal mines, which descend to deeper and deeper elevations, the aim is to minimize the increase in costs by implementing correct planning and management, as well as applying safety measures at the highest level. For this reason, especially in underground mines; It is a necessity to obtain accurate information in order to understand the geological structure correctly, to determine the places that may pose a danger and to realize efficient operation.*

*In this study, brief information about the coalification processes in paralic basins is given and the sedimentological and tectonic processes developing in the Zonguldak Hard Coal Basin, which has a complex structure with the same characteristics, are evaluated. Based on the evaluations made, suggestions are presented for a more accurate understanding of the geological structure of the basin. Another purpose of this article is to discuss the duties and responsibilities of geological engineers in underground coal mines and to contribute to the formation of opinions and suggestions about taking a more active role in the studies.*

\* [alibaltas@gmail.com](mailto:alibaltas@gmail.com)

## 1. JEOLJİK YAPININ MADENCİLİK ÇALIŞMALARINA ETKİLERİ

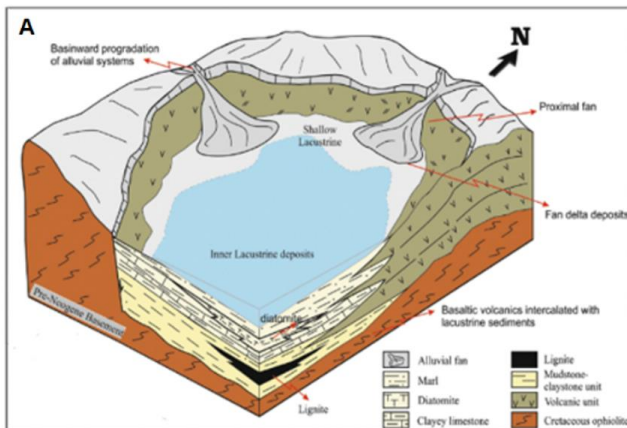
Çok derin kotlarda çalışılmayan ve yapısı karmaşık olmayan yeraltı kömür işletmelerinde yüzeyden yapılan çalışmalarla; damarların yerleri, konumları, kalınlıkları, rezervleri, yan kayaçların litolojik özellikleri, kıvrımlar ve faylar gibi jeolojik düzensizlikler, litolojik birimler arasındaki stratigrafik ilişkiler vb. bir dereceye kadar anlaşılabilir. Buna karşın yapısı karmaşık yeraltı işletmelerinde, jeolojik özellikler ve tehlike oluşturabilecek yerlerle ilgili ayrıntılı bilgilere ancak bu konuda eğitim almış teknik elemanlar tarafından ocaklarda yapılacak çalışmalarla ulaşılabilir. Madencilik tarihi araştırıldığında, yaralanma ve ölümlerin önemli bir kısmının jeolojik yapı ve koşullardan kaynaklandığı görülür. Bununla birlikte karmaşık yapıdaki yeraltı madenlerinde, jeolojik özelliklerin doğru bir şekilde ortaya konması organizasyon gerektiren ve süreç alan zahmetli bir işlemdir.

## 2. KÖMÜRLERİN ÇÖKELDİĞİ ORTAMLAR

Tektonik süreçlerin yanı sıra, havzada gerçekleşen çökme süreçlerinin bilinmesi ve elde edilen bilgilerin madencilik çalışmalarında değerlendirilmesiyle, jeolojik yapılardan kaynaklanan sorunları çözme konusunda önemli bilgiler elde edilebilir. Jeolojik yapısı karmaşık olan kömür havzalarda, işletmecilik sırasında karşılaşılan güçlükler, düzensiz sedimantolojik ve tektonik yapılardan kaynaklanır. Kayıtları izlenebildikleri için tektonik özelliklerin madencilik çalışmalarına etkileri daha kolay anlaşılabilirken, çökme süreçleri yeterince bilinmeyen paralik kömür havzalarındaki karmaşık yapılar, madencilik çalışmalarının başarısını olumsuz etkilerler. Konunun daha iyi anlaşılması için limnik ve paralik havzaladaki çökme süreçlerinin hatırlanması yararlı olacaktır.

### 2.1. Limnik Havzalar

Kömürlerin oluştuğu limnik havzalar, ana kara içinde gelişen ve etrafı topoğrafik engellerle sınırlandırılmış çöküntü alanlardır (Şekil 1). Bu tür havzalar çok geniş alanlara yayılmadıkları için çökelen kayaçların kalınlıkları ile litolojik özelliklerinde yanal-düşey doğrultuda belirgin değişiklikler gözlenmez.

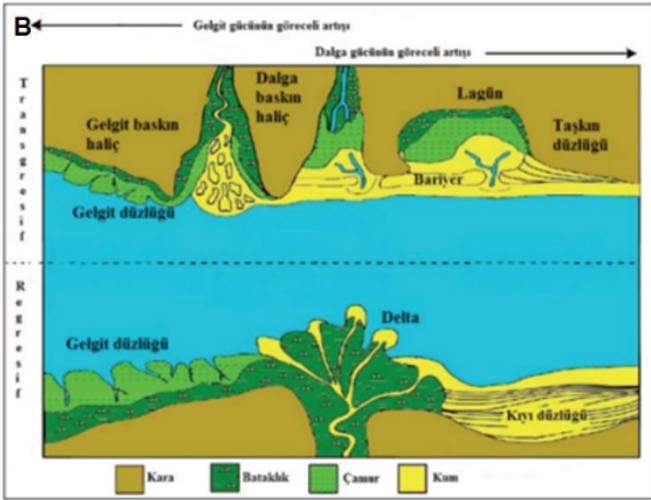


Şekil 1. Limnik Havza (Şentürk vd., 2019).

Ülkemizde ana kara içinde gelişen linyit sahaları çoğunlukla limnik karakterlidir. Söz konusu havzalarda az sayıda ve genellikle kalın kömür damarları ile yan kayaçlar çökelmiştir. Eğer yoğun tektonizma da geçirmemişlerse limnik havzalardaki jeolojik yapıların anlaşılması ve sorunları en aza indirerek madencilik çalışmalarının gerçekleştirilmesi paralik havzalara göre daha kolaydır.

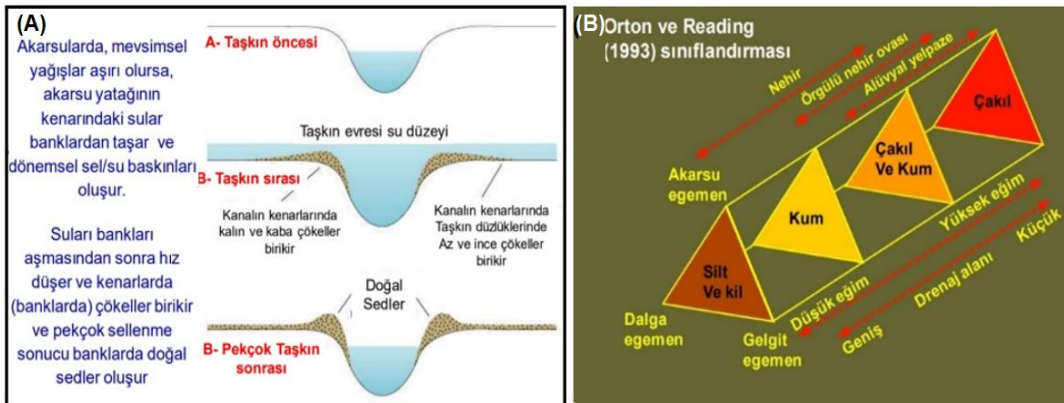
## 2.2. Paralik Havzalar Ve Çökme Süreçleri

Paralik havzalar, akarsuların deniz veya çok büyük göllere döküldükleri deltalar, lagünler ve deltaların taşınan çökellerle su ortamına doğru ilerlemesiyle geride oluşan ova (taşkın ovası) ortamlarıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Paralik (Transgresif ve Regresif) Havza (<http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=70>)

Geniş alanlar kapsayan paralik havzalarda, akarsuların taşıdığı kırıntılı malzemeler arasında kalan turbalar, süreç içinde gömülerek kömür damarlarına dönüşürler. Söz konusu havzalarda, kömürlerin yanı sıra akarsuların taşıma güçleriyle orantılı olarak konglomera, kaba-orta-ince kumtaşı ve şeyller (çok ince kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, miltaşı, çamurtaşı vb.) birikir (Şekil 3 A, B).



Şekil 3. Paralik havzalarda (A) akarsu kanalının taşkın öncesi, taşkın sırası ve taşkın sonrası enine kesitleri, (B) Deltalarda (delta önü, delta ovası ve örgülü akarsu ovası) çökelen kırıntılı kayaçlar (Ersoy, 2017).

Geçmişte, ortamdaki kayaçlar araştırılarak ve birimler yaşlıdan gence doğru sıralanarak, yani stratigrafik kolon çıkarılarak paralik havzalar tanımlanırken; günümüzde çökeltme süreçlerinin dinamik koşullarını anlamaya dönük çalışmalar önem kazanmıştır (Holz ve diğ, 2002). Katmanların daha alt bölümlere ayrılabilirdiği bu çalışmalarla kayaçların çökeltme süreçleri daha ayrıntılı olarak incelenebilmektedir.

Geniş alanlar kapladıkları için aynı anda birbirlerinden farklı akış rejimine sahip akarsuların görülebildiği paralik havzalarda aşınma, taşınma ve birikme süreçleri aynı anda yaşanır (Şekil 4). Akarsu etkinliğinin olmadığı bölgelerde ise kömür damarlarına dönüşecek olan bitkiler gelişir. Sonuç olarak, limnik havzalara göre çok daha karmaşık süreçlerin yaşandığı paralik havzalarda aynı istifin içinde, farklı akış rejimine sahip akarsuların taşıdığı malzemeler farklı kalınlıklarda ve karmaşık yapıda birikir.



Şekil 4. Paralik havzaların oluştuğu delta (<https://www.ova.gen.tr/delta-ovasi.html>) ile taşkın ovası ortamlarında gelişen örgülü (Press & Siever 1998) ve menderesli (<http://www.cografyasozlugu.com/index/index/M/733>) akarsular

### **2.2.1. Paralik Havzalarda Sekans (Tekrarlanan dizilim) Stratigrafisi**

Paralik havzalarda kömür damarlarını barındıran litolojik birimler, akarsuların ilerleyen ve gerileyen (taşkınlar ve taşan suların yataklarına geri çekilmesi) döngüleri sonucunda çökeltirler (Horne ve diğ, 1978). Bu nedenle döngü süreçleri analiz edilerek; kayacı oluşturan litolojik birimlerin konumları ve kalınlıkları, istif içindeki aşınım yüzeyleri, taşkın ovasına askıda taşınan ve biriken çökeller, taşkın ovasında kömürü oluşturan bitkilerin geliştiği alanlar ve turbaların birikim süreçleri anlaşılabilir.

- Kömür damarı istif içinde neden belirli kayaç diziliminden sonra ortaya çıkmaktadır?
- Bazı kömür damarları neden birbirine yakın veya uzakta çökeltmektedir?
- Damarının yanal ve düşey doğrultuda kalınlıklarında, stamplarında ve kömürleşme özelliklerindeki farklılığın nedeni nedir?
- Kömür damarlarının taban kayaçlarını sadece şeyller oluştururken, farklı litolojik özelliklerde olabilen tavan kayaçları neden yanal ve düşey doğrultuda değişime uğramaktadır?

Yukarıdaki sorular ve benzerleri, ancak sekans stratigrafisi değerlendirilerek ve çökelme sistemini kontrol eden faktörler yorumlanarak yanıtlanabilir. Bu nedenle paralik kömür havzalarında çalışan jeoloji mühendisleri, sadece tektonik etkileri anlamakla yetinmeyip, başlangıcından kömürün oluşumuna kadar geçen bütün süreçleri de öğrenmelidir. Ancak bu durumda çalışmalara istenilen katkıyı koyabilirler.

### **2.2.2. Paralik Havzalardaki Kömürlerin Çökelme Süreçleri**

Paralik havzalarda yapılan çalışmalar, kömürün oluşumuna kadar geçen süreçleri denetleyen ana etkenin, biriken turba miktarı ile kömürleşme oranı olduğunu göstermiştir (Bohacs ve Suter (1997)). Buna göre kömüre dönüşecek olan turbaların biriktiği ortam; damar kalınlığını, geometrik özelliklerini ve kapladığı alanın boyutlarını belirleyen en önemli etkidir. Eğer, çökelişin gerçekleştiği alanının boyutları biriken tortul miktardan küçükse, birikim havza dışına taşarken; biriken tortul miktarı çökeliş alanını dolduramazsa, birikim sedimantasyon ortamında gerçekleşir ve kayaca dönüşüm başlar.

Karaların akarsular tarafından taşınan malzemelerle denize doğru ilerlediği ortamlarda gelişen bitkiler, akarsu etkinliğinin olmadığı veya en düşük olduğu bataklıklarda birikirler. Delta gerisindeki ovalar, daha önce akarsular tarafından taşınan sedimanlarla doldurulduklarından düz bir topoğrafik görünüm kazanmışlardır. Düzleşmiş topoğrafyada çökeller yatay doğrultuda geniş alanlara yayılabileceklerinden (tabanda her zaman ıslak, üstte doğru ise kuru ortamda), ince ve orta kalınlıkta kömür damarları çökeler. Ancak ortamın farklı bölgelerinde birbirlerinden bağımsız ve farklı seviyelerde turba bataklıkları gelişmişse, akış hızına da bağlı olarak birbirleriyle bağlantısı olmayan ince, süreksiz ve dağınık kömür damarları oluşur (Şekil 5). Delta gerisindeki ovaların taşınan çökellerle düzleştirilemediği durumlarda ise; kalın, yanal devamlılığı ve birbirleriyle bağlantısı olmayan kömür damarları çökeler.

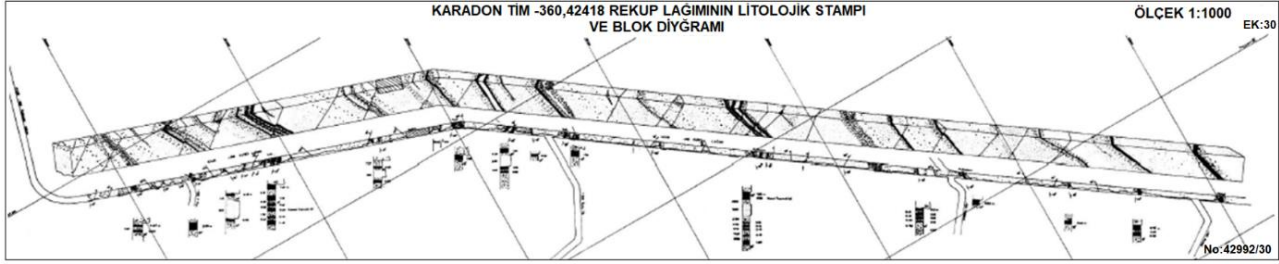
Paralik havzalarda, çökelen bitki miktarından çok ne kadar turbanın kömüre dönüştüğü önemlidir. Çökelen turba miktarı bitki gelişiminin yoğun olduğu tropik bölgelerde kalın olabilirken, bitki gelişiminin hemen hemen hiç olmadığı kutup bölgelerine doğru giderek azalır. Turbadan kömüre dönüşme sürecinde sıkışma oranlarının 1.4/1 ile 30/1 arasında değiştiği hesaplanmıştır (Ryer ve Langer 1980). Bu durum, bitkilerin hiç kesintiye uğramadan yüzyıllar boyunca biriktiğini ve her bir kömür damarının oluştuğu turba bataklığının on binlerce yılı kapsayan bir süreçte geliştiğini göstermektedir.

### **2.2.3. Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki Kömürlü Birimlerin Çökelme Süreçleri**

Zonguldak Taşkömürü Havzasında geniş alanları kapsayan ince-orta kalınlıktaki kömür damarları, Üst Karboniferde (Namuriyen ve Westfaliyen) birbirlerine benzer şekilde tekrarlanan süreçlerle çökelmiştir (Şekil 5).

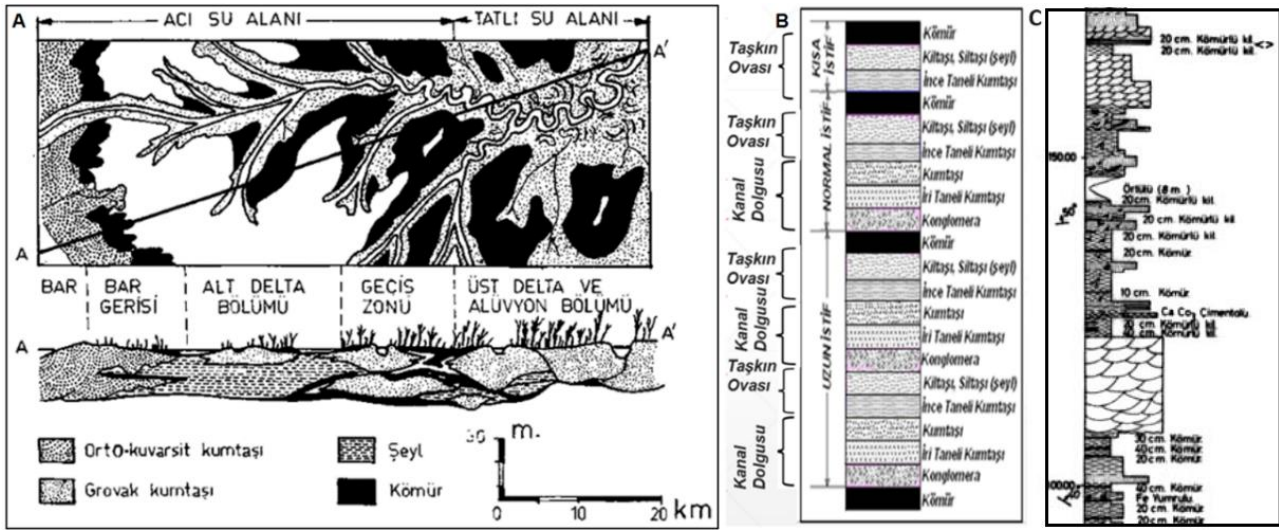
Alacağzı Serisi damarları Namuriyende delta ortamında akarsu etkinliğinin olmadığı alanlarda gelişen bitkiler tarafından oluşturulmuştur. Delta ortamında olgunluk

evrelerinde olduklarından birçok kola ayrılan ve taşıma güçleri azalan akarsular, damar yan kayacı olarak genellikle şeylleri (ince taneli kumtaşı, siltaşı, kiltası, çamurtaşı vb) biriktirmiştir.



Şekil 5. TTK Karadon TİM, -360,42418 lağımında Kozlu Serisi (Westfaliyen A) damarları ile yan kayaçlarının üst üste tekrarlanarak oluşturdukları istifler.

Taşkın ovalarında oluşan Westfaliyen yaşlı damarlar ise (Kozlu ve Karadon Serileri), ana akarsuların yan kollarının aktığı düzlüklerde yetişen bitkiler tarafından oluşturulmuştur (Şekil 6A). Kömürlü istiflerinin genellikle üst kısımlarında konumlanan ve damarların tabanını (kısa istiflerde ise ayrıca tavanını) oluşturan ince taneli kayaçlar (şeyller), durgun ortamı temsil eden taşkın ovası çökelleridir (Şekil 6B). Kanal dolgusu çökelleri olan konglomeralar ile kumtaşları ise, akarsu etkinliğinin yüksek olduğu dönemleri temsil ederler ve istiflerin taban ile orta kısımlarında konumlanırlar (Şekil 6B).



Şekil 6. A-Paralik havzalarda kömür depolanma ortamları (Ferm and Horne, 1979), B-Zonguldak Taşkömürü Havzasında görülen istifler (Baltaş, 2012), Kozlu Serisinden bir stratigrafik kesit (Özler vd., 2001).

Turbaların su seviyesinin üstünde biriktiği durumlarda kül içeriği düşük, su seviyesinin altında biriktiği durumlarda ise kül içeriği yüksek kömür damarları çökeler. Suların içinde askıda bulunan kil, silt, mil vb. tortullar damarlarla birlikte çökeldiklerinden, su seviyesinin altında çökelen damarlarının kül içerikleri yüksektir. Bu durum; topoğrafyanın daha çukur bölümlerinde durgun ve acı suların hâkim olduğu bataklıklarda biriken turbaların, su seviyesinin üstünde biriken turbalara göre neden

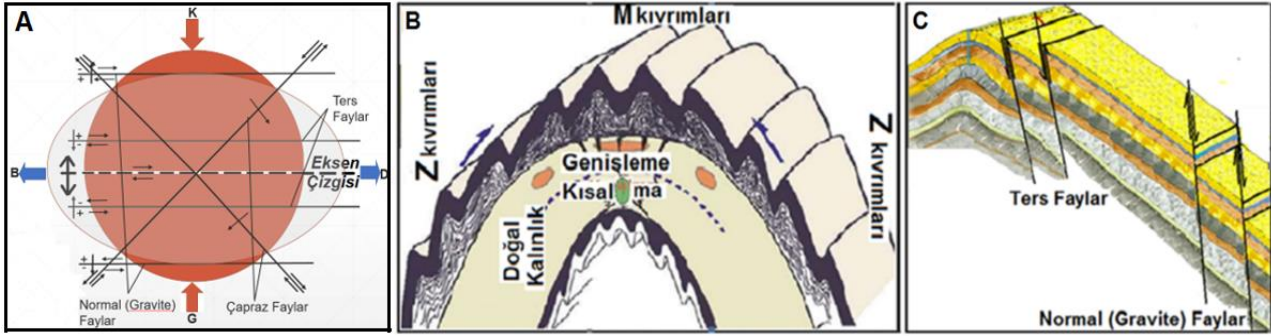


daha yüksek kül ve kükürt içerdiklerini açıklamaktadır (Coleman vd., 1970; McCabe, 1991; Cecil vd., 1993; Flores, 1993).

### 3. TEKTONİK YAPILARIN MADENCİLİĞE ETKİLERİ

Fay ve kırıkların sıklığı nedeniyle gerilmelerin yüksek olduğu alanlar, antiklinal ve senklinal eksenleri, çatlak ve kırık yapılarının çok görüldüğü zayıflık zonları, yeraltı madenlerinde tehlike oluşturan, sorun yaratan ve dikkat edilmesi gereken alanlardır (Şekil 7A, 7B, 7C).

Yeraltı madenlerinde yapılan çalışmalar, kazı ve tahkimat çalışmalarında yaşanan önemli sorunların yatay doğrultudaki yüksek basınçlardan kaynaklandığını göstermektedir. Söz konusu basınçlar özellikle göçüklerin meydana geldiği yerlerde, tavan kayacı olarak bulunan kumtaşı ve şeyllerin arasındaki geçiş noktalarında, damarlardan yan kayalara ve yan kayalardan damarlara geçilen kontak zonlarında önemli deformasyon sorunlarına yol açarlar.

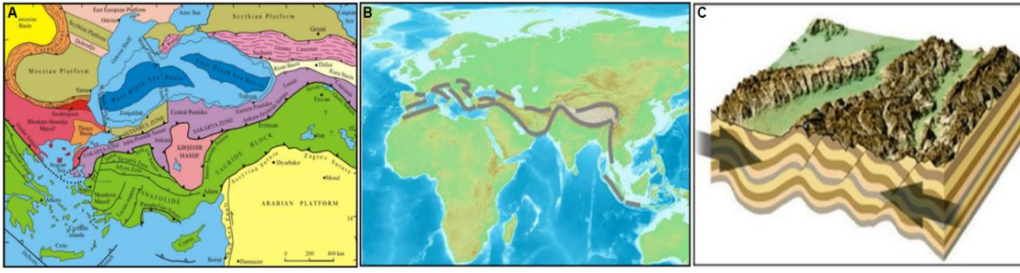


Şekil 7. A-Kıvrımlı yapılardaki fayların Riedel deformasyon elipsoidi ile analizi, B-Antiklinal eksenindeki gerilmeler (<http://geologylearn.blogspot.com/2015>), C-Kıvrımlı yapılarda normal-ters fayların gelişimi.

#### 3.1. Zonguldak Taşkömürü Havzasının Geçirdiği Tektonik Süreçler

İstanbul Zonu'nun doğu kesiminde bulunan Zonguldak Havzasında, Alt Karboniferde (Turneziyen-Vizeen) sığ deniz koşullarında kireçtaşları çökelmiştir (Şekil 8A). Üst Karboniferde, denizin çekilmesiyle havzada karasal süreçler etkili olmuş ve gelişen bitkilerin akarsular tarafından taşınan kırıntılı birimler arasında kalmasıyla da kömürleşme başlamıştır. Havza Kretase'den itibaren havza tekrar deniz altında kalmış ve kömürlü birimler üzerine kireçtaşları çökelmiştir.

Kömür sedimantasyonunun gerçekleştiği Üst Karboniferde Hersiniyen (Paleozoyik-Silüryen), sonra da Alpin orojenezinden (Eosen-Miyosen başlayarak) etkilenen havza iki ayrı dönemde deformasyona uğramıştır (Şekil 8B). Sonuçta kömür damarları ile yan kayaların yanal ve düşey doğrultuda kesintiye uğramasına neden olan çatlak, kırık, fay ve kıvrımların geliştiği havza güncel konumuna ulaşmıştır (Şekil 8C).



Şekil 8. A-Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) B-Alp-Himalaya dağ kuşağı ([https://tr.wikipedia.org/wiki/Alpin\\_Orojenezi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Alpin_Orojenezi)), C-Sıkıştırma etkisiyle kıvrımlı yapıların gelişimi ([https://www.kursatozcan.com/ders\\_notlari/muhendislik\\_jeolojisi/2\\_jeolojik\\_yapilar.pdf](https://www.kursatozcan.com/ders_notlari/muhendislik_jeolojisi/2_jeolojik_yapilar.pdf))

## 4. JEOLJİK ÖZELLİKLERDEN KAYNAKLANAN GÜVENSİZ ORTAM VE YAPILAR

Zonguldak Taşkömürü Havzasında jeolojik özelliklerden kaynaklanarak çalışmalarını olumsuz etkileyen güvensiz ortam ve yapılar; gazlı ortamlar, kesit daralmaları-göçükler, faylar, kıvrımlı yapılar ile eklem takımları üzerinden analiz edilecektir.

### 4.1. Gazlı Ortamlar

Zonguldak Taşkömürü Havzasında hem taşkın ovası çökelleri olan kömür damarları ile şeyller, hem de kanal çökelleri olan kumtaşları ve konglomeralar bünyelerinde kömür kökenli gazları barındırırlar. Kömür damarları gaz oluşturdıkları için ana kayaç olmalarının yanı sıra ayrıca depoladıkları için hazne kayaç görevi de görürler. Şeyller ise az da olsa organik madde içerdikleri için ana kayaç ve kömüre yakın konumda buldukları durumlarda da kömür içinde depolanma sınırlarını aşan gazların depolandığı hazne kayaç durumundadırlar (Shale gas). Kumtaşı ve konglomeralar ise bünyelerinde organik malzeme barındırmamalarına rağmen gözenekli yapılarından dolayı gazların depolandığı hazne kayaç durumundadırlar (Sıkı gaz (tight gas)). Bu nedenle kömür ve yan kayaçları yüksek gaz içeriğine sahip olan havzada, ani gaz boşalması sonucu oluşabilecek patlama ve zehirlenme riskleri altında üretim yapılmaktadır. Havzadaki deşaj olayları genellikle tavan taşları da düşük iletkenliğe sahip ve gazları geçirmeyerek baraj işlevi gören taşkın ovası çökellerinin konumlandığı kömür damarlarında gerçekleşmektedir.

### 4.2. Kesit Daralmaları-Göçükler:

Yeraltı madenciliğinde galeri ve ayak tahkimatlarının yetersiz kalmasına neden olan zayıf zeminler, kesit daralmalarına ve göçüklere neden olurlar. Bu nedenle zayıf zemin özelliği gösteren kayaçlar içinde açılan galerilerde tarama, ilave tahkimat ve tahkimat yenileme işlemleri daha sık yapılır. Havzada direnci en düşük olan zeminler delta ve taşkın ovası çökelleri olan kömürler ile nem içeriği yüksek şeyllerdir. Buradan hareketle, havzada zayıf zemin oluşturma potansiyeli taşıyan neme duyarlı ve düşük yük taşıma kapasitesine sahip bölgelerin önceden belirlenmesi, kazı ve tahkimat performansının iyileştirilmesi açısından önemlidir.

### 4.3. Faylar:

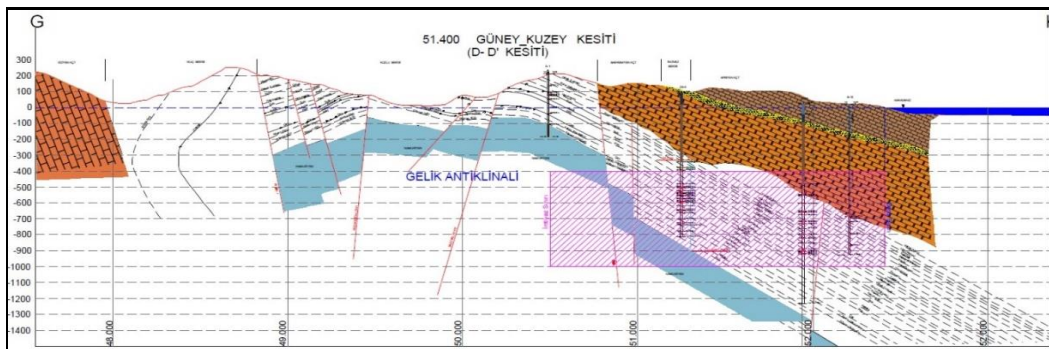
Faylar, madencilik çalışmalarını engelleyen ana jeolojik faktörlerden olduklarından çok sayıda tehlikenin kaynağını oluştururlar. Yeraltı madencilik çalışmalarının başarısının artırılması açısından fayların yerlerinin ve durumlarının (türü, eğim derecesi, atım miktarı vb.) doğru olarak tespit edilmesi çok önemlidir.

Havzada sadece kömürlü birimleri kesen faylar Hersiniyen, hem kömürlü ve hem de örtü birimlerini birlikte kesen faylar ise Alpin yaşlıdır. Yeryüzünde izlenebilen Hersiniyen ve Alpin yaşlı fayların madencilik çalışmalarına oluşturabilecekleri etkiler öngörülebilirken; örtü serileri altındaki Hersiniyen yaşlı faylar önceden belirlenemediklerinden çalışmaları olumsuz etkilerler. TTK ocaklarında ölçeklerinden dolayı haritalarda gösterilemeyen ve üretimi olumsuz etkileyen çok sayıda fay ve kırıkla karşılaşmaktadır. Birkaç metrelik atımların dahi kömürlerin kaybolmasına ve galeri duraylılığının bozulmasına neden oldukları değerlendirildiğinde, öngörülemeyen fayların para, emek ve zaman kaybına yol açmaları kaçınılmazdır.

### 4.4. Kıvrımlı Yapılar:

Orojenezler nedeniyle havzada etkili olan basınçlar sert kayalarda atım oluştururlarken, belirli bir sertliğin altındaki kayalarda kıvrımlı yapıları meydana getirirler (Şekil 9). Söz konusu etkilerle havzada yer kabuğunda izleri görülebilenlerden başlayarak ondülasyonlara kadar çeşitli ölçeklerde kıvrımlı yapılar meydana gelmiştir. Antiklinallerin ve senklinallerin kanatlarında boyutları cm den onlarca m ye kadar değişebilen kıvrımlı yapılar, kömür panolarını genellikle çapraz doğrultuda kesen faylarla uyumlu olarak gelişmiştir.

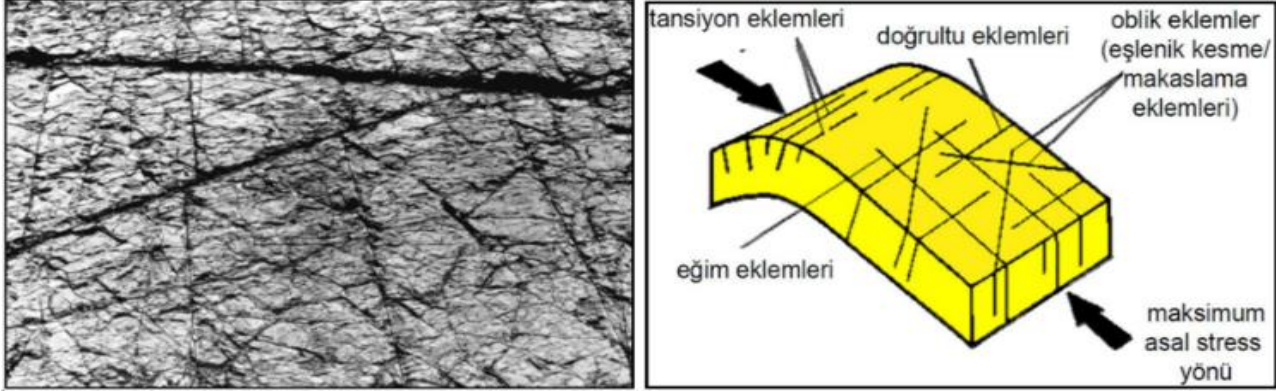
Belirli bir boyutun üzerindeki kıvrımlı yapılar, dike yakın doğrultularda kömür kazısının gerçekleştirildiği ayaklarda, tavan ve taban taşlarının yükselmesine veya dalmasına neden olurlar. Ağacların tahkimat malzemesi olarak kullanıldığı ayaklarda önemli bir sorun oluşturmayan bu durum, yeterli esnekliğe sahip olmayan mekanize tahkimat sisteminin kullanıldığı ayaklarda problem oluşturur (Baltaş, 2012). Armutçuk Senklinali, Kozlu Antiklinali ve Senklinali, Gelik Antiklinali ve Üzülmez Senklinali, Gavurpınal Antiklinali, Dıştaşlık Senklinali Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki kıvrımlı yapı örnekleridir.



Şekil 9. Gelik Antiklinalinin y=51400 K-G Jeolojik Kesiti.

#### 4.5. Eklem Takımları (Çatlak ve Kırık Yapıları):

Zonguldak Taşkömürü Havzasında madencilik çalışmaları; kalınlık, sertlik ve litolojik özelliklerdeki farklılıkların yanı sıra, yoğun tektonik süreçler de geçirmiş olan sedimanter kayalarda gerçekleştirilmektedir. Havzayı etkileyen basınçlar sertliklerine bağlı olarak yan kayalar üzerinden transfer olurken, dayanımları düşük olan şeyller ve kömür damarları tarafından emilirler. Belirli bir sertliğin altındaki şeyller ve kömür damarları; ezilerek, çatlayarak, kırılarak ve kıvrılarak basınçları dengelediklerinden bünyelerinde çok sayıda kırık ve çatlak oluşmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Eklem takımlarının resim ve şematik görünüşü (Dirik, 2019).

Kayaçlardaki eklem takımları tabakalanmaya dik doğrultuda gelişmişse alın (face cleats); tabakalanmaya paralel doğrultuda gelişmişse taban çatlakları (butt cleats) olarak isimlendirilir. Tahkimat performansları zayıf olan eklem takımlarının yoğun olduğu kayalarda daha hızlı, daha verimli ve daha kontrollü kazı yapılır (Bilgin ve diğ. 2016). Bu nedenle, eklem takımlarının kazı yapılmadan önce belirlenmesi, sadece tavan ile kenarlardan düşebilecek kaya bloklarının tespiti açısından değil, tahkimat tasarımının yapılması açısından da önemlidir.

### 5. ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASINDAKİ JEOLJİK YAPININ YETERİNCE DOĞRU ANLAŞILAMAMASININ NEDENLERİ

Litolojik ve tektonik olumsuzluklardan çok fazla etkilenen ve doğası gereği büyük yatırımların yapıldığı yeraltı madenciliğinde, jeolojik özelliklerin zamanında ve doğru bir şekilde tespiti önemlidir. Zonguldak Taşkömürü Havzasında da bugüne kadar yapılan çalışmalar, kömür üretiminin artırılmamasında diğer faktörlerin yanı sıra jeolojik özelliklerin yeterince anlaşılmasının önemli bir payının olduğunu ortaya koymuştur. Üretimin giderek daha derin kotlardan yapıldığı havzada, sadece yeryüzünden yapılan çalışmalarla (harita, jeofizik, sondaj vb.) yeraltındaki jeolojik özelliklerin yeterli doğrulukta anlaşılmadığı ortadadır. Diğer taraftan; mostralardan başlayarak günümüzde çalışılan derinliklere kadar olan kısımlardaki jeolojik özelliklerin yetkin kişiler tarafından doğru bir şekilde kayıt altına alınmamış olması, havzadaki jeolojik karmaşıklığın sadece tektonik yapıdan kaynaklandığının algılanması ve geçirilen sedimantolojik süreçlerin etkilerinin yeterince bilinmemesi de madencilik çalışmalarının başarısını azaltan faktörlerdir.

Birbirlerine yakın eğitim almakla birlikte farklı iki disiplinde yetişen jeoloji ve maden mühendisleri, yakın dönemlere kadar madencilik faaliyetlerinin başarısı için birbirlerinden bağımsız hareket etmişlerdir. Yeraltı maden işletmelerinde çalışan jeoloji mühendisleri ocaklarda yapılan çalışmalara dâhil edilmemiş; yüzeyden jeolojik haritalar yaparak, sondajları yorumlayarak ve jeofizik çalışmaları değerlendirerek yapıları anlamaya çalışmışlardır. Buna karşın günümüzde derinliği artan yeraltı işletmelerinde çalışan maden mühendisleri, aldıkları eğitiminin de bir sonucu olarak, jeolojik yapıları anlamakta ve çalışmalara uyarlamakta giderek daha fazla zorlanmaktadır. Rezervlerin ekonomik yöntemlerle üretilmesi ve yeraltı yapılarından kaynaklanan zorlukların getirdiği baskılar, maden mühendislerinin daha çok jeolojik bilgiye gereksinimi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum jeolojik yapısı karmaşık olan yeraltı madenlerinde her iki mühendislik disiplininin birlikte çalışarak ve birbirlerini anlayarak sorunlara çözüm bulmalarını zorunlu kılmaktadır.

## **6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

- TTK'da bugüne kadar havzanın jeolojik özelliklerini anlamaya yönelik başarılı bir organizasyon yapısı oluşturulamamıştır. Jeolojik yapı ve koşulların daha iyi anlaşılması için yeni bir anlayışa ve düzenlemelere ihtiyaç vardır.
- Havzada madencilik çalışmalarının ulaştığı derinlik göz önüne alındığında, sadece yüzeyden yapılacak çalışmalarla yeraltındaki karmaşık jeolojik yapıların yeterince anlaşılacağı ortadadır. Ek olarak, yeraltında edinilen bilgiler üzerine koşulların değişmeyeceği varsayılarak alınan kararlar, yanal ve düşey doğrultuda meydana gelen değişikliklerle birlikte eksik ve hatalı uygulamalara dönüşmektedir.
- Havzada, teknik elemanlar arasında fikir birliği oluşturmak için, litolojik birimler ile tektonik yapıların son tekniklerle çekilen fotoğraflarını içeren ve yapılar hakkında açıklayıcı bilgiler veren bir doküman hazırlanmalıdır. Böylece jeoloji mühendislerinin kayaçlar hakkında genellikle niteleyici olmayan (örneğin; yatay tabakalı, bitki fosilleri içeren, ince taneli, ince tabakalı rengi griden koyu griye kadar değişen, şeylli ve mikalı kumtaşları vb.) ve çalışmalara katkı sunmayan tanımlar yapmaları önlenebilir. Ayrıca söz konusu doküman, ocaklara daha kolay uyum sağlamaları amacıyla madende çalışacak ilgili teknik elemanların eğitimlerinde de kullanılabilir.
- Ocaklarda kazı yapılacak alanlar için tehlike haritaları oluşturulmalıdır. Haritalarda; göçme, degaj, su baskını vb. olayların yaşanabileceği yerler, risklerin büyüklüklerine göre çeşitli renklerde boyanarak tanımlanmalıdır. Söz konusu haritalar, mühendislerin, maden nezaretçilerinin ve işçilerin görebilecekleri yerlere, vardiya değişim bölgelerine, tertip yazıhanelerine vb. asılarak çalışanlar bilgilendirilmelidir.
- Kanal çökelleri (konglomera ve iri-orta taneli kumtaşı) ve taşkın ovası çökelleri (ince taneli kumtaşı, kıltaşı, siltaşı, miltaşı vb.) içinde sürülecek galeriler, anlık alınan kararlarla değil, zemin özellikleri dikkate alınarak (litolojik özellikler, tabaka kalınlığı, nem içeriği, eğim, doğrultu vb.), mühendislik disipliniyle hesaplanmış standart kazı ve tahkimatları uygulamalarıyla sürülmelidir.

- Maden işletmelerinde yapılan toplantılara konusuna göre, ilgili mühendislik disiplinlerinin (maden, makine, elektrik vb.) yanı sıra jeoloji mühendisleri de katılmalı ve kararlar birlikte alınmalıdır. Jeoloji mühendisleri madencilikle ilgili bilgilerini artırmalı, planlama ve uygulamalar için alternatif fikirlerin geliştirilmesine katkı sunmalıdır.
- Ülkemiz üniversitelerden yetişen jeoloji mühendisleri, çok özel koşullarda çalışılan (karanlık, gaz, toz vb.) yeraltı kömür madenciliği konusunda yeterli eğitim alamamakta ve genellikle kendilerinden beklenileni verememektedir. Üniversitelerimiz, amaca göre mühendis yetiştirmek için eğitim müfredatlarını güncellemelidir.

## **KAYNAKLAR**

- Baltaş, A. 2012. Yeraltı Kömür Ocaklarında Jeolojik Özelliklerle Gaz Degajlarının İlişkisi, Türkiye 18. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s 299-311.
- Bohacs, K., Suter, J. 1997. Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: fundamental controls and paralic examples” AAPG Bulletin 81, 1612–1639.
- Cecile M.P., Norford B.S. 1993. Ordovician and Silurian; in D.F. Stott and J.D. Aitken, Sedimentary cover of the Craton in Canada, Geological Survey of Canada, Geology of Canada #5 (DNAG D1), pp. 125 -149.
- Coleman Pj. 1970. Geology of the Solomon and New Hebrides Islands, as part of the Melanesian re-entrant, southwest Pacific. Pac Sci 24(3): 289-314.
- Dan Öl-Data Su. 1998. Batı Karadeniz Taşkömürü Havzası Jeolojik Etüdü, TTK Arşivi
- Dirik K. 2019. Yapısal Jeoloji Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi, Ankara s 9
- Ersoy, Ş. 2017. Deltalar, İTÜ Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Ayazağa Yerleşkesi 34469 Maslak-Sarıyer/İstanbul, s 100
- Ferm, J.C. Horne, J.C. 1979. Carboniferus Depositional Enviroments in the Appalachian Region. Calorina Coal Group, Dep. of Geology, Uni. of South Carolina, Columbia, USA, 760 p).
- Flores R.M. 1993. Geologic and Geomorphic Controls of Coal Development in Some Tertiary Rocky Mountain Basins, USA, International Journal Of Geology, Volum 23, P 43-73
- Holz, M., Kalkreuth, W., Banerjee, I. 2002. Sequence Stratigraphy of Paralic Coal-Bearing Strata: An Overview, International Journal of Coal Geology 48, 147– 179
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Caruccio, F.T., Bagarz, B.P. 1978. Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region, American Association of Petroleum Geologists Bulletin 62 (12), 2379– 2411.
- McCabe P.J. 1991. Predicting Facies Architecture Through Sequence Stratigraphy-An Example From the Kaiparowits Plateau, Utah, Geology, 19(7)742.
- Okay A.İ., Tüysüz O. 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. Durand, B., Olivet, J.L., Horvath, E. And Serrane, M. (Eds.). The Mediterranean Basins, Extension within The Alpine Orogen. Geol. Soc. London Spec. Publ., 156, 475-515.
- Özler, İ.; Yaver, Y.; Kır, N.; Canca N.; Tongal, O., Bakan, Z. 2001. Zonguldak Değirmenağzı ile Göbü Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kömür Varlığı, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Ryer A.N., Langer A.W. 1980. Thickness Change Involved in the Peat-to-Coal Transformation for a Bituminous Coal of Cretaceous Age in Central Utah, Geology Journal of Sedimentary Petrology, 50(3), p987-992.
- Şentürk, M., Tagliasacchi E, Yağmurlu F. 2019. Depositional features and coal potential of the Gölbaşı- Bahçeköy Neogene Basin, Ankara (Central Turkey), Arabian Journal of Geosciences, Sayı:12, Sayfa: 519

# **TRAKYA HAVZASINDA BULUNAN BİR YERALTI KÖMÜR MADENİNİN DEFORMASYON ANALİZİ**

## *DEFORMATION ANALYSIS OF AN UNDERGROUND COAL MINE IN THE THRACE BASIN*

**Oktay Yazıcı, Gazi Karşı\* , Tolga Parlak, Ş. Derya Antepüzümü**

*Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri,*

**ÖZET** Yeraltı kömür ocaklarında kömür üretimi kadar üretim öncesi yapılan hazırlık çalışmaları da önemlidir. Hazırlık bacaları, ilerleyen dönemde üretim panosu olacağından hazırlık çalışmaları titizlikle yürütülmeli ve tahkimat yapılırken bacanın üretime geçene kadar ve üretim sona erece kadar ayakta kalması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. İşletmelerin yaptığı tahkimatların sağlamlığı; kullanılan ekipmanın cinsine ve işçiliğe bağlı olduğu kadar bacanın bulunduğu formasyonun göstereceği davranışla da doğrudan ilişkilidir.

Bu bildiri Özşen Maden İşletmeleri'nde bulunan A-04 üretim panosu ve A-0809 hazırlık bacasında yapılmış olan deformasyon ölçümleri ve galerilerin bulunduğu koşullar ilişkilendirilmiş olup Trakya Havzasındaki bir yeraltı kömür ocağının deformasyonunu etkileyen parametreler araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bacanın açıldığı ilk günden itibaren geçen 9.5 aylık süreçte aktif olarak hareket ettiği ve ardından durağanlaştığı görülmüş olup, bacanın üstünde oluşan tasmanın ve çevresinin üretilmesinin bu oturma hareketine ek direk dibi deformasyonlarına yol açtığı görülmüştür.

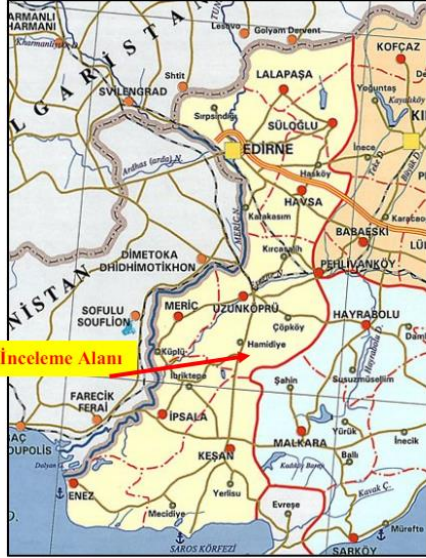
**ABSTRACT** Preparation work before production is as crucial as coal extraction in underground coal mines. Since preparation chimneys will become future production panels, meticulous attention is needed during preparatory work. Fortification must ensure that the chimney remains stable from the start of production to its completion. Durability of fortifications depends on behavior of formation around the chimney, the type of equipment used, and the quality of workmanship.

This paper investigates deformation measurements on the A-04 production panel and A-0809 preparation chimney at Ozsen Mine Works, correlating them with the conditions of the surrounding galleries. We examine the parameters affecting deformation in an underground coal mine in the Thrace Basin. Results show that chimneys were actively moving during the first 9.5 months after their initial opening before becoming stable. Formation of subsidence on top of chimneys and their surroundings contributed to these settlement movements, causing additional deformations at the mast's bottom.

\* [gazikarsi@gmail.com](mailto:gazikarsi@gmail.com)

## 1. ÇALIŞMA SAHASI KONUMU

Özşen Maden İşletmelerine ait Edirne İli Uzunköprü İlçesi Kırköy Köyü civarında bulunan ruhsat; Uzunköprü İlçesine 20 km, Edirne İline 65 km ve Keşan İlçesine yaklaşık 25 km uzaklıkta bulunmaktadır. İnceleme alanına ulaşım, Uzunköprü-Keşan devlet yolu ile Kırköy-Kadıköy köy yolu ulaşımı ile sağlanmaktadır. Ruhsat alanına farklı birçok köy yolu ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 1).



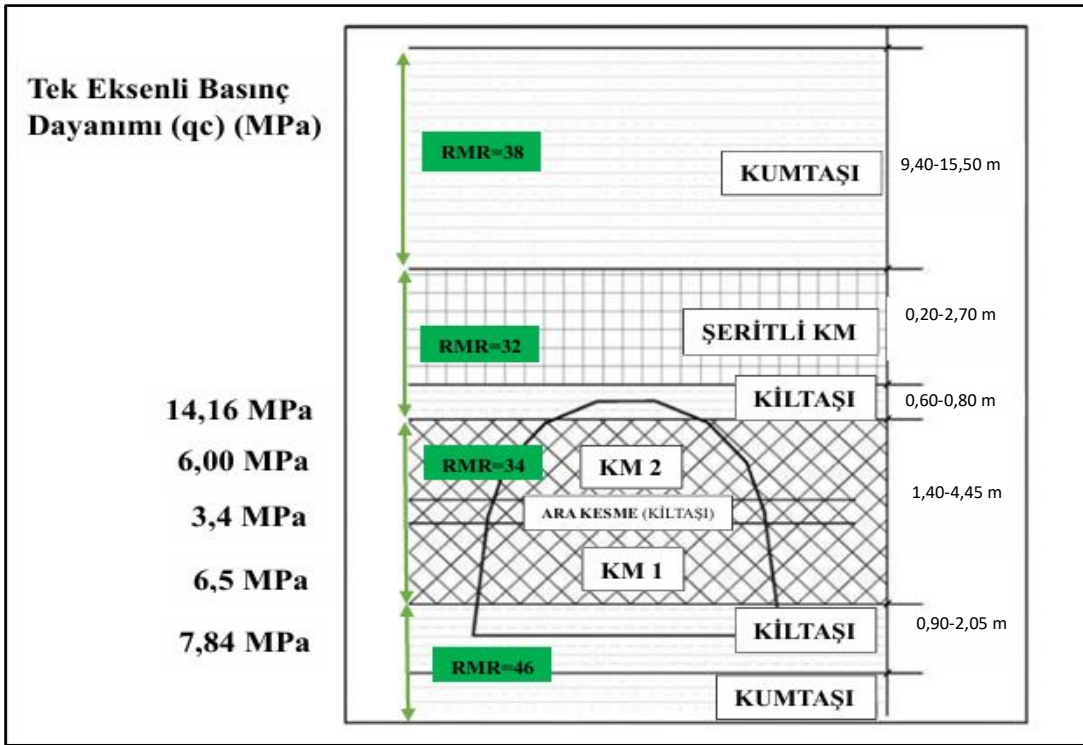
Şekil 1. Yer Bulduru Haritası.

### 1.1. Sahanın Jeolojisi

Ruhsat sahasında genel olarak Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonuna (Old) ait kumtaşı-kiltaşı-silttaşı, marn ve linyit gözlemlenmektedir ve diri fay bulunmamaktadır. Önceki araştırmalarda sahanın kuzeyinden geçen normal atımlı fayın MTA tarafından tespiti yapılmış ve raporlarında yer almıştır. Yeraltı çalışmaları kapsamında kaynak ve rezerve yönelik çalışmalar esnasında 4 adet normal fay ile karşılaşmıştır. Fayların 2 m ile 8 m arasında farklı atımlara sahip oldukları görülmüştür. F. Lebküchner (1973) tarafından adlandırılmış kömür damarlarından 1, 2, 3, 4 numaralı damarların saha içerisinde devam ettiği görülmektedir. İşletme, 4 numaralı linyit damarını üretmektedir.

Üretilen 4 numaralı damarın ortalama jeolojik kalınlığı 3.30 m'dir. Bu damarın arasına genelde ara kesme olarak kiltaşı girmektedir. Özşen Maden İşletmeleri 4 numaralı damarı kendi içerisinde KM1, ara kesme ve KM2 olarak ayırmakta olup stampı gösterir görsel Şekil 2'de verilmiştir.





Şekil 2. Stamp Kalınlıkları, Dayanımları ve RMR Değerleri

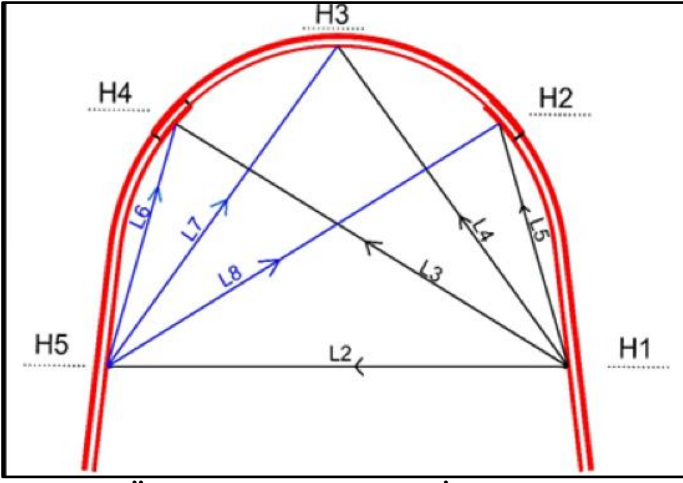
Yeraltı planlaması yapılmadan önce işletme tarafından jeoteknik sondajlar yapılmış ve elde edilen karot numunelerinden uygun seviyelerdekilere akredite zemin ve kaya laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Şekil 2’de birimlerin dayanımları verilmiştir (Kiremitçiler, 2022).

## 2. AMAÇ VE YÖNTEM

İşletmede lazer metre ve total station ile tahkimatlar üzerinde belirlenen noktalar arasındaki uzunluklar ölçülerek bağların deformasyonları tayin edilmiştir. Çalışmada amaç, iki üretilmiş pano arasında kalan panodaki hareketi ve bakır bir alanda olan panodaki hareketi gözlemleyip gerçekleşen hareketin tasman, topuk ve derinlik ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır.

### 2.1. Lazer Metre ve Total Station ile Bağ Deformasyon İstasyonu Ölçümü

İşletmede bulunan A-04 Üretim Panosunun alt ve üst taban yollarına (ATY, ÜTY) ve A-0809 Hazırlık Bacasına 100 m ve gerektiğinde ise 50 m aralıklarla deformasyon ölçüm istasyonları kurulmuş olup, bu istasyonlardan belli aralıklarla aynı kişi tarafından lazer metre ile ölçüm alınmıştır. Lazer metre ile farklı tarihlerde yapılan bu ölçümlerden elde edilen uzunluk değerlerindeki değişim gözlemlenerek galerilerdeki baskıların ne taraftan olduğu anlaşılmaktadır. Ölçüm aleti olarak lazer metrenin seçilme nedeni, pratik bir yöntem olması, ölçümleri aynı kişinin yapmasının nedeni ise el hassasiyetinde değişiklik olmamasının sağlanmasıdır. Lazer metre ile bağ deformasyon ölçüm planı, Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Örnek Deformasyon İstasyonu Kesiti ve Ölçüm Yönleri.

Kurulan bu istasyonlardan lazer metre ile sık sık ölçüm alınmasının yanında total station ölçümleri de yapılmıştır. Bunun nedeni lazer metre ile yapılan ölçümlerin hassasiyetinin diğer ölçüm yöntemine göre daha düşük olmasıdır. Yapılan total station ölçümleri ile lazer metre ile yapılan ölçümler kıyaslanarak lazer metre ile yapılmış olan ölçümlerin hassasiyeti kontrol edilmiştir.

### 2.1.1. Total Station ve Lazer Metre Ölçümü Kıyaslaması

A-04 Panosunun alt ve üst taban yollarına kurulan toplam on sekiz tane bağ deformasyon istasyonlarından önce lazer metreyle, hemen peşinden de total station ile ölçüm alınmıştır.

Total station ile ölçümlerden alınan koordinatlar,  $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$  formülü kullanılarak uzunluğa dönüştürülmüş ve ardından lazer metre ile alınan uzunluklarla kıyaslanmıştır.

Bacalardaki ölçüm kıyaslamasının sonucunda lazer metre ile yapılan ölçümlerin  $\pm 2$  cm hassasiyette olduğu görülmüştür.

### 2.2. A-04 Üretim Panosundan Alınan Ölçümler

A-04 Panosu üretime başlamadan önce bacadaki deformasyonları takip edebilmek ve bacalar arası topuk mesafesini değerlendirebilmek amacıyla panonun alt ve üst taban yollarına ortalama 100 metre aralıklarla dokuz adet bağ deformasyon ölçüm istasyonu kurulmuştur.

Panodaki ölçümler, panonun hazırlık çalışmaları bittikten 87 gün sonra başlamıştır fakat alt ve üst taban yollarına yapılan ilk bağın yapılma tarihinden ise sırasıyla 241 ve 287 gün sonra ölçümlere başlanmıştır. Bu sebeple, deformasyon ölçümleri yapılmadan önce de bağların deforme olmuş olma ihtimalleri olduğundan deformasyon ölçümlerinden önce deformasyon istasyonlarının olduğu bağlarda harita ekibinin

yapmış olduğu eksen alımlarındaki kotlar ile yine harita ekibinin yapmış olduğu deformasyon bağ alımlarından H3 noktası alımı kotları karşılaştırılmıştır. Bu sayede galerinin açılmasından bu yana, eksen kotlarında bir değişiklik olup olmadığı; baskı nedeniyle bağların deformasyona uğrayıp uğramadığının analizi yapılmıştır.

A-0409 ve A-0410 bacaları açılırken harita ekibinin yapmış olduğu total station eksen alımları ile H3 noktasından aldıkları kotların karşılaştırılma nedeni H3 noktasının eksene denk gelecek şekilde işaretlenmiş olmasıdır. Yapılan karşılaştırmada elde edilen veriler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. A-04 Panosu Eksen Kotlarının Karşılaştırılması.

<b>A-0410 ATY TOTAL STATION H3 ÖLÇÜMÜ DEĞERLENDİRMESİ</b>					
<b>İstasyon No</b>	<b>Klavuza Uzaklığı</b>	<b>2023'te Ölçülen Kot</b>	<b>15.02.2024'te Ölçülen Kot</b>	<b><math>\Delta</math> (cm)</b>	<b>Ortalama (cm)</b>
1. İSTASYON	834 m	-57.75	-57.93	17.80	6.68
2. İSTASYON	730 m	-55.66	-55.62	-3.40	
3. İSTASYON	630 m	-52.87	-52.99	11.90	
4. İSTASYON	530 m	-53.19	-53.20	1.30	
5. İSTASYON	430 m	-51.59	-51.60	0.90	
6. İSTASYON	330 m	-51.57	-51.69	12.10	
7. İSTASYON	230 m	-51.99	-52.12	12.40	
8. İSTASYON	130 m	-51.34	-51.40	6.50	
9. İSTASYON	30 m	-50.49	-50.50	0.60	
<b>A-0409 ÜTY TOTAL STATION H3 ÖLÇÜMÜ DEĞERLENDİRMESİ</b>					
<b>İstasyon No</b>	<b>Klavuza Uzaklığı</b>	<b>2023'te Ölçülen Kot</b>	<b>16.02.2024'te Ölçülen Kot</b>	<b><math>\Delta</math> (cm)</b>	<b>Ortalama (cm)</b>
1. İSTASYON	829 m	-48.13	-48.42	29.90	11.34
2. İSTASYON	729 m	-46.34	-46.42	8.50	
3. İSTASYON	645 m	-46.02	-46.12	10.20	
4. İSTASYON	531 m	-46.34	-46.40	5.70	
5. İSTASYON	432 m	-44.15	-44.33	18.00	
6. İSTASYON	329 m	-44.44	-44.46	2.30	
7. İSTASYON	228 m	-44.19	-44.26	7.30	
8. İSTASYON	128 m	-43.38	-43.53	14.80	
9. İSTASYON	30 m	-44.98	-45.03	5.40	

Çizelge 1’e bakıldığında panonun, açılmaya başlandığı ilk günden bu yana bazı metrajlarda ciddi baskılara maruz kalıp deforme olduğu görülmektedir. Alt ve üst taban yollarının açılma zamanına bakıldığında A-0410 Alt Taban Yolu A-0409 Üst Taban Yolundan 41 gün sonra açılmaya başlanmıştır, bununla doğru orantılı olarak A-0410 ATY’den daha uzun süre ayakta kalan A-0409 ÜTY’ndeki bağlarda daha yüksek bir deformasyon miktarı görülmektedir.

### **2.2.2. A-0409 Üst Taban Yolundan Alınan Ölçümler**

A-0409 Üst Taban Yolunda lazer metre ile yapılan ölçümler sonucunda genel baskının tavandan ve H1-H2 noktalarının tarafından geldiği görülmüştür. Ölçümlerden elde edilen verilere bakıldığında bu noktalardan gelen baskı nedeniyle en az 0.46 cm, en fazla ise 8.15 cm bağ hareketi gerçekleştiği görülmüştür.

A-0409 Üst Taban Yoluna kurulan bağ deformasyon istasyonlarında H2 ve H1 noktaları, şu anda hali hazırda üretim olan tarafta bulunmakta olup H5 ve H4 noktaları ise henüz bir işlem görmemiş olan tarafta bulunmaktadır. Bu bilgi ışığında bacadaki genel baskıya bakıldığında baskının tavandan ve üretim ayak tarafından geldiği, baskının nedeninin ise devam eden üretim faaliyeti olduğu söylenebilir.

### **2.2.3. A-0410 Alt Taban Yolundan Alınan Ölçümler**

A-0410 Alt Taban Yolunda lazer metre ile yapılan ölçümler sonucunda genel baskının tavandan ve H5 noktası tarafından geldiği görülmüştür. Ölçüm değerlerine bakıldığında tavandan gelen baskı nedeniyle en az 0.16 cm, en fazla ise 14.36 cm bağ hareketi gerçekleştiği; H5 noktası tarafından gelen baskı nedeniyle en az 1.00 cm ve en fazla ise 6.00 cm bağ hareketi gerçekleştiği, H5 noktasındaki hareketin nedenlerinden birinin de tavandan gelen baskıdan kaynaklandığı görülmüştür.

A-0410 Alt Taban Yoluna kurulan bağ deformasyon istasyonlarında H5 ve H4 noktaları, şu anda hali hazırda üretim olan tarafta bulunmakta olup H2 ve H1 noktaları ise henüz bir işlem görmemiş olan tarafta bulunmaktadır. A-0409 Üst Taban Yolunda olduğu gibi baskının üretim ayağının olduğu kısımdan geldiği görülmektedir. Bu bacada da baskı nedeninin devam eden üretim faaliyeti olduğu söylenebilir.

## **2.3. Hazırlık Aşamasındaki A-08 Panosundan Alınan Ölçümler**

A-08 Panosundaki A-0809 ve A-0810 Taban Yollarına da tıpkı A-04 Panosunda olduğu gibi, üretime başlamadan önce bacadaki deformasyonları takip edebilmek ve bacalar arası topuk mesafesini değerlendirebilmek amacıyla 100 ve 50 metre aralıklarla ölçüm istasyonları kurulmuştur. A-0809 ÜTY tamamlandığından bu bacaya on iki adet, A-0810 ATY'na ise dokuz adet ölçüm istasyonu kurulmuştur.

### **2.2.3. A-0809 Üst Taban Yolundan Alınan Ölçümler**

A-0809 Üst Taban Yolunda lazer metre ile yapılan ölçümler sonucunda genel baskının tavandan ve direk diplerinden geldiği; ancak bağ hareketinin daha çok direk diplerinde olduğu görülmüştür. Ölçümlerden elde edilen verilere bakıldığında direk diplerinden gelen baskı nedeniyle en az 1.00 cm, en fazla ise 7.31 cm bağ hareketi gerçekleştiği görülmüştür.

Direk dipleri haricinde sağ ve sol cidarların üst kısmından da baskı geldiği görülmüş olup daha yüksek kuvvetin daha önce üretilmiş olan A-01 Panosu ile A-0809 Üst Taban Yolunun arasında bulunan 20 m'lik topuk tarafından geldiği çıkarımı yapılmıştır.

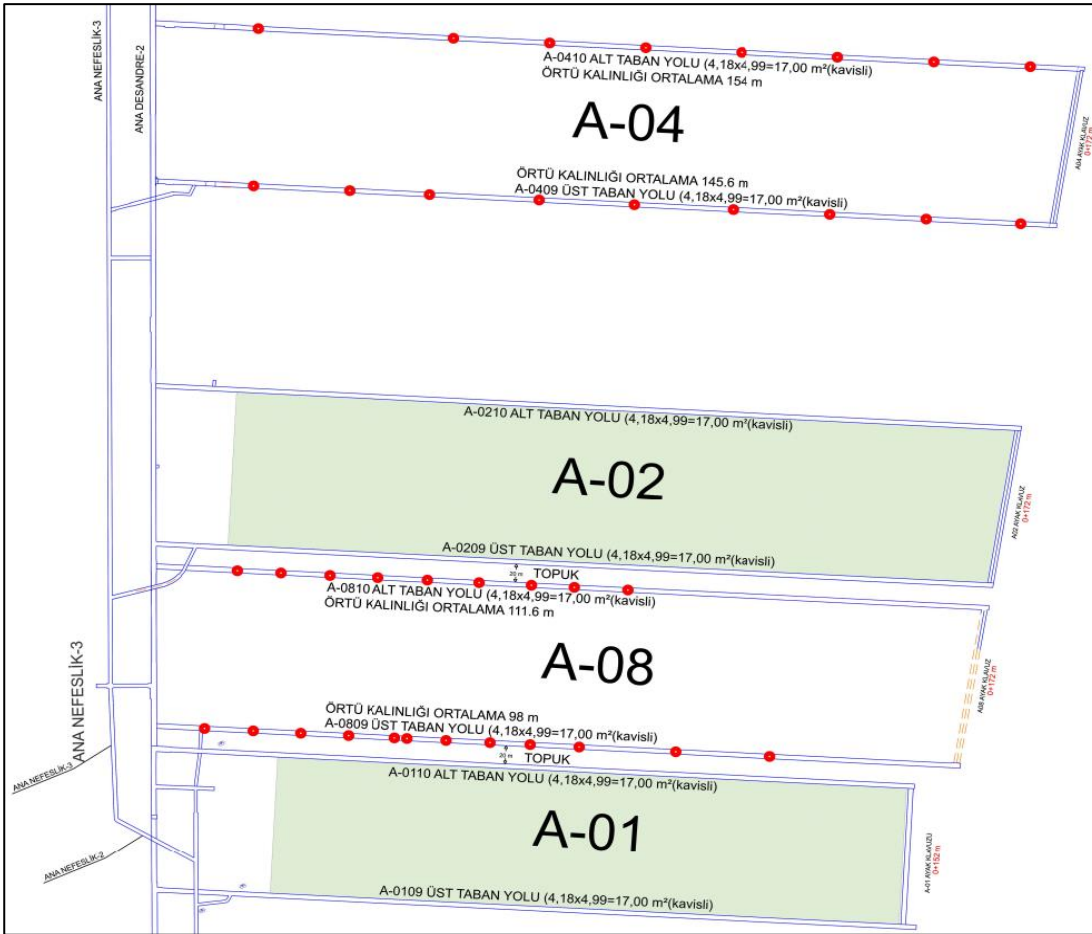
Direk diplerinin birbirine yaklaşmasının nedeni, topuk baskısının yanı sıra aynı zamanda direk diplerindeki formasyondur. Direk diplerinin 4-6 cm geldiği görülen bağlardan bazılarında direk dibinde kömür olduğu görülmüştür ve kömürün dayanımı düşük olduğundan direk diplerinin birbirine yaklaşması kaçınılmazdır.

### 2.2.3. A-0810 Alt Taban Yolundan Alınan Ölçümler

A-0810 Alt Taban Yolunun ilerlemesi henüz bitmiş olduğundan yeterli sayıda deformasyon ölçümü alınmamış olup, deformasyon ölçümleri devam etmektedir. Bu nedenle bu bacada yorum yapacak veri oluşmamıştır.

## 3. Bacaların Buldukları Koşullar ve Deformasyon Ölçümlerinin İlişkilendirilmesi

Bacaların buldukları konumları gösteren yeraltı planı ölçeksiz olarak Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Deformasyon Analizi Yapılan Panoların Konumlarını Gösterir Ocak Planı.

Şekilden de anlaşılacağı üzere A-04 Panosunun bulunduğu konum bakir bir alan, A-08 Panosunun bulunduğu konum ise üretilmiş iki panonun ortasıdır. Buna göre üretilmiş iki pano arasında olan panonun daha fazla deforme olması beklenebilir fakat derinlik faktörü de unutulmamalıdır. Derinliğe ve topografyaya bağlı olarak bacaların üzerindeki örtü kalınlığı da değişecektir.

#### 4. SONUÇ

Yapılan deformasyon ölçümlerinden elde edilen veriler doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Bağlarda gerçekleşen deformasyonların birçok nedeni vardır, bunlar;
  - Bağın ayakta durduğu sürenin uzunluğu
  - Bağın bulunduğu konumdaki stamp
  - Bacanın konumu (derinliği, bakir alanda olup olmaması, topuklar arasında bulunması)
  - Bağın bulunduğu konumdaki yeraltı su geliri
2. A-0409 ve A-0410 bacalarına gelen baskıların geldikleri yer aynıdır fakat baskıların neden olduğu deformasyonlar fark göstermektedir. Ölçümlerden elde edilen uzunluklara ve uzunluk değişimlerine bakıldığında A-0410 ÜTY'nde meydana gelen deformasyon, A-0409 ÜTY'ndakinden daha fazladır. Bunun sebebi, A-0410 ÜTY'nun A-0409 ÜTY'ndan daha derinde olması ve tasman oluşumunun A-0410 ÜTY tarafında daha fazla olmasıdır.
3. A-0809 ÜTY'ndeki bağların direk diplerinde hareket olmasının nedeni, A-0809 ile A-0110 ÜTY arasında bulunan 20 m'lik topuktur. Topuk baskısının nedeni ise A-01 Panosunun üretiminin ardından yerüstünde oluşan tasman sonrası topuğa baskı yapan ölü yük sebebiyle topuğun bu şekilde örselenmesidir.

İşletmede ayrıca topuğun durumunun araştırılması için yeraltında A-0809 ÜTY'nden topuğa doğru üç tane jeoteknik sondaj da yapılmış olup, elde edilen karotların ilk 9 m'de parçalı kırıklı, 9-12 m'de sağlam ve 12'nci m'den sonra ise tekrar parçalı kırıklı olduğu görülmüştür. Elde edilen karotların durumu; bırakılan topuğun A-0809 ÜTY'na yakın olan metrajlarında formasyon baskısının olduğunu, A-0110 ÜTY'na yakın olan metrajlarda ise üretimi tamamlanmış A-01 Panosunun göçmesi nedeniyle topuğun örselendiğinin ve baskıya uğradığının kanıtıdır.

4. A-0809 ÜTY'ndeki direk dibi hareketinin bir diğer nedeni ise direk diplerindeki formasyondur. Direk diplerinin 4-6 cm geldiği görülen bağlardan bazılarında direk dibinde kömür olduğu görülmüştür ve kömürün dayanımı düşük olduğundan direk diplerinin birbirine yaklaşması kaçınılmazdır.

Bazı bölgelerde ise tavanda kömür vardır. Bu kısımlarda kömür kendini çabuk bırakacağından boşluk oluşumu ve sonrasında oturma olmaktadır. Bu istasyonlar ve bu şekilde formasyon dizilimi olan bölgelere yakın istasyonlarda direk diplerinde az da olsa bir açılma ve boyunduruklarda ise alçalma görülmüştür.

Buradan çıkarım yapmak gerekirse, kömürün tavanda ve tabanda bırakılması galerilerdeki deformasyon miktarının artmasına neden olmaktadır çünkü kömürün baskıya gösterdiği direnç azdır.

## **KAYNAKLAR**

Yılmaz C., Parlak T., Solmaz M.E, 2022, Özşen Maden İşletmeleri Tic. Ltd. Şti. Kırköy Yeraltı İşletmesi RMR Değerlendirme Raporu, Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, Edirne

Lebküchner R.F., 1962, Orta Trakya Oligoseninin Jeolojisi Hakkında (Çev. Zerrin BENGİ)

# **SERBEST FORMALDEHİT TUTUCU OLARAK KULLANILAN ÜRE'NİN FENOL FORMALDEHİT REÇİNELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

## *EFFECTS OF UREA USED AS FREE FORMALDEHYDE SCAVANGER ON PHENOL FORMALDEHYDE RESINS*

**Emre Can Iğdır\*, Caner Tuz**

*F. Weber Madencilik San. Ve Tic. Ltd. Şti, İzmir, Maden Mühendisi*

**Serdar Yılmaz, Mehmet Bilen**

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği*

**ÖZET** Fenolik reçineler bilinen en eski termoset polimerlerdir. Hala bir çok endüstriyel uygulamaya sahip olan bu polimerler madencilik, otomotiv, havacılık, inşaat ve bilgisayar gibi sektörlerde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle maden sektöründe bu polimerler boşluk doldurma, yangınla mücadele, havalandırma yönetimi gibi, madencilik faaliyetleri için çok önemli olan durumlar için sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanılan bu kimyasallarda en önemli husus ise insan sağlığına zararlı olan formaldehit içeriğinin yasal sınır olan % 0.1 altında olmasıdır.

Bu çalışmada kanserojen madde olan formaldehit kimyasalının % 0.1'in altına düşürebilmek için en sık kullanılan formaldehit bağlayıcısı olan ürenin fenolik reçineler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Üre içerikli (PUF) ve üre içermeyen (PF) reçinelerin laboratuvar test sonuçları değerlendirilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.

**ABSTRACT** Phenolic resins are the oldest known thermoset polymers. These polymers still have many industrial applications and are widely used in sectors such as mining, automotive, aerospace, construction and computers. Especially in the mining sector, these polymers are frequently used in situations such as void filling, fire fighting, ventilation management, which are very important for mining activities. The most important issue in these chemicals is that the formaldehyde content, which is harmful to human health, should be below the legal limit of 0.1%.

In this study, the effects of urea, the most commonly used formaldehyde binder, on phenolic resins were investigated in order to reduce the formaldehyde, which is a carcinogenic substance, below 0.1%. Laboratory test results of urea-containing (PUF) and urea-free (PF) resins were evaluated and compared.

---

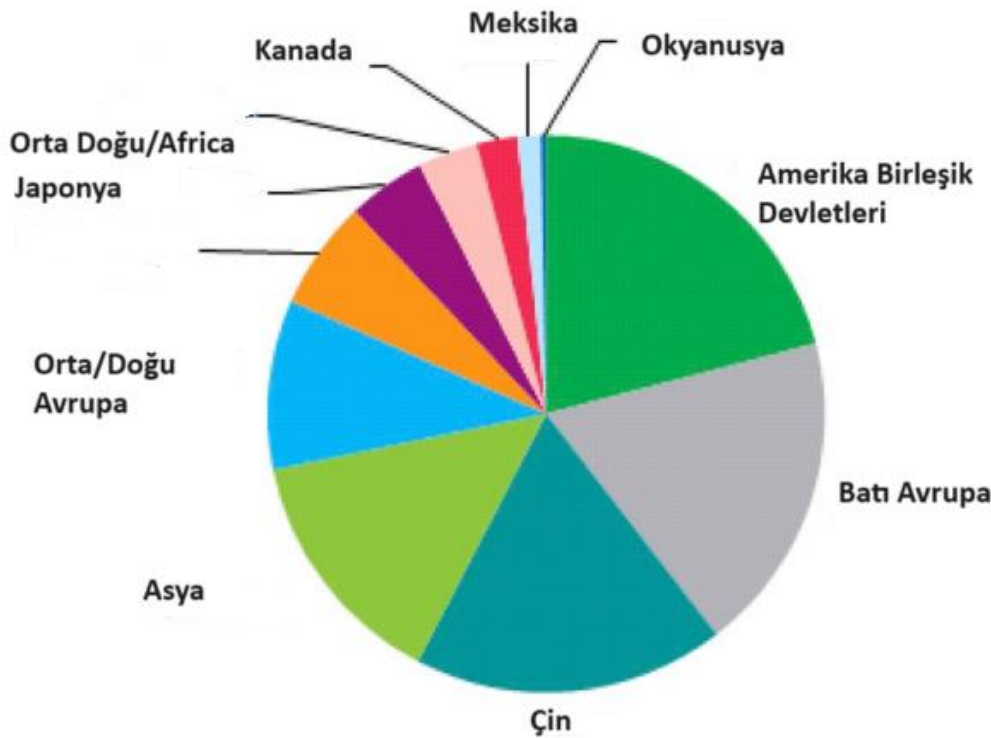
\*[emre.igdir@weber-mining.com](mailto:emre.igdir@weber-mining.com)



## 1. GİRİŞ

Fenol-formaldehit reçineleri ilk kez 1872'de Alman kimyager Adolph Von Baeyer tarafından keşfedildi (Gardziella, Pilato, Knop 2000). 1940'ların başında fenolik köpükler (PF) ilk kez Alman endüstrisinde materyal ikamesi olarak kullanılmaya başlandı (Ivasaki, 1991). Daha az gevrek ve kırılğan olan poliüretan, polivinil klorür ve polistiren gibi köpüklerin ortaya çıkması sonucu popülerliğini yitirmeye başladı (Nutt, Shen, 2003). Ancak yangınla mücadele için getirilen yeni kısıtlamalar, endüstriyel sanayilere, yukarıda bahsedilen köpüklerin düşük yanma direnci yanma sırasında oluşan zehirli gaz çıkışlarından ötürü alternatif ürünler arama zorunluğunu doğurdu. Bu sebeple fenol-formaldehit reçineleri mükemmel alev almaz, alev yürütmez özellikleri sayesinde tekrardan tercih edilmeye başlandı (Pilato, 2010).

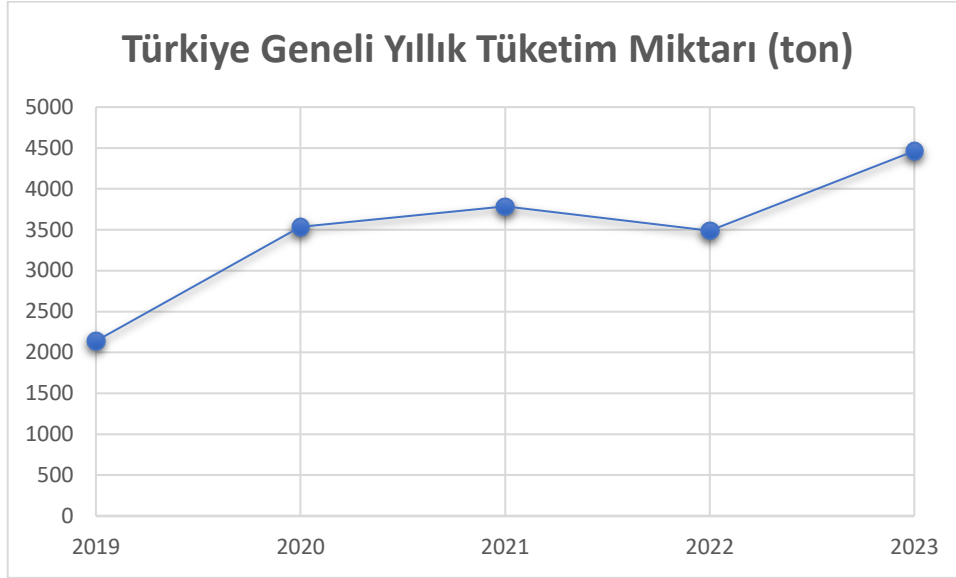
Fenolik köpük, termal performansın, nem direncinin, yangın performansının ve hatta yapısal dayanıklılığın temel performans kriterleri olduğu çok çeşitli uygulamalarda kullanılan çok yönlü bir malzemedir. Fenolik köpükler ısı yalıtımı, maden, tünel ve tıp gibi bir çok sektörde çok amaçlı olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Özellikle maden ve mobilya sektöründe kullanılan bu reçinelerin 2017 yılında dünya genelindeki kullanım hacimleri aşağıda grafikte gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. 2017 yılındaki fenol-formaldehit tüketiminin yüzdesel dağılımı.

Ülkemizde madencilikte oldukça yoğun kullanılan bu reçinelerin yıllara bağlı olarak tüketim miktarları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

<i>YIL</i>	<i>TÜKETİM (ton)</i>
2019	2140
2020	3535
2021	3785
2022	3488
2023	4463



Şekil 2. 2019-2023 Yılları Arası Fenol Köpük Tüketimi.

## **2. ÜRENİN FENOL FORMALDEHİT REÇİNE İÇERİSİNDE KULLANIMI VE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Türkiye'de fenol bazlı dolgu malzemelerinin teknik gereksinimlerinden bir tanesi, köpük oluşumu için kullanılan reçine bileşeninin serbest formaldehit miktarı ağırlıkça %0,1'den az olmasıdır (Bilen, Tuz, 2020). Yüksek formaldehit içerikli malzemeler düşük formaldehit içerikli malzemelere göre daha ucuzdur. Bu yüzden daha çok tercih edilir. Köpük oluşumunda ortaya çıkacak olan serbest formaldehit çıkışını azaltmak için ise bazı eklentiler kullanılmaktadır.

Formaldehit bağlayıcısı olarak kullanılan en yaygın kimyasal birincil ve ikincil aminlerdir. Bu kimyasalların başında üre, amonyak, melamin ve disiyandiamid gelmektedir. En ekonomik ve en yaygın amin türü ise üredir.

Fenolik reçineye serbest formaldehit bağlayıcısı olarak üre eklendiğinde ürün stabilitesini kaybedeceğinden çok kısa sürede kullanılması gerekir. Bu süre zarfında ortamdaki çoğu serbest formaldehit üre ile bağlanır. Reçine içerisindeki serbest formaldehit miktarı 0.1%'e kadar düşer. Daha çok serbest formaldehit bağlayıcısı

olarak üre kullanmak serbest formaldehit emisyonunu azaltır fakat reaksiyonun içerisinde oluşan dimetilol ürenin çökeltme riskini oldukça artırır. Bu durum reçinenin stabilitesini bozar, çökeltmesine sebep olur ve uygulama işlemlerini oldukça zorlaştırır. Çökelen ve kristalize olan malzemenin çözünmesi çok zordur. Formaldehit bağlayıcısı olarak eklenen üre reçinenin içerisindeki serbest formaldehit yüzdesini düşürmesine rağmen ürünün raf ömrünü oldukça düşürür (Dupre, 2002).

Yüksek formaldehit içerikli reçine hammaddeleri düşük formaldehit içerikli hammaddelere göre daha ucuzdur. Reçine içerisinde bulunan yüksek oranda serbest formaldehiti düşürmek için büyük miktarda üre ilave edilmesi gerekir. Çoğu üre içerikli fenol-formaldehit reçineler, düşük maliyetlerden ve uçucu olmamasından dolayı inorganik katalizörlerle birleştirilir. üre içerikli fenol-formaldehit reçine inorganik katalizörlerle tepkimeye girdiklerinde ön karışım olarak adlandırılan üre çözeltisiyle karıştırılır ve fenolik reçinenin belirli bileşenleri ön reaksiyona girer. Tetradimerler(fenolik reçine) kristalleşerek hatların tıkanması, normal faaliyetlerin kesintiye uğramasına ve reçine kaybına sebep olur. Kristalize olan malzemenin uygulanması ise oldukça zordur. Çoğu zaman üre fenolik reçineye eklenemez. Çünkü bu pre-mixler tetradimer çökeltmesi yaşamadan, iki- üç hafta bile depolanamazlar. Yani stabil bir yapıya sahip değildirler (Dupre, 2002).

Üre içerikli fenol-formaldehit reçinesi fenol-formaldehit reçinesiyle karşılaştırıldığında kinetik reaksiyon mekanizması ve çekirdeklenme işlemleri sırasındaki ağ özelliklerinin farklı özelliklerde olduğu tespit edilmiştir. Üre içerikli fenol-formaldehit reçinesinin aktivasyon enerjisi değeri saf fenol-formaldehit reçinesine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yüksek aktivasyon enerjisine sahip olan Üre içerikli fenol-formaldehit reçineyi reaksiyona sokabilmek için kullanılacak olan asit, fenol-formaldehit reçineyi reaksiyona sokabilmek için kullanılacak olan asitten daha güçlü olmalıdır. Çekirdeklenen Üre içerikli fenol-formaldehit reçine ağının rijiditesi çekirdeklenen fenol-formaldehit reçinesine göre biraz daha düşük olmuştur. Fenol-formaldehit reçinelerin mukavemeti, Üre içerikli fenol-formaldehit reçinelere göre daha yüksektir (Dupre, 2002).

Ürenin fenol-formaldehit içerisine dahil edilmesi bazı özelliklerini değiştirir;

- Düşük eğilme mukavemeti
- Düşük raf ömrü
- Düşük yapışma performansı
- Kürleşme ( sertleşme ) hızının artması

Esneme-eğilme mukavemeti düşük olmasından dolayı kırılgenlik artar. Düşük raf ömrü depolama süresini oldukça kısaltır. Yapışma düştükçe uygulamanın performansı oldukça düşer. Hızlı sertleşen malzeme daha kırılgen yapıda olur (Dupre, 2002).

PF reçinesine üre eklenmesi önemli ölçüde reaktiviteyi artırır ve üretim maliyetlerini azaltır. Artan üre içeriği reçinenin stabilitesini olumsuz yönde etkileyecektir, bu da suya karşı direncin ve yapışmanın zayıf olmasına neden olur. Fenol, formaldehit ve üre, tannin gibi eklentiler arasındaki eş yoğunlaşma bir dizi komplike reaksiyonlara sebep olur. Bu eklentilerin formaldehitle yüksek re-aktivasyona ve büyük moleküler yapıya sahip olması reçinenin polimerik yapısının zayıflamasına sebep olur (Pang, 2018).

Genellikle fenolik reçineye üre eklenemez. Çünkü fenolik reçine ve üre karışımı tetradimer çökmesi olmadan iki-üç hafta saklanacak kadar stabil değildir. Bu yüzden çoğu fenolik reçine üreticileri üre katmayı tercih etmezler. Uçucu ve toksik bir katalizör kullanmamak kaydıyla, uzun raf ömürlü bir fenolik reçine üretmek mümkün olsaydı üreticiler serbest formaldehit bağlayıcısı olarak üreyi kullanabilirlerdi. Bu tarz bir PUF reçine çoğu üretici için şu sebeplerden dolayı cazip olurdu;

- Depolama tesisi gereksinimleri azalır.
- Elleçleme için gerekli insan gücü azalır.
- Serbest formaldehit emisyonu düşük olurdu.

İnorganik katalizörlerle katalize edilmiş PUF reçineleri oldukça düşük stabiliteye, düşük mukavemet özelliklerine ve düşük nem direncine sahiptir. Fakat organik, yüksek toksik ve uçucu katalizörlerle katalize edilmiş, yüksek üre içeriğine sahip reçineler iyi özellikler gösterebilir. Katalizörlerin oldukça agresif ve toksik olması geniş çaplı uygulamalar için uygun değildir (Wu, 1995).

Bu çalışmada üre içerikli fenol-formaldehit reçine ile fenol-formaldehit reçineleri ile oluşan köpüklerin karşılaştırılıp aralarındaki farkların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### **3. ÜRE İÇERİKLİ FENOL-FORMALDEHİT REÇİNE İLE YAPILMIŞ OLAN (PUF) VE KÖPÜĞÜN ÜRE EKLENTİSİ OLMAYAN FENOL-FORMALDEHİT (PF) REÇİNESİ İLE YAPILAN KÖPÜK İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Laboratuvar ortamında PUF ve PF köpüklerin testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerde reaksiyon süresi, reaksiyon sıcaklığı, köpük yoğunluğu, kabarma faktörü ve basma dayanımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda ayrıca reaksiyon sırasında açığa çıkan gazlar ölçümlenmiş olup test sonuçları karşılaştırılmıştır.

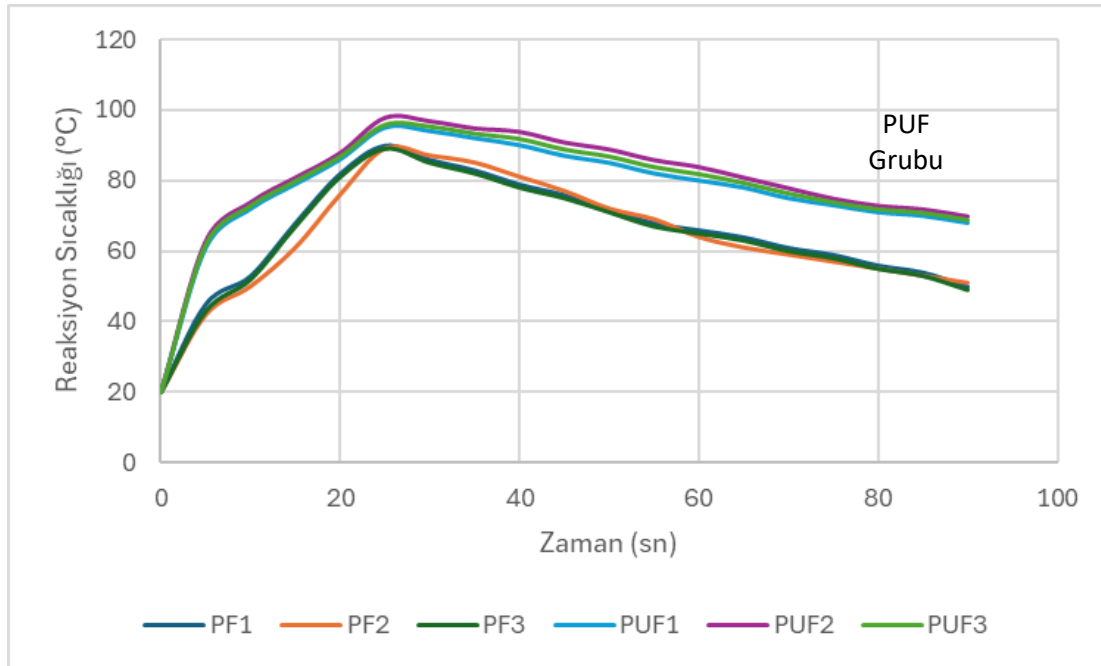
### 3.1 Reaksiyon Süresi ve Reaksiyon Sıcaklığı Testleri

PUF ve PF köpükler bir test tabancası yardımıyla oluşturulmuştur. Reçine 300 ml ve katalizör 75 ml olacak şekilde kartuşlara doldurulmuş olup bir plastik kova içerisine test tabancası ile basılmıştır. Köpük oluşumu sırasında bir problu sıcaklık ölçer ile reaksiyon iç sıcaklığı ölçülmüştür, yüzeysel reaksiyon sıcaklığı termal ısı ölçer vasıtasıyla ölçülmüştür ve bir kronometre vasıtasıyla en yüksek reaksiyon sıcaklığına ulaştığı süre ölçülmüştür. Test işlemleri üç adet PF ve üç adet PUF köpük için aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Reçine ve katalizör bileşenlerinin başlangıç sıcaklıkları tüm numuneler için 20 °C olarak ayarlanmıştır.

Çizelge 1. Reaksiyon Sıcaklıkları ve Reaksiyon Süresi.

Numune Adı	En Yüksek Çekirdek Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	En Yüksek Yüzeysel Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	Reaksiyon Süresi (sn)
PF1	92	71	23
PF2	89	69	25
PF3	91	69	23
PUF1	95	83	24
PUF2	98	84	25
PUF3	96	84	24

PUF ve PF köpüklerin zamanı bağlı reaksiyon çekirdek sıcaklığı grafiği aşağıdaki şekilde yer almaktadır.



PUF ve PF köpüklerin reaksiyon sıcaklıklarında zamana bağlı değerlerinde alınan farkların ortalaması 15 °C olarak hesaplanmaktadır. Aynı zamanda PF köpüklerin reaksiyon sıcaklıkları PUF köpüklere göre daha hızlı düştüğü görülmektedir.

### 3.2 Kabarma Faktörleri ve Köpük Yoğunluğu Karşılaştırması

PUF köpüğün reçine bileşeninin yoğunluğu 1260 kg/m<sup>3</sup> ve katalizör bileşeninin yoğunluğu 1585 kg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. PUF köpük hacimsel olarak 4:1 (reçine:katalizör) olarak karıştırılmaktadır. Köpük sıvı yoğunluğu 1325 kg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. PF köpüğün reçine bileşeninin yoğunluğu 1200 kg/m<sup>3</sup> ve katalizör bileşeninin yoğunluğu 1520 kg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. PF köpük hacimsel olarak 4:1 (reçine:katalizör) olarak karıştırılmaktadır. Köpük sıvı yoğunluğu 1264 kg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. Reaksiyon sonrası oluşan köpükler 10x10x10 cm olarak kesilmiş olup hassas terazi ile ağırlıkları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları kg/m<sup>3</sup> olarak aşağıda yer alan Tablo 2’de verilmiştir. Köpük sıvı yoğunluğunun oluşan köpük yoğunluğuna bölünmesiyle kabarma faktörleri elde edilmiş olup aşağıdaki Çizelge 2’de sunulmaktadır.

Çizelge 2. Köpük Yoğunluğu ve Kabarma Faktörü.

Numune Adı	Köpük Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	Kabarma Faktörü
PF1	15,5	82
PF2	23,2	54
PF3	21,8	58
PUF1	17,1	81
PUF2	16,4	84
PUF3	16,8	82

Farklı tipteki PF köpüklerde kabarma faktörleri değişkenlik göstermektedir. PF köpüklerin kabarma faktörleri reçine bileşeninin içeriğine bağlı olarak değişmektedir. PUF köpüklerin kabarma faktörleri yüksek olup birbirine yakın olduğu görülmektedir. PUF köpükler kabarma faktörleri oldukça yüksek olarak görülmekte olup PF köpükler ise reçine bileşeni içeriğine göre ayarlanabilir olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.3 Basma Dayanımı Karşılaştırması

Kesilen 10x10x10 cm boyutundaki numunelerin basma dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Basma dayanım testlerinin %10, %30, %50 ve %70 deformasyonda ki değerleri aşağıda ki Çizelge 3’de yer almaktadır.

Çizelge 3. Basınç dayanımı.

Numune Adı	%10 Deformasyonda (kPa)	%30 Deformasyonda (kPa)	%50 Deformasyonda (kPa)	%70 Deformasyonda (kPa)
PF1	15,3	18,3	21,0	28,0
PF2	32,3	33,0	34,5	53,0
PF3	30,8	32,3	35,3	50,3
PUF1	14,3	15,6	17,5	29,7
PUF2	14,0	15,0	17,3	29,5
PUF3	14,0	15,2	17,5	29,2

Basma dayanımları test sonuçlarına göre köpük yoğunluğu ile köpüğün mukavemetinin doğru orantılı olduğu görülmektedir. Köpük yoğunluğu yüksek olan PF köpüklerin mukavemetleri de yüksektir. Köpük yoğunluğu birbirine yakın olan PUF köpüklerin mukavemet değerlerinin de birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır. İki köpük türü arasında karşılaştırma yapıldığında nispeten PF köpüklerin PUF köpüklere göre daha yüksek mukavemet değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.4 Çıkan Gazların Karşılaştırılması

PF ve PUF köpükler test tabancası ile köpük oluşumu sağlanmış olup ASTM 4490-96 standardına göre çıkan gazların ölçümleri gerçekleştirilmiştir. PF köpüklerde reçine bileşeninin ham maddesinin içeriğinde %0,1'den daha düşük formaldehit bulunmaktadır. PUF köpüklerde ise %1'den daha düşük formaldehit bulunmaktadır. Ham reçine içerisinde yaklaşık olarak 10 kat fark bulunan iki köpüğe ait reaksiyon sonucunda çıkan gazların sonuçları aşağıda bulunmaktadır.

Çizelge 4. Çıkan Gazlar.

Gazlar	PF	PUF
Karbonmonoksit (ppm)	0	8
Karbondiyoksit (ppm)	1300	1500
Metan (%)	0	0,2
Etan (ppm)	0	108
Fenol (ppm)	<0,3	0,38
Formaldehit (ppm)	<0,03	0,16

PUF köpüklerin PF köpüklere göre reaksiyon sırasında yan gazlar oluşturduğu görülmüştür. PF köpüklerin reaksiyonunda metan, karbonmonoksit ve etan gibi gazların çıkışları olmamaktadır. PUF köpüklerde ise reaksiyon sırasında bu gazların çıkışı meydana gelmektedir. Karbondiyoksit gazı PF köpüklerde PUF köpüklere oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı zamanda içeriğinde barındırdıkları fenol ve

formaldehit maddelerin düşük seviyelerde çıkışları görülmektedir. Formaldehit tutucu olarak kullanılan ürenin reaksiyon sonucu formaldehit yayılımını düşürdüğü ve düşük formaldehit içerikli PF köpüklere yakın salınım gösterdiği görülmektedir. PF köpüklerde PUF köpüklere oranla daha düşük düzeyde fenol salınımı olduğu anlaşılmaktadır.

#### **4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR**

Yapılan analizler değerlendirildiğinde fenol-formaldehit köpüklerin fenol-üre-formaldehit köpüklere oranla daha hızlı bir reaksiyona sahip olduğu ve reaksiyon sıcaklığının daha yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Aynı zamanda fenol-üre-formaldehit köpükler reaksiyon sırasında daha uzun süre sıcaklığı bünyesinde tuttuğu ve reaksiyon ısısının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Fenol-üre-formaldehit köpüklerin kabarma faktörlerinin yüksek olduğu ve reçine bileşeninde yapılan değişiklikte kabarma faktörünün çok etkilenmediği görülmektedir. Fenol-formaldehit köpüklerde reçine bileşenine bağlı olarak kabarma faktörünün değiştiği ve ayarlanabilir olduğu anlaşılmaktadır.

Fenol-üre-formaldehit ve fenol-formaldehit köpüklerin basma dayanımlarının köpük yoğunluğuna bağlı olduğu ve köpük yoğunluğu ile basma dayanımı arasında doğru orantı olduğu gözlemlenmiştir. Fenol-formaldehit köpükler ile fenol-üre-formaldehit köpüklerin köpük yoğunlukları göz önünde bulundurularak yapılan mukavemet karşılaştırmasında nispeten fenol-formaldehit köpüklerin mukavemetlerin daha iyi olduğu görülmektedir.

Fenol-üre-formaldehit köpükler reaksiyon sırasında yan gazlar oluşturmaktadır. Yeraltı kömür madenciliği için tehlike arz eden metan, etan ve karbonmonoksit gazlarının fenol-üre-formaldehit köpüklerin reaksiyonları sonucunda açığa çıktığı görülmektedir. Toksik fenol gazının fenol-formaldehit köpüklere göre fenol-üre-formaldehit köpüklerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Kanserojen formaldehit gazının üre katılımı sonucunda düşük seviyelere ulaştığı ve düşük içerikli fenol-formaldehit köpüklere yakın formaldehit salınımı olduğu anlaşılmaktadır.

#### **KAYNAKLAR**

Mehmet Bilen, Caner Tuz, 2020. Analysis and recommendations on the use of polymer and phenol-based materials for coal mines.

F.C. Dupre, M.E. Foucht, W.P. Freese, K.D. Gabrielson, B.D. Gapud, W.H. Ingram, T.M. McVay, R.A. Rediger, K.A. Shoemake, K.K. Tutin, J.T. Wright, Cyclic urea-formaldehyde prepolymer for use in phenol-formaldehyde and melamine-formaldehyde resin-based binders, US Patent 6 379 814, assigned to Georgia-Pacific Resins, Inc., Atlanta, GA, Apr. 30, 2002



- A. Gardziella, L.A Pilato, A. Knop, Phenolic Resins: Chemistry, Applications, Standardization, Safety and Ecology, Springer, 2000.
- K. Iwasaki, Recent trends of phenolic foam in Japan, Cell. Poly. Conf. Proc. (1991)
- L. Pilato, Phenolic Resins: a Century of Progress, Springer Berlin Heidelberg, 2010
- Pang, Eco-Friendly Phenol-Urea-Formaldehyde Co-condensed Resin Adhesives Accelerated by Resorcinol for Plywood Manufacturing (2018)
- Sr Nutt, H. Shen, L. Vaihhanski, Composite foams for sandwich structures, J. Korean Chem. Soc. 40 (7) (2003) 625-631
- Wu, Low-volatile and strongly basic tertiary amino alcohols as catalyst for the manufacture of improved phenolic resin

# **DÖNER KEPÇE EKSKAVATÖR KAZI SİSTEMİNDE İYİLEŞTİRME SÜREÇLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

## ***IMPROVEMENT PROCESS AND ASSESSMENT IN BUCKET WHEEL EXCAVATOR MINING SYSTEM***

**Tahir Mallı\***

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir*

**ÖZET** Günümüzde sürdürülebilir ve güvenli elektrik üretiminde yerli kaynak kullanımının olabildiğince artırılması gerektiği daha belirginleşmiştir. Bu nedenle, ülkemiz enerji kaynakları içinde önemli olan linyit kömürlerinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. 2023 yılında elektrik üretiminin %12,60'ı linyit kömür kaynaklıdır. Türkiye linyit üretimi, 2022 yılında 80,63 milyon ton düzeyine ulaşmış ve üretimin yaklaşık %25'i Afşin Elbistan Linyit İşletmesi'nden sağlanmıştır. İşletmede dekapaj ve kömür kazılarında Döner Kepçeli Ekskavatörler (DKE) çalışmaktadır.

İşletmede yıllık üretim kapasitesinin yükseltilmesi için; DKE'lerin daha yüksek verimlilik ve kapasitede çalışmalarına yönelik iyileştirmeler oldukça önemli ve gereklidir. Özellikle, DKE duruş sürelerinin azaltılması ile kazı sürelerinin iyileştirilerek kazı miktarlarında önemli artışlar sağlanması olasıdır. İşletmede kazı sistemlerindeki iyileştirmeler ve verimlilik artışları ile sürdürülebilir ve ekonomik üretimlerin gerçekleştirilmesi sağlanırken ayrıca kaynaklardan en üst düzeyde, rasyonel ve etkin faydalanılması da olasıdır.

**ABSTRACT** Nowadays, it has become more evident that the use of domestic resources should be increased as much as possible in sustainable and safe electricity production. For this reason, it is very important to utilize lignite coal, which is important among country's energy resources. In 2023, 12.60% of electricity generated from lignite coal. Turkey's lignite production reached 80.6 million tons in 2022 and approximately 25% was provided by Afşin-Elbistan Lignite Enterprise. Bucket wheel excavators are used in stripping and coal excavations in site.

In order to increase the annual production; improvements for bucket wheel excavator to operate at higher efficiency and capacity are very important and required. In particular, it is possible to achieve significant increases in productivity by reducing downtime. So, economical production and sustainability can be realized through improvements in excavation system and productivity increases in the enterprise, it is also possible benefit from resources at highest level, rationally and effectively.

---

\* [tahir.malli@deu.edu.tr](mailto:tahir.malli@deu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Türkiye 2023 yılında elektrik üretiminin %12,60'ı ve kurulu güç kapasitesinin %9,5'i yerli linyit kömür kaynaklı ve 2022 yılında elektrik üretiminin %14'ü linyit kömüründen sağlanmıştır. Özellikle linyit kömürlerinin değerlendirilmesi ulusal enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Türkiye linyit üretimi, 2022 yılında 80,63 milyon ton düzeyine ulaşmış ve üretimin yaklaşık %25'i ülkenin en büyük linyit rezervi havzası konumundaki Afşin-Elbistan Linyit(AEL) İşletmesinden sağlanmıştır(MTA,2023). Kazı sisteminde yapılacak iyileştirmelerle birlikte işletme verimlilik ve kazı kapasitesinin artırılması ile yıllık üretimin 27 milyon tona ulaşması hedeflenmektedir. İşletmede, yüksek kapasitede üretimin gerçekleştirilmesi dekapaj ve kömür kazı operasyonlarında döner kepçeli ekskavatörlerden(DKE) olabildiğince yüksek oranda faydalanılması, DKE duruş sürelerinin düşürülerek çalışma ve kazı sürelerinin artırılmasıyla yıllık kazı miktarlarının da yükseltilmesi planlanmaktadır.

Açık işletme madenciliğinde özellikle kazı ve nakliye sisteminde yapılacak iyileştirme süreçleri, maliyetlerin düşürülmesiyle işletmelere önemli kazanımlar sağlanacaktır. Bu yönüyle, sürekli sistem döner kepçe ekskavatör bantlı konveyör yöntemi, yüksek kapasiteleri ile avantajlı ekonomik çözümler sağlayabilmektedir. Özellikle elektrik enerjisi üretimine yönelik işletmelerde; sürdürülebilir, verimli ve efektif maliyetlerle üretimlerin gerçekleştirilmesi ekonomik kömür üretimlerini gerektirmektedir. Ülkemiz 19,32 milyar ton linyit rezervi ile Dünya kömür rezervinin %2,1'ine sahiptir. Linyit rezervleri ortalama 2500 kcal/kg altında kalori değerinde olduğundan üretimin %85'i termik santrallere yöneliktir(MTA,2023).

Sürekli madencilik sistemleri, Almanya açık işletmelerinden sonra Polonya, Romanya, Yunanistan ve Çek Cumhuriyeti gibi bazı Avrupa ülkelerinde adapte olarak uygulanmaktadır (Kavouridis,2008; Huss,2014). Sürekli sistemlerin avantajı; düşük operasyonel giderler, yüksek sistem uyumluluğu, düşük emisyon ve CO2 ayak izi, yüksek kapasitelerde (240,000 m<sup>3</sup>/gün) kazı performansı sağlamasıdır (Thyssenkrupp,2020). Ancak nispeten daha yüksek yatırımları karşılayacak düzeyde rezervlerin bulunmasını ve geniş yataklanmaları gerektirmektedir (Atkinson,1971). Kazılabilirlik ve makine performanslarını kesin olarak belirleyen örtü tabakası malzemesinin geometrik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin döner kepçeli ekskavatörlerin verimliliği üzerindeki etkisinin tahmini, uzun vadeli maden planlama ve tasarım fazları için çok önemlidir (Galetakis,2014). Marn ve kil olmak üzere birbirini izleyen örtü tabakası katmanları, değişen kalınlık ve koheziona sahiptir ve ayrıca ondülasyonlu dalgalanmalar sergileyebilir. Ayrıca, örtü tabakasında çoğunlukla çakıltaşları ve sert kumtaşlarından oluşan sert jeolojik oluşumlar, bağımsız olarak veya mevcut sürekli maden ekipmanı ile kombinasyon halinde kesikli işletme yöntemlerinin (ekskavatör-kamyon ve/veya patlatma) kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Galetakis,2016). DKE, gevşek ve konsolide olmayan formasyonlarda büyük kapasiteli üretimler için en etkin makinadır. DKE sürekli kazıcı sistemler büyük yatırımlar gerektirdiğinden max sürede yüksek verimlilikle çalışması gerekir. Almanya' da ortalama günlük çalışma süresi 3 vardiya devamlı olarak iyi şekilde adapte olmuş

makine için 19,2 saat olduğu yılda 5000 saat aktif çalışma (genel bakımdan sonra net olarak) planlanabilmektedir. BWE, gevşek ve konsolide olmayan formasyonlarda büyük kapasiteli üretimler için en etkin makinalardır (Atkinson,1971).

Açık işletmelerde geleneksel ekskavatör-kamyon sistemi yerine, düşük enerji tüketimi sağlayan, sera gazı ve CO<sub>2</sub> emisyonları düşük, yüksek kapasiteli döner kepçeli ekskavatör-bant konveyör sürekli sistemleri daha ekonomik çözümler sağlayabilmekte ve teknolojik ve çevresel açıdan işletmelere avantajlar sağlaması olasıdır. DKE + bant sistemi, yüksek ilkyatırımlar gerektirmesine rağmen düşük amortisman şarjları ile konvansiyonel ekskavatör-kamyon sistemlerine göre ekonomiktir. DKE + bant konveyör sisteminin konvansiyonel ekskavatör-kamyon yöntemine göre farklı kapasiteli üretim planlamalarında, %28 ile %45 arasında değişen oranlarda amortismanları düşürmektedir. İşletmelerde makinaların çalışma süreleri ve kapasite gibi değişkenlerin, yıllık amortisman ve birim üretim maliyetlerine etkisi oldukça fazladır (Mallı, 2021).

Açık maden işletmelerinde verimlilik değerleri; kazıcıların kapasite, yıllık çalışma süreleri, kullanım oranları, ekonomik ömürleri gibi parametrelere bağlıdır. Özellikle kazı ve nakliye sistemlerinde verimlilik artışları, işletme kazı miktarlarında artışları ve dolayısıyla ekonomik kazanımları sağlamaktadır. Çalışma bu amaçla, işletmede sürekli sistemde yaşanan duruşların azaltılması ile makinaların çalışma ve kazı sürelerinin iyileştirilmesi durumunda; teknik açıdan verimliliğin yükselmesi ile birlikte artan kapasite değerleriyle ekonomik kazının gerçekleşmesi mümkündür. Böylelikle, işletmelerde sürdürülebilir rekabetçi maliyetlerle üretimlerin gerçekleştirilerek ülke rezervlerinin rasyo-ekonomik ve etkin değerlendirilmesi de sağlanabilecektir. Bu çalışmada, işletmede çalışan DKE kazı sisteminden olabildiğince yararlanılarak duruş sürelerinin azaltılıp kazı sürelerinin, verimlilik ve üretkenlik artışlarının sağlanmasına yönelik iyileştirme opsiyonları üzerine odaklanılmaktadır.

## **2. İŞLETME & DKE SÜREKLİ KAZI SİSTEMİ**

Açık maden işletmelerinde, yüksek ilkyatırım gerektiren elektrikli sürekli kazıcı sistemlerinde planlı ve plansız duruşlar makinaların çalışma parametrelerini etkilemektedir. Özellikle planlı duruşlar, bakım-onarım sürelerinden kaynaklanırken plansız duruşlar ise arıza ve beklenmeyen sürelerden kaynaklanmaktadır. Planlanmış duraksamalar; döngüsel bakım-onarım süreleri, molaları, vardiya değişimi ve hazırlık süreleri gibi önceden öngörülmüş planlanmış boşta beklemeleri kapsarken planlanmayan duraksamalar ise genellikle arızaları, bozukluk ve planlanmamış boşta beklemeleri kapsar (M. Özdoğan ve M. Taksuk 2011) Bakım türleri, düzenli ve düzensiz bakımlardan oluşurken düzensiz bakım, kazı aracı bozuldukça yapılan onarım-bakımlardır. Bu tür bakımda, hiç belirti vermeden birdenbire ortaya çıkabilecek ve giderilmesi uzun süre alabilen büyük ve pahalı arızalara hazır olmak lazımdır (Barkhuizen ve Pretorius,2008). Koruyucu-önleyici bakımlar; çalışma saatine bağlı olarak düzenli aralıkla yapılan işlerdir. Koruyucu-önleyici bakımların yapılmasıyla üretimde çalışan makinaların duraksamaları en aza indirilerek üretim

miktarı arttırılmaya ve üretim programları gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, makine ömrünün uzatılması için arızalar zamanında ve önceden saptanarak maliyeti daha yüksek arızalara yol açması önlenmeye çalışılır. Böylece, toplam bakım-onarım giderleri de azaltılmaktadır (Erçelebi ve Ergin,1997). Açık maden işletmelerinde verimlilik ile kazançlılıkları kazıcıların kullanım ve ayakta kalma oranlarına, yıllık çalışma sürelerinin, ekonomik ömürlüklerinin uzunluklarına bağlıdır (Cebesoy,1998).

Dünya’da birçok açık kömür işletmesinde olduğu gibi AEL İşletmesi’nde döner kepçeli ekskavatör bant konveyör örtü-kazı sistemine dayalı yüksek kapasitede kömür üretilmekte ve termik santrale beslenmektedir. Elektrik enerjisi açısından linyit kömüre dayalı termik santral toplam kurulu gücünün %23,6 oluşturan Afşin-Elbistan kömür havzası, toplamda 4,3 milyar ton görünür ve 3,4 milyar ton işletilebilir rezerv olmak üzere ülkenin en büyük potansiyele sahip havzası konumundadır. 2022 yılı üretim kapasitesi 20 milyon tonu aşan ve yaklaşık 582 milyon ton rezerv belirlenen Kışlaköy açık işletmesinde yıllık 27 milyon ton kömür üretimi planlanmaktadır (Çelikler,2023). (Şekil 1).



Şekil 1. AEL Kışlaköy İşletmesi DKE kazı ve nakliye sisteminden görünüm.

### **3. DURUM ANALİZİ: DKE KAZI SİSTEMİ DURUŞ SÜRELERİ**

AEL Kışlaköy İşletmesi kazı sisteminde çalışan DKE kazıcı makinaların kapasite ve verimliliklerin iyileştirilmesinde, yıllık duruş sürelerinin olabildiğince azaltılması ile çalışma ve kazı sürelerinin yükseltilmesi ve toplam süre içinde etkin çalışma oranlarının yükseltilmesi oldukça önemlidir.

İşletmede aktif çalışan 6 adet DKE kazıcı makinanın bir yıllık süreçte gerçekleşen aylık çalışma süreleri ve toplam süre içinde etkin çalışma oranları Çizelge 1’de verilmektedir.

DKE kazıcı makinalarda en yüksek ortalama çalışma süresi; 29.237 dk ile DKE-4’de sağlanırken, en düşük ortalama çalışma süresi; 17423 dk ile DKE-6’da gerçekleşmiştir. DKE’lerde en yüksek çalışma oranı; % 66.7 ile DKE-4 sağlanırken, en düşük çalışma oranı; % 39.7 ile DKE-6’da gerçekleşmiştir.

**Çizelge 1. Kazıcı makinaların çalışma süreleri ve yüzdesel oranları.**

Aylar	DKE-1		DKE-2		DKE-3		DKE-4		DKE-5		DKE-6	
	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)	Çalışma Süresi (dk)	Oran (%)
Ocak	10408	23.3	15844	35.4	13346	29.9	30054	67.3	30425	68.2	13151	29.5
Şubat	20855	51.7	20690	51.3	17086	42.3	26461	65.6	23388	58.0	11079	27.4
Mart	16001	35.8	17866	40.0	7273	16.3	31350	70.2	29069	65.1	18264	40.9
Nisan	18229	42.2	22306	51.6	-	-	30881	71.5	29599	68.5	22549	52.2
Mayıs	19474	43.6	17728	39.7	20983	47.0	33514	75.1	30456	68.2	15757	35.3
Haziran	20460	47.4	10081	23.3	17648	40.8	28555	66.1	19833	45.9	20243	48.8
Temmuz	17193	38.5	13278	29.7	19900	44.5	32144	72.0	30452	68.2	18539	41.5
Ağustos	15891	35.6	20391	45.6	22589	50.6	27292	61.1	21082	47.2	15649	35.0
Eylül	19646	45.4	19879	43.7	24709	57.2	30394	70.3	24487	56.6	13508	31.2
Ekim	28295	63.3	22863	51.2	24253	54.3	33564	75.1	28486	63.8	16918	37.9
Kasım	8231	19.0	22851	52.9	26111	60.4	22981	53.2	25825	59.7	20098	46.5
Aralık	18813	42.1	26995	60.4	29245	65.5	23655	52.9	22968	51.4	23325	52.2
Ort	17791.3	40.6	19147.7	43.7	18560.3	46.2	29237.1	66.7	26339.2	60.1	17423.3	39.7
Top	213496		229772		222723		350845		316070		209080	

İşletmede DKE kazıcı makinaların bir yıllık süreçte gerçekleşen çalışma süreleri ve toplam süre içinde etkin çalışma oranları Çizelge 2’de verilmektedir.

**Çizelge 2. Kazıcı makinaların duruş süreleri ve yüzdesel oranları.**

Ay	DKE-1		DKE-2		DKE-3		DKE-4		DKE-5		DKE-6	
	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)	Duruş Süresi (dk)	Oran (%)
Ocak	34232	76.6	28796	64.5	31294	70.1	14586	32.6	14215	31.8	31489	70.5
Şubat	19465	48.2	19630	48.6	23234	57.6	13859	34.3	16932	41.9	29241	72.5
Mart	28639	64.1	26774	59.9	37367	83.7	13290	29.7	15571	34.8	26376	59.0
Nisan	24971	57.8	20894	48.3	43620	-	12319	28.5	13601	31.4	20651	47.8
Mayıs	25166	56.3	26912	60.2	23657	53.0	11126	24.9	14184	31.7	28883	64.7
Haziran	22740	52.6	33119	76.6	25552	59.1	14645	33.9	23367	54.0	22957	53.1
Temmuz	27447	61.4	31362	70.2	24740	55.4	12496	27.9	14188	31.7	26101	58.4
Ağustos	28749	64.4	24249	54.3	22051	49.4	17348	38.8	23558	52.7	28991	64.9
Eylül	23554	54.5	24321	56.3	18491	42.8	12806	29.6	18713	43.3	29692	68.7
Ekim	16345	36.6	21777	48.7	20387	45.6	11076	24.8	16154	36.1	27722	62.1
Kasım	34969	80.9	20349	47.1	17089	39.5	20219	46.8	17375	40.2	23102	53.4
Aralık	25827	57.8	17645	39.5	15395	34.4	20985	47.0	21672	48.5	21315	47.7
Ort	26008.7	59.4	24652.3	56.3	25239.8	53.8	14562.9	33.3	17460.8	39.9	26376.7	60.3
Top	312104		295828		302877		174755		209530		316520	

DKE kazıcı makinalarda;

- DKE-6’ da en yüksek ortalama duruş süresinin 26376 dk olduğu,
- DKE-4’de en düşük ortalama duruş süresinin 14562 dk olduğu,
- DKE ler içinde en yüksek duruş oranı; % 60.3 ile DKE-6 kazıcı makinada gerçekleştiği,

- DKE ler içinde en düşük duruş oranı; % 39.7 ile DKE-4 kazıcı makinada gerçekleştiği tespit edilmiştir.

#### **4. İYİLEŞTİRME SÜREÇLERİ & TOPLAM VERİMLİ BAKIM**

AEL Kışlaköy İşletmesi ve DKE kazıcı makinalarda gerçekleştirilen iyileştirme süreçleri genel olarak; arıza önleyici bakımların artırılması ve periyodik bakımların artırılması sağlanarak kazıcı makinalarda duruş ve bekleme sürelerinin düşürülmesine yöneliktir. Böylelikle, kazıcı makinaların kazı sürelerinde belirgin artışlarla birlikte üretkenlik ve verimlilik artışlarının sağlanmasına odaklanılmaktadır. Bu nedenle, işletmede kazı sisteminde çalışan DKE kazıcı makinalarda iyileştirmeler için Toplam Verimli Bakım (TVB) sistemi ile önleyici bakım uygulamaları oldukça önemli ve gereklidir.

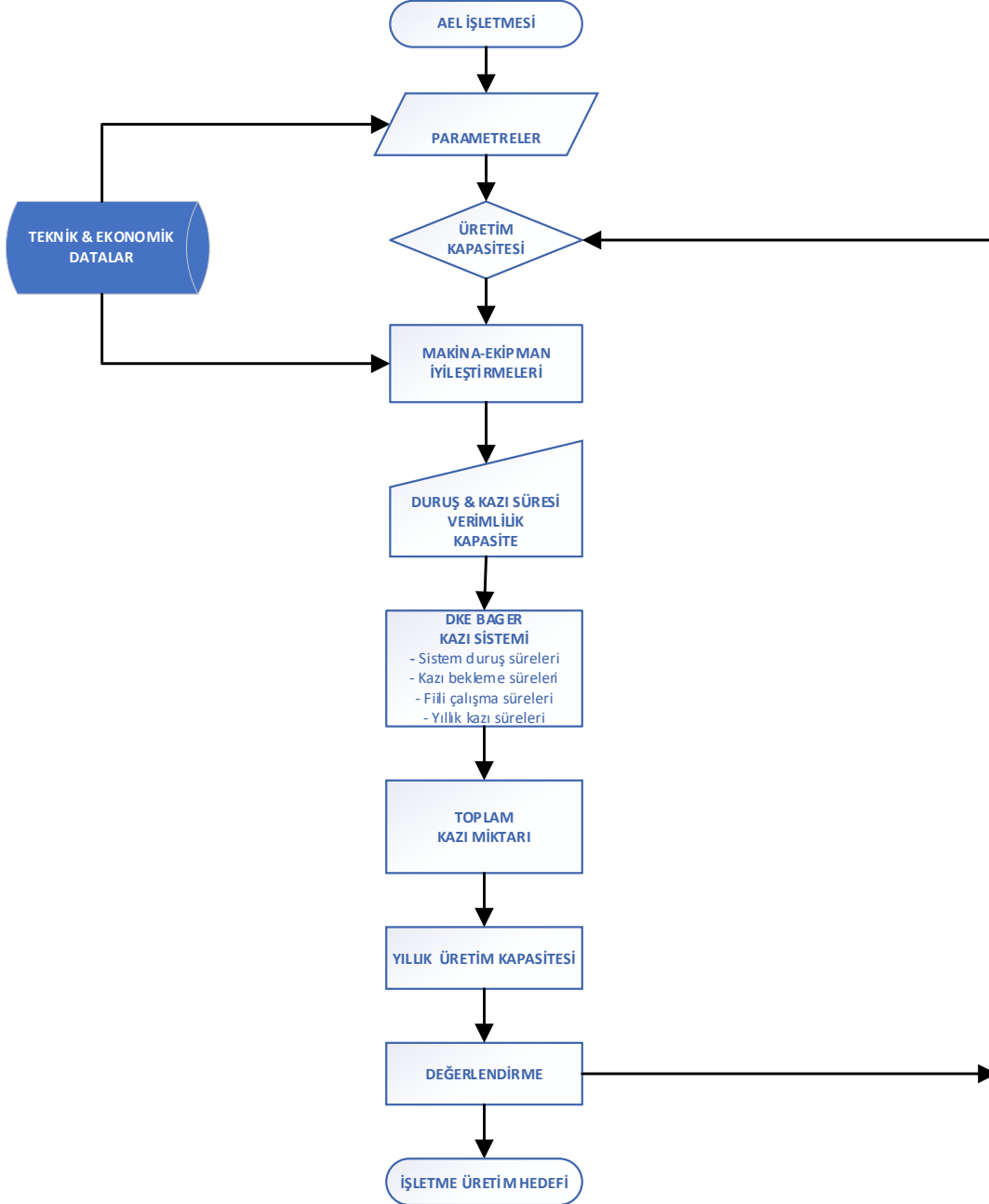
TVB sisteminin temelinde; makine ve ekipmanların verimli çalışmalarını engelleyecek 6 temel kayıp alanı azaltılarak daha verimli çalışmalarını sağlamaya dayalıdır. Bu kayıp faktörleri genellikle; planlanmış duruşlardan kaynaklanan kayıplar, istenmeyen makine-ekipman arızalarından kaynaklanan kayıplar, rölanti, küçük duraklamalar ve ayarlama zamanlarından kaynaklanan kayıplar, yavaşlamaktan kaynaklanan kayıplar, kalite, hata ve tekrar işlemlerinden kaynaklanan kayıplar ve yöntem uygunsuzluğundan kaynaklı kayıplardır(Saxena,2022). TVB sistemi; verimliliğin yükseltilmesine yönelik olarak hazırlık aşaması, uygulama aşaması ve sürekliliği sağlama aşamalarını kapsamaktadır. TVB sisteminin yapısı hazırlık aşamasında belirlenir ve toplam verimli bakıma giriş planı ile programları sağlayan adımlardan oluşur. Uygulama safhası; üretim yapısı ve üretimi etkileyen sorunların analizi, tespit edilen bakım programının geliştirilmesi ve eğitim uygulamalarını içermektedir. Sistemin değerlendirilmesi ve yeni hedeflerle sürekliliğin sağlanması ile daha iyi bir sistemin oluşturulmasıdır (Pomorski,2004).

TVB sisteminin işletmelerin verimliliğine iş-zaman kayıplarının azaltılması, arızaların giderilmesi, iş kazalarının azalmasıyla birlikte özellikle genel makina ve ekipman verimliliğinde artışlar sağlanması açısından pozitif etkileri görülmektedir. Ayrıca işletmelerde TVB uygulamaları, arızaların onarılmasının ötesinde, arızaların oluşmasını önleme, planlı bakım çalışmalarıyla kayıpların ve arızaların azaltılmasını sağladığından makinaların etkin kullanımı ile maliyetlerin düşürülmesinde önemli bir strateji olduğunu kanıtlamaktadır. Bu bakımdan, tamamen makinaların çalışma performanslarının iyileştirilmesine ve daha iyi çalışmasının sağlanmasına odaklıdır. TVB uygulamaları; maden işletmelerinde çalışan makinaların ekonomik ömrünü kapsayan süreçte önleyici bakım çalışmalarıyla makinalardan maksimum ölçüde yararlanılmasını amaçlamaktadır. İşletme ve makinalar için TVB prosedürünün genel olarak temel amaçları şöyle özetlenebilir;

- DKE kazıcı makinalarda duruş sürelerinin azaltılması,
- DKE kazıcı makinalarda tamir-bakım giderlerinin düşürülmesi,

- DKE kazıca makinalarda çalışma ve kazı süresinin arttırılması,
- DKE kazıca makinalarda kapasite, verimlilik ve üretkenliğin iyileştirilmesi,
- İşletmede zaman kayıplarının, arıza ve beklemelerin olabildiğince azaltılması,
- İşletmede üretken iş modeli ile kapasite, verimlilik ve kalitenin iyileştirilmesi,
- İşletmede daha güvenli ve sürdürülebilir çalışma ortamının sağlanması vb...

DKE kazı sistemi iyileştirme prosesi akım şeması Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. DKE kazı sistemi iyileştirme prosesi akım şeması



## 5. PARETO ANALİZİ ve DEĞERLENDİRMELER

Karar verme süreçlerinde önemli ölçüde etki yaratan etkenin seçiminde ve problem çözüm tekniklerinin temel istatistiksel yöntemlerinden olan Pareto Analizi oldukça işlevsel ve popülerdir.

İşletmede DKE kazıcı makinalarda gerçekleşen duruş ve bekleme sürelerinin nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

DKE 'ler için gerçekleşen duruş ve arıza nedenleri ile yüzdesel değerleri Çizelge 3'de verilmektedir.

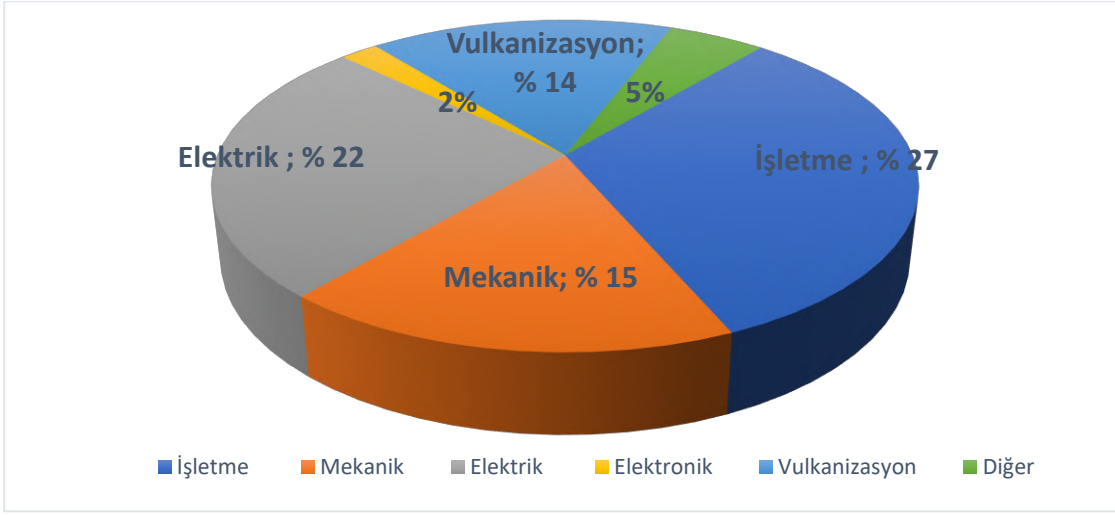
Çizelge 3. Kazıcı makinaların arıza nedenleri ve yüzdesel oranları.

DKE Kazıcı Makina							
Duruş nedenleri	DKE -1	DKE -2	DKE -3	DKE -4	DKE -5	DKE -6	ORT
İşletme kaynaklı	% 33.56	% 66.13	% 10.19	% 12.64	% 25.02	% 18.29	% 27.64
Mekanik arıza	% 17.68	% 5.90	% 17.12	% 13.28	% 23.28	% 14.00	% 15.21
Elektrik arızası	% 10.58	% 9.92	% 70.57	% 9.92	% 6.85	% 24.55	% 22.06
Elektronik arıza	% 1.52	% 2.45	% 0.75	% 2.21	% 1.51	% 2.25	% 1.78
Bant vulkanizasyonu	% 25.77	% 9.81	% 6.28	% 10.07	% 12.95	% 20.04	% 14.15
Diğer	% 2.32	% 16.00	% 1.83	% 4.42	% 0.67	% 1.86	% 4.52

İşletmede DKE kazı sisteminde ve kazıcı makinalarda temel olarak duruş ve bekleme nedenlerinin arızalar ile işletme kaynaklı süreçlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu nedenler genel olarak sırasıyla; arızalardan (% 39.05), işletme kaynaklı nedenlerden (% 27.64), bant konveyörlerin vulkanizasyonu için zorunlu bekleme sürelerinden (% 14.15) ve diğer (% 4.52) nedenlerden kaynaklı duruş ve bekleme süreleridir.

Ayrıca, DKE kazıcı makinalarda oluşan arızaların nedenlerinin başta elektrik arızaları (% 22.06) olmak üzere mekanik arızalar (% 15.21) ve elektronik arızalar (% 1.78) kapsamaktadır.

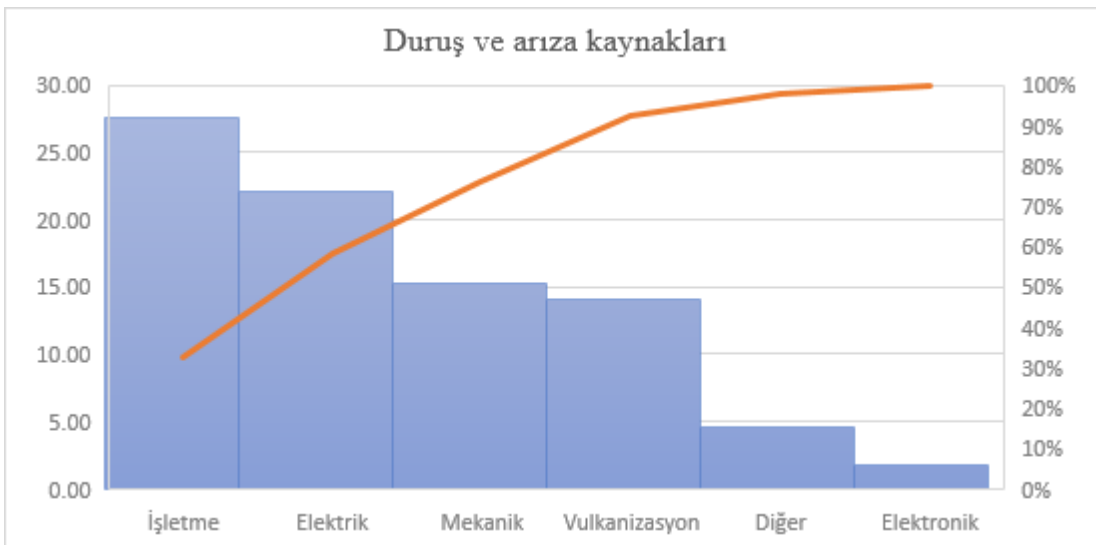
DKE kazı sisteminde ve makinalarda gerçekleşen temel duruş ve arızalara ilişkin belirlenen nedenlerinin ortalama değerleri Şekil 3'de yüzdesel olarak verilmektedir.



Şekil 3. DKE kazı sistemi ve makinalarda duruş ve arızaların dağılımı.

Karar verme süreçlerinde önemli ölçüde genel etki yaratan sınırlı sayıda görevin seçiminde istatistiksel bir teknik olan Pareto analizi ile problemin büyük bölümüne neden olan temel kaynaklar belirlenir. İşletmede iyileştirmelerin analizi için Pareto diyagramından yararlanılmaktadır. İstatistiksel araç olarak Pareto diyagramlarında; problem ve sorunlar sebepleri ile olaya göre sınıflandırılmakta ve sebepler öncelik sıralamasına göre grafiksel olarak değerleriyle ve toplam kümülatif değerleriyle birlikte yüzdesel ifade edilmektedir.

Buna göre değerlendirildiğinde Şekil 4'te verilen Pareto diyagramından; DKE kazı sisteminde ve makinalarda oluşan duruş ve beklemlerin nedenlerin % 80'lik büyük bir bölümü; işletme kaynaklı ve arızalardan oluştuğu saptanmıştır. Bu duruşların, yüksek oranda önlenmesi gerektiği ardından elektrik ve mekanik kaynaklı arızalar için toplam verimli bakım çalışmaları ile çözümler üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca bant vulkanizasyonu işlemim için gereken zorunlu duruşların da verimliliği düşüren temel faktörlerden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. DKE kazı sistemi duruş ve arıza kaynakları PARETO diyagramı.

İşletmede DKE kazı sistemi ve kazıcı makinalarda duruş, arıza ve beklemelemlere yönelik iyileştirme çalışmalarına makina bazında yoğunlaşmaktadır. Genel olarak iyileştirme çalışmaları;

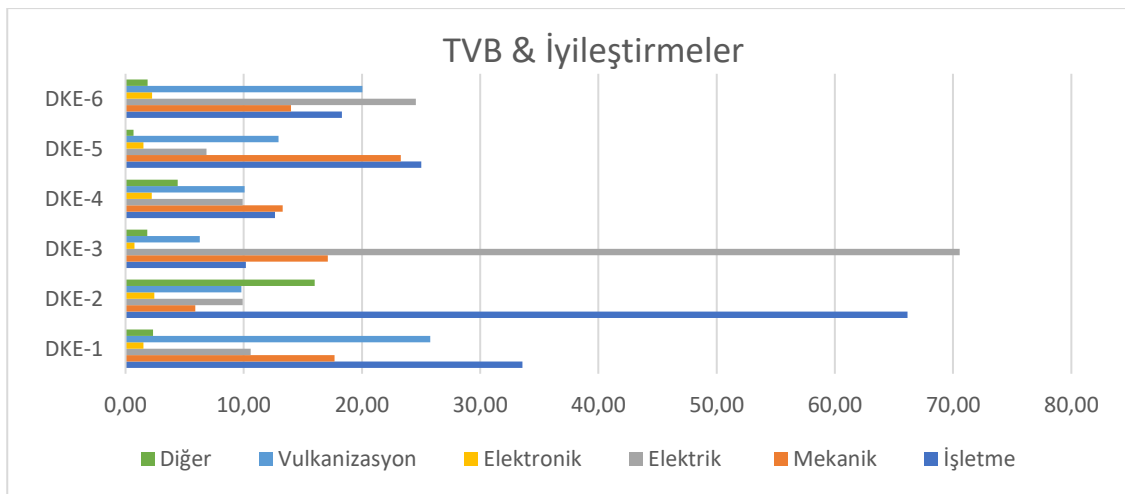
- DKE-1 için işletme kaynaklı zafiyet ve eksiklerin giderilmesi ve bant vulkanizasyonu işlemine yönelik,
- DKE-2 için işletme kaynaklı zafiyet ve eksiklerin giderilmesi ve elektrik arızalarının giderilmesine yönelik,
- DKE-3 için Elektrik ve mekanik arızaları giderilmesine yönelik,
- DKE-4 için Mekanik arızaların giderilmesine ve işletme kaynaklı zafiyet ve eksiklerin giderilmesine yönelik,
- DKE-5 için işletme kaynaklı zafiyet ve eksiklerin giderilmesi ve mekanik arızaların giderilmesine yönelik,
- DKE-6 için elektrik arızalarının giderilmesine ve bant vulkanizasyonu işlemine yöneliktir.

Çizelge 4’de Kazıcı makinalar için üzerinde odaklanılan iyileştirme çalışmaları verilmektedir.

Çizelge 4. Kazıcı makinalar için odaklanılan öncelikli başlıca iyileştirme çalışmaları.

Kazıcı Makina	İyileştirme Çalışmaları
DKE-1	İşletme koşulları(%33.56) ve bant vulkanizasyonu işlemleri(%25.77)
DKE-2	İşletme koşulları(%66.13) ve elektrik arızaları(%9.92)
DKE-3	Elektrik arızaları(%70.57) ve mekanik arızaları(%10.19)
DKE-4	Mekanik arızaları (%13.28) ve işletme arızaları(%12.64)
DKE-5	İşletme koşulları(%25.02) ve mekanik arızaları(%23.28)
DKE-6	Elektrik arızaları(%24.55) ve bant vulkanizasyonu(%20.04)

Şekil 5’de Kazıcı makinalar için üzerinde odaklanılan toplam verimli bakım ve işletme koşulları için iyileştirme çalışmaları verilmektedir.



Şekil 5. DKE kazı sistemi iyileştirmeleri.

İşletmede iyileştirmeler için DKE kazıcı makinaların verimliliklerinin iyileştirmesine ve daha iyi çalışmasının sağlanmasına odaklanan ayrıca makine ömrü boyunca önleyici bakım sistemiyle maksimum ölçüde faydalı olmasını amaçlayan Toplam Verimli Bakım uygulamalarının artırılması ve yaygınlaşması oldukça önemlidir. Böylelikle işletme ve makinalarda sağlanacak zamansal tasarruflar toplamda operasyon ve tamir-bakım giderlerinin düşürülmesini de beraberinde getirmesi olasıdır.

## **6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

DKE kazı sistemi ve kazıcı makinaların daha yüksek verimlilikle çalışmalarını sağlamak için iyileştirmeler gerçekleştirilerek duruş ve bekleme sürelerinin azaltılması ile kazı süreleri iyileştirilerek kömür üretim kapasitesinde önemli artışlar sağlanması olasıdır. DKE kazıcı makinalarda iyileştirmelerle gerçekleşen verimlilik artışları, işletmede sürdürülebilir ve daha ekonomik çözümlerinde geliştirilmesini sağlayabilecektir.

İşletmelerde genel olarak kazıcı makina üretkenlik ve verimlilik iyileştirmelerinde genel olarak;

- DKE kazıcı makinalarda kazı sürelerinde belirgin artışlar sağlanarak üretkenlik ve verimlilik artışları sağlanmasına odaklanılmalıdır.
- Buna yönelik arıza önleyici Toplam Verim Bakım çalışmalarının artırılması ve yaygınlaştırılması sağlanmalı, duruşlardan ötürü zaman kayıplarının minimize edilmesi sağlanmalıdır.
- Makinalarda büyük revizyonlar yapılması, uyarıcı sensör ve dijital sistemlerle donatılması sağlanmalıdır.
- DKE kazıcı sistemde duruş sürelerinin işletme zafiyetleri ve eksiklikleri giderilerek azaltılmasına odaklanılmalıdır.
- Böylelikle işletme ve makinalarda sağlanacak zamansal tasarruflar toplamda operasyon ve tamir-bakım giderlerinin düşürülmesini de beraberinde getirecektir.

İşletmede kazı sistemi ve DKE kazıcı makinaların daha iyi, verimli ve üretken çalışmasının sağlanması olasıdır. Böylelikle kazı sistemindeki iyileştirmelerle gerçekleşen verimlilik artışları, işletmede sürdürülebilir ve daha ekonomik üretimlere olanak sağlarken ülke kaynaklarının da en üst düzeyde, rasyonel ve etkin kullanımı sağlanacaktır.

## **5. TEŞEKKÜR**

İşletmede yürütülen çalışmalar esnasında verdikleri değerli katkı ve öneriler için EÜAŞ ve Çelikler Holding yetkili ve mühendislerine teşekkür ederim.

## **KAYNAKLAR**

- Atkinson, T. 1971. Institution of Mining and Metallurgy, Transaction, July 1971. Açık işletmelerde kazı ve yükleme teçhizatının seçimi, (Çeviri) Ömer Ünver, Madencilik, Cilt 11, Sayı:5,36-72.
- Barkhuizen, W.F., Pretorius, L. 2008. Life cycle management for mining machinery, M.Ing., University of Johannesburg, South Africa, [https://ujcontent.uj.ac.za/esploro/fulltext/graduate/Life-cycle management-for-mining machinery](https://ujcontent.uj.ac.za/esploro/fulltext/graduate/Life-cycle+management+for+mining+machinery).
- Cebesoy, T. 1998. Maden ekipmanları için bir rasyonel bakım planlaması modeli: Önleyici bakım. Türkiye 11. Kömür Kongresi bildiriler kitabı, Zonguldak, Türkiye.
- Çelikler. 2023. Afşin-Elbistan Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş. Aylık Faaliyet Raporu, Ocak 2023.
- Dhillon, B.S. 2008. Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety, 1.<sup>st</sup> edition (book), Chapter 4. Springer,2008, New York, USA, pp.57-70
- Erçelebi, S.G, Ergin, H. 1997. Maden makinalarında koruyucu bakım onarım planlaması. Türkiye 15. Maden Kongresi, Ankara, pp.31-36.
- Galetakis M., Papadopoulos S., Vasiliou A., Roumpos C., M. Theodoros. 2014. Development of an Expert System for the Prediction of the Performance of Bucket-Wheel Excavators Used for the Selective Mining of Multiple-layered Lignite Deposits. C. Niemann-Delius. (ed.), Proc. of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen 2014, 47-58.
- Galetakis M., Michalakopoulos T., Bajcar A., Roumpos C., Lazar M., Svoboda P. 2016. Project Bewexmin: Bucket Wheel Excavators Operating Under Difficult Mining Conditions Including Unmineable Inclusions and Geological Structures with Excessive Mining Resistance. 13th ISCSM 2016 Belgrade, 11-14 September.
- Kavouridis K., Roumpos C., Galetakis M., Pavloudakis F., 2008. Methods and technological Improvements for the efficient removal of the overburden hard rock formations at South Field Lignite Mine, Ptolemais, Greece. Proceed of 9th International Symposium ‘Continuous Surface Mining’, 8-11 October 2008, Petrosani-Romania, 91-100.
- Mallı, 2021. Açık Kömür İşletmeleri Makina Planlamasında Örtü-kazı Sistemlerinin Yatırım Analizi. 8. Uluslararası Maden Makinaları ve Teknolojileri Kongresi, 8. Uluslararası Maden Makinaları ve Teknolojileri Kongresi Bildirileri Kitabı, 13-15 Ekim,2021, İzmir, pp.96-105.
- M.T.A., 2023. MTA Kömür Arama Araştırmaları, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari>.
- Özdoğan, M., Taksuk, M., 2011. GLİ Tunçbilek Maden işletmesi F/C panosunda çalışan elektrikli yerkazarların bakım-onarım ve üretkenlik göstergeleri, 3. Maden Makinaları Sempozyumu, 05-06 Mayıs,2011, İzmir, pp.11-22.
- Pomorski T.R, 2004. Total Productive Maintenance (TPM) Concepts an Literature Review. Principal Consulting Engineer Brooks Automation, Inc.
- Saxena M.M., 2022. Total Productive Maintenance (TPM); As a vital function in manufacturing systems. Journal of Applied Research in Technology & Engineering. 3(1): 2022 India, pp.19-27,.
- Thyssenkrupp, 2021. Industrial Solutions, Continuous Mining Systems. [www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and-services/mining-systems/bucket-wheel-excavators](http://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and-services/mining-systems/bucket-wheel-excavators).

# **TRAKYA BÖLGESİNDE YAPILAN TAM MEKANİZE UZUNAYAK LİNYİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN EKİPMAN SARFIYATININ ÜRETİM PANOSU BAZLI KIYASLANMASI**

## *EQUIPMENT CONSUMPTION IN FULLY MECHANIZED LONGWALL LIGNITE PRODUCTION IN THRACE REGION AND COMPARISON WITH OTHER REGIONS*

**Oktay Yazıcı, Tolga Parlak, A. Sude Dursun, Melike Bol\***

*Kiremitçiler Grup-Özşen Maden İşletmeleri, Edirne*

**ÖZET** Madencilik sektöründe tam mekanize uzun ayak üretim metodunun kullanılması yüksek verimlilik açısından oldukça önem arz etmektedir. Verimlilik elde edebilmek için özellikle üretimin yapılacağı formasyona en uygun ekipmanların seçilmesi gerekmektedir. Seçilen ekipman ne kadar uygun olursa sarfiyat miktarı da o kadar optimum olur.

Bu bildiriye, Trakya Bölgesinde faaliyet gösteren Kiremitçiler Grup-Özşen Maden İşletmeleri tarafından uzun ayak linyit üretiminde kullanılan ekipmanların sarfiyatı incelenecektir. Ekipman sarfiyatları ele alınırken bölgenin koşulları mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Bölgeye uygun seçilemeyen ekipmanlar üretim kayıplarına sebep olmaktadır. Üretim ayağının formasyonu ile ekipman sarfiyatı arasında büyük bir ilişkinin varlığı bilinmektedir. Bu çalışmada, Trakya bölgesinde faaliyet gösteren işletmede kendi bünyesindeki üretimi tamamlanan üç panoda ekipman sarfiyatlarında karşılaştırma yapılarak sarfiyatın sebepleri irdelenmiştir. Bu bilgiler ışığında da malzeme sarfiyatında silis içeriği yüksek olan kilaşının malzeme sarfiyatını doğrudan etkilediği sonucuna varılmıştır.

**ABSTRACT** Using a fully mechanized longwall production method in the mining sector is essential for high efficiency. The key to achieving this efficiency lies in selecting equipment that best suits the geological formation where production occurs. The more suitable the equipment, the more optimal the consumption levels.

This paper investigates the equipment consumption in longwall lignite production by Kiremitçiler Group-Özşen Mining Operations in the Thrace Region. It highlights the importance of considering regional conditions when evaluating equipment consumption. Inappropriate equipment selection can lead to production losses. The study finds a significant relationship between the production face's formation and equipment consumption. The research involved comparing three panels within the enterprise, where production was completed. It was found that claystone with a high silica content directly impacts material consumption. This analysis helps identify the causes of consumption and emphasizes the need for region-specific equipment selection to minimize waste and improve efficiency.

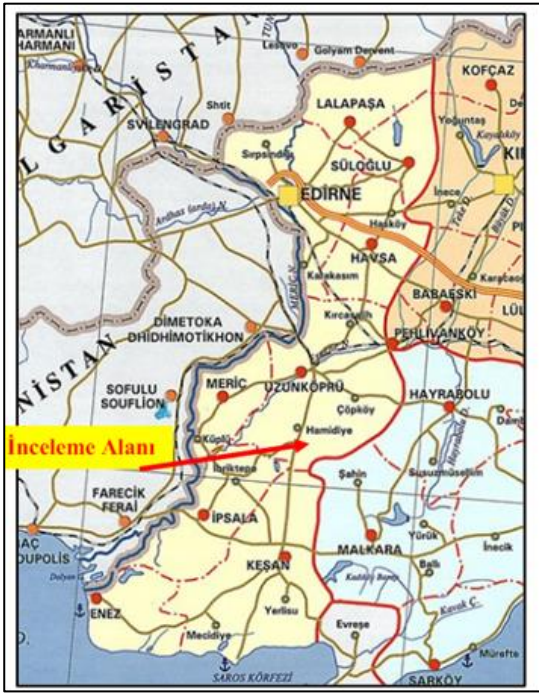
---

\* [melikebol@ozsenmadencilik.com.tr](mailto:melikebol@ozsenmadencilik.com.tr)

## 1. ÇALIŞMA SAHASI (PROJE BİLGİLERİ)

### 1.1.İşletme Bilgileri

Özşen Maden İşletmeleri San. ve Tic. Ltd. Şti'ne ait ruhsatlı sahanın Edirne İli Uzunköprü İlçesi Kırköy Köyü civarında bulunan ruhsat; Uzunköprü İlçesine 20 km, Edirne İline 65 km ve Keşan İlçesine yaklaşık 25 km uzaklıkta bulunmaktadır. İnceleme alanına ulaşım, Uzunköprü-Keşan devlet yolu ile Kırköy-Kadıköy köy yolu ulaşımı ile sağlanmaktadır. Ruhsat alanına farklı birçok köy yolu ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 1).



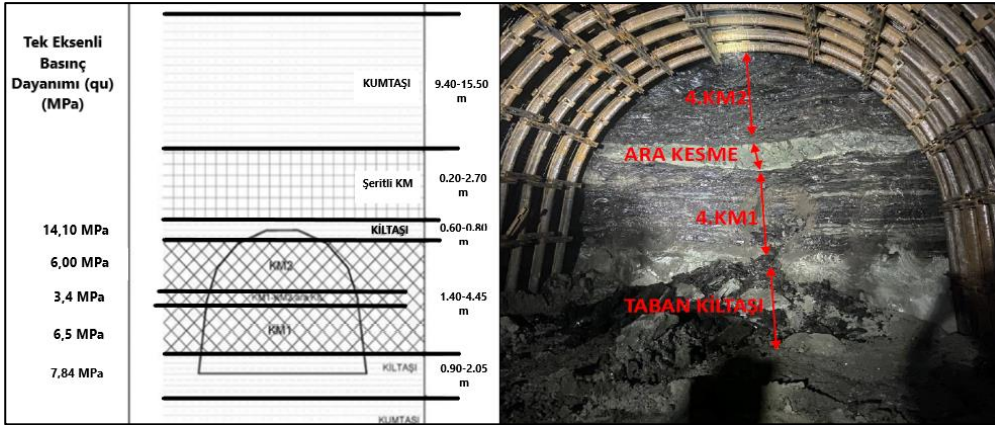
Şekil 1. Proje alanının yerini gösterir harita.

### 1.2.Jeolojik Bilgiler (Formasyon Bilgileri)

Ruhsat sahasında genel olarak Oligosen yaşlı Danışmen Formasyonuna (Old) ait kumtaşı-kiltaşı-silttaşı, marn ve linyit gözlemlenmektedir ve diri fay bulunmamaktadır. Ruhsat sahasında önceki araştırmalarda saha içerisinde sahanın kuzeyinden geçen normal atımlı fayın MTA tarafından tespiti yapılmış ve raporlarında yer almıştır. Yeraltı çalışmaları kapsamında kaynak ve rezerve yönelik çalışmalar esnasında dört adet normal fay ile karşılaşmıştır. Fayların 2 m ile 8 m arasında farklı atımlara sahip oldukları görülmüştür. Kömür damarları saha içerisinde F. Lebküchner (1973) tarafından adlandırılmıştır ve saha içerisine uzanan 1, 2, 3, 4 numaralı damarların devam ettiği görülmektedir. İşletme, 4 numaralı linyit damarını üretmektedir.

Üretilen 4 numaralı damarın ortalama jeolojik kalınlığı 3.30 m'dir. Bu damarın arasına genelde ara kesme olarak kiltaşı girmektedir. Özşen Maden İşletmeleri 4 numaralı

damarı kendi içerisinde KM-1, Ara Kesme ve KM-2 olarak ayırmakta olup stampı gösterir görsel Şekil 2’de verilmiştir (Yılmaz vd., yayımlanmamış).



Şekil 2. Hazırlık aşamasında stampı ve stampın dayanımlarını gösterir görsel. (Yılmaz vd., yayımlanmamış).

Yeraltı planlaması yapılmadan önce işletme tarafından jeoteknik sondajlar yapılmış ve elde edilen karot numunelerinden uygun seviyelerdekilere akredite zemin ve kaya laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Şekil 2’de birimlerin dayanımları verilmiştir.

## 2. ÜRETİM YÖNTEMİ

Üretim yöntemi olarak tam mekanize geri dönüşlü arkadan göçertmeli uzun ayak (SPL) madencilik yöntemi seçilmiştir ve üretim stampının tamamı kesici-yükleyici ile kesilerek ayak içi konveyör (AFC) yardımıyla aktarma konveyörüne (BSL) taşınmaktadır. Ayak arkasından üretim yapılmamaktadır. Üretim yapılan sahada kömür örtü derinliği 70-200 m arasında değişmektedir. Panolar arası topuk mesafesi 20 m olacak şekilde pano tasarımı yapılmış ve üretimin daha emniyetli olması amacıyla iki pano arasında bir pano bırakılarak tasman etkisinin diğer panoyu etkilememesi amaçlanmıştır (Yazıcı vd., 2023).

### 2.1. Üretimde Kullanılan Aşınabilir Ekipmanlar

#### 2.1.1. Kesici-Yükleyici

İşletmenin üretim ayağında üretim yöntemine uygun olarak, ayak içi konveyörü üzerinde hareket eden çift tamburlu kesici yükleyici makine kullanılmaktadır (Şekil 3). Çizelge 1’de, işletmede kullanılan çift tamburlu kesici yükleyicinin teknik özellikleri verilmiştir.



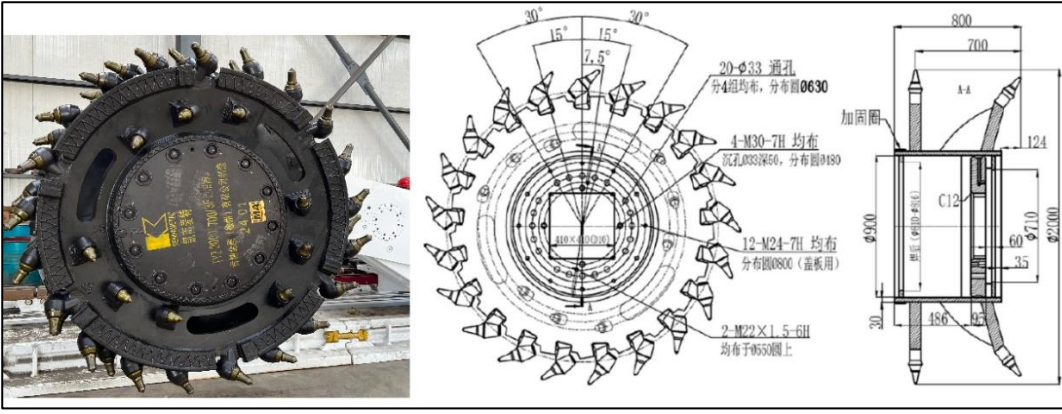


Şekil 3.Çift tamburlu kesici yükleyici.

Çizelge 1. Çift tamburlu kesici-yükleyici teknik özellikleri.

Kesim Aralığı (m)	2.00-3.90
Maksimum Çalışma Eğimi (°)	15°
Tambur Çapı (m)	2.00
Kesme Hızı (maksimum yükte) (m/dk)	9
Çekme kuvveti (maksimum yükte) (kN)	731
Toplam Ağırlık (ton)	46.5
Motor Gücü (kW)	
Kesici Motor Gücü	300 x 2
Yürüyüş Motor Gücü	55 x 2
Hidrolik Motor Gücü	20

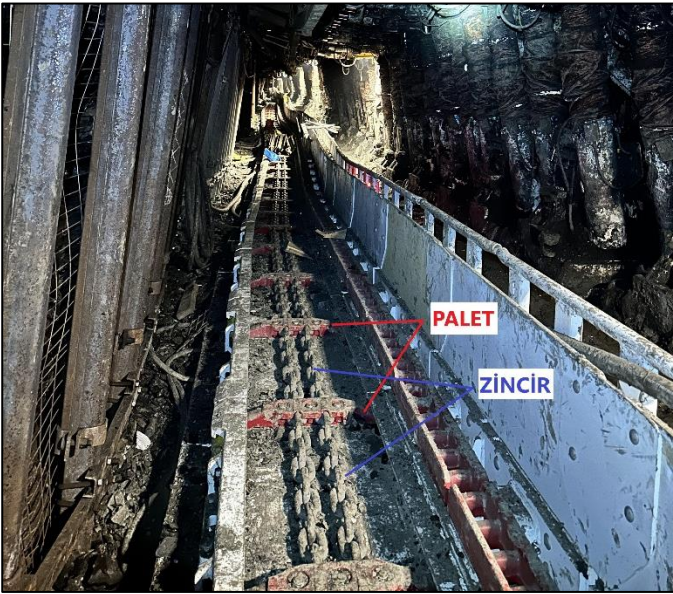
Kullanılan kesici-yükleyicinin tamburlarında, 54 adet x 2 tambur olmak üzere toplam 108 kesici uç bulunmaktadır. Kullanılan kesici uç, U95 serisi uçlardır. Kullanılan kesici uçlar orta ve yüksek güçteki kesiciler için uygundur. Parça kömür oranını iyileştirmek için kesme bölümü inceltilip uzatılmıştır ve 50 MPa dayanıma sahip olacak şekilde üretilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kullanılan tamburlu kesici yükleyicinin keski dizilimini gösterir görsel.

### 2.1.2. Ayak İçi Zincirli Konveyör (AFC)

Üretim sürecinde ayak içindeki malzeme nakliyatı, ayak içinde bulunan zincirli konveyörler aracılığıyla sağlanır (Şekil 5) ve aktarma konveyörüne iletilir. Ayak içinde kullanılan konveyörün teknik özellikleri Çizelge 2’de AFC konveyör içinde kullanılan zincirin ölçüleri ise Çizelge 3’te verilmiştir.



Şekil 5.A-04 Panosu ayak içine montelenen konveyörü gösterir fotoğraf.

## Çizelge 2. Ayak içi konveyörün teknik özellikleri.

Uzunluk (m)	≈ 175
Taşıma Kapasitesi (t/h)	900
Motor Gücü (kW/V)	500/1100
Oluk Ölçüleri (mm)	1500 x 722 x 290
Konveyör Zincir Ölçüsü (mm)	30 x 108
Zincir Hızı (m/sn)	≈ 1.0
Zincir Kopma Yüğü (kN)	≥ 1.130

## Çizelge 3. AFC konveyörde kullanılan zincirin ölçüleri.

Zincir Boyutu (d x t) (mm)	Çap (d)	Eğim (t)	İç Genişlik B <sub>1</sub> min.	Dış Genişlik B <sub>2</sub> max.	Uzunluk (5 x t)	Ağırlık (kg/m)
30x108	30 ±0.9	108 ±1.1	34	97	540 ±1.2	18

### 2.1.3. Aktarma Zincirli Konveyörü (BSL)

Ayak içinden, AFC aracılığıyla gelen tüvenan kömür, aktarma konveyörüne iletilir ve aktarma konveyörü de ana nakliye ekipmanı olan bant konveyöre döküş sağlar. Çizelge 4'te kullanılan BSL'nin teknik özellikleri verilmektedir.

## Çizelge 4. Çift zincirli aktarma konveyörü teknik özellikleri.

Uzunluk (kırıcı dahil) (m)	50
Taşıma Kapasitesi (t/h)	1000
Motor Gücü (kW/V)	240/1100
Oluk Ölçüleri (mm)	1750 x 722 x 874
Konveyör Zinciri Ölçüsü (mm)	30 x 108
Zincir Hızı (m/sn)	≈ 1.5
Zincir Kopma Yüğü (kN)	≥ 1.130

## 3. SARFIYATLAR

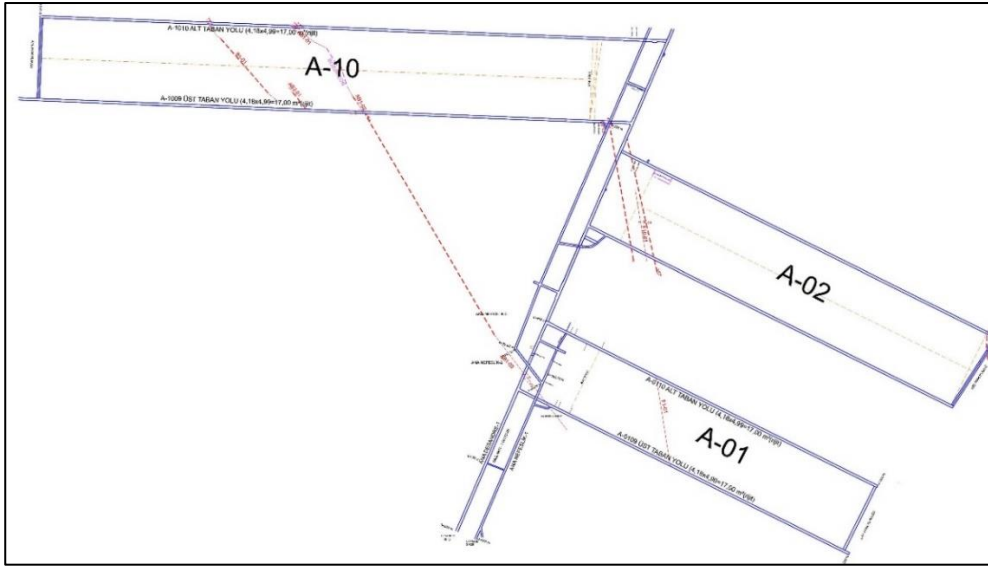
### 3.1. Kesici Uç Sarfıyatı

Keski aşınması, kazı işlemleri sırasında keskinin kayaları parçalamasıyla oluşmaktadır. Yüksek aşındırıcı özelliklere sahip kayalar, keskinin körlenmesini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu durum keski kullanımını artırarak kazı verimliliğini düşürmektedir, dolayısıyla kazı maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Keski aşınması mekanik açıdan keski tipi, keskinin metalurjik yapısı, keskinin kazı sırasında ulaştığı ısı derecesi gibi etkenler ile bağlantılıyken, kayaç

özellikleri ile değerlendirildiğinde kayaçtaki kuvars ve diğer aşındırıcı minerallerin miktarı, bu parametrelerin ortalama tane boyutu ve kayacın çimentolanma derecesi ile bağlantılı olduğu bilinmektedir (Arı, 1990).

2021-2022 yıllarında üretimi tamamlanmış olan A-01 panosu, 2022-2023 yıllarında üretimi tamamlanmış olan A-02 panosu ve 2023-2024 yıllarında üretimi tamamlanmış olan A-10 panosunun (Şekil 6), kesici uç sarfiyatları karşılaştırılmıştır.

A-01 panosu işletmenin ilk üretim panosu olup, tam mekanize uzun ayak üretim yönteminin Trakya formasyonuna uygunluğu denenmek üzere pilot pano olarak hazırlanmıştır. Pano ve ayak uzunluğu Çizelge 5’te görüldüğü üzere A-02 ve A-10 panolarından daha kısadır.



Şekil 6. A-01, A-02 ve A-10 panolarını gösteren yeraltı ilerleme planı.

Çizelge 5. A-01, A-02 ve A-10 pano bilgileri ve kayda geçen uç sarfiyatı.

Pano Adı	Pano Uzunluğu (m)	Ayak Uzunluğu (m)	Kesici Uç Sarfiyatı (adet)	Kesici Uç Sarfiyatı/Üretim Miktarı(adet/ton)	Pano Uzunluğu/Kesici Uç Sarfiyatı (m/adet)
A-01	657.0	152.0	112.0	0.00014	5.9
A-02	802.0	172.0	204.0	0.00018	3.9
A-10	1183.0	172.8	559.0	0.00033	2.1

Üretimi tamamlanan panolardaki kesici uç sarfiyatı incelendiği zaman, A-01 panosunda 1 ton üretim yapabilmek için 0.00014 adet kesici uç sarf edildiği, A-02 panosunda 1 ton üretim yapabilmek için 0.00018 adet kesici uç sarf edildiği ve A-10 panosunda 1 ton üretim yapabilmek için 0.00033 adet kesici uç sarf edildiği gözlemlenmiştir. Panolardaki üretim miktarları dışında kesici uç sarfiyatı ile bağlantı kurulabilecek diğer parametre ise pano uzunluğudur. Pano uzunluğu ile kesici uç

arasında bir bağlantı kurulduğunda ise; A-01 panosunda 5.9 m ilerlemede yani yaklaşık 9 kesimde (1 kesim=0.65 m ilerleme sağlamaktadır) bir kesici uç, A-02 panosunda 3.9 m ilerlemede (yaklaşık 6 kesimde) bir kesici uç ve A-10 panosunda ise 2.1 m ilerlemede (yaklaşık 3 kesimde) bir kesici uç sarfiyatı olmuştur (Çizelge 5).

A-01 panosu işletmenin ilk panosu olması sebebiyle kullanılan tüm ekipman yeni alınmış ve ilk defa kullanıldığı için maksimum performans göstermiştir. Buna karşılık A-10 panosu ise üretime geçmeden önce, A-01 ve A-02 panoları üretilmiş ve mekanik donanımlara işletme düzenli bakımları yaptırarsa bile ilk üretim panosunda gösterdiği performansı göstermesi beklenememiştir.

Değerlendirmeye alınması gereken bir diğer husus ise yapısal unsurlardır. A-01 Panosunda üretim metrajına göre 474.00 metre ile 483.00 metreler arası ortalama 9.00 metrelik bir bozuk zon geçilmiştir ve geçilen bu bozuk zonda kıltaşı kesilmiştir. Fakat bu bozuk zonda ilerlemenin gerçekleştiği Şubat ayında yalnızca 11 adet kesici uç sarfiyatı gerçekleşmiştir. 141.50 metre ilerlemenin gerçekleştiği ve 11 adet kesici uç sarfedilen bu ayda, 12.86 m/adet kesici uç sarfiyatı gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Pano genelinde gözlemlenen 5.9 m/kesici uç sarfiyatı göz önüne alındığında geçilen bozuk zonun sarfiyata kayda değer bir etkisi olmadığı değerlendirilmiştir.

A-02 Panosu incelendiği zaman ayakbaşı bölgesinde üretim metrajı olarak 0.00 ile 20.00 metrajları arasında 20 metre uzunluğunda farklı atımlarda 3 adet fay zonu geçilmiştir. Fakat bu tarihlerde aylık sarfiyat kaydı tutulmadığı için geçilen fay zonunun sarfiyata etkisi değerlendirilememiştir. Geçilen fayın kısa sürede atlatılması ve sadece ayakbaşı bölgesinde gözlemlenmesi geçilen fayların sarfiyata çok etki yaratmadığını düşündürmektedir.

A-10 panosunda ise Mayıs 2023 ile Haziran 2023 tarihleri arasında 70° eğimli ve eğim yönünde 2.60 m atımlı normal fay geçilmiştir. Geçilen fay ayak başında 39.5 m ve kuyruk bölgesinde 41.0 m devam etmiştir. Fay sebebiyle üretim arınında taban kıltaşı kesilmiştir (Yılmaz vd., 2023). Geçilen bu faydan sonraki üretim metrajlarında 0.20 ile 0.80 m arası normal atımlı lokal fay izleri ve bozuk zonlar gözlemlenmeye devam etmiş ayrıca bölgede Temmuz 2023 ile Ağustos 2023 tarihleri arasında 65° eğimli ve eğim yönünde 0.30 m atımlı normal fay gözlemlenmiştir (Yılmaz vd., 2023). Fay geçilen bu tarihler arasında (Mayıs-Ağustos 2023) 324 adet kesici uç değişmiş ve 417.63 metre pano ilerlemesi yapılmıştır. Bu süreçte 1.3 m/kesici uç sarfiyatı olduğu hesaplanmıştır. Fakat fay geçilen bu aylar dışında toplam 235 kesici uç değişimiyle 765 metre pano ilerlemesi yapılmış ve bu durumda da 3.2 m/kesici uç sarfiyatı olduğu hesaplanmıştır. Pano geneline bakıldığı zaman ise yaklaşık 2.1 m/kesici uç sarfiyatı olduğu değerlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, A-10 panosunun ayak uzunluğunun ve üretim miktarının fazla olmasının kesici uç sarfiyatını arttırması dışında, kesilen fayın da bu panoda uç sarfiyatını büyük ölçüde etkilediği çıkarımı yapılmıştır.

İşletmede yapılan pilot çaplı jeoteknik sondajlarla ve yeraltında teknik personellerin gözlemleri ile taban ve tavan kıltaşları içerisinde silis içeriğinin yüksek olduğu

değerlendirmesi yapılmıştır. Silisin aşındırıcı etkisi göz önüne alındığında, A-10 panosunda fay bölgesi geçilirken kesilen kilaşı, sarfiyatın artmasının en önemli sebeplerindendir. Buna ilave olarak A-10 panosunun zorlu formasyonu dışında, tedarikçi firma tarafından uç markası değiştirildiği için sarfiyatlarda artış gözlemlenmiştir.

### **3.2. AFC Konveyöre Ait Ekipman Sarfiyatı**

#### **3.2.1. Zincir Sarfiyatı**

A-01 panosunun ayak uzunluğu 152 m olduğu için yaklaşık 608 m Çin Menşeili zincir kullanılmıştır ve aynı zincir A-02 panosunda da kullanılmıştır. Fakat ayak uzunluğu A-02 panosunda 172 m olduğu için zincire baklalar eklenerek yaklaşık 688 m zincir ile sistem çalışmıştır. Aynı zincir ile iki üretim panosu tamamlanmıştır. Aynı zincir A-10 panosunda da kullanılmak üzere üretime yol verilmiştir.



Şekil 7. AFC konveyör zincirinin kopan baklasını gösterir görsel (Erel vd., yayımlanmamış)

A-10 panosunda kullanılan zincirde, fay bölgesinin üretimi sırasında aşınmalar gözlemlenmiş (Şekil 7) ve gerekli veriler (zincirdeki uzama miktarları) kaydedilmiştir. Haziran 2024 tarihinde ise konveyördeki tüm zincir aşınması sebebiyle çıkarılarak yerine yaklaşık 700 m Alman menşeili zincir sisteme girip üretime devam edilmiştir.

#### **3.2.2. Palet Sarfiyatı**

İşletmede iki farklı firmaya ait palet kullanılmaktadır. Bunlardan biri Çin menşeili (Ç firması) bir firmayken (Şekil 8) diğeri yerli imalatçı (Y firması) firmadır. Ç firmasının paletlerinin orijinal boyları 710 mm, ağırlıkları 24,020 g olarak, Y firmasının paletlerinin orijinal boyları 710 mm ve ağırlıkları 23,750 g olarak üretilmiştir. Palet aşınmasına bağlı sarfiyat değerlendirmek istendiğinde aşınmayı, paletlerin boyca kılınmasına bağlı olarak ve palet ağırlıklarının azalmasına bağlı olarak iki farklı şekilde değerlendirilmiştir (Çizelge 6). Değerlendirmeler iki farklı firmaya ait 5 farklı deforme olan palet ile yapılmıştır.

### Çizelge 6. İki farklı firmaya ait paletlerin karşılaştırılması (Bol, yayımlanmamış).

Durum Rapor Tarihi	Aşınan Parça Adı	Yüklenici Firma	İncelenen Palet No.	Orijinal Palet Boyu [mm]	Aşınmış Palet Boyu [mm]	Palet Boyuna Göre Aşınma Yüzdesi [%]	Orijinal Palet Ağırlığı [g]	Aşınmış Palet Ağırlığı [g]	Palet Ağırlığına Göre Aşınma Yüzdesi [%]	Palet Uç Kısımları Sertlik Değeri [HRC]	Aşınma Başladığında Üretilen Kömür Miktarı [ton]
4.03.2022	AFC Palet	Ç Firması	1	710	675	4.9	24.020	22.100	7.9	35	1.235.010
4.03.2022	AFC Palet	Ç Firması	2	710	680	4.2	24.020	23.060	3.9	35	1.235.010
4.03.2022	AFC Palet	Ç Firması	3	710	680	4.2	24.020	22.880	4.7	35	1.235.010
4.03.2022	AFC Palet	Ç Firması	4	710	670	5.6	24.020	21.900	8.8	35	1.235.010
4.03.2022	AFC Palet	Ç Firması	5	710	680	4.2	24.020	23.180	3.5	35	1.235.010
24.05.2023	AFC Palet	Y Firması	1	710	673	5.2	23.750	21.750	8.4	22,5	446.111
24.05.2023	AFC Palet	Y Firması	2	710	684	3.6	23.750	22.600	4.8	22,5	446.111
24.05.2023	AFC Palet	Y Firması	3	710	676	4.8	23.750	22.350	5.9	22,5	446.111
24.05.2023	AFC Palet	Y Firması	4	710	670	5.6	23.750	22.200	6.5	22,5	446.111
25.05.2023	AFC Palet	Y Firması	5	710	687	3.2	23.750	23.000	3.1	22,5	446.111

Paletlerin aşınması boyca kısalmasıyla değerlendirildiğinde; paletlerin 710 mm'den yaklaşık 670 mm'ye düşmesi için Ç firmasından alınan paletlerde 1,235,000 ton üretim gerçekleştirilirken, Y firmasından alınan paletlerde 450,000 ton üretim gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Paletlerin aşınması ağırlıklarının azalmasıyla değerlendirildiğinde ise; orijinal ve aşınmış parçaların arasında her iki üretici için yaklaşık 200 g'lık bir fark oluşması durumunda Ç firmasına ait paletlerin yerli firmanın paletlerine göre neredeyse 3 kat daha fazla üretim yapabildiği görülmüştür.

### Çizelge 7. A-01, A-02 ve A-10 pano bilgileri ve kayda geçen palet sarfiyatı.

Pano Adı	Pano Uzunluğu (m)	Ayak Uzunluğu (m)	Palet Sarfiyatı (adet)	Palet Sarfiyatı/Üretim Miktarı (adet/ton)
A-01	657.0	152.0	1	0.0000012
A-02	802.0	172.0	170	0.00015
A-10	1183.0	172.8	400	0.00024

A-01 panosunda kullanılan ve Y firmasına ait paletlerden pano üretimi tamamlanıncaya kadar yalnızca 1 adet değişim gerçekleşmiştir. (Çizelge 7). Fakat A-02 ve A-10 panolarında iki farklı firmaya ait farklı palet sisteme verilmiştir fakat hangi paletten kaç adet sisteme verildiği bilgisi tutulmamıştır. A-02 panosunda 170 adet olan sarfiyatın sebebinin farklı firmalardan sisteme verilen paletlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Y firmasına ait paletlerin aşınma ve sarfiyatının Ç firmasına göre daha fazla olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak sarfedilen 170 adet paletin çoğunun Y firmasına ait olabileceği çıkarımı da yapılabilmektedir. Aynı durum 400 adet palet sarfiyatına sahip olan A-10 panosunda da geçerlidir. Fakat A-10 panosunda kesici uç sarfiyatında ve zincir sarfiyatında olduğu gibi fay sebebiyle bir süre boyunca

kesilen taban kıltaşının sarfiyatı büyük ölçüde arttırdığı durumunu da göz ardı etmemek gerekmektedir.



Şekil 8. Ç firmasından tedarik edilen paletin görseli (Erel vd., yayımlanmamış).

### 3.2.3. Dişli Sarfiyatı

Dişli, zincirin oluk içinde üst kanaldan alt kanala ya da alt kanaldan üst kanala geçişi sırasında aynı doğrultuda ve tek düzlemde dönebilmesi amacıyla kullanılan bir ekipmandır. Ayak başı bölgesinde kullanılan dişli baş dişlidir ve zinciri oluğun üst kanalından alt kanalına döndürmektedir. Kuyruk bölgesinde kullanılan dişli ise kuyruk dişlisidir ve zinciri oluğun alt kanalından üst kanalına döndürmektedir. Konveyörün akış yönünün kuyruktan ayak başına doğru olması ve duruşunun meyil aşağı olması sebebiyle baş dişlisinde şlam ve malzemenin yüklenmesiyle baş dişli, kuyruk dişlisine göre daha fazla sarf edilmektedir kanısına varılmıştır. Çizelge 8 incelendiğinde diğer tüm AFC ekipmanlarında görülen sarfiyat durumu dişli için de A-10 panosunda maksimum olarak görülmüştür.

Çizelge 8. A-01, A-02 ve A-10 pano bilgileri ve kayda geçen dişli sarfiyatı.

Pano Adı	Dişli Türü	Sarfiyat (adet)	Dişli Sarfiyatı/Üretim Miktarı (adet/ton)
A-01	Baş	-	-
	Kuyruk	-	-
A-02	Baş	3	0.0000026
	Kuyruk	2	0.0000017
A-10	Baş	5	0.0000029
	Kuyruk	4	0.0000024

## 4.SONUÇ VE ÖNERİ

Tam mekanize bir yeraltı kömür ocağında verimlilik elde edebilmek için üretimin yapılacağı formasyona en uygun ekipmanların seçilmesi gerekmektedir. Seçilen



ekipman ne kadar uygun olursa sarfiyat miktarı da o kadar optimum olacaktır. Seçilen ekipman kadar önemli olan diğer bir husus ise projenin oldukça irdelenmiş olmasıdır. Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmelerinde A-10 panosunda gözlemlenen 70° eğimli ve eğim yönünde 2.60 m atımlı normal fay ve sonrasında gözlemlenen faylar ve bozuk zonlar, projenin malzeme sarfiyatı ve kaybedilen üretim miktarı açısından süreksizliklerin olumsuz etkilerini göz önüne sermiştir.

Zincirlerde gözlemlenen durum ise kesici uçlarda gözlemlenen durumla çok benzerdir. A-01 panosunun üretimi boyunca hiç sarf edilmeyen ve A-02 panosu için sadece ayak uzunluğu sebebiyle eklemeye yapılan zincirlerin, A-10 panosunda bulunan faylı bölgeye geldikten hemen sonra aşınmalardan kaynaklı değiştirilmeye ihtiyaç duyulmuştur.

Paletler incelendiği zaman ise iki farklı firmadan alınan iki farklı palet, işletme açısından güzel bir veri elde edilmesini sağlamıştır. A-01 panosunun ilk pano olması, mekanik donanımın yeni olması, ayak ve pano uzunluğunun kısa olması gibi parametreler göz ardı edildiği zaman, A-01 panosunda Ç firmasına ait olan paletin 1 adet sarf edilmesi başarılı bir sarfiyat durumudur. Fakat sonrasında sisteme Y firmasına ait paletlerin eklenmesiyle Ç firmasının paletleri ile Y firmasının paletleri birlikte tek bir sistemde çalışma göstermiştir. Bununla birlikte A-02 ve A-10 panolarında sarfiyatın artması işletmeyi bu iki paleti kıyaslama çalışmasına itmiştir. Çalışma sonucunda ise Ç firmasının, Y firmasına göre 3 kat daha fazla üretim yaptıktan sonra aşındığı ve sarfiyatının gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Y firmasından tedarik edilen paletlerin çok daha fazla sarf edilmesi sebebiyle işletmenin, Ç firmasıyla tedarikini devam ettirmesinin daha verimli olacağı düşünülmektedir fakat bu durumda ekonomik ve mali koşullar da göz ardı edilmemelidir.

Mekanik donanımların kontrollerinin ve bakımlarının düzenli yapılması verimliliği arttırarak malzeme sarfiyatını azaltacaktır.

İşletmenin jeoteknik çalışmalarını güçlendirmesi, formasyonda bulunan yan kayaların içeriği hakkında net bir bilgi verecek ve gerekmesi durumunda kesici uç, zincir ve palet gibi parça donanımların serilerinin yenileyebilmesini sağlayacaktır. Bu durumda malzeme sarfiyatındaki verimliliğini kontrol edebilecektir.

## **KAYNAKLAR**

- Bol M., 2023. Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, AFC Konveyör Palet Aşınmaları Değerlendirme Raporu, Edirne (yayınlanmamış).
- Erel İ., Elieyioğlu Z.M., Saraçbaşı Ö., 2023. Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, Arıza Raporu, AFC Zincir Kopma Arızası, Edirne (yayınlanmamış).
- Erel İ., Türkan M., Saraçbaşı Ö., 2023. Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, AFC Konveyör Paletlerinin Aşınma Durumu Tespit Raporu, Edirne (yayınlanmamış).
- Lebküchner R.F., 1973. Orta Trakya Oligoseninin Jeolojisi Hakkında (Çev. Zerrin BENGİ)
- Arı, H. 1990. Abrasivity and Abrasivity Indices for Determination of Excavability, Mining, c. 29, sy. 4, ss. 11–16.

- Yazıcı O., Keskin S., Parlak T., Karşı, G., 2023. Trakya Bölgesinde Tam Mekanize Uzunayaklarının Üretim Hızının İncelenmesi, Proceedings of 9th International Congress of Mining Machinery and Technologies.
- Yılmaz C, Parlak T, Kılıç U, Bozdağ B, 2023. A-10 Panosu Üretim Ayağının A-1010 Galerisinde Görülen Fayı Geçiş Raporu, Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, Edirne (yayınlanmamış).
- Yılmaz C, Parlak T, Kılıç U, Bozdağ B, 2023. A-10 Panosu Üretim Ayağının İkinci Fayı Geçiş Raporu, Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, Edirne (yayınlanmamış).
- Yılmaz, C., Parlak T., Solmaz M.E., 2022. Özşen Maden İşletmeleri Tic. Ltd. Şti. Kırköy Yeraltı İşletmesi RMR Değerlendirme Raporu, Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri, Edirne (yayınlanmamış).

# **ÇAYIRHAN KÖMÜR HAVZASI KAYAÇLARININ TAM BOYUTLU LİNEER KESME TESTİNE AİT KAZILABİLİRLİK ÖZELLİKLERİ**

## *EXCAVABILITY PROPERTIES OF ÇAYIRHAN COAL BASIN ROCKS OBTAINED FROM FULL SIZE LINEAR CUTTING TEST*

**Ömür Acaroğlu Ergün<sup>\*</sup>, Hüseyin Onur Dönmez**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

**ÖZET** Günümüzde her yıl madencilik ve inşaat amaçlı yüzlerce kilometre galeri/tünel açılmaktadır. Galeri açma işleminde kullanılacak mekanize kazı sistemlerini belirlemek ve performans analizlerini yapmak için öncelikle kayaçların kazılabilirliği ile ilgili çalışmaların yapılması gerekmektedir. Kayaçların kazılabilirlikleri; onların “fiziksel, mekanik ve kütleli” özelliklerine bağlıdır. Kazılabilirlik tayini çerçevesinde küçük ve tam boyutlu kazı setleri kullanılarak kesme sırasında etki eden kuvvetleri ölçmekte mümkün olabilmektedir. Tam boyutlu doğrusal kesme deneyleri, gerçekçi enerji tüketimi verilerini elde etmek için en güvenilir yöntemlerden biridir. Bu çalışma, Çayırhan Kömür Madeni'ndeki kömür ve kumlu kiltası ara kesmesinin kazılabilirlik özelliklerini belirlenmesi ve kullanılan kollu galeri açma makinelerinin performans analizi için gerçekleştirilen tam ölçekli kesme testlerine ait sonuçları sunmaktadır.

**ABSTRACT** In today's world, there is an inclination towards underground production methods in mining due to environmental restrictions and the decrease of mining resources close to the surface of the earth. To determine the mechanized excavation systems to be used in the gallery excavation process and determine the performance parameters of them, one first needs to conduct researches relating to the excavation of rocks. Excavation feature of rocks depends on their “physical, mechanical and mass” characteristics. It is also possible to measure the cutting forces during cutting process by using small and full-scale excavation test rigs within the frame of determination of excavation features. Full size linear cutting experiments are among the most reliable methods to obtain realistic energy consumption for unit volume of rock. This study presents the results of full-size cutting tests conducted for determining of excavability of rocks such as coal and sandy claystone and performance analysis of roadheaders in the Çayırhan Coal Basin.

---

<sup>\*</sup> [acaroglu@itu.edu.tr](mailto:acaroglu@itu.edu.tr)

## **1. INTRODUCTION**

Rising population and urbanization not only increase the need for tunnels in transportation and infrastructure but also increase the need for energy. Li et al. (2020) emphasize that coal will remain the dominant energy source worldwide for the next decades. Each year, over 12,000 km of tunnels are excavated in coal mines in China alone (Xie et al., 2023). Given this context, selecting the most appropriate excavation method from the outset is crucial. Dibavar et al. (2023) noted that mechanical excavation of rocks has become more prevalent than traditional methods. They attributed this shift to the primary advantages of mechanical excavation over the drilling and blasting method, such as high progress rate, flexibility, safety, reduced labor requirements, and lower cost.

The roadheader is the most commonly used mechanical excavator in underground excavation. Roadheaders were initially developed in the early 1950s for the mechanical excavation of coal, and their use was later extended to railway and road tunnel excavation in soft and moderately hard ground conditions (Deshmukh et al., 2020). Performance analysis of this equipment, including parameters like specific energy, which is the energy required to cut a unit volume of rock, instantaneous cutting rate and bit consumption, is critical during the planning stage. Full-scale linear cutting machine testing is one of the reliable methods to estimate the performance prediction parameters. The results from these tests can be directly applied to field performance predictions since full-size rock samples and cutting tools are used, allowing for a realistic range of cutting loads and ensuring no scaling effects occur during the test (Cho et al., 2012).

In this study, the results of full-scale linear cutting tests performed to obtain cutting properties of coal and interbedded sandy claystone for assessing the performance of roadheaders used in the Çayırhan Coal Mine. In the experiments, the study is structured as follows: Section 2 details the materials and methods used; Section 3 presents the experimental results obtained; and the final section provides an evaluation of these results.

## **2. MATERIAL AND METHOD**

### **2.1. Çayırhan Coal Basin**

In Türkiye, underground "Fully Mechanized" lignite production was carried out for the first time in the Çayırhan Coal Basin with the Central Anatolian Lignite Project. The financial resources of this project were the state's own resources and the loan provided by the European Economic Community (EEC), and the machinery and equipment required for the quarry were imported by utilizing these resources. The required control

and signaling network were established to ensure that the equipment works in harmony and production is kept at the highest level, and the system is managed from a single center (Kahraman, 2012).

The coal mines in the region were operated by the Turkish Coal Enterprises (TKI) in 1966, the Central Anatolia Enterprise Directorate was established in 1977, and in 1985 the enterprise directorate was transformed into a regional directorate and fully mechanized production was started. In 1987, the thermal power plant consisting of two units with a power of 2x150 MW came into operation. With the tender opened in 1996, the operating rights of the Çayırhan Thermal Power Plant, which consists of four units with a power of 620 MW and the mining area that supplies coal to this power plant, were transferred to the private sector for 20 years in 2000 (Kahraman, 2012).

Çayırhan Coal Mine is located in Nallıhan District of Ankara and 125 km away from Ankara on the Istanbul-Ankara Road (Figure 1). The enterprise produces 5-5.5 million tons of lignite coal, which is the annual need of the thermal power plant.



Figure 1. Location map of Çayırhan Coal Mine.

### **2.1.1. Physical Properties of Rock Masses**

In the Çayırhan Coal Basin, a significant portion of the gallery excavation is conducted within the coal seams. As long as the dip, strike, and tectonic conditions of the coal seams are suitable, the preparation works are planned to continue in this manner.

When examining the basin as a whole, it is understood that the formations can be cut mechanically. The machines used continuously excavate the roof and bottom coal and

interbedded sandy claystone. However, siliceous impurities randomly distributed within the layers cause problems in mechanical excavation. These impurities are hard and abrasive, generally found near the lower parts of the roof coal (Kartal, 1993).

Another factor to cause difficulties in the mines is the hanging wall. Since coal should not be left in the hanging wall, which is termed silicified limestone, the cutting head must scrape off the hanging wall. During this process, since the head is slightly embedded in the roof rock, vibrations causing significant mechanical damage to the machine occur (Hekimoğlu and Çultu, 1985).

In this study, firstly samples were taken from the sandy claystone, representing the most cut and hardest part. The interbedded sandy claystone is the formation that will be continuously cut now and in the future. The roof coal is generally the weakest formation excavated. To represent the weak formation, samples of appropriate size for testing were also taken from this part. Thus, samples representing the weak and hard parts of the excavated basin were selected. The physical properties of the sandy claystone and coal are given in Table 1.

Table 1. Physical properties of claystone and coal.

	Claystone	Coal
Unit volume weight (gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	1.35
Moisture (%)	9.47	29.06
Uniaxial compressive strength (MPa)	21.97	11.54
Brazilian tensile strength (MPa)	2.38	0.74
Schmidt hardness	31.87	40.53
Cerchar abrasivity index	1.40	0.20

## **2.2. Full-Scale Linear Cutting Test**

This test setup is designed for cutting rock samples up to 1x1x0.6 cubic meter in size under simulated field conditions using any full-size chiesel (disc, wedge, pencil tip, etc.) to determine the cuttability properties of it. It includes a computer-aided data acquisition system and a dynamometer to measure cutting forces up to 50 tons perpendicular to the cutting direction, 30 tons parallel to it, and up to 10 tons laterally. The setup allows for adjustments in cutting depth, distance between chiesel, cutting speed. Full-scale cutting experiments help identify the most suitable chiesel type and head design for a specific rock formation, the appropriate machine type for efficient operation, and the power-torque-pressure requirements. These experiments also enable optimization and prediction of machine performance. Determining the optimal cutting depth and distance between chisels in the selected machine ensures efficient energy

transfer to the rock and increases advancement speed. Rock fragments produced in the cutting tests are collected, sieved, and analyzed for excavation efficiency.

The full-scale linear cutting test machine in the Excavation Technology and Mining Machinery Laboratory of ITU Mining Engineering Department is shown in Figure 2.



Figure 2. Full-scale linear cutting test machine.

Cutting forces and the specific energy consumed can be determined through cutting experiments. The energy consumed at a given cutting depth ( $d$ ) is calculated as "cutting force \* cutting distance." The excavated material is carefully collected, weighed, and its volume is calculated using density. By dividing the energy consumed by the volume of the excavated material, the amount of energy required to cut a unit volume of rock (specific energy) is determined. A lower specific energy value indicates more efficient cutting. It is crucial to find the minimum energy needed to cut rock and to design cutter heads accordingly.

Cutting tests can be performed relieved or unrelieved. In relieved cutting, if the distance between chisels ( $S$ ) is very small at a given cutting depth ( $d$ ), grinding and dust formation occur instead of fragmentation. This leads to an increase in the specific energy value. However, as the  $s$  value increases, the specific energy consumed will decrease, reaching a minimum point. In this case, cutting is efficient, the piece size increases and the dust rate decreases. If the distance between the chisels is increased too much, there will be no fragmentation since the cracks formed under the chisel

cannot meet each other and the specific energy value spent will rise again. Therefore, after performing unrelieved cutting experiments at various  $d$  values, relieved cutting experiments are also carried out to find the  $S/d$  value at which the specific energy is minimum. The  $S/d$  ratio for conical chisels generally varies between 1 and 5 (Rostami and Ozdemir, 1993).

### 3. RESULTS

Cutting tests were conducted on roof coal and claystone samples of sufficient size taken from the field. The samples were placed in the box perpendicular to the layering in accordance with the cutting conditions in the field and fixed to the sample box with concrete. The sample surface was trimmed and prepared for the experiment. For these tests, RM8 conical tip chisels with a 17.5 mm diameter tungsten carbide tip and a  $75^\circ$  tip angle were selected, as they are the most commonly used in roadheaders in the Çayırhan Coal Basin. Since these chisels are mounted on the cutting heads with an attack angle of  $45^\circ$ , it was decided to use this chisel with  $44^\circ$  attack angle of chisel holders. This angle is appropriate for soft rocks.

It was decided to use two cutting depth values of 5 and 10 mm in the experiments (Acaroglu, 2004). At these depths, relieved and unrelevied cutting experiments were carried out for both roof coal and claystone. In assisted cutting experiments, the distance between chisels and the cutting depth ratio ( $S/d$ ) were determined as 1, 2, 3, 4 and 5 in a single spiral. The  $S$  value for both coal and claystone are 5, 10, 15, 20 and 25 mm, respectively, for a depth of 5 mm; For 10 mm depth, 10, 20, 30, 40, 50 mm were taken. Examples from the sample surfaces where the cutting test was performed at a depth of 5 mm are shown in Figure 3, and examples from the sample surface where the cutting test was performed at a depth of 10 mm are shown in Figure 4.



Figure 3. Cutting tests samples were performed for 5 mm depth.





Figure 4. Cutting tests samples were performed for 10 mm depth.

Figure 5 shows the specific energy-S/d relationship drawn according to the values obtained from the cutting tests performed on the coal sample. As can be seen in Figure 5 and Table 2, minimum specific energy values were obtained at  $S/d = 2$  for 5 and 10 mm cutting depth values. While the minimum specific energy value was found to be  $4.04 \text{ kWh/m}^3$  at 5 mm cutting depth, it was  $2.15 \text{ kWh/m}^3$  at 10 mm cutting depth.

The specific energy-S/d relationship graph drawn according to the values obtained in the cutting tests performed on the claystone sample is shown in Figure 6. As can be seen in Figure 6 and Table 2, the minimum specific energy value was obtained when  $S/d = 2$ . At  $S/d=2$ , the specific energy value was  $12.24 \text{ kWh/m}^3$  when the cutting depth was 5 and  $6.87 \text{ kWh/m}^3$  when the cutting depth was 10 mm.

These obtained optimum specific energy can be used to define instantaneous cutting rate by using equation 1 at cutting head power. These also can be used to define head power at certain cutting rate. As an example, excavation power needed for roof coal  $P = (20 * 2.15) / 0.8 = 54 \text{ kW}$  and for claystone  $P = (20 * 6.87) / 0.8 = 172 \text{ kW}$  are obtained at  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  cutting rate

$$v = \frac{P}{SE} \eta \quad (1)$$

V : Instantaneous Cutting Rate ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

P : Cutting Head Power (kW)

SE : Optimum Specific Energy ( $\text{kWh/m}^3$ )

$\eta$  : Efficiency Constant

Table 2 shows all cutting test results of coal and claystone cutting samples.

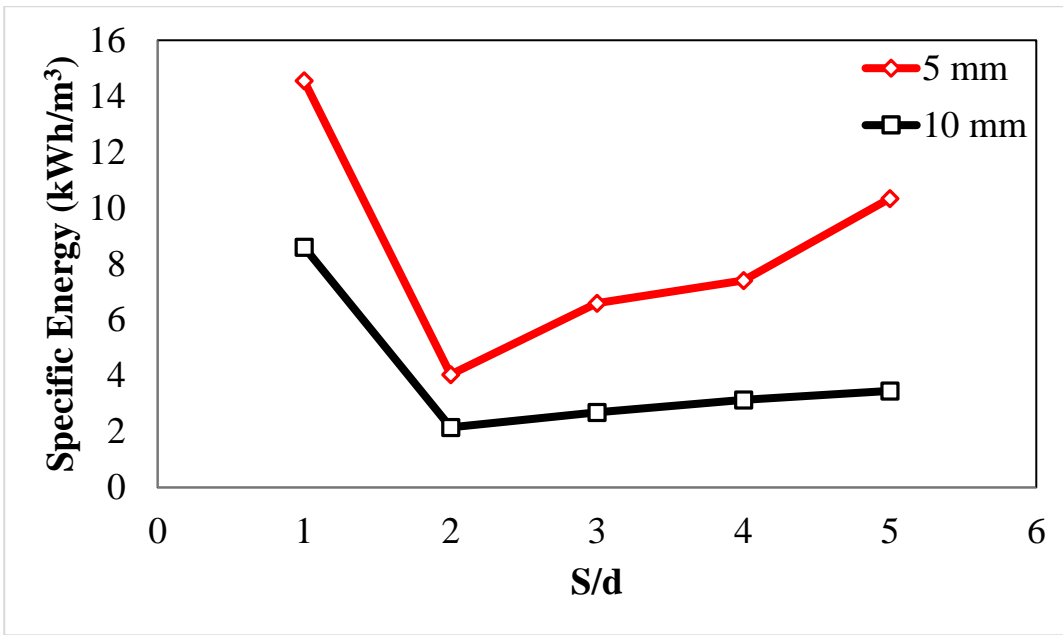


Figure 5. Specific energy and S/d relationship for coal.

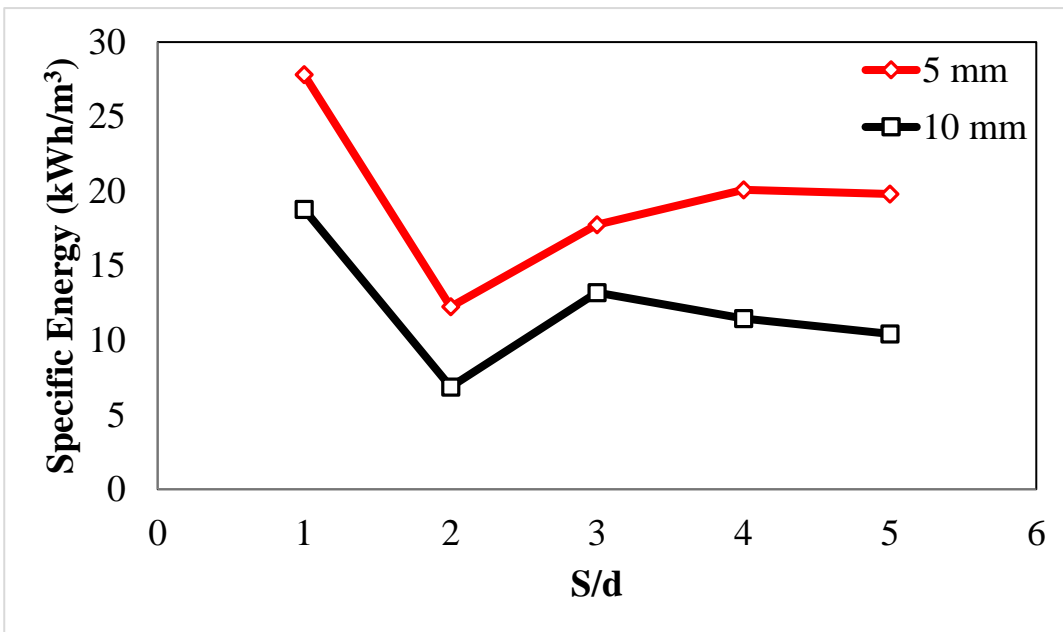


Figure 6. Specific energy and S/d relationship for claystone.

Table 2. Cutting test results of coal and claystone samples.

Rock mass	d (mm)	S/d	Cutter Forces (kN)				Specific Energy (kWh/m <sup>3</sup> )		
			Mean normal	Peak normal	Mean cutting	Peak cutting			
Coal	5	1	0.68	1.60	0.41	1.13	14.55		
		2	0.89	1.73	0.57	1.40	4.04		
		3	1.35	2.41	0.91	1.81	6.59		
		4	1.63	2.94	1.02	2.11	7.41		
		5	2.02	4.06	1.35	2.80	10.34		
		unrelieved	1.45	2.79	1.09	2.29	14.03		
	10	1	2.69	4.11	2.64	4.53	8.60		
		2	1.92	4.55	1.65	4.31	2.15		
		3	2.31	5.05	2.32	5.55	2.69		
		4	3.14	7.41	2.80	8.12	3.14		
		5	3.50	7.96	2.71	5.79	3.46		
		unrelieved	3.95	3.89	3.30	6.16	5.11		
		Claystone	5	1	0.70	1.43	0.74	1.53	27.82
				2	0.83	1.92	0.91	2.28	12.24
3	1.01			1.98	1.11	2.40	17.74		
4	1.19			2.30	1.29	2.63	20.09		
5	1.27			2.58	1.39	2.96	19.81		
unrelieved	1.15			1.78	1.33	2.29	22.47		
10	1		2.80	5.38	3.53	7.03	18.78		
	2		2.21	5.63	2.90	8.10	6.87		
	3		3.09	5.65	4.02	7.94	13.19		
	4		3.80	7.87	4.97	11.63	11.45		
		5	3.76	8.06	4.88	7.53	10.43		
		unrelieved	3.46	6.58	4.44	9.35	13.59		

#### 4. CONCLUSION

This study presents the results of full size linear cutting tests performed to assess the cutting properties and roadheaders' performance in the Çayırhan Coal Basin.

In the cutting tests conducted on the coal sample, specific energy values decreased as the cutting depth increased. The highest specific energy value was observed at  $S/d = 1$ , which can be attributed to the low amount of waste produced. After reaching the minimum specific energy at  $S/d = 2$ , an increase in specific energy values was noted. This trend was particularly noticeable at a smaller cutting depth of 5 mm. When the cutting depth was increased to 10 mm, the increases in specific energy values were less pronounced after  $S/d = 2$ .

Similarly, in the cutting tests for the claystone sample, specific energy values decreased with increasing cutting depth. The highest specific energy value was again observed at

S/d = 1. After achieving the minimum specific energy at S/d = 2, the specific energy values increased, especially at the smaller cutting depth of 5 mm.

These obtained values can be used to select appropriate excavation methods for similar rock properties and to be used for estimating and analyzing the performance of similar roadheaders to be used.

## REFERENCES

- Acaroglu, O. (2004). Stability analysis of the boom type tunneling machines and optimum selection. PhD Thesis, Istanbul Tech. Univ., Turkey.
- Cho, J. W., Jeon, S., Jeong, H. Y., & Chang, S. H. (2013). Evaluation of cutting efficiency during TBM disc cutter excavation within a Korean granitic rock using linear-cutting-machine testing and photogrammetric measurement. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 35, 37-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2012.08.006>
- Deshmukh, S., Raina, A. K., Murthy, V. M. S. R., Trivedi, R., & Vajre, R. (2020). Roadheader—A comprehensive review. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 95, 103148. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.103148>
- Dibavar, B., Kahraman, S., Rostami, M., & Fener, M. (2023). A New Rock Mass Cuttability Classification for Roadheaders Used in Coal Mining. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 40(4), 1141-1152. <https://doi.org/10.1007/s42461-023-00788-0>
- Hekimoğlu, O. Z., Çultu, Ç. 1985. OAL'de damar içi galerilerinin açılması, Maden İşletme Sempozyumu, İzmir, pp. 71-79.
- Kahraman, E. 2012. Çayırhan Yeraltı Linyit İşletmesinde Kollu Galeri Açma Makineleri İçin Performans Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde.
- Kartal, İ. 1993. Gakeri açma makinası operatörü yetiştirme eğitimi, TKİ Genel Müdürlüğü, Eğitim ve İş Güvenliği Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Li, X., Cao, Z., & Xu, Y. (2020). Characteristics and trends of coal mine safety development. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1852339>
- Rostami, J. and Ozdemir, L. (1993) A New Model for Performance Prediction of Hard Rock TBMs. Proceedings of the Rapid Excavation and Tunneling Conference, Boston, 13-17 June 1993, 793-793.
- Xie, M., Li, Y., Nie, R., Liu, Z., Mao, J., Zhang, H., & Yu, X. (2023). Research on the performance of the active vibration cutting system for the rotary cylinder of a tunneling machine. *Scientific Reports*, 13(1), 16781. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44044-3>

# **BİYOKÜTLE / KÖMÜR/LİNYİT KARIŞIMININ BUHAR GAZLAŞTIRILMASI - METAN VE HİDROJEN İÇİN ZNO VE PBO ATIK KATALİSTİN MİKRODALGA ETKİLİ GAZLAŞTIRILMASI**

## ***STEAM GASIFICATION OF COAL/ LIGNITE/BIOMASS MIX BY MICROWAVE RADIATED LEAD AND ZINC OXIDE WASTE CATALYST IN PACKED BED FOR HYDROGEN AND METHANE***

**Yıldırım İsmail Tosun\***

*Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak*

**Fethullah Chichek**

*Azerbaijan Academy of Science, Radiation Problems Institute, Baku*

**ÖZET** Bu çalışmada, kömür tozu ve odunsu biyokütle karışımlarının buhar ile 800 °C sıcaklıkta gazlaştırılması incelenmiştir. Biyokütle ile kömür karışımının gazlaştırılmasında yüksek miktarda kül oluşumu engellenmektedir. İnce boyutlu biyokütle ile asfaltit kömür karışımlarının gazlaştırılması etkin bir yöntem olmaktadır. Gazlaştırmada düşük katı çamur/ buhar gaz oranı kullanılmaktadır. Bu çalışmada %20 ağırlık oranında asfaltit kömürü (yaklaşık %41 küllü) ile biyokütle karışımlarının buharda gazlaştırılmasında mikrodalga etkili katalitik ayrıştırma tüpü kullanılmıştır ve yüksek verimlilik sağlamıştır. Bu yöntemde %8 H<sub>2</sub> ve 4 CH<sub>4</sub> ile %33 CO 'un verimli gaz ürünleri nihai olarak elde edilmiştir. Tasarlanan gazlaştırıcıda, gaz çevrimli çift arıtmayı kapsayan, ters akışlı bir atık gazlaştırıcı ünitesi kullanılmaktadır. Çevresel açıdan yüksek küllü asfaltit kömürlerinin değerlendirmesinde önemli bir gazlaştırma yöntemi olmaktadır ve tehlikeli gaz ürünlerin temizlenmesi de kritik önem taşımaktadır. Bu çalışmada kabarcıklı yatakta mikrodalga etkili gazlaştırma yöntemi ekonomik üstünlük sağlamıştır.

**ABSTRACT** In this study, gasification of coal dust and woody biomass mixtures with steam at 800 °C was examined. In the gasification of the biomass and coal mixture, high amounts of ash formation are prevented. Gasification of fine-sized biomass and asphaltite coal mixtures is an effective method. A low solid sludge/steam/gas ratio is used in gasification. In this study, a microwave effective catalytic decomposition tube was used in the steam gasification of biomass mixtures with 20% weight ratio asphaltite coal (approximately 41% ash) and provided high efficiency. In this method, efficient gas products of 8% H<sub>2</sub> and 4% CH<sub>4</sub> and 33% CO were finally obtained. In the designed gasifier, a counter-flow waste gasifier unit is used, which includes gas cycle double purification. It is an important gasification method in the evaluation of high ash asphaltite coals from an environmental perspective, and the cleaning of hazardous gas products is also of critical importance. In this study, microwave effective gasification method in bubble bed provided economic superiority.

\* [yildirimismailtosun@gmail.com](mailto:yildirimismailtosun@gmail.com)

## **1. INTRODUCTION**

There are various objectives to make the necessary arrangements to increase the use of biomass and solar energy as the other device. Considering the known biomass area of the potential high forest fields in northern Anatolia and located in central and eastern Anatolia.( Karayılmazlar et al.2015) it is seen as having low to medium heat resources. As we have seen in our country there is a significant potential for biomass resources will be invested. The low heat waste will be great source for waste heat and in comparison the electricity production may reach on 60-70 % thermal performances by microwave co-combustion (Gürel 2020).

In conventional thermal processing, energy is transferred to the material through convection, conduction, and radiation of heat from the surfaces of the material. In contrast, microwave energy is delivered directly to materials through molecular interaction with the electromagnetic field. (Jian 2015) In conventional methods, energy is transferred due to thermal gradients, but microwave heating is the conversion transfer of electromagnetic energy to thermal energy through direct interaction of the incident radiation with the molecules of the target material (Anietie et al., 2022).

In conventional thermal processing, energy is transferred to the material through convection, conduction, and radiation of heat from the surfaces of the material. In contrast, microwave energy is delivered directly to materials through molecular interaction with the electromagnetic field. In conventional methods, energy is transferred due to thermal gradients, but microwave heating is the conversion transfer of electromagnetic energy to thermal energy through direct interaction of the incident radiation with the molecules of the target material (Jacob et al., 1995).

Enthalpy efficiency especially indirectly heated coal in microwave radiation is highly depended on the porosity of coal, ash amount of coal and amount of susceptor put in the microwave system. However the heat conductivity of susceptor to coal was also effects energy change (A. Metaxas, 1991).

The kinetics of the combustion, spontaneous combustion and ignition temperature and volatile matter of coal is also critical under microwave combustion. The equilibrium constant of exothermic reaction and reaction kinetics can be related to the standard Gibbs free energy change for the reaction by the equation (Lu et al., 2007, Wu et al. 2002).

### **1.1. Thermal Cracking**

In this study, the significant reforming tests for pyrolysis coal and wood tar mix have been made on low iron poor zinc ores containing PbO, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inclusions as granules controlled with coal and biomass char/tar feed in order to reach catalytic reforming at 800 C providing heat transfer in microwave radiated cell to sequent

column reactor. However, the results of filled bed poor iron slime yielded high heat transfer to coal and biomass char and tar. Due to the complex chemistry of coal, and porosity, heat conduction decreased in the microwave radiated cell system by granule size decrease. The iron slime conductivity distribution was raised temperature in the microwave activation dependent on the microwave heating power.

There are excellent microwave heating conduction to gasified cracking of tar over hematite and Zn/Pb catalyst, which is used at higher temperature cracking even more than in high pressurized gasification. The energy of microwave pyrolysis and thermolysis cracking is greatly depended on heat content of catalytic bed. The bubbling flow of gasification and porosity of catalyst in the microwave pipe reaction bed in the reactor as illustrated in Figure 2 and this high energy was resulted at 30 minutes time as leads to lower power rates in the microwave syngas forming (Nørskov et al 2014, Rustamov et al.,1998, Dayton 2002, Devi et al 2003).

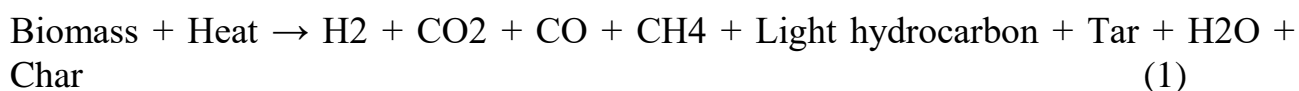
Table 1. Summary of catalyst details for gasification and methane/tar cracking

Type	Performance % for formed H <sub>2</sub>	References
Ni/CaO	22-35 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Sujeesh et al. 2024
Pd/Pt	32-35 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Devi et al. 2003
Pt/Rd	32 35 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Han and Kim, 2008
Zeolite/Mo	27-25 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Dayton 2002
Clay/Co	29-25 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Devi et al. 2003
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22-35 H <sub>2</sub> CH <sub>4</sub>	Han and Kim, 2008
Pb/Zn-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21-25 H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	Dayton 2002

## 1.2. Steam Gasification

Such metal oxides require oxidation to break down the matrix of the coal gases condensed and oxidize or passivate the stuck matter following pyrolysis. The microwave treatment methods include combustion, chlorination, pressure oxidation, drying, torrefaction, pyrolysis digestion and gasification of waste materials. Microwaves could be utilized as an alternative source of energy for the treatment of ferrite materials by oxidation in some of the unit operations such as drying, calcining and smelting of massive texture by decreasing surface area of catalyst. Carbon and metal oxides are known to be very good microwave absorbers and they can be rapidly and selectively heated. Some researchers may improve heat it was indirectly heated by microwaves, therefore using hematite as a susceptor. Catalytic bed heat is adsorbed by conductive heat passage to tar melting on metal oxide pores as given below equation (Aznar et al.,1997).

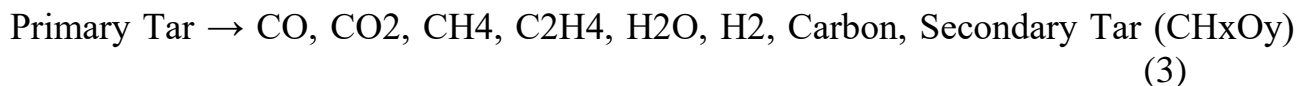
The steam gasification following microwave pyrolysis applications in various fields and materials could be managed by reactions primar and secondary such as given below (Peng et al. 2020, Hongyu et al., 2024):



Primary pyrolysis:



Second reactions (Homogenous gas-phase reactions):



## 2. METHOD AND MATERIALS

Heated iron slime granules in microwave radiation cell provided high heat conduction solid tar mixing gas flows. The gas flowed through sequent column are cycled for reforming hydrogen rich gas. One of the most promising technologies for advanced thermal energy conduction and radiation is managed by microwave irony slime heating under microwave radiation favorable economic potential and intrinsic parameters. The development of catalytic granule pellet technology for column is a key issue in the catalytic hydrogen rich gas processing. As for coal pyrolysis tar and biomass and coal char with gas, catalysis poor zinc ore, granule pellets in the sequent column were mixed in and partially reformed at approximately around 800°C. We have already reported the successful results of reforming using auger and injected coal gas. However, cycled biochar carbon/ tar gas and heat carrier irony slime dust/ biomass tar vapors with copper, lead and zinc oxide fines sorped in porous catalytic pellet basket. High rich hydrogen gas reforming is provided from coal and biomass tar products, such as Pb, Zn, Cu catalyzing hydrogen enrichment in column tube gasifier at about 5-7 % extraction yields. In this study, there was a few cycling steps studied in reforming column with solid packed catalyst flow by the low iron poor zinc ores of Hakkari and Şırnak (FeO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxide metal fines influenced the cracking reforming tar gas, even zinc salt mixture.

A type K thermocouple (wire diameter of 0.20 mm) was employed and the temperature was measured immediately after turning the power off. The variables studied were: incident microwave power, processing time and sample mass. For the microwave combustion tests, coal and biomass mixed tar samples weighing about 15–20 gas given in Table 1, were placed in fireclay combustion boats and heated. (Figure 1 and Figure 2) The catalytic cracking was managed in the experimentation by Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> PbO and ZnO ore pellets as given in Table 2.



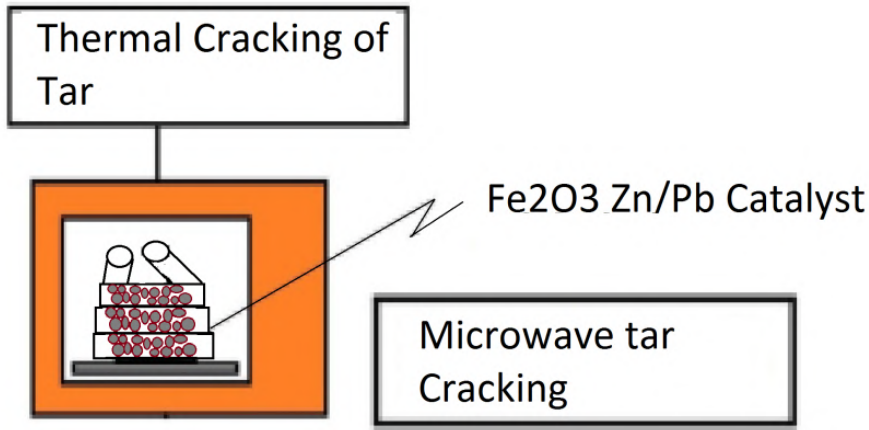


Figure 1. Thermal Cracking through Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Zn/Pb catalyst.

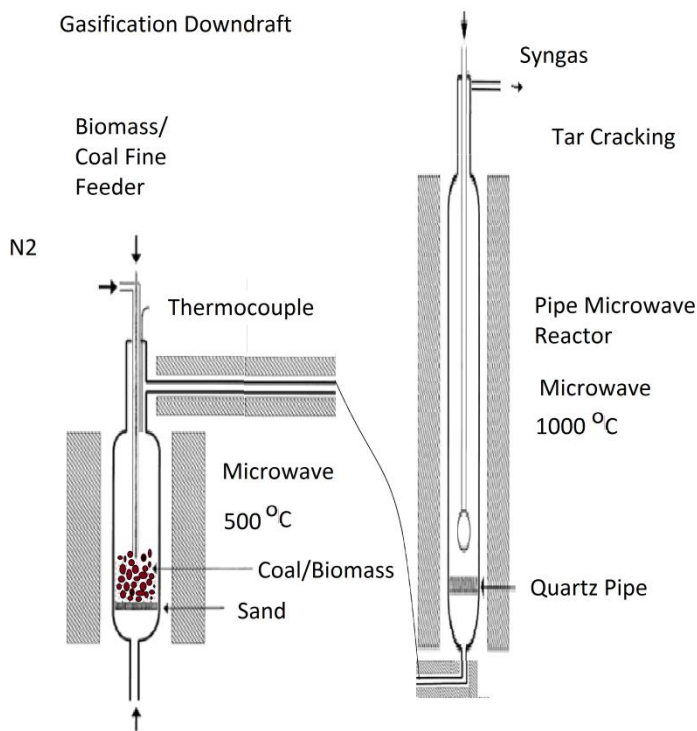


Figure 2. Gasification and Thermal Cracking through Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Zn/PbO catalyst.

Table 2. Proximate Analysis of coal and biomass samples

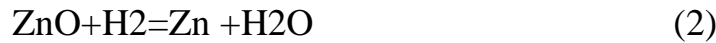
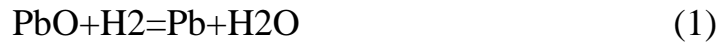
Materials	C	H	O	S	N	Ash
Coal, Şırnak	22	5	15	7	2	42
Asphaltite						
Biomass, Oak wood straw	30	19	45	0,5	4	0,2
75%Biomass	75	7	12	1		5
50%Biomass	65	7	10	2		13

Table 3. Analysis of catalysts samples

Catalysts	ZnO	PbO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Silicate
Hakkari Calcined iron ore	12	5	41	2	4	32
Şırnak Calcined zinc ore/iron	39	11	15	5	4	22

### 3. Results and Discussion

The Gibbs free energy changes in the equilibrium at ambient and 400-900 °C temperatures rise to 23208 kJ/kg for zinc at atmospheric pressure level. The reduction reaction regarding oxide size and surface area is developed by 800°C mass diffusion rates on thermal heat conductivity till by H<sub>2</sub> gas in 1/4 H<sub>2</sub>/CO gas medium provided by lignite powders in the reactor.



Free Energy of Gibbs Equilibrium:  $G = RT \ln K_{\text{oxi}}$

$$K_{\text{oxi}} = \left( \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2}} \right) a_{\text{Zn}} \quad (3)$$

#### 3.1. Microwave Heat Conduction

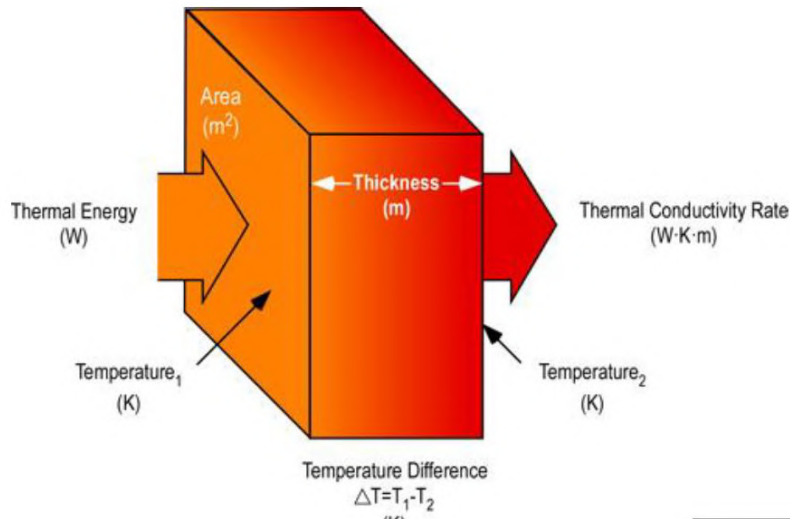


Figure 3. Thermal Heat Conduction through Catalyst to Steam Gas.

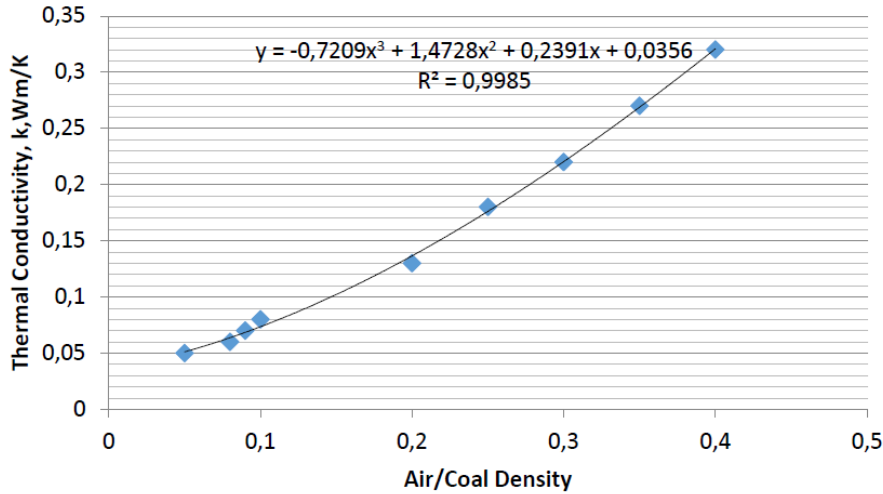
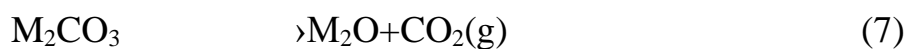
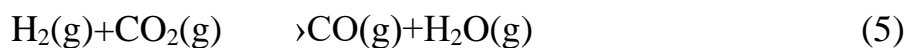


Figure 4. Thermal Conductivity Change through Catalyst to Steam Gas in Microwave

Heat transfer occurs at a lower rate across air coal mixtures in the fluidized bed. Correspondingly, heat flux in the ignited coal bed with high thermal conductivity is widely used in high density mixtures of coal with flue gas are used in the fluidized bed circulation. The high thermal conductivity of boiler material may provide high heat recovery on the steel boiler tubes. The thermal resistivity of ash and flue gas may decrease heat enthalpy in combustion by microwave ignition.

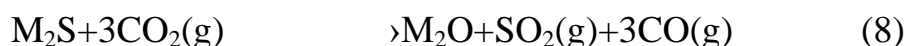
### 3.2. Microwave Cracking

The kinetics of the cracking following pyrolysis and cracking temperature and partial pressure of volatile matter of biomass/ coal tar are also critical under microwave tar cracking. It can be seen that the solid content of tar oil increases significantly faster in the microwave cracking rates than in conventional control tests. More than 75% of the tar was removed within 10 minutes with microwave heated gasification of biomass/coal, while in conventional combustion the same degree of tar removal would require several hours.(Elliot, 1987) metal oxide and carbonate reactions may be performed as given below equations through gasifier;



The influence of sulfates NaCl-KCl-MgCl<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-MgSO<sub>4</sub> on the pyrolysis process of biomass is shown in Eq. 7 and 8. It can be found that the

pyrolysis process of biomass changes abnormally after the addition of sulfates. The char and methane were rapidly consumed from 300 °C and completely disappeared at about 450 °C. Almost all char derived from biomass tar pyrolysis was converted into CO<sub>2</sub>(g), and the reactions involved were mainly (5) and (6). As the temperature increased, sulfates went through a more complex conversion process with possible reactions (8) to (10).



### 3.3. Catalytic Cracking

The microwave heating applications in various fields and materials could be managed, such as contaminated soil remediation, waste processing, minerals processing and activated carbon regeneration. Microwave heating is preferred for volatile organic compounds (VOC) by synthetically heating susceptors in microwave. The microwave combustion technology could be improved for lignite and biomass in the packed bed systems. This may include few difficulties associated with the scaling up of laboratory units to industrial process depending on material dielectric properties. The combustion process by microwave may have specific advantages over conventional methods with cost of heating. The factors influencing heat flux are

- the combustion kinetics in microwave ignition,
- coal type,
- microwave permittivity,
- temperature difference,
- length (or thickness) coal bed,
- cross sectional area of bed, and the thermal conductivity of the air/coal bed.

The temperature effect the thermal decomposition of syngas methane on catalyst as given below equation on microwave heated catalytic tube:

$$\theta = (T - T_a) / (T_i - T_a) \quad (11)$$

The thermal cracking of methane and syngas yields of steam gasification process by microwave acted catalysis on poor PbO/ ZnO hematite fine had specific advantages over control tests using 1.5/1 steam/coal and biomass C weight rate in this method succeeded with low cost of gasification and purification of catalysis by microwave radiation. The values of 8,5 %vol dry hydrogen gas yield raised at 33% influenced on microwave acted catalysis bed with high heat flux and methane yield stayed similar values of 4,5% vol.

## 4. CONCLUSIONS

In modified pipe microwave reactor, where the average concentration of solids amounts to 10 - 50 g/m<sup>3</sup>, i.e. the conditions for residence time are long enough for the thermal cracking of biomass tar and coal tar and extensive gas mixing with 60-70% N<sub>2</sub> and air so enhancing biomass pyrolysis and tar feeding inlet in order to take the down draft gas, heat transfers to the microwave cracking section. It is necessary to create conditions of internal circulation without the transported coal and waste in modified pipe and downdraft gasified, 90-95% tar yield were observed at the end of combustion. Total heat values of biochars are of approximately 17.8 kJ/ kg for corn stalk and 16.2 kJ/ kg for forest oak wood waste for tar cracking by microwave.

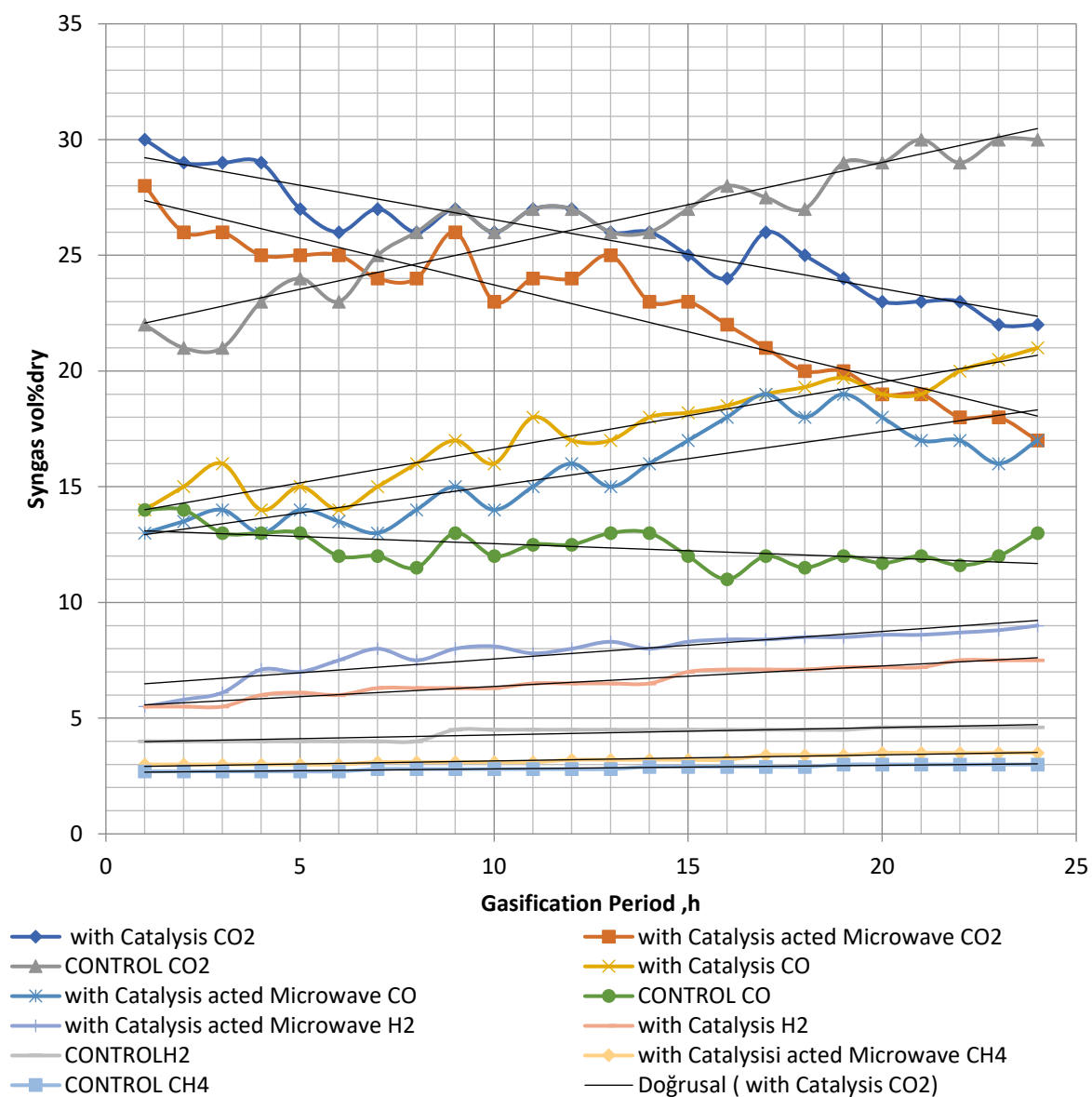


Figure 6. H<sub>2</sub>/CO change of Steam Gasified in reactor of Biomass and asphaltite coal mix using Thermal Microwave acted Catalyst.

At 750°C, the pyrolysis gas obtained from Hakkari iron ore catalysts contained 30,42 vol% H<sub>2</sub> with the H<sub>2</sub>/CO ratio reaching 1,41. The carbonates demonstrated excellent improvement for the gas composition of biomass char pyrolysis products, with 62,7 vol% and 57,2 vol% syngas (H<sub>2</sub>/CO) collected from the Hakkari iron ore catalysts and PbO content was effective in cracking pyrolysis systems at 750 °C, respectively. Silicates, oxides, the bio-oil and char prepared by biomass char pyrolysis also achieved better quality. The thermodynamic equilibrium resulted of the high extract gas formation of H<sub>2</sub> and CO from biomass and coal tar in metal oxide composition of Şırnak zinc ore/iron during biomass tar pyrolysis. The sulfur reaction between MgCl<sub>2</sub> and char tar char under high temperature 750°C determined the high gas H<sub>2</sub> yield and CO in pyrolysis gas products with the low consumption of magnesium salts in the ores and deteriorating the biomass tar pyrolysis system.

## **KAYNAKLAR**

- Sutton, D. , B. Kelleher, J.R.H. Ross, Review of literature on catalysts for biomass gasification, *Fuel Process. Technol.*, 73 (2001), pp. 155-173
- Adjaye, J.D. , N.N. Bakhshi, Catalytic conversion of a biomass-derived oil to fuels and chemicals. 2. Chemical kinetics parameter estimation and model predictions, *Biomass Bioenergy*, 8 (1995), pp. 265-277
- Bridgwater, A.V. , Production of high grade fuels and chemicals from catalytic pyrolysis of biomass, *Catal. Today*, 29 (1996), pp. 285-295
- Delgado, J. , M.P. Aznar, J. Corella, Biomass gasification with steam in steam in fluidised bed: effectiveness of CaO, MgO, and CaO–MgO for hot raw gas cleaning, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36 (1997), pp. 1535-1543
- Raveendran, K., A. Ganesh, K.C. Khilar, Pyrolysis characteristics of biomass and biomass components, *Fuel*, 75 (1996), pp. 987-998
- Demirbas, A., Hydrogen production from biomass by the gasification process, *Energy Sources*, 24 (2002), pp. 59-68
- Wang, D., S. Czernik, D. Montane, M. Mann, E. Chornet, Biomass to hydrogen via fast pyrolysis and catalytic steam reforming of the pyrolysis oil or its fractions, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36 (1997), pp. 1507-1518
- Adjaye, J.D., N.N. Bakhshi, Catalytic conversion of a biomass-derived oil to fuels and chemicals. 2. Chemical kinetics parameter estimation and model predictions, *Biomass Bioenergy*, 8 (1995), pp. 265-277
- Marquevich, M., S. Czernik, E. Chornet, D. Montane, Hydrogen from biomass: steam reforming of model compounds of fast-pyrolysis oils, *Energy Fuels*, 13 (1999), pp. 1160-1166
- Jacob J, Chia LHL, FYC Boey. Review-thermal and non-thermal interaction of microwave radiation with materials. *Journal of Materials Science* 1995; 30 (21): 5321-7. Kelly RM, NA Rowson. Microwave the reduction of oxidised ilmenite concentrates. *Minerals Engineering* 1995; 8 (11): 1427-38.
- Veasey TJ, Fitzgibbon Ka. Thermally assisted liberation-a review. *Minerals Engineering* 1990; 3 (1/2): 181-5.
- Walkiewicz JW, Kazonich G, McGill SL. Microwave heating and compounds Characteristics of selected minerals. *Minerals and Metallurgical Processing*, 1988; 5 (1): 39-42.
- Walkiewicz JW, Clarke, McGill, SL. Microwave assisted grinding. *IEEE Transactions on industry applications* 1991; 27 (2): 239-43.
- P. Grange, E. Laurent, R. Maggi, A. Centeno, B. Delmon, Hydrotreatment of pyrolysis oils from biomass: reactivity of the various categories of oxygenated compounds and preliminary technological study, *Catal. Today*, 29 (1996), pp. 297-301

- R.V. Pindoria, A. Megaritis, R.C. Messenbock, D.R. Dugwell, R. Kandiyoti, Comparison of the pyrolysis and gasification of biomass: effect of reacting gas atmosphere and pressure on eucalyptus wood, *Fuel*, 77 (1998), pp. 1247-1251
- M. Stenseng, A. Jensen, K. Dam-Johansen, Investigation of biomass pyrolysis by TG analysis and differential scanning calorimetry, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 58 (2001), pp. 765-780
- V.R. Rustamov, K.M. Abdullayev, E.A. Samedov, Biomass conversion to liquid fuel by two-stage thermochemical cycle, *Energy Conv. Manage.*, 39 (1998), pp. 869-875 Goltsov VA and Veziroglu TN. 2001. From hydrogen economy to hydrogen civilization. *International Journal of Hydrogen Energy* 26:909-915.
- Dincer I and Joshi AS. 2013. Solar based hydrogen production systems. New York, Springer.
- Chianelli RR, Daage M and Ledoux MJ. 1994. Fundamental studies of transition-metal sulfide catalytic materials. In *Advances in Catalysis*, Vol. 40. Edited by Eley DD, Pines H and Haag WO. Burlington, Mass.: Academic Press.
- Advanced Organic Chemistry Jerry March 2nd Edition
- Patel, D. R. (1998). "Hydrogenation of nitrobenzene using polymer anchored Pd(II) complexes as catalyst". *Journal of Molecular Catalysis*. 130 (1–2): 57. DOI:10.1016/s1381-1169(97)00197-0
- Knowles, W. S. (March 1986). "Application of organometallic catalysis to the commercial production of L-DOPA". *Journal of Chemical Education*. 63 (3): 222. DOI:10.1021/ed063p222
- Schrock, Richard R.; Osborn, John A. (April 1976). "Catalytic hydrogenation using cationic rhodium complexes. I. Evolution of the catalytic system and the hydrogenation of olefins". *Journal of the American Chemical Society*. 98 (8): 2134–2143. DOI:10.1021/ja00424a020
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., & Rifat, K (2011). Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- Gürel K., D Magalhães, F Kazanç, 2022. The effect of torrefaction, slow, and fast pyrolysis on the single particle combustion of agricultural biomass and lignite coal at high heating rates, *Fuel*, Volume 308, 2022, 122054, ISSN 0016-2361, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122054>.
- Jian, F., Jayas, D. S., White, N. D. G., Fields, P. G. and Howe, N. (2015). An evaluation of insect expulsion from wheat samples by microwave treatment for disinfestation. *Biosyst Eng.* 130:1–12.
- Anietie O.E., P. Musonge, A.C. Eloka-eboka, 2022, A green process synthesis of bio-composite heterogeneous catalyst for the transesterification of linseed-marula bi-oil methyl ester, *Results in Engineering*, 10.1016/j.rineng.2022.100645, 16, (100645), (2022)
- Metaxas, A. C. , 1991, Microwave Heating, *Power Engineering Journal*, IEE, 5(5):237 - 247
- Lu H., Y. Gong, C. Areprasert, L. Ding, Q. Guo, Wei-Hsin C., Guangsuo Y., 2021. Integration of Biomass Torrefaction and Gasification based on Biomass Classification: A Review, *Energy Technology: Volume 9, Issue 5*, <https://doi.org/10.1002/ente.202001108>
- Wu C., Williams PT. 2009, Hydrogen production by steam gasification of poly propylene with various nickel catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2009;87:152–61.
- Nørskov J.K., T. Bligaard, A. Logadottir, S. Bahn, L.B. Hansen, M. Bollinger, H. Benggaard, B. Hammer, Z. Sljivancanin, M. Mavrikakis, Y. Xu, S. Dahl, C.J.H. Jacobsen, 2002, Universality in Heterogeneous Catalysis, *Journal of Catalysis*, Volume 209, Issue 2, Pages 275-278, ISSN 0021-9517, <https://doi.org/10.1006/jcat.2002.3615>.
- Rustamov M. I., N. N. Piriev, and F. A. Babaeva, 2010, Dehydration of methanol on zeolite-containing catalysts, *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, Vol. 46, No. 1, 2010
- Aznar, M.P. et al. (1997). Biomass Gasification with Steam and Oxygen Mixtures at Pilot Scale and with Catalytic Gas Upgrading. Part I: Performance of the Gasifier. In: Bridgwater, A.V., Boocock, D.G.B. (eds) *Developments in Thermochemical Biomass Conversion*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1559-6\\_96](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1559-6_96)

# **ULTRASONİK DALGALARIN KÖMÜR TANELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: KAVİTASYON ETKİSİ**

## ***EFFECTS OF ULTRASONIC WAVES ON COAL PARTICLES: CAVITATION EFFECT***

**Ercan Şahinoğlu\***, **Kadir Karaman**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon*

**ÖZET** Ultrasonik dalgalar, sıvı ortamda kavitasyon oluşumuna yol açarak, kömür tanelerinin yüzeylerindeki gang minerallerini ve oksit tabakalarını etkili bir şekilde uzaklaştırabilir. Bu temizleme süreci, tanelerin hidrofobikliğini artırarak ince boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Ayrıca, ultrasonik kavitasyon, kömür tanelerinin yüzeylerinde çatlakların oluşumuna ve tane boyutlarının küçülmesine de neden olabilir. Bu çalışmada, yüksek kül içerikli kömür örnekleri 1 ve 4 dakika süreyle ultrasonik dalgalara maruz bırakılmıştır. İşlem görmemiş ve işlem görmüş kömür tanelerinin yüzeyleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleriyle karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları, ultrasonik dalgalarla işlem gören kömür tanelerinin yüzeylerinin daha temiz ve işlem süresinin uzamasıyla çatlakların daha belirgin ve derin olduğunu göstermiştir. Özellikle 4 dakikalık işlem süresinde, kömür tane boyutunun  $d_{50}=149,315 \mu\text{m}$  olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, kavitasyon etkisinin kömür tanelerinin fiziksel özelliklerini değiştirebileceğini ve bu değişikliklerin kömürün işlenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde istenen sonuçlara ulaşmak için yararlı olabileceğini ortaya koymaktadır.

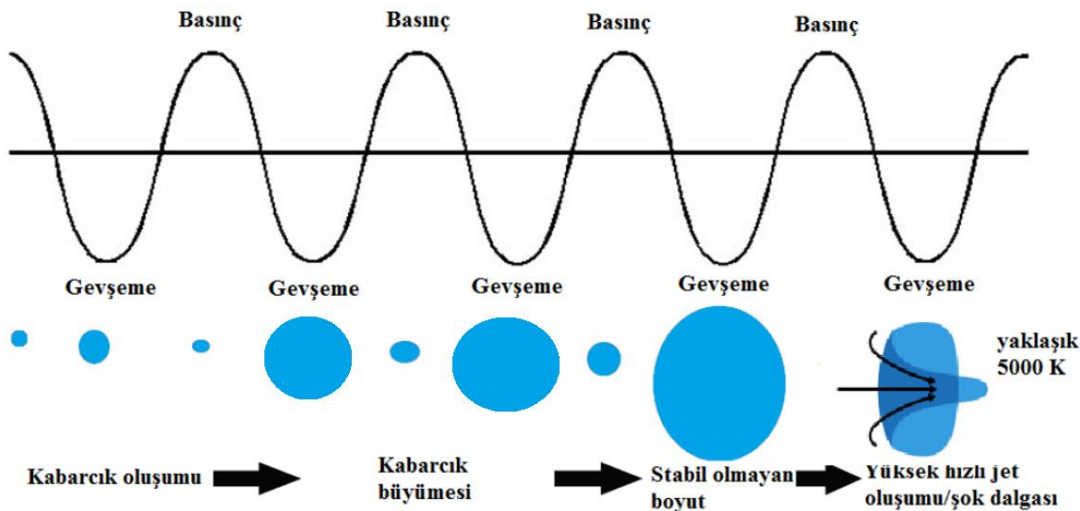
**ABSTRACT** Ultrasonic waves can lead to the formation of cavitation in the liquid medium, effectively removing gangue minerals and oxide layers from the surfaces of coal particles. This cleaning process can play an important role in the beneficiation of fine-sized coals by increasing the hydrophobicity of the particles. Furthermore, ultrasonic cavitation can also lead to the formation of cracks on the surfaces of coal particles and the reduction of particle sizes. In this study, coal samples with high ash content were exposed to ultrasonic waves for 1 and 4 minutes. The surfaces of untreated and treated coal particles were compared by scanning electron microscopy (SEM) analysis. The results of the analysis showed that the surfaces of the coal particles treated with ultrasonic waves were cleaner and the cracks were more prominent and deeper with the prolongation of the treatment time. In particular, the coal particle size was found to be  $d_{50}=149.315 \mu\text{m}$  at 4 minutes of treatment time. These findings suggest that the cavitation effect can change the physical properties of coal particles and these changes can be useful for achieving desired results in coal processing and utilization processes.

\* [ercansahinoglu@ktu.edu.tr](mailto:ercansahinoglu@ktu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Ultrasonik dalgalar, frekansı 20 kHz'i aşan ses dalgalarının ürettiği mekanik dalgalardır (Yin vd., 2024). Ultrasonik dalgalar düşük frekanslı ultrason (20-100 kHz), orta frekanslı ultrason (100 kHz-1 MHz) ve yüksek frekanslı ultrason (1-10 MHz) olmak üzere üç kategoride sınıflandırılabilir (Promda vd., 2024). Ultrason, birbirini izleyen basınç ve gevşeme evrelerinden oluşmaktadır. Basınç evresinde sıvı içerisinde mikro kabarcıklar oluşur. Gevşeme evresinde ise mikro kabarcıkların çöküşü gerçekleşir (Ozkan ve Esmeli, 2023). Tanımlanmış bir yayılma yönü, uzun yayılma mesafeleri, güçlü nüfuz etme yetenekleri ve önemli ses enerjisi gibi özelliklere sahiptirler. Yayılma işlemi sırasında ortamın fiziksel ve kimyasal özellikleri değişir ve bu da çeşitli ayırt edici ultrasonik etkilere yol açar. Bu ayırt edici etkilerden en önemlisi kaviteasyondur (Yin vd., 2024). Ultrasonik dalgalar sıvının içinden geçerken kaviteasyon kabarcıklarını oluşturur. Herhangi bir ses dalgası gibi, sıvının moleküllerini etkileyen bir dizi basınç ve gevşeme döngüsü olarak iletilir. Gevşeme döngüsünün negatif basıncı sıvı molekülleri arasındaki çekici kuvvetleri aştığında bir boşluk oluşur. Yapıdaki bu boşluk veya oyuk, sıvıdan az miktarda buhar alır, böylece basınç sırasında tamamen çökmez, bunun yerine akustik bir kaviteasyon kabarcığı oluşturmak için birbirini izleyen döngülerde boyut olarak büyümeye devam eder. Sıvı içinde bu tür binlerce kabarcık vardır. Bu kabarcıkların şiddetli bir şekilde çökmesiyle yüksek sıcaklık ve basınç değerleri meydana gelir. Kabarcığın çökmesi ile sıvı içerisinde şok dalgaları ve sıvının yüksek hızlı mikro jetleri oluşmaktadır (Leonelli ve Mason, 2010). Kaviteasyon kabarcıklarının oluşumu ve çöküşü Şekil 1'de görülmektedir. Kabarcıkların şiddetli bir şekilde çökmesiyle yaklaşık 5000 K'lık sıcaklıklar ve 1000 atm mertebesinde basınçlar oluşabilir (Demir, 2020). Ultrasonik teknolojinin temel avantajı güvenli ve çevre dostu olmasıdır (Chen vd., 2020).



Şekil 1. Kaviteasyon kabarcıklarının oluşumu ve çöküşü (Demir, 2020)

Kaviteasyon etkisi sayesinde ultrasonik dalgalar endüstriyel ve tıbbi birçok teknolojik alanda kullanılmaktadır. Bununla birlikte ultrasonik işlemin son yıllarda cevher hazırlamada/zenginleştirmede uygulanması aktif bir araştırma alanı olmuştur (Yin vd.,

2024). Ultrasonik işlem cevher hazırlamada/zenginleştirmede, boyut küçültmede, susuzlandırmada, flotasyonda, yağ aglomerasyonunda, flokülasyonda ve liç işlemlerinde kullanılabilir (Eşmeli, 2024). Ultrasonik dalgalar kömür tanelerinde tane yüzeyinde bulun gang minerallerin uzaklaştırılmasında, oksitlenmiş kömürlerde oksit tabakasının kömür yüzeyinden uzaklaştırılmasında, kömür tanesinin yüzeyini temizleyip hidrofobikliğin artırılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Kömür tanelerinin hidrofobikliğin artması kömürün zenginleştirilmesinde kritik bir rol oynar. Bu özellik kömür ve gang mineralleri arasındaki ayrımı kolaylaştırarak proses işleme sürecini daha verimli hale getirir (Şahinoğlu, 2024). Xu vd., (2017) çalışmalarında oksitlenmiş kömüre ultrasonik işlem uygulayarak oksit tabakasının kavitasyon etkisi ile başarılı bir şekilde uzaklaştırıldığını belirlemişlerdir. Mao vd., (2019a) araştırmalarında ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisi sayesinde kömür tanelerinin yüzeylerindeki gang minerallerinin uzaklaştırıldığını bulmuşlardır. Chen vd., (2022) ultrasonik işlemin kömür tanelerinin yüzeylerini temizlediğini ve kömür tanelerinin hidrofobikliğini arttırdığını rapor etmişlerdir. Ultrasonik dalgalar kavitasyon etkisi ile kömür tanelerinin yüzeylerinde çatlak ve kırık oluşturarak kömür tanelerinin kırılmasında neden olmaktadır (Mao vd., 2019b). Kırılma ve boyut küçültmenin genel olarak dört aşamada meydana geldiği söylenebilir. Bu aşamalar kömür yüzeyinde aşınmaların meydana gelmesi, yüzeyde çatlakların/kırıkların oluşumu, çatlakların ve kırıkların genişleyip derinleşmesi, kömür tanesinin kırılmasına neden olmaktadır (Demir, 2020). Ambedkar vd., (2011) çalışmalarında düşük frekanslı ultrasonun kömür tane boyutuna etkisini incelemişlerdir. Ultrasonik işlemin kavitasyon etkisi sayesinde 2 ve 5 dakikalık ultrasonik dalga süresinde  $-212\mu\text{m}$  altındaki kömürde ortalama tane boyutunu önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Sahinoglu ve Uslu (2015) araştırmalarında farklı güç ve sürelerde ultrasonik işlemin  $500\mu\text{m}$  altındaki kömürde kömür tane boyutuna etkisini araştırmışlardır. Ultrasonik işlem kullanılarak kömürün tane boyutunun önemli oranda azaltıldığını bulmuşlardır. Demir (2020) çalışmasında ultrasonik işlemin kömür tane boyutuna etkisini farklı ultrasonik güç ve sürelerde incelemiştir. Ultrasonik güç ve süre artışıyla birlikte  $-38\mu\text{m}$  altındaki kömür miktarının önemli oranda arttığını belirlemiştir.

Ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisinin ince boyutlu kömür taneleri üzerindeki yapacağı etkilerin belirlenmesi kömür endüstrisi için çok önemli bir konudur. Bu etkilerin belirlenmesi ince boyutlu kömürlerin zenginleştirme sürecini daha etkili ve verimli hale getirebilir. Bu çalışmada, yüksek kül ve kükürt içeren ince boyutlu kömür örnekleri, değişik sürelerde  $28,5 \text{ watt/cm}^2$  lik bir ultrason gücüne maruz bırakılarak ultrasonik işleminden geçirilmiştir. Bu işlem sırasında ve sonrasında kömür tanelerinin yüzeylerinde meydana gelen değişiklikler, ultrasonik işlem görmemiş kömür taneleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, ultrasonik işlemin kömür tanelerinin yüzey özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılmıştır. Ayrıca, çalışmada ultrasonik dalgaların farklı sürelerde kömür tanelerinin boyutlarında meydana getirdiği değişikliklerde belirlenmiştir. Bu özelliklerin belirlenmesi, kömür işleme ve kullanımını optimize etmek açısından önemli olabilir.

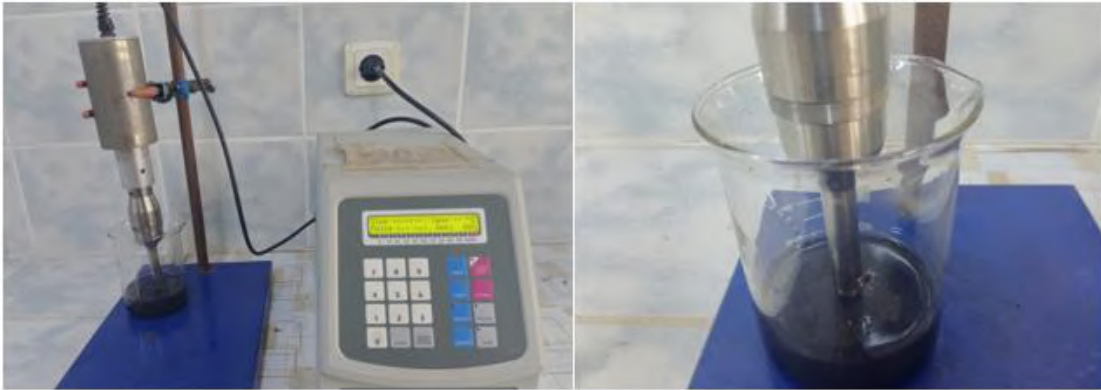
## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Malzeme

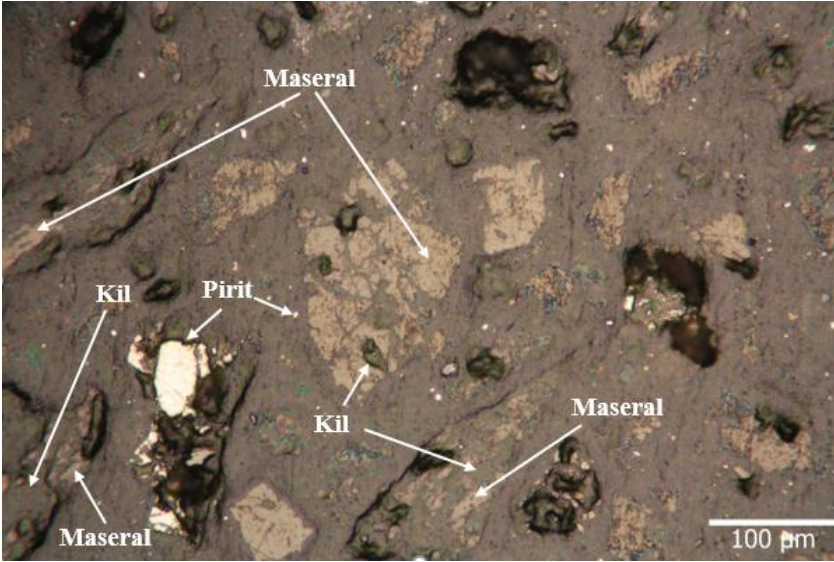
Bu araştırmada, Artvin ilinin Yusufeli ilçesine bağlı Müzret bölgesinde bulunan kömür yatağından alınan bir kömür numunesi kullanıldı. Numunenin büyük bir kısmı 0,5 mm'nin altında olup, 0,5 mm'den büyük olan kömürler de kuru öğütme ile -0,5 mm'ye indirildi. Kömürün  $d_{50}$  tane boyutunun  $d_{50}$ : 169,763  $\mu\text{m}$  olduğu belirlenmiştir. Temsili numuneler alınarak yapılan analizlerde Müzret kömürünün yüksek kül ve piritik kükürt içeriğine sahip olduğu, kuru bazda kül içeriğinin %35,65 ve piritik kükürt içeriğinin ise kuru bazda %5,57 olduğu belirlendi. Kömür örneklerinin X-ışını difraktometresi (XRD) analizi ile mineralojik bileşimi belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kömür örnekleri içinde kaolinit, illit, montmorillonit gibi kil mineralleri, pirit gibi sülfür minerali, sülfat minerali jips, karbonat minerali kalsit ve silikat minerali olan kuvars bulunmaktadır.

### 2.2. Yöntem

Ultrasonik dalgaların kaviteasyon etkisinin kömür tanelerinde yapacağı etkiyi belirlemek amacıyla kömür-su karışımları ultrasonik işleme tabi tutulmuştur (Şekil 2). Bunun için, -0,5 mm'nin altına indirilmiş kömürden temsili örnekler alındı. Ardından, 90 ml suyla dolu bir beher içerisine 10 gr kömür örneği koyuldu. Laboratuvar tipi ultrasonik cihaz (750 W güç, 20 kHz frekans) kullanılarak kömür örnekleri 28,5  $\text{watt/cm}^2$  ultrason gücünde, 1 ve 4 dakika boyunca ultrasonik işleme tabi tutuldu. Ultrasonik işlemin ardından, kömür örnekleri vakum filtre ile susuzlandırıldı ve etüve konularak tamamen kurutuldu. Kurutulan kömür örnekleri kilitli naylon poşetlere konuldu. Daha sonra kömür örneklerinin parlak kesit ve taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri yapıldı. Parlak kesit incelemeleri, gang minerallerinin kömürle nasıl bulunduğunu ortaya koymak için yapılmıştır. Kömür örneğinin parlak kesitinden yapıda farklı şekil ve büyüklükte maseraller ve gang minerallerinin bulunduğu görülmektedir. Bazı kömür maserallerinin kil mineralleriyle kaplandığı belirlenmiştir (Şekil 3). Şekil 4'de kömür örneklerinin incelemelerinde kullanılan SEM cihazı görülmektedir. Tane boyut değişimlerini incelemek içinde Malvern Mastersizer (Hydro 2000MU) cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2. Kömür-su karışımının ultrasonik işleme tabi tutulması



Şekil 3. Kömür örneğinin parlak kesit görüntüsü

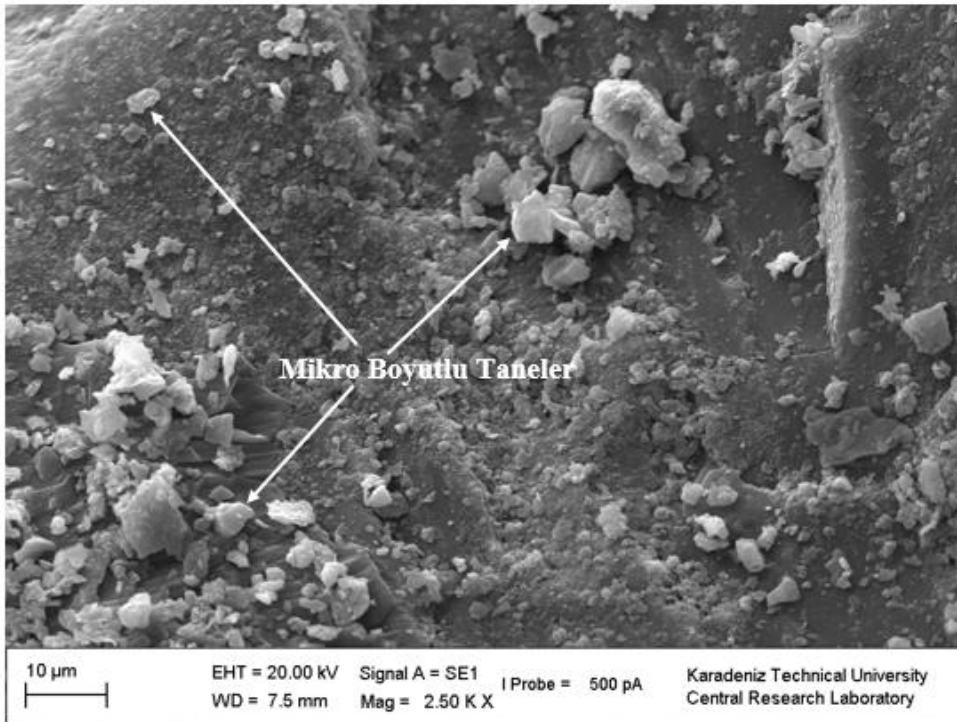


Şekil 4. Taramalı elektron mikroskop (SEM) cihazı

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

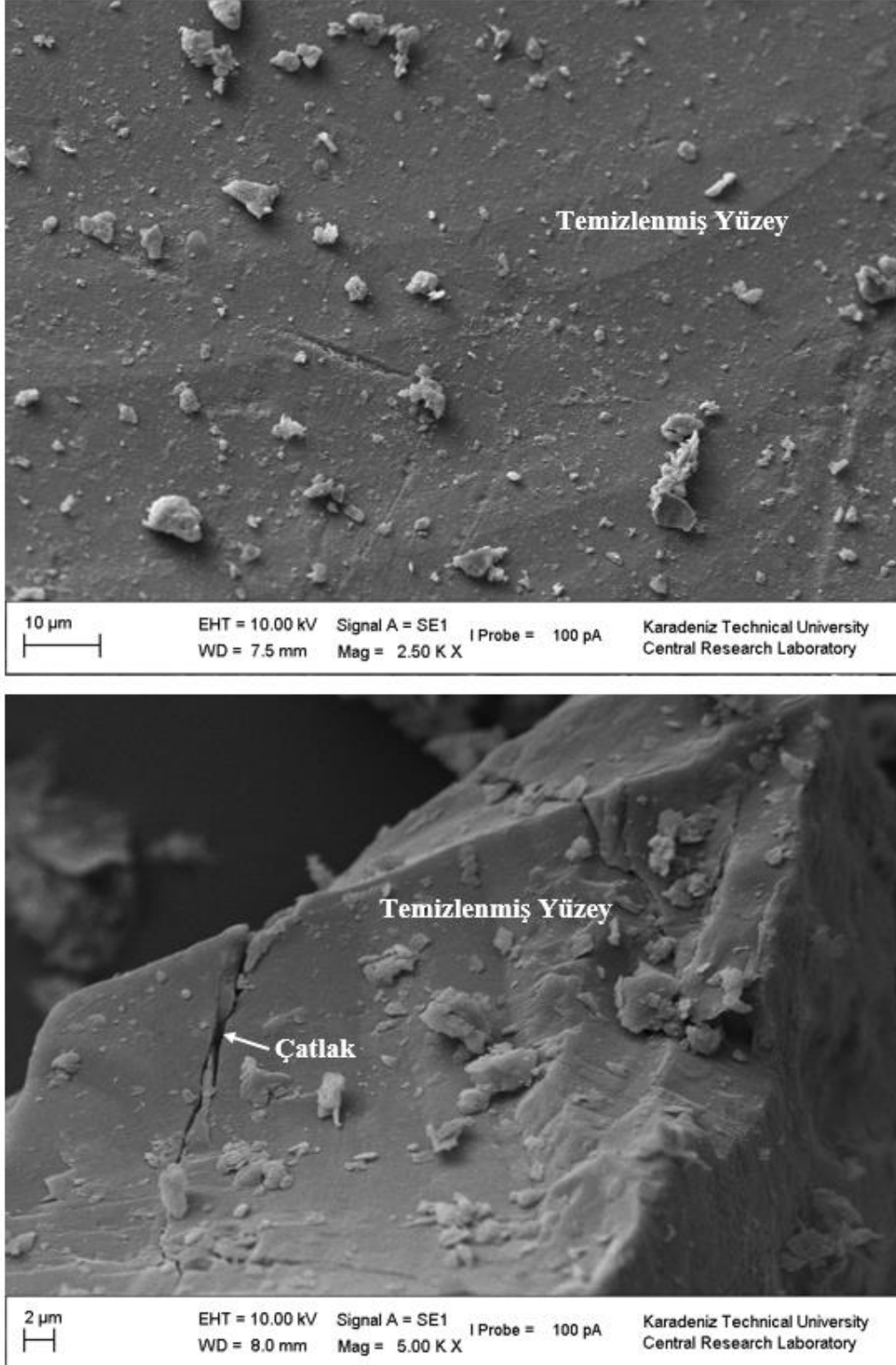
Ultrasonik dalgalar kavitasyon etkisi sayesinde son yıllarda ince boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kavitasyon etkisi ile kömürlerin yüzeyleri temizlenip hidrofobikliği artırılabilir. Özellikle yüksek kül içerikli kömürlerde zenginleştirme işlemi öncesinde ultrasonik işlemin kullanılması, zenginleştirme verimin artırılmasında önemli katkılar sağlayabilir. Zenginleştirme işlemi öncesinde ultrasonik dalgaların kömür taneleri üzerindeki kavitasyon etkilerinin belirlenip proses adımlarının belirlenmesi zenginleştirme işleminde kolaylık sağlayabilir. Müzret kömürünün kül içeriğinin oldukça yüksek olması, kil minerallerinin bazı kömür maserallerini kaplaması olası bir zenginleştirme işleminde verimin düşük olmasına sebep olabilir. Bu bağlamda, Müzret kömürünün ultrasonik işleme tabi tutulup kömür tanelerinin yüzeylerinde yapacağı değişikliklerin

belirlenmesi önemlidir. Kömür örnekleri 28,5 watt/cm<sup>2</sup> ultrason gücünde, 1 ve 4 dakika ultrasonik işleme tabi tutulup ultrasonik işlem görmemiş kömür taneleri yüzeyleriyle, ultrasonik işlem görmüş kömür tanelerinin yüzeylerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ultrasonik işlem görmemiş kömürün SEM görüntüsünden kömür yüzeyinde mikron boyutunda çok sayıda tanelerin olduğu, bazı tanelerinde nanometre boyutunda olduğu görülmektedir. Bu tanelerin tüm kömür yüzeyine dağılmış olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Bu durum ince boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan flotasyon ve yağ aglomerasyonu gibi yöntemlerin proses verimini düşürebilir. Ultrasonik kavitasyon ile bu taneler kömür tanelerinin yüzeylerinden uzaklaştırılabilir. Ultrasonik işlem süresi 1 dakika olduğunda yapılan SEM incelemelerinden kömür maserallerinin yüzeylerinin temizlenmeye başladığı, yüzeyde bulunan küçük tanelerin çoğunun yüzeyden uzaklaştırıldığı görülmektedir (Şekil 6). Şekilden görüldüğü gibi kömür yüzeyinde küçük çatlakların oluştuğu da belirlenmiştir. Ultrasonik kavitasyon süresi 4 dakikaya çıktığında, kömür tanelerinin yüzeyleri daha derinlemesine temizlenmiş, çatlaklar ise daha belirgin ve derin hale gelmiştir (Şekil 7). Bu durumda kömürlerin kırılmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Kırılma, ultrasonik dalgaların frekansına, gücüne, kömür tanelerinin boyutuna ve sertliğine bağlı olarak değişebilir. Ultrasonik kavitasyon sıvı içinde oluşan ve genişleyen, ardından çöken hava kabarcıklarıdır. Bu kabarcıklar çökerken, yakınlarındaki kömür tanelerine yönelik yüksek basınçlı darbeler uygularlar. Bu darbeler kömür tanelerinin yüzeyinde aşınmalara, çukurlara, çatlaklar oluşmasına, çatlakların belirginleşip derinleşmesine ve sonunda tanelerin kırılmasına neden olurlar. Ultrasonik kömür kırma süreci geleneksel kırma yöntemlerine kıyasla, daha kontrollü ve hassas bir kırma sağlayabilir, çünkü ultrasonik dalgaların frekansı ve gücü ayarlanabilir. Ayrıca, bu yöntem, kömür tanelerinin boyutunu daha iyi kontrol edebilme ve istenen boyuta ulaşana kadar kırma sürecini sürdürebilme avantajına sahiptir.

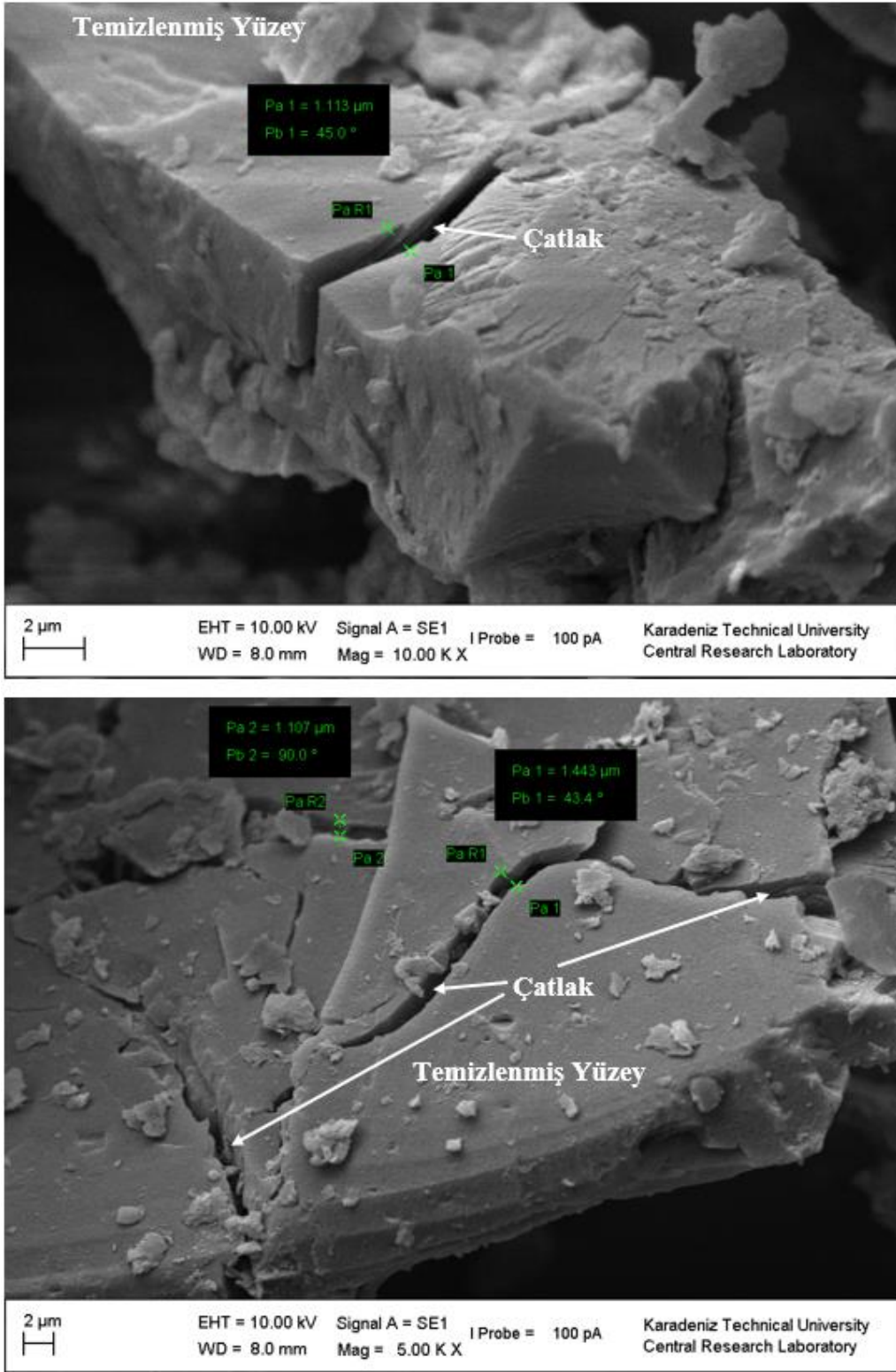


Şekil 5. Ultrasonik işlem görmemiş kömür tanesi yüzeyinin görüntüsü

Ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisi, SEM ile gözlemlendiği üzere kömür yüzeyindeki gang minerallerini kaldırabilir ve bu da kömür yüzeyinin hidrofobikliğini iyileştirmek için çok faydalıdır. Kömür tanelerinin yüzeyleri kavitasyon etkisi ile güçlü bir sıyırma etkisine maruz kalmış, bu da kömür yüzeyinin hidrofobikliğini artırmaya katkıda bulunan taze yüzeylerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.



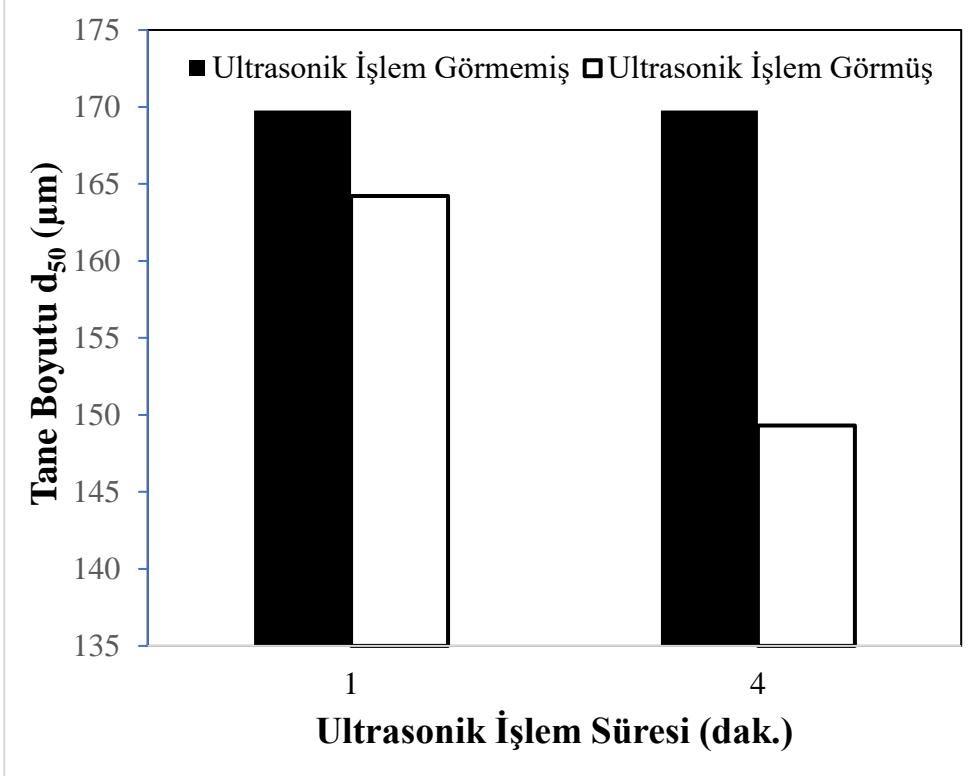
Şekil 6. Ultrasonik işlem süresi 1 dakika olduğunda kömür tanesi yüzeylerinin görüntüsü.



Şekil 7. Ultrasonik işlem süresi 4 dakika olduğunda kömür tanesi yüzeylerinin görüntüsü.

Ultrasonik işlemin kömür tanelerini kırma etkisinin belirlenmesi için ultrasonik işlem görmemiş kömürün tane boyutu ( $d_{50}$ ), tane boyutu ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Yapılan ölçümde kömürün tane boyutunun  $d_{50}=169,763 \mu\text{m}$  olduğu bulunmuştur. Ultrasonik işlemin 1 dakika gibi kısa süre uygulanmasıyla tane boyu azaldığı  $d_{50}=164,213 \mu\text{m}$  olduğu görülmüştür. İşlem süresinin artırılmasıyla birlikte tane

boyutunun daha da fazla azaldığı tane boyutunun  $d_{50}=149,315 \mu\text{m}$  olduğu bulunmuştur (Şekil 8). Kavitasyon etkisi ile ilk olarak kömür yüzeyinin çukurlaşması, kömür yüzeyinde çatlakların oluşması, kömür yüzeyindeki çatlakların genişleyip derinleşmesi ve kömür tanelerinin kırılması süreci gerçekleşmiştir. Böylelikle, kömür tanelerinin boyutu azalmıştır.



Şekil 8. Ultrasonik işlemin farklı sürelerde kömür tane boyutuna etkisi.

Ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisi, madencilik ve özellikle kömür zenginleştirme süreçlerinde önemli bir rol oynayabilir. Bu etki, kömür yüzeylerini derinlemesine temizlediğinden dolayı tanelerin hidrofobikliğinin artmasına neden olacaktır. Yüzeyi temizlenip hidrofobikliği artırılmış tanelerin olası bir zenginleştirme işleminde kazanılması daha kolaylaşacak ve zenginleştirme verimini artabilecektir. Bu durum, kömür endüstrisindeki işlemleri daha verimli hale getirecektir. Sonuç olarak, ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisi, kömür tanelerinin yüzeylerinde önemli etkilere neden olduğu, tanelerin yüzeylerini temizlediği, tane boyutunun azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisinin ince boyutlu kömürler için etkili bir araç olduğunu ve kömür endüstrisinde kullanılması için potansiyel bir seçenek sunduğunu göstermektedir.



## 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Müzret kömürü örnekleri farklı sürelerde (1 ve 4 dakika) ve 28,5 watt/cm<sup>2</sup> ultrason gücünde işleme tabi tutulmuş ve sonuçlar ultrasonik işlem görmemiş kömür taneleriyle karşılaştırılmıştır.

SEM analizleri, ultrasonik işlem görmemiş kömür yüzeylerinde mikro ve nano boyutlu tanelerin yoğun olarak bulunduğunu göstermiştir. Bu tanelerin kömür yüzeyinin tamamına yayılmış olması, olası bir zenginleştirme işleminin verimini düşürebilir. 1 dakikalık ultrasonik işlem süresi, kömür tanelerinin yüzeylerinin temizlenmeye başladığını ve küçük tanelerin çoğunun yüzeyden uzaklaştırıldığını göstermiştir. Ayrıca, kömür yüzeyinde küçük çatlakların olduğu gözlemlenmiştir. 4 dakikalık işlem süresi, kömür tanesi yüzeylerinin daha da fazla derinlemesine temizlendiğini ve çatlakların derinleştiğini ortaya koymuştur. Bu süreç, kömür tanelerinin kırılmasına neden olmuştur.

Kömür tanelerinin boyutunun ( $d_{50}$ ) ultrasonik işlem öncesi 169,763  $\mu\text{m}$  olduğu belirlenmiştir. Kısa süreli (1 dakika) ultrasonik işlem uygulanmasıyla tane boyutunun azaldığı gözlenmiş, işlem süresinin artırılmasıyla birlikte tane boyutunun daha da fazla azaldığı  $d_{50}$  boyutunun 149,315  $\mu\text{m}$  olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, kavitasyon etkisinin kömür yüzeyinde çukurlaşma, çatlak oluşumu, çatlakların genişlemesi ve derinleşmesi ve sonunda kömür tanelerinin kırılmasına yol açtığını göstermektedir.

Ultrasonik dalgaların kavitasyon etkisi, ince boyutlu kömür zenginleştirme süreçlerinde etkili bir araç olarak kullanılabilir. Bu yöntem, kömür yüzeylerinin temizlenmesi ve hidrofobikliğin artırılmasıyla zenginleştirme verimini artırarak, kömür endüstrisindeki işlemleri daha verimli hale getirebilir.

## KAYNAKLAR

- Ambedkar, B., Nagarajan, R., Jayanti, S. 2011. Ultrasonic Coal-Wash for De-sulfurization, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, pp. 718-726.
- Chen, S., Tao, X., Tang, L., Dong, F., Gui, D. 2022. Application of Ultrasonic pretreatment for Coking Coal Flotation and its Mechanism, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 42(3), pp. 762-774.
- Chen, Y., Truong, V.N.T., Bu, X., Xie, G. 2020. A review of Effects and Applications of Ultrasound in Mineral Flotation, *Ultrasonics – Sonochemistry*, 60, 104739.
- Demir, U. 2020. Ultrasonik Ses Dalgalarının Kömür Tane Boyutu Üzerine Etkisinin Araştırılması, *Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 2, pp. 39-54.
- Eşmeli, K. 2024. Ultrases Dalgasının Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme İşlemlerinde Uygulamaları, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 36(1), pp. 11-24.
- Leonelli, C., Mason, T.J. 2010. Microwave and Ultrasonic Processing: Now a Realistic Option for Industry, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49, pp. 885-900.
- Mao, Y., Chen, Y., Bu, X., Xie, G. 2019a. Effects of 20 kHz Ultrasound on Coal Flotation: The Roles of Cavitation and Acoustic Radiation Force, *Fuel*, 256, 115938.

- Mao, Y., Xia, W., Peng Y., Xie, G. 2019b. Ultrasonic-Assisted Flotation of Fine Coal: A review, *Fuel Processing Technology*, 195, 106150.
- Ozkan, A., Esmeli, K. 2023. Use of Ultrasonic Treatment as a Pre-phase in the Shear Flocculation Process, *Ultrasonics*, 134, 107052.
- Promda, N., Ayuwat, K., Sawada, T., Rakpakdee, W., Khaothong, K., Chaiworapuek, W. 2024. Heat Transfer Enhancement of Water Flow Over a Heating Flat Plate Using 20 kHz Ultrasonic Waves Irradiated from Submerged Horn-type Transducer, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 224, 125328.
- Sahinoglu, E., Uslu, T. 2015. Effects of various parameters on ultrasonic comminution of coal in water media, *Fuel Processing Technology*, 137, pp. 48-54.
- Şahinoğlu, E. 2024. Ultrasonik Dalgaların Yüksek-Kül-Kükürt İçerikli Kömürün Flotasyonunda Kullanılabilirliği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24, pp. 441-446.
- Yin, W., Wang, Y., Ma, Y., Chen, K. 2024. Effects of Ultrasonic Treatment on the Flotation Behavior of Magnesite and Dolomite in a Sodium Oleate System, *Green and Smart Mining Engineering*, 1, pp. 76-84.
- Xu. M., Xing, Y., Gui, X., Cao, Y., Wang, D., Wang, L. 2017. Effect of Ultrasonic Pretreatment on Oxidized Coal Flotation, *Energy Fuels*, 31(12), pp. 14367-14373.

# **MALZEMELERİN ÖĞÜTÜLEBİLİRLİK DAĞILIMI**

## **KAVRAMI**

### *THE CONCEPT OF GRINDABILITY DISTRIBUTION OF MATERIALS*

**Barış Akkaya\***

*Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak*

**ÖZET** Bu çalışmada, bir malzeme içindeki tanelerin öğütülebilirliklerine göre sınıflandırılması temeline dayanan yeni bir öğütülebilirlik kavramının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Malzemenin öğütülebilirlik dağılımının belirlenmesinde mevcut öğütülebilirlik testlerinden yararlanılmış ve malzemenin farklı öğütülebilirlik özelliğine sahip tane gruplarının bir karışımı olduğu temel olarak kabul edilmiştir.

Öğütülebilirlik testlerinde kullanılacak malzemenin kontrollü ve kademeli olarak bu testte istenen boyut aralığına getirilmesi bu çalışmanın esas yöntemidir. Öğütülebilirliğin belirlenmesinde Hardgrove indeksi (HGI) testi kullanılmış ve bu test için gerekli boyut aralığının (-1,18 +0,60 mm.) kademeli olarak elde edilmesinde kullanılacak ve benzer prensipte öğütme yapan özel bir değirmen kullanılmıştır. Öğütme kademelerinde beslenen malzemenin istenen boyuta (-1.18 mm.) HGI değerinin ölçülmesi için ufalanan yeni malzeme miktarı ve HGI testi sonuçları arasındaki ilişkiden yararlanarak malzeme içindeki öğütülebilirlik dağılımına dayalı genel bir öğütülebilirlik yaklaşımı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**ABSTRACT** In this study, it is aimed to develop a new grindability concept based on the classification of grains in a material to be ground according to their grindability. One of the exist grindability method was benefited in determining the grindability distribution of the material and it was accepted that any material is a natural mixture of particles with different grindability properties.

The basic method of this study is to make particles into the required size (-1,18 +0,60 mm.) of the conservational grindability method with controllable and subsequent way. Hardgrove Index (HGI) method was used in determining the grindability distribution. A special mill works with similar fundamentals of HGI mill, in obtaining the acquired size of the HGI method. By means of the relation between the amount of material that is ground under the size (-1,18 mm.) to calculate for HGI and HGI values, a general and flexible grindability approaches based on grindability distributions of materials were tried to be revealed.

---

\* [barisakkaya2010@gmail.com](mailto:barisakkaya2010@gmail.com)

## **1. GİRİŞ**

Seramik, yüzey işlemleri, kompozit malzemeler, cevher hazırlama ve elektronik gibi birçok sektörlerde ince malzemeye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu ince malzemenin elde edilmesinde de boyut küçültme işlemleri yaygın bir kullanıma sahiptir (Kotake et al. 2011). Boyut küçültme işleminin son kademesi olan öğütme işlemi, yüksek enerji tüketimi ve buna karşılık harcanan enerjinin çok az bir kısmının (yaklaşık % 5) boyut küçültme için kullanılması nedeniyle verimsiz bir işlemdir (Acarp Report, 2008). Büyük ölçekli endüstriyel öğütme sistemlerinde işlemin kontrolünü sağlamak hassas ve zor bir işlem olduğu için küçük ölçekli kesikli laboratuvar veya pilot çapta öğütme testlerine başvurulur. Böylece öğütme sistemi gereğinden fazla ya da az enerjinin harcanmaması için öğütme işlemi koşullarının önceden büyük bir hassasiyetle belirlenmesi ile daha kolay kontrol altına alınabilir (King, 2011). Öğütme ürününün tane boyutu ve dağılımını, kurulum öncesinde laboratuvar ölçekli testler yardımı ile endüstriyel ölçekte tahmin etmek öğütmenin nihai amaçlarından biridir.

Laboratuvar ölçekte elde edilen tane boyut dağılımı eğrilerinin endüstriyel ölçekteki tane boyut dağılımını tahmin etmedeki başarısının malzemenin ufalamaya karşı gösterdiği karakteristik davranışa bağlılığı açık bir şekilde görülmektedir. Bunun için, doğrudan öğütülecek malzemeye ait bir öğütme karakteristiğinin varlığının araştırılması gereklidir. Bu öğütme karakteristiği malzemenin belirli bir enerji için hangi tane boyutu ve dağılımında elde edilebileceğini bulmada boyut dağılımı bilgisi ile birlikte etkin bir anahtar olacaktır. Ancak bu kadar saf bir malzeme öğütülebilirlik karakteristiği bilinmemektedir.

Bu çalışmada malzemeye bağlı yeni bir özellik, bilinen yöntemler ışığında ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Başka bir deyişle, malzemenin içindeki tanelerin kendi içinde öğütülebilirliklerinin sınıflandırılması koşulları incelenmiştir. Buradaki temel ilke malzeme içindeki öğütülebilirliği yüksek olan tanelerin en kolay ve kısa sürede öğütülebildiği, öğütülebilirliği düşük olan tanelerin nispeten zor ve uzun sürede ufalanmasının gerçekleşmesidir. Bu da laboratuvar ölçekli bir değirmende malzemenin kademeli olarak aynı sürelerde ufalanması ile elde edilebilir. Bu kademeli öğütme ve bilinen öğütme testleri ile farklı öğütülebilirlikteki tane grupları bulunabilir. Bu durum, farklı elekler yardımı ile farklı tane boyut gruplarının ve dolayısıyla tane boyut dağılımlarının elde edilmesine teorik olarak benzemektedir.

Sanayi ölçekli kömür öğütücü performanslarını tahmin edebilmek için 1930' lu yıllardan beri bir çok ampirik laboratuvar testi geliştirilmiştir. Bunlar arasında HGI (Hardgrove İndeksi) testleri geçerliliğini korumuş en yaygın kullanılan testlerden biri olmuştur. Hardgrove yöntemi 1929 yılında Ralph M. (Shi, 2014) tarafından tasarlanmıştır. HGI değeri kömürler için genel olarak 30 ile 100 arasında değişmektedir. HGI değerinin yüksek olması kömürün kolay öğütülebilmesi ve yüksek öğütücü kapasitesini gösterirken, düşük olması zor öğütülebildiğini ve düşük öğütücü kapasitesini gösterir. Ancak HGI değerindeki değişim ile değirmen kapasitesi arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin var olması nedeniyle tek başına malzemenin öğütülebilirlik kriteri olarak kullanılmamalıdır. Bazı zayıf yönlerine rağmen,

endüstriyel pulverize edici öğütücülerin kapasitelerinin belirlenmesinde çok kullanışlı bir kılavuzdur (Hsieh, 1976). Basitlik ve hız avantajları HGI testini kömür öğütülebilirliğini belirlemede talep edilen bir teknik haline getirir

HGI testi de, diğer tek index değerine dayalı öğütülebilirlik testlerinde (BOND testi) olduğu gibi değirmen boyutları ve kapasitesi gibi önemli tasarım değişkenlerini tahmin etmede etkili olsa da öğütme devrelerindeki boyut dağılımları ve sınıflandırıcı ile değirmen etkileşimini ortaya koymada yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizliğin bu çalışmadaki temel yaklaşıma göre nedeni, doğrudan deney sonucunda elde edilen index değerinin değerlendirilmesi ve HGI değirmenine beslenecek özel boyut aralığındaki (-1,18 + 0,60 mm.) malzeme için hazırlanma kademelerinde harcanan özgül enerji, bu boyut aralığına getirilecek yeni (+1.18 mm) malzeme miktarı ve bu miktarların ortalama tane boyutlarının dikkate alınmamasıdır.

Tane boyut dağılımının tespitinde nasıl farklı elekler kullanılsa bile malzemenin boyut dağılımı değişmiyor ise, benzer bir prensip ile malzemeye farklı kademe ve öğütme şartlarında uygulanan enerjiler ile malzeme içinde değişmeyen bir öğütülebilirlik dağılımı tespit edilebilir. Bu tespit için bilinen bir öğütülebilirlik testinden yararlanılmıştır. Elde edilen öğütülebilirlik dağılımının etkisi henüz tartışma aşamasında oluşu için birden çok örnek kullanılmamış ve kavramın ayrıntılı endüstriyel etkisinden çok tanıtımı ve öğütme kinetiğine potansiyel etkisi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada ve bu konu ile ilgili ilerleyen çalışmalardaki tartışma ve eleştirilerin seyrine göre kavramın geçerliliğini kuvvetlendirmek için gereken çalışmalar hem laboratuvar ölçeğinde, hemde endüstriyel ölçekte farklı tür malzemeler için de devam ettirilmelidir.

## **2. MATERYAL ve YÖNTEM**

HGI deneyleri için kömür malzemesinden yaklaşık 50 kg temel numune alınmış ve tamamı önce 20 mm açıklıklı bir çeneli kırıcıdan kırılmıştır. Daha sonra, numunenin yaklaşık dörtte biri de 5 mm açıklıklı bir konili kırıcıdan geçirilmiştir. Kırıcı çıkışı ikişer kg'lık temsili numunelere bölünmüştür. Bu çalışmada her bir temsili numune üzerinde kontrollü ufalama işlemlerinin ardından HGI testleri yapılmıştır. HGI testi için gerekli boyut grubunun (-1,18 + 0,60 mm) elde edilmesinde standarttan farklı olarak endüstriyel ölçekte dik pulverize edici değirmenin öğütme prensibine yakın öğütme gerçekleştirilen laboratuvar ölçekli bir öğütücü cihazdan yararlanılmıştır. Bu öğütücü cihaz AGAT taşı malzemesinden bir öğütme haznesi içinde malzemeyi belli bir dik baskı kuvveti (7.5 kg-f) yardımı ile öğütmektedir. Bu nedenle, çalışmanın bundan sonraki kısmında bu cihazdan AGAT değirmeni olarak bahsedilecektir.

Geleneksel HGI testlerinde, yaklaşık 2-3 kg'lık test numunesinin tamamı 4.75 mm tane boyutunun altına kırıldıktan sonra, diskli kırıcı ya da ağır bir tokmakla kademeli olarak 1,18 mm boyutunun altına kırılır. Kırılan malzeme (-1,18 mm) daha sonra 0,6 mm'lik elekten elenerek HGI testi için uygun boyuttaki malzeme (-1,18 +0,60 mm.) elde edilir. HGI değirmeni, 8 adet 25 mm. çapında bilya üzerine 28 kg-f'lik bir baskı kuvveti yapan

bir baskı kafasının bilyaların arasına beslenen numune üzerinde 3 dakikada 60 tur dönerek öğütme işlemini gerçekleştirir. Öğütme işlemi sonunda öğütücü içerisinde malzeme alınır ve 75 µm'lık bir elekten dikkatli bir şekilde elenir. Elek altına geçen malzeme miktarı tartılır ( $M_{75}$ ). Bu tartım sonucu HGI işleminin standart formülünde Eşitlik 1' de yerine konularak HGI değeri hesaplanır.

$$HGI = 13 + 6,93(M_{75}) \quad (1)$$

Bu çalışmada HGI değirmeni için istenen boyutun hazırlanmasında kullanılan yardımcı kırıcı ve öğütücü cihazlar ile standart HGI değirmeni resimleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



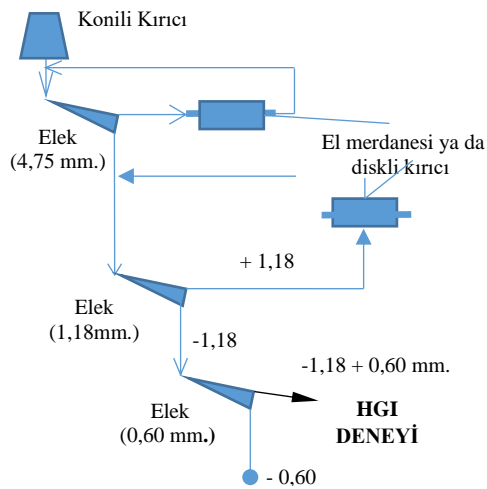
(a)

(b)

(c)

Şekil 1. a) Konik kırıcı ve El merdanesi, b) AGAT Değirmeni, c) Standart HGI Değirmeni.

Şekil 2' de numune hazırlanma aşaması ile birlikte geleneksel bir HGI deneyini gösteren genel bir akım şeması verilmiştir.



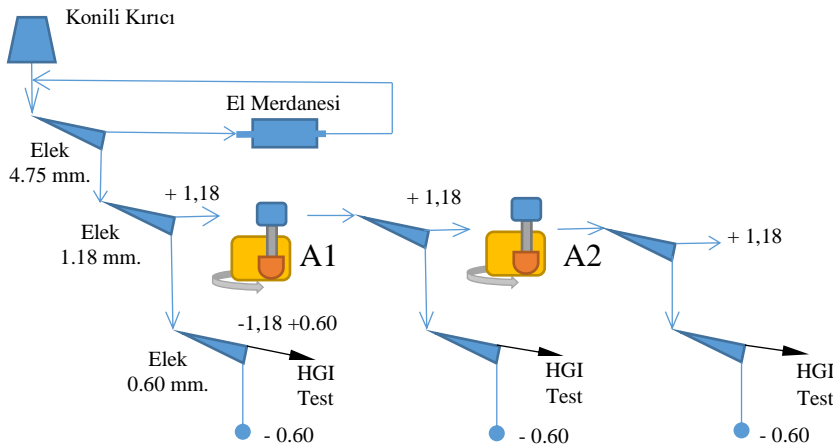
Şekil 2. Geleneksel HGI deneyi öncesinde numune hazırlama aşamaları.

## 2.1 Deneysel Çalışmalar

Konili kırıcıdan (5 mm açıklıklı) çıkan yaklaşık ikişer kiloluk temsili numunelerden bir tanesi Geleneksel HGI testine tabi tutulmuş ve HGI değeri elde edilmiştir. Diğer numuneler, ayrı ayrı 4.75 mm'lik elekten elendikten sonra elek üstü malzemeler (+ 4.75 mm) bir el merdanesi yardımı ile kırılmış ve malzemenin tamamı 4.75 mm altına geçirilmiştir. Buraya kadar yapılan işlemler geleneksel Hardgrove yöntemi ile aynıdır. Bu malzemeler 1.18 ve 0.60 mm'lik eleklerden elendikten sonra HGI için istenen boyut aralığındaki (-1,18+0,60 mm.) malzemeler elde edilmiş ilk HGI değeri tespit edilmiştir. Elek üzerinde kalan malzemeden (- 4.75 + 1.18 mm) AGAT değirmeninin bir seferde öğütebileceği 50 gr'lık miktarlardaki örnekler hassas bir numune alma işlemi ile tasnif edilmiş ve tüm örnek bu 50'şer gramlık kısımlar halinde AGAT değirmeninde 30 s. süre ile AGAT değirmende öğütülmüştür.

Bu işlem AGAT değirmeninde 30 s. öğütme süresi için ilk öğütme kademesidir ve çalışmada I. AGAT kademesi ürünüdür. Anlam kolaylığı açısından ürünlerin isimlendirilmesinde 30 s. süreli I. AGAT öğütme ürünü için 130 kod numarası kullanılacaktır. Burada 1 sayısı kademe sırasını gösterirken, 30 sayısı da AGAT değirmenindeki öğütme süresini saniye cinsinden ifade etmektedir. Ayrıca, bir eleğin altında veya üstünde kalmasına göre sırasıyla  $R_{-boyut}$  ve  $R_{+boyut}$  ifadesi kullanılırken iki eleğin altında kalan malzeme için ise  $R_{boyut}$  aralığı ifadesi kullanılacaktır. Her bir öğütme kademesinde, uygun bir wattmetre cihazı ile anlık elektriksel güç değerinden harcanan enerji kWh/t cinsinden hesaplanmıştır. Konili kırıcı K, AGAT değirmeni ise kademelere göre sırasıyla A1 ve A2 sembolleri ile gösterilmiştir. Enerji ölçülürken konili kırıcıda kullanılan özgül enerji dikkate alınmamış sadece AGAT değirmenin ilerleyen kademelerinde tüketilen özgül enerji hesaplanmıştır.

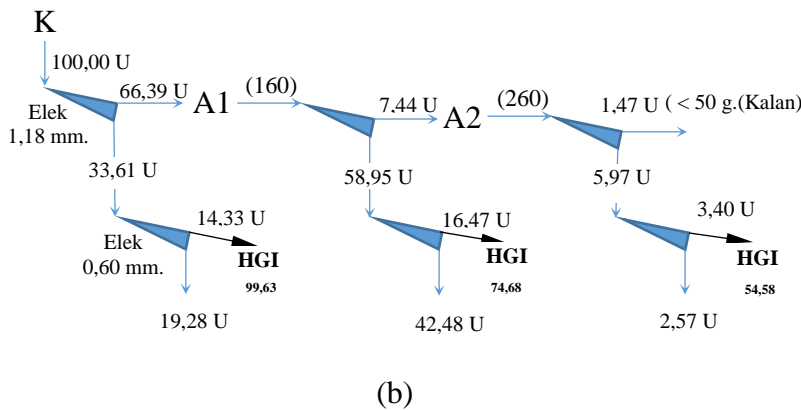
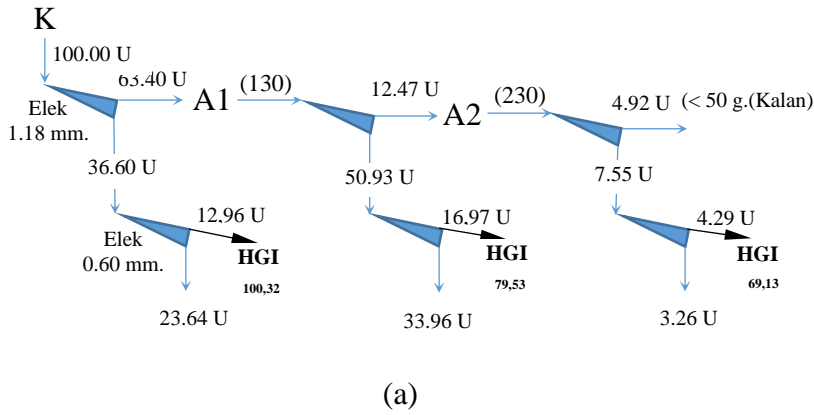
Tüm öğütülen malzeme 1.18 mm'lik elekten elendikten sonra elek üzerinde kalan kısmı ( $R_{+1.18}$  mm) ikinci AGAT öğütme kademesi için hazırlanırken, elek altı malzeme ( $R_{-1.18}$  mm) 0.60 mm'lik elek ile ayrılarak elde edilen  $R_{-1.18+0.60}$  % oranındaki malzeme (HGI için istenen boyut gurubu) HGI standartlarına göre öğütülmüştür. Daha sonra diğer temsili örnekler için öğütme işlemi sırasıyla 60 ve 90 s. öğütme süreleri için tekrarlanmıştır. 90 s. öğütmede II. kademedede +1.18 mm'lik ürün HGI için gerekli 50 g.'ı sağlayamadığı için tüm öğütme sürelerinde aynı sayıda kademeyi karşılaştırmak için AGAT değirmenindeki öğütme kademe sayısı iki ile sınırlandırılmıştır. Şekil 3' de bu çalışmadaki deneysel çalışma yönteminin akım şeması verilmiştir.



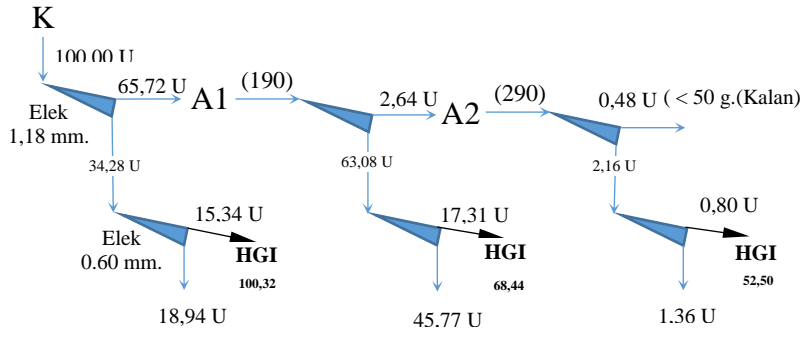
### Şekil 3. Agat Değirmeni Kademelerine Göre HGI Deneylerinin Yapılışı.

Konili kırıcı Şekil 2’de de görüldüğü gibi bir el merdanesi silindiri ile kapalı devre çalışarak tüm malzemeyi standarda uygun bir şekilde 4.75 mm boyutunun altına kırmaktadır. Kırma ve AGAT değirmenindeki öğütme ve eleme ürünlerinin miktarları konili çıkışındaki 4.75 mm’lik elek altındaki tüm malzemeye orantısız olarak hesap edildiği için konili çıkışındaki 4.75 mm.’lik elek altındaki tüm malzeme % 100 kabul (100 U) edilmiş ve malzeme dengesinde unit’in kısaltması olarak U sembolü kullanılmıştır.

Deneysel çalışmaları daha iyi ifade edebilmek için Şekil 4 a, b ve c’de farklı öğütme süreleri için ayrılmış örneklerin, konili kırıcı ve AGAT değirmen öğütme kademelerindeki malzeme miktarı ve HGI değeri bulgularına göre malzeme dengesi ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.







(c)

Şekil 4. Farklı öğütme sürelerinde (a) 30 s., (b) 60 s., (c) 90 s. ufalama ürünlerinin malzeme dengesi.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

DeneySEL çalışmalar bölümündeki malzeme miktarı dengesi bulgularından farklı sürelerde öğütülen örneklerin 1,18 mm altına geçen miktarları ( $R_{-1,18}$ ), HGI değerleri, AGAT öğütme kademelerinde tüketilen özgül enerji, değişimi Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Tüm ufalama Ürünleri için HGI, Boyut, Miktar ve Tüketilen Özgül Enerji Değerleri.

30 s.				
KOD		K	130	230
$R_{+1,18}$	%	63,40	12,47	4,92
$R_{-1,18}$	%	36,60	50,93	7,55
$\Sigma$	%	100,00	63,40	12,47
HGI	unitless	100,32	79,53	69,13
$R_{-1,18+0,6}$	%	12,96	16,97	4,29
ÖE	kWh/t	-	5,83	5,00
60 s.				
KOD		K	160	260
$R_{+1,18}$	%	66,39	7,44	1,47
$R_{-1,18}$	%	33,61	58,95	5,97
$\Sigma$	%	100,00	66,39	7,44
HGI		99,63	74,68	54,58
$R_{-1,18+0,6}$	%	14,33	16,47	3,40
ÖE	kWh/t	-	11,00	9,67
90 s.				
KOD		K	190	290

R <sub>+1,18</sub>	%	65,72	2,64	0,48
R <sub>-1,18</sub>	%	34,28	63,08	2,16
Σ	%	100,00	65,72	2,64
<b>HGI</b>	-	100,32	68,44	52,50
R <sub>-1,18 + 0,6</sub>	%	15,34	17,31	0,80
ÖE	kWh/t	-	15,50	16,00

Çizelge 1’de verilen bulgular ilerleyen kısımda şu şekilde özetlenmiştir. Aynı malzemenin farklı, ancak temsili oldukları için tane boyut dağılımları çok benzer olan numunelerin konili çıkışındaki (R<sub>-1,18</sub>) miktarları (36.60 U, 33.61 U ve 34.28 U) ve HGI değerleri (100.32, 99.63 ve 100.32) deneysel hata sınırları içerisinde hemen hemen aynıdır. Kırıcı çıkışındaki (R<sub>+1,18</sub>) miktarları 63.40 U, 66.39 U ve 65.72 U oranındadır, Bu numunelere AGAT değirmeninde uygulanan öğütme süreleri (30, 60 ve 90 s.) artarken harcanan özgül enerji de (5.83, 11.00 ve 15.50 kWh/t) I. kademeler için artan süreler ile yaklaşık aynı oranda artmıştır. Bu süre artışlarının sonucu olarak R<sub>-1,18</sub> miktarları bu ilk kademede (50.93 U, 58.95 U ve 63.08 U) artmış ve HGI değerleri (79.53, 74.68, 68.44) düşmüştür. Buna karşılık, ilerleyen AGAT değirmeni kademelerine beslenen (R<sub>+1,18</sub>) miktarları (12.47 U, 7.44 U ve 2.64 U) azalmıştır. Öğütme süresi arttıkça malzemenin daha zor öğütülen kısımlarının ortaya çıkarıldığına dikkat edilmelidir.

AGAT değirmeninde 30 s. öğütme için I. kademede üretilen 50.93 U (130 ürününden) miktarındaki kısım, II. kademede üretilen 7.55 U (230 ürününden) miktarındaki malzemeye göre kolay öğütülmektedir. HGI değerlerinin hem ilerleyen öğütme kademelerinde, hem de artan öğütme sürelerinde düşmesi malzeme içinde farklı öğütme davranışına sahip tanelerin varlığını göstermektedir.

Aynı malzemenin en kolay öğütülen ve daha AGAT değirmene beslemeden önce 1.18 mm altına geçen kısımlarının (36.60 U, 33.61 U ve 34.28 U) ortalama HGI değeri 100 civarında iken, Malzemenin en zor öğütülen, AGAT değirmeninin ancak 90 s.’lik II. kademesinde HGI için istenen boyuta geçmiş kısımlarının (2.16 U) HGI değeri 52.50’ye kadar düşmüştür.

HGI değerleri 40 ve 50 olan iki kömürden HGI değeri yüksek olan kömür aynı öğütücüde ve istenen boyutta yüksek bir kapasite farkı ile öğütülürken, HGI değerleri 80 ve 90 olan iki kömür karşılaştırıldığında fark neredeyse anlamsız olmaktadır (Shi and Zuo, 2014). Bu nedenle geleneksel HGI değerleri kendilerine en çok güvenilen kapasite tahmini konusunda esnek bir öngörü kazandırmaktan uzaktır. Öğütülebilirlik dağılımı kavramı bu yönden de önemli bir katkı üretme potansiyeline sahiptir. Bu dağılım malzeme içinde farklı oranlarda ve HGI değerlerindeki kısımların ortaya çıkarılmasını sağlayacağından, bu esnekliğin elde edilmesinde etkili olabilecektir.

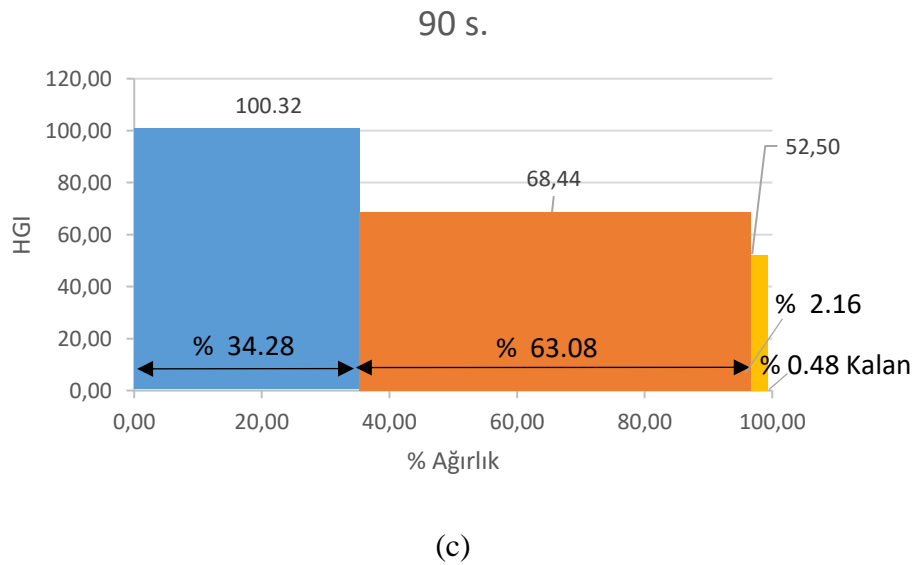
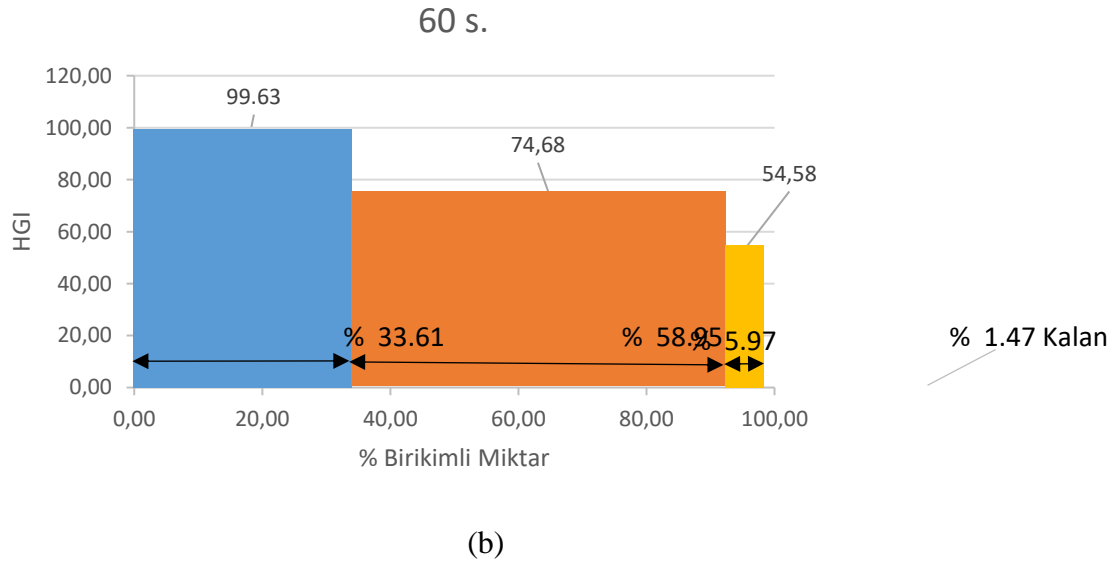
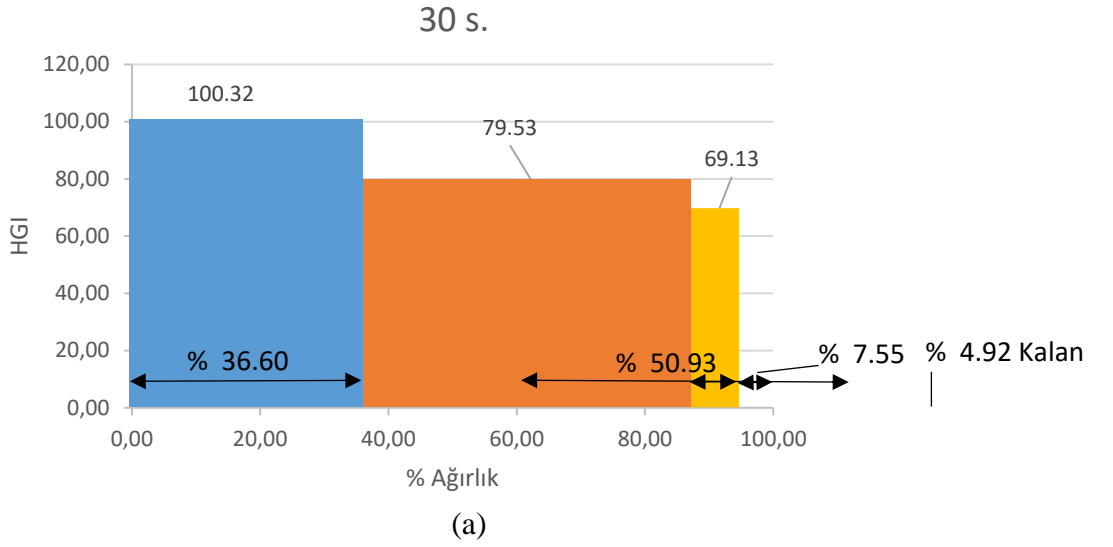
Öğütülebilirlik dağılımı kavramı, değirmen ve sınıflandırıcı etkileşiminde çok önemli veriler sağlayabilir. HGI testi tek bir değer ile belirtilmektedir. Bu nedenle ancak farklı kömürlerin öğütülme kapasitelerini karşılaştırmada ve dolayısıyla değirmen

boyutlandırmasında kullanışlı olabilmektedir. Bu çalışmaya göre HGI testlerinin en önemli tartışılacak olumsuzluğu buradan kaynaklanmaktadır. Çünkü tanelerin içinde farklı öğütülebilirlikte taneler vardır ve HGI için gerekli boyutun elde edilmesinde ufalama aşamalarındaki harcanan enerji ve buna bağlı öğütme kademe sayılarına göre HGI değerleri önemli değişimler gösterebilir. Ancak, bu çalışmanın amacı HGI testlerinin kullanışsızlığını ispatlamak değildir. Hatta, bir anlamda HGI testi ve diğer birçok öğütülebilirlik veya öğütme testinin metodik özelliklerini malzeme içindeki öğütülebilirlik dağılımı ile ilişkilendirip testlerin daha da kullanışlı hale getirilebilmesi savunulmaktadır. Çizelge 2’ de Malzeme içindeki belli aralıklardaki kısımların miktar aralıkları ile HGI değerleri ve kalan malzeme miktarları belirtilmiştir.

Çizelge 2. Ufalama Ürünlerinin HGI Değerleri ile Miktar ( $R_{-1,18}$ ) ve Miktar Aralıkları Tablosu.

	% Miktar	% Miktar Aralığı	HGI
30 s.			
kalan	4.92	-100 + 95.08	-
	7.55	-95.08 + 87.53	69.13
	50.93	-87.53 + 36.60	79.53
	36.60	-36.60	100.32
$\Sigma$	100.00	-	-
60 s.			
kalan	1.47	-100 + 98.53	-
	5.97	-98.53 + 92.56	54.58
	58.95	-92.56 + 33.61	74.68
	33.61	-33.61	99.63
$\Sigma$	100.00	-	-
90 s.			
Kalan	0.48	-100 + 99.52	-
	2.16	-99.52 + 97.36	52.5
	63.08	-97.36 + 34.28	68.44
	34.28	-34.28	100.32
$\Sigma$	100.00	-	-

Çizelge 2’de aynı kömür örneğini temsil eden farklı sürelerde öğütülmüş üç örneğin hemen hemen aynı kısımlarının aynı HGI değerlerinde olduğu görülmektedir. Farklı sürelerdeki kademelerde üretilen miktar artınca HGI değerinin belirli bir uyum içinde düştüğü görülmektedir. Şekil 5 a,b,c’de malzemelerin farklı öğütme sürelerine göre öğütülebilirlik dağılımını birikimli olarak gösteren dağılım grafikleri sütun grafiği halinde gösterilmiştir.



Şekil 5. Aynı malzemede, farklı öğütülebilirlik özelliğindeki kısımların HGI ve birikimli miktar değerleri.

Bu çalışmadaki temel iddia, elde edilen bu grafiklerin her bir malzeme için karakteristik olduğudur. Farklı öğütme süreleri ya da karıştırma hızları da olsa bu malzemenin içindeki elde edilebilecek sonsuz sayıdaki malzeme aralığının öğütülebilirlikleri hangi şartlarda elde edilirse edilsinler aynıdır. İster ilerleyen kademelerde ardışık kısa öğütme süreleri için tek tek elde edilsinler ya da uzun öğütme sürelerinde birikimli olarak tek kademede elde edilsinler aynı öğütülebilirlik özelliğinde olacaklardır.

#### **4. SONUÇLAR**

Bu çalışmada tıpkı malzemelerin içindeki tanelerin boyut farklarına dayalı tane boyut dağılımı gibi, öğütülebilirlik farklarına dayalı bir dağılımın varlığı ve öğütme kinetiğine sağlayabileceği potansiyel faydaları tartışılmıştır. Öğütülebilirlik dağılımını elde etmek için geleneksel HGI testinde, gerekli tane boyut aralığının kademeli olarak elde edilmesinde kullanılan bir yöntemden faydalanılmıştır. Her ilerleyen kademede test için istenen boyuta gelen ve öğütülebilirliği azalan yeni taneler, miktar olarak da kolayca belirlenebileceğinden, malzeme içinde malzemeye özgü bir dağılımın varlığı gösterilmiştir. Ayrıca, bu dağılımın uygulanan farklı özgül enerjiye bağlı olarak değişmeyeceği de bu çalışmanın bir diğer önemli sonucudur.

Öğütme işleminde malzemenin tane boyut dağılımı ile öğütülebilirlik dağılımı arasında yakın bir ilişki olması gerektiği bu çalışmanın temel iddialarından biridir. Çünkü öğütme sonunda büyük elek boyutu aralıklarında öğütülebilirliği zor, küçük elek boyut aralıklarında ise öğütülebilirliği kolay tanelerin bulunma eğilimi vardır. Bu iki dağılım kavramı gerekli matematiksel yaklaşımlar ile birleştirilebilir ise laboratuvar ölçeğindeki verilerden, endüstriyel ölçekteki öğütme şartları ve sonuçlarını tahmin etmede önemli kazanımlar elde edilebilir. Tane boyut dağılımı ile öğütülebilirlik dağılımı arasındaki ilişkinin incelenmesi bu çalışmanın temel konusu değildir. Ancak ilerleyen çalışmalarda incelenmesi gereken konuların başında geldiği ve öğütülebilirlik dağılımı kavramının öğütme kinetiğine net katkısının ortaya konmasında çok önemli bir anahtar görevi göreceği açıktır.

Öğütme dağılımının araştırılması, öğütme kinetiğinin aradığı değirmen-sınıflandırıcı ve tane boyutu-enerji ilişkilerinin araştırılmasında ihtiyaç olunan miktar oranları, gerekli enerji tüketimleri ve tane boyutları ile ilgili ciddi anlamda bilgiyi açığa çıkarmaktadır. Malzemenin kolay ve zor öğütülebilen kısımları belirlenebileceğinden, ön kırma ve sınıflandırma işlemleri ile ayrılarak çok daha ekonomik öğütme devreleri kurulabilir.

Bu çalışmadaki kavramın geçerliliğinin yalnızca öğütmede harcanan enerji için değil, malzemelerin yanabilirlik ve çözünebilirlik gibi özelliklerine genişletilebilme potansiyeli de tartışılabilir.

Tek bir HGI veya Bond iş indeksi gibi bir değer yerine malzeme içinde değişen bir öğütülebilirlik dağılımı farklı malzemeler için öğütme kapasitesi karşılaştırmalarında önemli bir esneklik sağlayabilir. Bu anlamda malzeme içinde var olan öğütülebilirlik

dağılımı, diğer tek indeks değerini kullanan ampirik yaklaşımların daha iyi bir şekilde yorumlanmasını sağlayabilir.

## **KAYNAKLAR**

- ACARP Report, 2008. Hardgrove Grindability Index; September 2008.
- HSIEH, S.S. 1976. Effects Of Bulk-Components On The Grindability Of Coals. Ph.D. Thesis, The Pennsylvania State University, Michigan, 149 p.
- Kotake, N., Kuboki, M., Kiya, S., Kanda, Y. 2011. Influence of dry and wet grinding conditions on fineness and shape of particle size distribution of product in a ball mill, *Advanced Powder Technology*, 22, pp. 86-92.
- R.P. King. 2001 Modelling and simulation of Mineral Processing Systems, Department of Metallurgical Engineering University of Utah, USA, 399 p.
- Shi, F. 2014. Coal breakage characterisation – Part 3: Applications of the multi-component model for HGI prediction and breakage simulations, *Fuel*, 117, pp. 1163-1169.
- Shi, F and Zuo, W. 2014. Coal breakage characterisation – Part 1: Breakage testing with the JKFBC. *Fuel*. 117 pp. 1148-1155.

# CNA: KÖMÜR İÇİN GERÇEK ZAMANLI / ÇEVİRİMİÇİ ANALİZÖR

## *CNA: REAL-TIME / ONLINE ANALYSER FOR COAL*

**Rajendra Mishra\***

*Global Product Manager, CNA*

**ABSTRACT:** While the push for cleaner energy sources gets intense, coal remains a significant option. As we develop and work out long-term alternatives, maximizing the efficiency and effectiveness of coal use is crucial. Consistent, high-quality coal is vital for uninterrupted power generation and several other processes. Traditional methods struggle to monitor coal composition in bulk, often requiring process interruptions and site-specific calibrations. Additionally, these techniques contribute to CO<sub>2</sub> emissions. This paper explores a novel, unique neutron-based technology that enables real-time measurement of key coal properties (calorific value, ash, total moisture, volatile matter, etc.) for large quantities. Unlike traditional surface analysis, neutrons penetrate the entire coal stream, providing more precise and consistent results. This technology eliminates the need for separate sampling and allows for continuous monitoring of coal directly on conveyor belts. Furthermore, it offers a significant safety advantage by avoiding hazardous radioactive isotopes and prolonged radiation exposure compared to conventional methods using Cf<sup>252</sup>, Am<sup>241</sup>, or Cs<sup>137</sup>.

---

[\\*rajendra.mishra@malvernpanalytical.com](mailto:rajendra.mishra@malvernpanalytical.com)

## 1. INTRODUCTION

While the demand for natural resources has been growing to keep pace with demand, scarcity owing to over-exploitation and geopolitical reasons is a stark reality.

In the given scenario, it is prudent to not only optimise usage but also minimise carbon footprint, reduce waste and be sustainable. This is achievable only with robust continuous analysis and monitoring of quality and other vital process parameters. This paper intends to highlight and introduce some novel innovative applications of PFTNA neutrons.

Unlike the existing laboratory methods and surface analytical techniques, in this technology, neutron radiation penetrates the whole material giving more precise and consistent values for measurements. Furthermore, the technology does not need separate sampling for analysis. Instead, continuous measurement of bulk material moving on a conveyor belt has been made possible with this technology.

Conventionally, radioactive isotopes viz.  $Cf^{252}$  has been the prevalent source of neutrons. However, considering the operational hazards of unsafe inherent radiation, PFTNA is fast emerging as a safe and most reliable alternative.

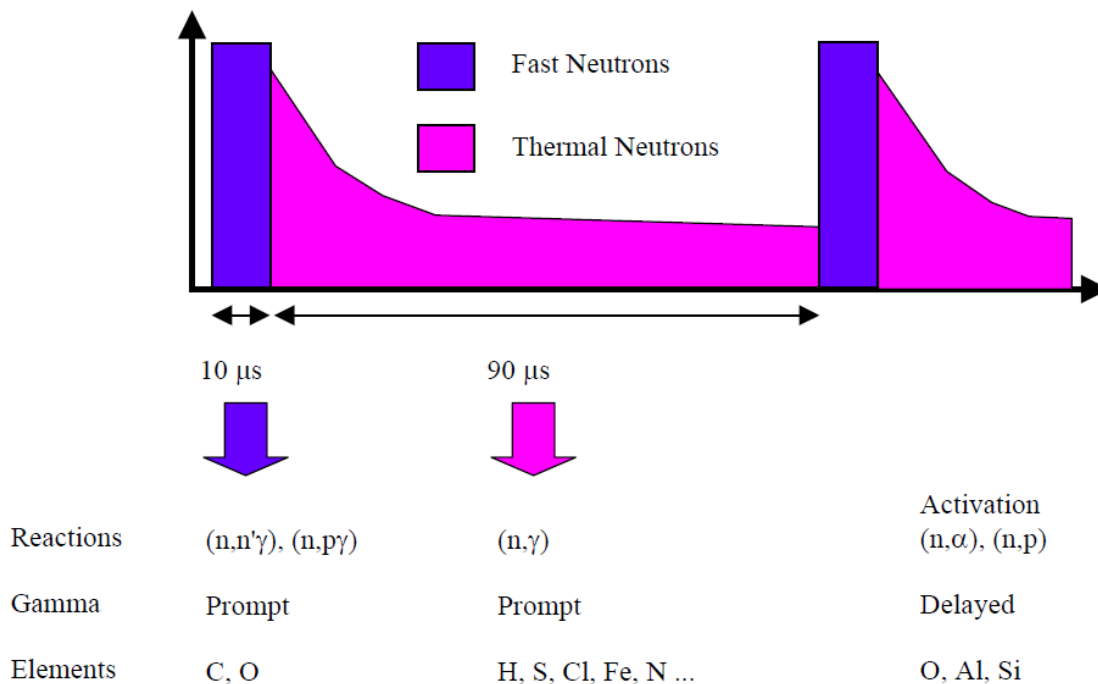


Figure 1. P F T N A.



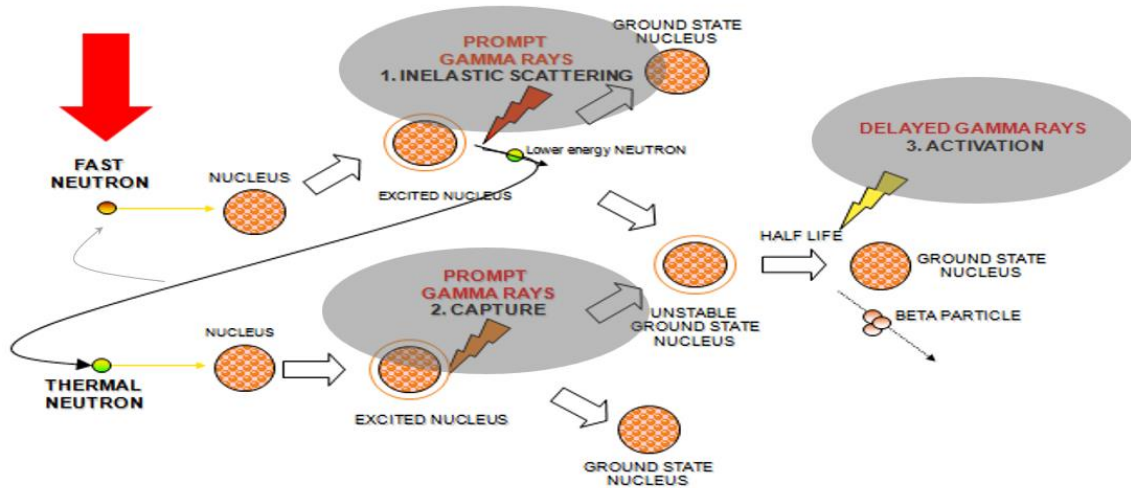


Figure 2. Three Stage Activation,

## 2. THE PFTNA TECHNOLOGY

PFTNA or the Pulsed Fast Thermal Neutron Activation is the unique technique of generating neutrons in a vacuum-sealed tube (akin to a particle accelerator) based on the deuterium–tritium fusion reaction, resulting in the formation of a He-4 ion and a neutron with kinetic energy of ~14 MeV. As a result, it's possible to excite nuclei of light elements viz. Carbon and Oxygen which are key to compute GCV in coal.

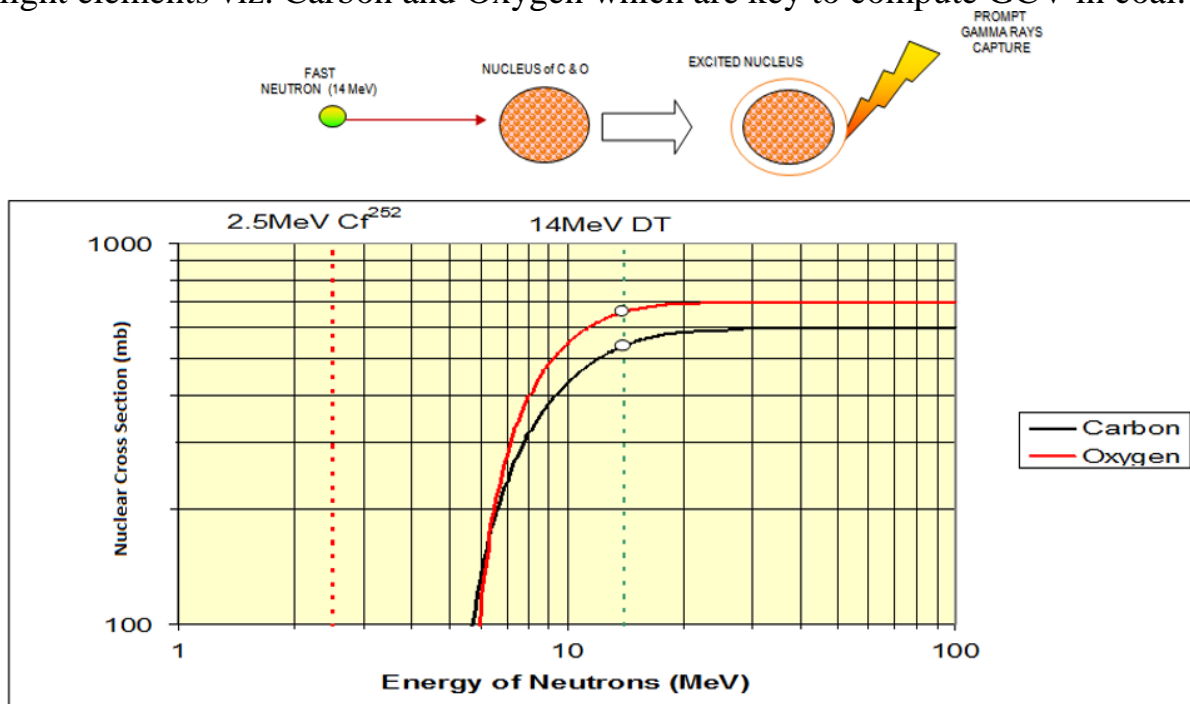


Figure 3. Carbon and oxygen.

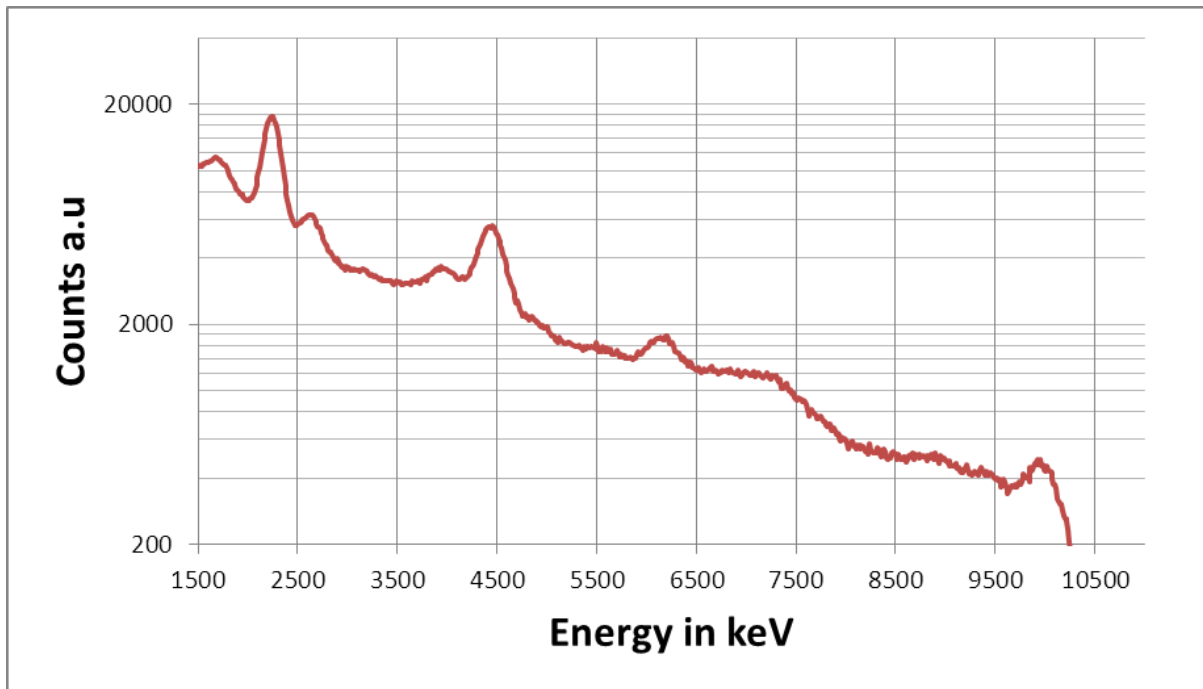


Figure 4. Advantage 14MeV

Unlike the  $\text{Cf}^{252}$  where the source of neutron emission is permanent and diminishes considerably with time (its neutron output rate drops to half of this original value in 2.6 years), neutrons generated electrically in PFTNA are emitted on demand (when VHV is applied) and the output is constant and stable over time.

Inherent advantage of the ON/OFF neutron generator is the highest standard of safety towards users, as the electric neutron source can be turned off at any time. Furthermore, the system can be equipped with an automatic radiation protection (ARP) system that automatically switches off the neutron generation system whenever any personnel are in the vicinity of the CNA analyser.

In addition, the possibility of simply switching off the neutron emission during the inactive phases is maintained at the same flux level for the lifetime of the instrument. It renders regular, laborious on-site recalibration unnecessary, leading to cost savings, such as maintenance and daily operations without unexpected downtime. The specific advantages and abilities of the system come from the electronic monitoring of these “controlled” neutrons, whose output never changes. The neutron flux is fully monitored to provide long lasting stable calibration. Precision does not degrade over time and can be fully guaranteed.

Applications of PFTNA technique in automation through online real-time measurements are several. Measurement and analysis of critical coal parameters viz. CV (calorific value), proportions of VM (volatile matter), TM (total moisture) and Ash content (full proximate and ultimate analysis), continuous analysis of ores and minerals viz. Iron, Nickel, Copper, Bauxite, Limestone, Dolomite at receipt or to monitor and continuously adjust basicity ratio ( $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) in an integrated steel plant are just a few to mention.

While the PFTNA technique is widely accepted as a process control tool in coal-fired thermal power plants to optimise bunker-feed, steel and cement manufacturing, it is equally popular in mining of iron, nickel, copper, bauxite and coal.

### **3. CONCLUSION**

Elemental analysis of bulk raw materials is a key step in the manufacturing process, for which quality optimisation and profitability are primordial requirements. PFTNA technology makes it possible to do away with hazardous isotopic sources ( $\text{Cf}^{252}$ , Am-Be or  $\text{Cs}^{137}$ ), which are still widely used despite being classified as "highly toxic" radionuclide by European regulators, and which pose an additional risk as they are impossible to extinguish. This technology presents numerous advantages in terms of analytical performance, as well as environmental and operator safety.

The use of an electrical neutron source guarantees stability of the analyser's analytical performance by constant production of neutrons throughout its life cycle. This characteristic eliminates periodic calibration operations, which are often difficult to carry out on-site and are always detrimental to production.

Moreover, with its On/Off function, the PFTNA electrical neutron source can be easily handled and transported by air as an accepted package without any risk, stored as a spare part and replaced whenever necessary without interrupting the production process.

### **REFERENCE**

MOODLEY, V. and MINNITT, R.C.A. Sampling, sample preparation and analytical practices for power station-type coals. *Fourth World Conference on Sampling & Blending*, The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2009.

SODERN 20, Avenue Descartes 94450 Limeil-Brévannes FRANCE

# **BİR FACİANIN ANATOMİSİ: AMASRA MADEN KAZASI**

## *ANATOMY OF A DISASTER: AMASRA MINE ACCIDENT*

**Mehmet Torun\***

*Maden Mühendisi*

**ÖZET** 14 Ekim 2022 tarihinde Bartın-Amasra’da Türkiye Taşkömürü Kurumu’na (TTK) ait yeraltı kömür işletmesinde meydana gelen grizu patlaması sonucu 42 işçi yaşamını yitirmiş, 10 işçi yaralanmıştır.

Yaşanan facianın teknik, siyasi, sosyal ve ekonomik pek çok nedeni bulunmaktadır. Özelleştirme uygulamaları, havza madencilikinden vazgeçilmesi, mevzuattaki eksiklikler, teknik eksiklikler, çalışma yaşamındaki mesleki eğitimlerin niteliksiz oluşu, denetim eksiklikleri, örgütlenmedeki sorunlar, siyasi öncelikli liyakatsiz atamalar yaşanan facianın ana nedenleridir.

Bu nedenlerin tek tek irdelenmesi, gelecekte yaşanabilecek olası iş kazalarının önlenmesi için oldukça önemlidir. Çünkü; Soma’dan, Ermenek’ten ders alınabilseydi, Amasra kazası yaşanmayabilirdi.

**ABSTRACT** 42 workers lost their lives and 10 workers were injured as a result of the firedamp explosion that occurred in the underground coal mine of the Turkish Hard Coal Enterprise (TTK) in Bartın-Amasra on October 14, 2022.

There are many technical, political, social and economic reasons for the disaster. Privatization practices, abandonment of basin mining, deficiencies in legislation, technical deficiencies, unqualified vocational training in working life, deficiencies in supervision, problems in organization, unqualified appointments with political priority are the main reasons for the disaster.

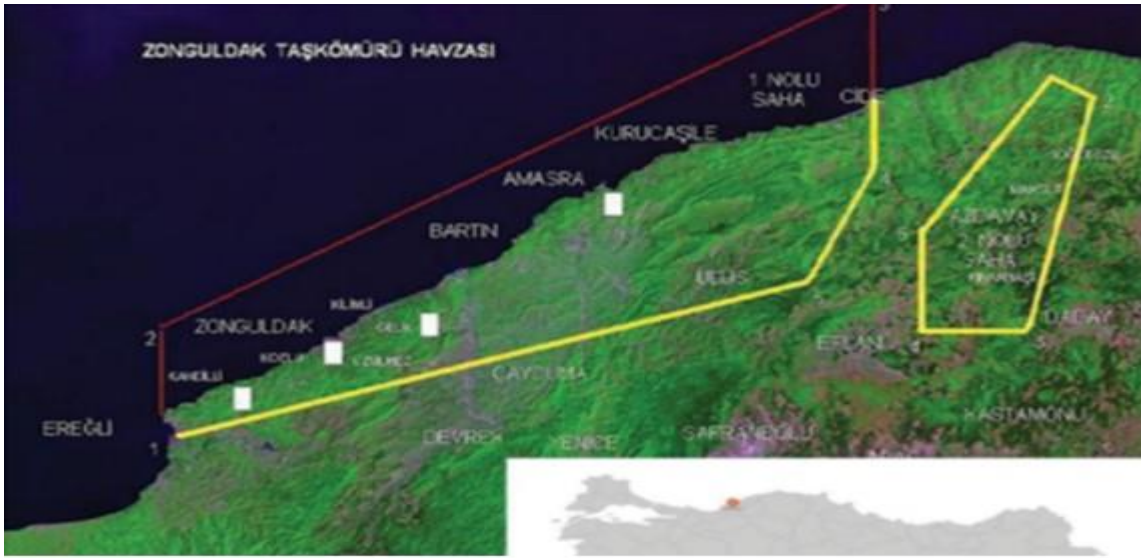
Examining these reasons one by one is very important to prevent possible work accidents in the future. Because; If lessons had been learned from Soma and Ermenek, the Amasra accident might not have happened.

---

\*[mehmettorun56@gmail.com](mailto:mehmettorun56@gmail.com)

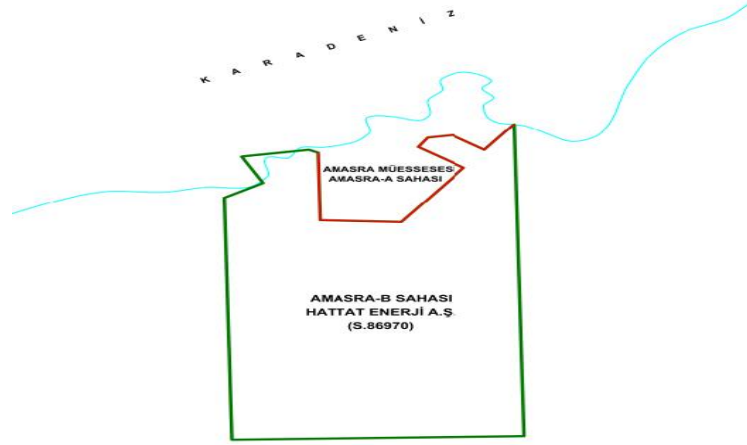
## 1. GİRİŞ:

Amasra sahası, Zonguldak kömür havzası içinde yer alan önemli kömür rezervi olan bir sahadır. Bu sahada yaklaşık 622 milyon ton kömür rezervi bulunmaktadır. Amasra yöresinde 1840'lı yıllardan bu yana kömür çıkarılmaktadır. Bilinen ilk ocaklar, İngiliz asıllı Galata Sarrafları tarafından “İngiliz Bacaları” adı ile işletmeye başlanmıştır. 1848 yılında Havzanın Emlak-ı Şahane (Sultanlık toprakları) kapsamına alınması ve Havza sınırlarının belirlenmesinden sonraki yıllarda Hazine-i Hassa, daha sonra Bahriye ve Nafia Nezareti tarafından çeşitli kişi ve kuruluşlara işletme imtiyazı verilerek işletirilmiştir. Havzada kamu kurumu olarak geçmiş yıllarda Ereğli Kömürleri İşletmesi (EKİ), son yıllarda da Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), yeraltı işletme yöntemiyle kömür üretmektedir (TTK Faaliyet Raporu, 2022).



Şekil 1. Zonguldak Taşkömürü Havzası.

Taşkömürü Havzası'nda ilk rödovanslı kömür ihalesi çalışması TTK Azdavay Söğütözü Açık İşletmesi'nde 24 Nisan 1980 Ekonomik Kararlarından sonra 1985'te başlatılmıştır. Daha sonra 5 Nisan 1993 Ekonomik Kararları ile önce Amasra ve Armutçuk İşletmeleri'nin “kömür rezervi yok” bahanesi ile kapatılmasına karar verilmiş, ancak bu karar çeşitli girişimler sonucu uygulanamamış, daha sonra ise rezerv yok denilen Amasra İşletmesi'nin bakir sahası olan Amasra B sahası, 2005 yılında rödovans yani üretilen kömür tonu başına alınacak bir bedelle özel sektöre işletilmek üzere kiraya verilmiştir. Amasra İşletmesi'nin çalışma alanları A ve B sahası, Şekil 2'deki haritada gösterilmiştir.



Şekil 2. Amasra İşletmesi A-B sahaları.

## 2. ÖZELLEŞTİRME UYGULAMALARI

İş kazalarının temel nedenlerinin başında; 1980’li yıllardan itibaren uygulanan politikalar gelmektedir. Bu politikalar sonucu kamu kurumlarının özelleştirilmesi için zarar ettirilmesine yönelik çalışmalarla başlayan yozlaşma günümüze kadar sürmüştür.

1985’li yıllar sonrası liberal ekonominin gereği, kamu kurumlarının özelleştirilmesi için kâr eden müesseseler birer birer zarar ettirilerek kapatılmaya ya da elden çıkarılmaya başlanmıştır.

Bu süreçte esnek üretim ilişkileri hayata geçirilmiş ve çalışanların iş güvencesi yok edilmiştir. İş güvencesi olmayanların işçi sağlığı ve iş güvenliği konusunda hassas davranmaları beklenemez. Bunun sonucu ülkemizin kurumlarında ve çalışanlarında işçi sağlığı ve iş güvenliği kültürü olması gereken seviyeye gelememiştir.

Siyasi iktidarın uyguladığı özelleştirme politikası nedeniyle 2005 yılında sahadaki kömür rezervinin çok büyük bölümü (B sahası) Hema Endüstri A.Ş. ye önce rüdevans (kiralama) ile, 2019 yılında ise ruhsat devri yöntemiyle verilmiştir. Amasra A ve Amasra B sahalarının toplam kömür rezervi 621.749.200 ton olup, bu rezervin %97’si (605.929.485 ton) Amasra B sahasındadır. Firmanın bugüne kadar sahadan üretilen beyan ettiği kömür bulunmamaktadır. (TTK Amasra TİM 2019 Yılı Sayıştay Denetim Raporu, Sayfa 19.)

Sözleşme gereğince ödemesi gereken rüdevans bedellerini de bugüne kadar çeşitli gerekçelerle ödememiştir. Hattat Enerji ve Maden A.Ş, kendisine verilen sahada üretim faaliyeti yapmamakla birlikte ocaklarının havalandırmasını sağlayacak bir havalandırma sistemi de kurmamıştır. TTK’nın kullandığı havalandırma tesisini kullanmak, kuyuları ve karo sahaları da almak için her türlü girişimde bulunmuştur.

Amasra B sahasını işletmek üzere yapılan ihaleyi kazanan Hema Endüstri A.Ş. ile TTK Kurumu arasında 15.04.2005 tarihinde bir rödovans sözleşmesi imzalanmıştır. Sözleşme süresi 20 yıl, hazırlık dönemi 36 ay olarak belirlenmiştir. Ancak, firma değişik gerekçelerle ve değişik tarihlerde hazırlık döneminin 4 kez süre uzatımı talebinde bulunmuştur. TTK, süre uzatım taleplerini kabul etmiş ancak firma taahhüt ettiği hiçbir yükümlülüğü bugüne kadar yerine getirmemiştir. 2019 yılı Sayıştay raporunda; “o tarihten bu yana rödovansçı firmanın yükümlülüklerini yerine getirmediği, firmanın üretim yapmadığı gibi kuruma herhangi bir ödeme de yapmadığı, kurum ve firma arasında hukuki bir süreç yaşandığı ve davanın kurum aleyhine sonuçlanması halinde kurumsal zararının söz konusu olduğu” ayrıntılı olarak belirtilmektedir.

Hema Endüstri A.Ş.’nin TTK ile imzalamış olduğu Amasra-B Sahasının Sözleşmesi, firmaların talebi üzerine 21.06.2011 tarihinde devir sözleşmesi ile Hema Dış Ticaret A.Ş.’ye devredilmiştir. Hema Dış Ticaret A.Ş. Firması da ticari unvanını 15.08.2012 tarihinden itibaren Hattat Enerji ve Maden Ticaret A.Ş. olarak değiştirmiştir.

Bütün bunlar yaşanırken TTK, sözleşmeyi fesih hakkını kullanmamış, yaşanan hukuki süreç nedeni ile zorunlu olmadığı halde sahanın ruhsatını 2019 yılında (Sicil No: 86970) firmaya devretmiş bir anlamda sorunu içinden çıkılmaz hale getirmiştir.

### **3. HAVZA MADENCİLİĞİNDEN VAZGEÇİLMESİ**

Ülkemizdeki madencilik sektöründeki iş kazaları incelendiğinde, büyük kazaların oluş nedenlerinden birisinin yapay olarak bölünmüş maden rezervlerinin üretimleri sırasında olduğu görülmektedir.

2011 yılında Elbistan kömür ocağında meydana gelen ve 11 kişinin ölümüyle sonuçlanan iş kazasının havzanın parçalara bölünmesi ve havzadaki yeraltı suyunun yeterince tahliye edilmemesiyle sınırlanan şevlerin kayması sonucu meydana geldiği bilinmektedir.

2014 yılında Soma’da meydana gelen ve 301 madencinin yaşamını yitirdiği faciyanın bir nedeni, havzadaki rezervlerin bölünmesi ve özel şirketlere devredilerek yapılan çalışmadır. Bölünüp parçalanmış kömür rezervlerinin plânsız şekilde tüketilmesi, muhtemelen çalışılan eski imalat alanlarında kalan kömürün içten içe yanması sonucu açığa çıkan zehirli gazın işletme hataları nedeniyle işçilerin çalıştığı ortamlara ulaşmasıyla tarihimizin en büyük maden faciası yaşanmıştır.

Yine 2014 yılında Ermenek’te meydana gelen iş kazası; kömür rezervlerinin bölünmesi, parçalanması sonucu meydana gelmiştir. Eski çalışılmış sahada yıllar içinde biriken suyun patlayarak çalışma alanına dolması sonucu 18 işçi yaşamını yitirmiştir.

Bu örnekler göstermektedir ki; havzaların bölünüp parçalanması, bütüncül plânlamanın yapılamamasına ve iş kazalarına neden olmaktadır. Bu nedenlerle, havza madenciliği işçi sağlığı iş güvenliği açısından da olmazsa olmaz bir gerekliliktir.

Amasra'daki A ve B sahalarında 622 milyon ton kömür rezervi bulunmaktadır. Bu rezervin tamamına yakını yeraltı üretim yöntemiyle üretilmek durumundadır ve havza niteliğinde bir sahadır. Bu havzada, işçi sağlığı-iş güvenliği, rezerv kaybı, ekonomiklik ve istihdam açısından bütünlükçü bir plânlama çerçevesinde üretim yapılması gerekir. Oysa söz konusu saha, parçalanmış ve çok büyük bölümü 2005 yılında özel bir firmaya verilmiştir. Sahadaki rezervin 606 milyon tonu (%97'si) özel sektöre verilirken, kamu kuruluşuna 16 milyon ton kömür rezervi kalmıştır. Kamu kurumu tabiri caizse bir köşeye sıkıştırılmış, sahayı terk etmek zorunda bırakılmıştır.

Bu da yetmemiş, TTK'nın halen çalıştığı sahanın alt kotları da aynı firmaya verilmiştir. - 400 kotunun altı söz konusu firmaya verilmiş ancak bu alanda fiili bir çalışma yapılmamıştır. Kurumun çalışacak fazla bir alanı kalmamıştır. Kalan rezerv için yapılması gereken büyük yatırımlardan ekonomik nedenlerle vazgeçilmiştir.

Havza ile ilgili 2017 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanan bir raporda rezerv bölünmesi ve bu tür çalışmanın sakıncası açıkça belirtilmiştir:

*“Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) ve HATTAT Enerji ve Maden Ticaret A.Ş. firması arasında akdedilen sözleşmeye göre Amasra Havzası'nda -400 kotunun üstünde (ATİM) ve altında (HATTAT) çalışılacak komşu panolarda taraflarca koordinasyonsuz bir biçimde belirlenmiş olan özgün termin planlamalarına uygun çalışmalar; maden işletmeciliği tekniğine, ekonomik gerçeklere ve madencilik çalışmalarında iş güvenliği ilkelerine (yukarıdan aşağıya çalışma/önce üst damarın alınması/suya-gaza karşı topuklar tesis edilmesi vb.) uygun değildir”(BEÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, 2017).*

Ruhsatın sahibi olan, taşkömürü üretiminde deneyimli büyük bir kurum nasıl olur da sahanın çok küçük bir kısmında çalışmak zorunda bırakılır? Hangi akıl veya gerekçe bunu açıklayabilir? Büyük olasılıkla; ocak kapanması nedeniyle özelleştirmeye karşı bölgesel ve toplumsal tepki olmasın, çalışanlar bir süre daha çalışmaya devam etsin diye bu küçük alan özelleştirilmemiştir. Yani kamunun bu kadar küçük bir bölgede çalışması bile özelleştirmenin kolaylaştırılması amacıyla devam ettirilmiştir.

Kararlar teknik gerekçelerle alınmadığından bu kadar küçük bir alanda kurum uzun süre nasıl çalışabilir? Arama, işletme süreçleri nasıl yapılır? En önemlisi de işçi sağlığı ve iş güvenliği nasıl sağlanır diye düşünülmediğinden ocak kaderine terk edilmiştir.

Amasra'da kömür sahasının bölünmesiyle havza madenciliğinden vazgeçilmiştir. Bütünlükçü ve uzun vadeli plânlama yapılamamış, günübirlik uygulamalarla idare



edilmeye çalışılmıştır. Bu durum madenciliğin olmazsa olmazı olan büyük yatırımların yapılamamasına neden olmuştur.

#### **4. MEVZUATTAKİ EKSİKLİKLER**

Anayasamızda doğal kaynaklarla ilgili olarak 168. maddede düzenleme şu şekilde yapılmıştır:

*“Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzelkişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin, Devletin gerçek ve tüzelkişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzelkişiler eliyle yapılması, kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzelkişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir.”*

Bu maddeye göre, tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altında olup arama ve işletme hakkı devlete aittir. Gerçek ve tüzel kişilere bu hakkı geçici olarak devretmek istisnai bir durumdur. Ancak; uygulanan politikalar gereği, istisnai durum genelleşmiş olup neredeyse tüm madenler gerçek ve/veya tüzel kişiler tarafından işletilmektedir.

Maden Kanunu’nda “Havza Madenciliği” ve “Maden Bölgeleri” kavramları bulunmaktadır. Havza Madenciliği Maden Kanunu’nda şu şekilde düzenlenmiştir:

*“3867 sayılı Ereğli Kömür Havzasındaki Ocakların Devletçe İşlettirilmesi Hakkında Kanun ile Devletçe işlettirilmesi kararlaştırılan Ereğli Kömür Havzasındaki madencilik faaliyetleri bu Kanun hükümlerine tâbidir. Sınırları Bakanlar Kurulu kararı ile belirlenen Ereğli Kömür Havzasındaki taşkömürlerini işletmeye ve hukuku uhdesinde kalmak şartıyla işlettirmeye Türkiye Taşkömürü Kurumu yetkilidir.”*

Maden Kanunu Madde 47: *“Bakanlık tarafından, ruhsat müracaatlarına kapatılan alanlar ile havza ve kuşak madenciliğini geliştirmek ve jeolojik yapıyı aydınlatmak için herhangi bir sebeple hükümden düşmüş, terk edilmiş veya taksir edilmiş alanlarda, Bakanlıkça da gerekli görüldüğü takdirde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’ne arama faaliyeti yaptırılmak gayesiyle ruhsat verilir. İşletilebilecek maden varlığının belirlenmesi halinde, bu alanlardan ruhsat müracaatına kapatılan alanlardaki madenlerin işletilmesi için Bakanlar Kurulu kararı, diğer alanlar için ise bu madde ve 30 uncu madde hükümlerine göre Genel Müdürlük tarafından ihale edilir.”*

Maden Kanunu Madde 30: *“Havza madenciliğini geliştirmek ve jeolojik yapıyı aydınlatmak amacıyla yeni oluşturulan alanlar ile herhangi bir sebeple hükümden düşmüş, terk edilmiş veya taksir edilmiş sahalar, alan sınırlamasına bakılmaksızın*

*birleştirilerek ihale edilebilir. Bu şekilde ihale edilen sahaların ruhsatlandırılmasında 16'ncı maddedeki alan sınırlaması aranmaz.”*

Maden Bölgesi ise, 18.05.2017 tarihinde yapılan değişiklikle Maden Kanunu'na girmiştir.

29. maddeye ilave edilen değişiklikle:

*“Birbirine bitişik veya yakın maden sahalarında, yapılan üretimin çevresel etkileri, şehirleşme, işletme güvenliği, rezervin verimli işletilmesi ve benzeri sebeplerden dolayı yapılacak proje ve planlama çerçevesinde Genel Müdürlüğün teklifi ve Bakan onayı ile maden bölgesi ilan edilebilir. Maden bölgesindeki ruhsatların bir veya birden fazla ruhsatta birleştirilmesi Genel Müdürlükçe yapılır.”* şeklinde düzenleme yapılmıştır.

Bu değişiklik sadece yeniden paylaşımı öngörmektedir. Mevcut ruhsat sahiplerini birleşmeye zorlama, olmazsa ruhsat iptali ve yeniden ihale ve/veya ihalesiz olarak ruhsat sahipliğinin el değiştirmesi niteliğinde olup ruhsatların idare eliyle el değiştirmesini sağlayacaktır.

Görüldüğü gibi havza madenciliği anlamında yasada yer alan tanımlar ve metinler oldukça eksik ve anlamından uzak şekilde belirlenmiştir. Gerçek amacına uygun bir yasa metninin Anayasa'da ve ilgili kanunlarda yer alması bu anlamda önemlidir.

Maden Kanunu'nda düzenlenen “daimî nezaretçi” ve “teknik eleman” tanımı ve uygulamaları sağlıklı değildir. İşverenlerin baskısı sonucu bu kavramların içi boşaltılmış ve amacından saptırılmıştır. Maden mühendisinin ücretini aldığı işvereni denetlemesi gibi bir durum, yaşamın gerçeklerine uygun değildir. Ayrıca uygun eğitim almış kişilerin bu alanlarda çalıştırılması da oldukça önemlidir.

## **5. TEKNİK EKSİKLİKLER**

Madenlerde yaşanan her kazada mutlaka teknik eksiklikler de çok önemli rol oynamaktadır. Madencilik sektörü, doğası gereği risklerin çok fazla olduğu bir sektördür. Bu anlamda her türlü tedbir alınmalıdır. Özellikle yeraltı kömür işletmeleri risklerin en yüksek olduğu alanlardır. Pek çok zararlı gaz, kömür ve taş tozu sorunu, yangın, su baskını, göçük vb. riskler mevcut olup bunlara karşı önlemler alınmadan çalışılması sonucu ciddi kazalar yaşanmaktadır. Son yıllarda meydana gelen çok ölümlü iş kazaları buna örnektir.

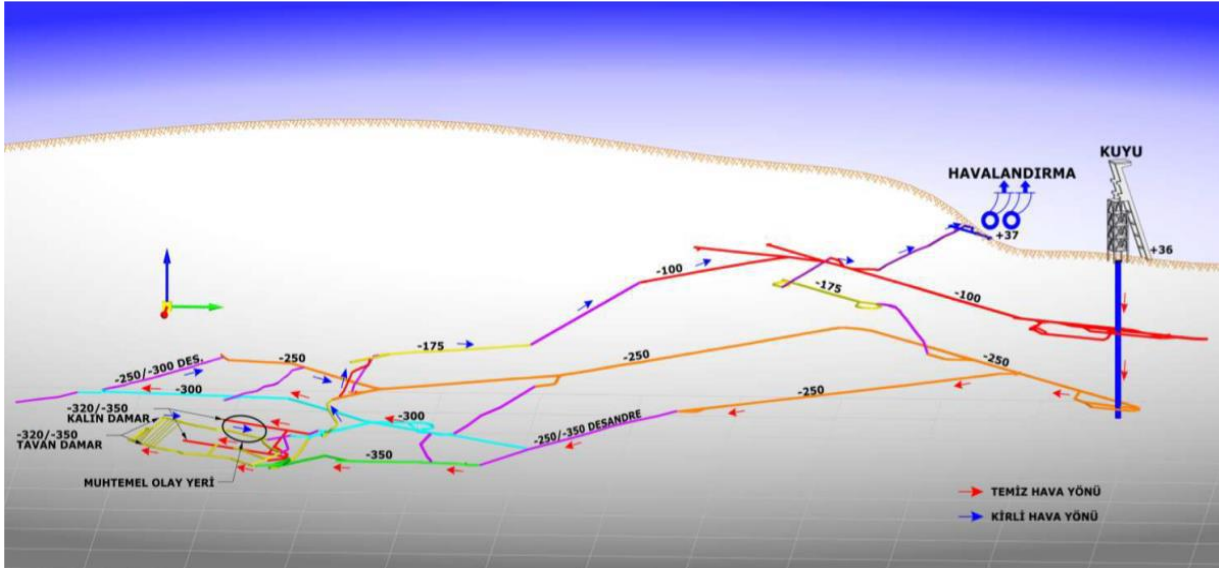
Bu anlamda teknik ekipman yatırımları aksamamalı ve kullanımları uluslararası standartlar çerçevesinde patlayıcı ortamlar ve patlayıcı ortamlarda kullanılan elektrikli aletler (exproof) olmalıdır.

Arıza yapan elektrikli aletlerin ve motorların tamiri yapıldıktan sonra antigrizu özelliğini koruması da oldukça önemlidir. Bu konuda yapılan ihmallerin sonuçları oldukça ağır olmaktadır.

Madencilik plânlamalarının sağlıklı ve rahat uygulanabilir olması gerekir. Ocak havalandırması tasarımlarının, havalandırma plânlarının doğru yapılması iş kazalarını önlemenin ön koşuludur. Bunlara uygun ekipman seçimi ve kullanımı için yasal altyapı geliştirilmelidir.

Amasra kömür ocağında üretim kuyudan ve nefeslikten kilometrelerce uzak bir mesafede, kuyu dibinden 100 metre derinde yapılmakta, üretim yerlerine taşa ve kömürde sürülen çok sayıda taban yolu ve eğimli yollarla ulaşılmaktadır.

Temiz hava kot farkı olan kilometrelerce mesafeden üretim panolarına ulaştırılmaya çalışılmakta, en kötüsü de kirlenen hava yine kilometrelerce mesafede ocak içinde dolaştıktan sonra nefeslikten dışarı atılmaktadır.



Şekil 3. Kaza Öncesi Ocak Üretim ve Havalandırma Plânı (TTK Amasra TİM, 2022).

Selami Leloğlu, kazaya ilişkin yayınlanmamış çalışmasında, havalandırma ve altyapı eksiklerine değinmiştir: “Ocağın havalandırma plânı incelendiğinde; ocakta yatay ve düşey konsantrasyonun sağlanamadığı, dolayısıyla ocağın büyüklüğü de dikkate alındığında işyerlerinin havalandırılması için havanın oldukça uzun yollar kat etmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bu durum ocak direncini arttırmakta ve bu nedenle ocakta ihtiyaç duyulan temiz hava miktarının sağlanabilmesi için gerekli basınç farklarının da gereksiz büyümesine neden olmaktadır. Örneğin, +40 kotundan giren temiz havanın yarı mekanize ayağa ulaşması için yaklaşık 3.000 metre yol kat etmesi gerekmekte ve kirlenen havanın ocağı terk etmesi için ise yaklaşık 3.500 metre yol kat etmesi gerekmektedir. Bunun yanında yarı mekanize ayak ve -320 Kalın Damar taban yolu hazırlığı da dahil olmak üzere neredeyse tüm hazırlık çalışmalarının kirli havaları ise kesiti oldukça küçük olan (3-4 metrekare) nefeslik başyukarı galerisinden

geçmektedir. Yüksek miktarda dönüş havasının dar bir kesitten geçirilmeye çalışması ise bu noktada yüksek bir direnç ve dolayısıyla yüksek bir basınç kaybı oluşmasını beraberinde getirmektedir.

Havalandırma sorunu, Genel Müdürlük tarafından da bilindiğinden 2018/2021 faaliyet raporlarında dört yıl üst üste “Ana Nefeslik Aspiratör Modernizasyonu” yatırım programına alınmış ancak gerçekleşme olmamıştır. Yine 2020/2021 faaliyet raporlarında “Madencilik Altyapı ve İyileştirme” yatırım programına alınmış, 2021 yılı sonu itibarı ile toplam %3,5 gerçekleşme sağlanmıştır. Bu veriler göstermektedir ki, TTK Amasra ocağında havalandırma ve altyapı eksiklikleri bilinmesine rağmen gerekli önlemler zamanında alınmamıştır.

Eğer Amasra tek bir havza şeklinde projelendirilseydi, 2005 yılı öncesi veya sonrasında 3-5 yıl içinde yeni pano hazırlığı bitirilir, buradaki çalışma alanı diğer panoya kaydırılır, çok daha büyük ölçekte ve güvenli üretim altyapısı oluşturulabilirdi.” (Leloğlu, Selami, 2022).

TTK, Amasra İşletmesi’nde -350 kotunun üstünde üretim yapmaktadır. Maden kazasının yaşandığı derinlik, -300/-350 aralığıdır. TTK’nın kullandığı mevcut üretim ve havalandırma kuyusu -250 kotuna kadar inmektedir. Ruhsat bölünmesi ve satışı olmasaydı daha derindeki kömürlerin üretimi için mevcut kuyu derinleştirilebilir ya da daha derin yeni bir kuyu açılarak üretim plânlanabilirdi. Ancak, kurumun elinde kalan mevcut rezerve göre bu seçenekler devre dışı kalmıştır. Bunun yerine kalan kömürü üretebilmek için mevcut kuyudan aşağıya doğru desandri (meyilli galeri) sürülerek üretim yapılmaktadır. Kullanılan kuyu kesiti yaklaşık 33 metrekare iken desandri kesiti ortalama 14 metrekaredir. Derinlere inildikçe metan gazının arttığı bir gerçektir, bu anlamda ocak açıklığı kesitleri havalandırma açısından daha önemli hale gelmektedir.

Galeri kesitlerinin yarıdan fazla daraltıldığı metan içeren yeraltı kömür işletmesinde sağlıklı bir havalandırma yapılması mümkün değildir. Bu durum metan gazının birikmesine neden olmuş ve risk artmıştır. Kazadan sonra hazırlanan bilirkişi ön raporu da ocak havalandırmasındaki eksikliği açıkça belirtmektedir:

ve hazırlık faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Toplam galeri açıklığının yaklaşık 18 km olduğu ve ocaktak üretim ve hazırlık faaliyetlerinin -300 ve -350 katlarında yoğunlaştığı düşünülürse ocağa ve -300 ve -350 katlarına gönderilen hava miktarının son derece yetersizdir. Bu büyüklükteki bir ocakta bu kadar az hava (toplam da 3600 m<sup>3</sup>/dk, üretim ve hazırlıklar için yaklaşık 1800 m<sup>3</sup>/dk) ile yeterli ve etkin bir havalandırma sağlamak neredeyse imkansızdır.

(Bilirkişi ön raporu, sayfa 15)

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Ön Raporu’nda da detaylı bir hesaplama yapılmış ve havalandırmadaki yetersizlik ortaya konulmuştur. “TTK’nın genelinde kullanılan Bartec AVD-6520-2 model 40 HP (30 kW) gücündeki bir tali fan 600 mm’lik kullanılmış fantüp ile 400 metre mesafeye teorik olarak ancak 150 m<sup>3</sup>/dak (2,5 m<sup>3</sup>/s) hava sağlayabilmektedir (%60 verim ve orta düzeyde kaçak

varsayımıyla). Bu durumda ise fanın sağlıklı çalışabilmesi için hava kaçakları da dikkate alındığında vantilatörün girişine 372 m<sup>3</sup>/dak temiz hava sağlanması gerekmektedir. Dolayısıyla bu özelliklere sahip 5 fanın bulunduğu bir galeriye sağlanması gereken temiz hava miktarı en az  $(5) \times (372 \text{ m}^3/\text{dak}) = 1860 \text{ m}^3/\text{dak}$  olmalıdır. TTK'nın Meclis Araştırma Komisyonundaki sunumundan anlaşıldığı üzere -350 kat lağımına sağlanan temiz hava miktarı ise 1.659 m<sup>3</sup>/dak'dır. Ayrıca, yarı mekanize Tavan Ayağa sağlandığı belirtilen temiz hava miktarı da dikkate alındığında (549 m<sup>3</sup>/dak) bu kattaki vantilatörlerin sağlıklı çalışması olası görünmemektedir. Bunun yanında ocakta -300 katında da toplam dört adet 40 HP'lik vantilatör kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu vantilatörlerin de örnek olarak verilen Bartec AVD-6520-2 model 40 HP (30 kW) vantilatörler olduğu varsayılırsa bu durumda bu vantilatörlerin sağlıklı çalışması için de -300 katına da yaklaşık  $(4) \times (372 \text{ m}^3/\text{dak}) = 1.488 \text{ m}^3/\text{dak}$  temiz hava sağlanması gerekmektedir. Buna göre sadece ocaktaki tali fanların sağlıklı çalışabilmesi için gerekli temiz hava miktarı  $1.860 + 1.488 = 3.348 \text{ m}^3/\text{dak}$  olmaktadır. TTK'nın Meclis Araştırma Komisyonundaki sunumlarından anlaşıldığı üzere -300 katına sağlanan toplam hava miktarı ise yaklaşık 1.100 m<sup>3</sup>/dak'dır. Bu durumda ocakta -300 ve -350 kat lağımlarına sağlanan toplam hava miktarı ise  $1.659 + 1.100 = 2.759 \text{ m}^3/\text{dak}$  olmaktadır. Tüm bu veri ve hesaplamalar birlikte değerlendirildiğinde -300 ve -350 kat lağımlarına sağlanan hava miktarının tali fanların sağlıklı çalışması için bile yetersiz olduğu söylenebilir” (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Ön Raporu, Ekim 2022).

Bilirkişilerin ek raporunda da havalandırmanın eksikliği özellikle belirtilmiştir. “Söz konusu 42 vefatla sonuçlanan üzücü iş kazasının başlangıç yeri olan -320 Kalın Damar Sağ Tavan Yolunun havalandırması yeterli değildir” (Bilirkişi Ek Raporu, Kasım 2022).

Havalandırma konusu; teknik bir konu olup, çok iyi hesaplama ve plânlama gerektirir. Hava miktarı, hava hızı, metan geliri, kömürün yanmaya müsait oluşu, kömür tozu varlığı, çalışan sayısı, makine vb. parametreler değerlendirilerek uygun galeri kesiti, ihtiyaç duyulan ekipman ve gerekli hava miktarı hesaplanır. Bu konu ciddi bir yatırım gerektirir ve yer altı kömür madenciliğinin olmazsa olmazıdır.

## **6. EĞİTİMDEKİ SORUNLAR**

Madencilik sektöründeki yüksek risklere uygun bir eğitim kazaların önlenmesi açısından önemlidir. Mühendislik eğitimindeki noksanlıklar acilen giderilmelidir. Teori ile pratiğin birleştirildiği nitelikli bir eğitim politikası hayata geçirilmelidir.

Sektörde çalışacak işçilerin eğitimi yetersizdir. Yasada öngörülen 32 saatlik teorik ve pratik eğitim bile verilmemekte sadece kâğıt üzerinde kalmaktadır. Bu konuda Almanya örneği önemlidir. Lise eğitiminden sonra 2 yıl eğitim almadan yeraltında nitelikli eleman olarak çalışma olanağı yoktur.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası, bu konudaki görüşlerini düzenlediği çalıştayda paylaşmıştır. “Mühendislerin sektördeki güncel gelişmelere ayak uydurabilmesi için kendilerini yenilemeleri şarttır. Bu konuda meslek odaları üzerinden eğitim almaları sağlanmalıdır. Sonuç olarak; ülkemizde genel olarak üniversite eğitiminde, özelde maden mühendisliği eğitiminde sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların bugünden yarına köklü bir çözümü mümkün görünmemektedir. Ancak mevcut gerçeklik içerisinde belirli iyileştirmelerin yapılabilmesi mümkündür. Öncelikle gerekli maden mühendisi sayısı ve eğitimi önümüzdeki 10, 20, 30 vb. yıl için ülke ve dünya gerçekleri ve yönelimleri göz önüne alınarak yeniden plânlanmalıdır. (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Eğitim Çalıştayı, 2023).

Çalışanların meslek içi eğitimleri de yetersiz olup, sadece dosyalarında evrak olarak bulunması amacına yöneliktir. Sonuç olarak hem mesleğe başlangıç hem de meslek içi eğitimler mevzuatta yeniden düzenlenmelidir.

## **7. DENETİM EKSİKLİKLERİ**

Sektörde denetim hayati derecede önemlidir. Yaşanan tüm kazalarda denetim eksikliklerinin görülmesi bu konudaki zafiyeti göstermektedir. Amasra faciasında da bu durum bilirkişi ön raporunda vurgulanmıştır.

**4. Denetimeler:** Yeraltı taşkömürü madenciligi “çok tehlikeli işler” sınıfında olduğu için gerek TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı – Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü – Ruhsat Denetleme Dairesi Başkanlığı tarafından gerekse de TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı – Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı tarafından rutin denetimlere tabii tutulmaktadır. Maden işletmesinde gerçekleştirilen denetim faaliyetleri sonucunda hazırlanan raporlarda; havalandırma, metan drenajı, kömür tozu ile mücadele ve benzeri konularda tespit veya iyileştirmeye yönelik bir talep, öneri ya da yaptırım uygulanmamıştır. Denetleme mekanizmasının gereken etkinliği sağlayamadığı görülmekte olup, kazanın meydana gelmesinde etkisi vardır.

(Bilirkişi ön raporu Sayfa 25).

Denetim; iç denetim ve dış denetim olarak yapılmaktadır. İç denetim, işletmelerin kendi elemanları tarafından yapılır. Ancak, neredeyse tamamına yakını özel sektör tarafından işletilen madenlerde işverene bağlı olarak çalışan kişilerin yaptıkları denetimlerin sağlıklı olmadığı açıktır. Bu denetimlerin özgürce ve gereği gibi yapılması için yasal düzenlemeler hayata geçirilmelidir.

TTK, bir kamu kurumu olmasına karşın iş güvenliği uzmanlarının atanmasında ve görev yapmasında sorunlar yaşandığı bilinmektedir. Siyasi önceliklere göre yapılan atamalar ve maddi önceliklerin devreye girmesi uzman denetiminin sağlıklı yapılmaması sonucunu doğurmaktadır. Görevlerini yapmaya çalışan İş Güvenliği Uzmanları görevlerini yerine getirirken pek çok zorluk yaşamakta, çeşitli baskılar nedeniyle görevlerini bırakmak durumunda kalmaktadır.

Mevzuat gereği dış denetimler Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’ndaki müfettişlerin işletme deneyimlerinin yeterli olmaması ciddi

eksiklidir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın denetim elemanlarında da işletme deneyimi aranmamaktadır. İki kurum elemanlarında da hem nitelik hem nicelik olarak eksiklikler bulunmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), yaşanan son iş kazalarından sonra mevzuatında değişiklik yapmış, maden işletmelerinde yaptıkları denetimlerde işçi sağlığı iş güvenliği konularından sorumlu olmadıklarını belirtmektedir. Bu sayede yaşanacak hukuksal sorunlardan muaf olacaklarını varsaymaktadırlar. Oysa, kamusal denetim bir bütün olup, proje denetimi yapılırken çalışanların her anlamda korunmasına yönelik önlemlerin takip edilmesi şarttır. İşletme projesi de işçi sağlığı-iş güvenliği, havalandırma, nakliyat, tahkimat, patlatma vb. konularıyla bir bütündür. Denetim yapılırken bunların ayrılması mümkün değildir.

Son yıllarda denetim, özelleştirilmiş olup piyasa önceliklerine göre yapılmaktadır. Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimleri (OSGB) kurulmuş olup işyeri denetimleri bu birim üzerinden yapılmaktadır. Ancak, bu birimlerin yapısı ve öncelikleri denetim için uygun değildir. Denetim elemanlarının işverene ya da şirket patronuna bağlı olması, iş güvencesinin olmaması, ücretini işverenden alması gibi uygulamalar denetimi sorunlu hale getirmektedir. Bu nedenlerle OSGB uygulaması beklenen sonucu vermemiştir.

Diğer bir denetim mekanizması, maden çalışanları zorunlu ferdi kaza sigortasıdır (ZFK). Maden çalışanları zorunlu ferdi kaza sigortası, Ermenek maden kazasından sonra ortaya çıkan kamuoyu tepkisini azaltmak için yeterince tartışılmadan ve araştırılmadan oluşturulmuş bir yöntemdir. Uygulamada ciddi eksiklikler barındırmakta olup yeniden ele alınmalıdır.

Madenlerdeki denetimlerde Almanya'daki "maden polisi" uygulaması incelenerek ülkemize uygun hale gelecek şekilde değerlendirilmelidir. Sonuç olarak denetim, kamusal bir görevdir. Buna uygun yasal düzenlemelerin yapılması ve sağlıklı bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

## **8. ÖRGÜTLENMEDEKİ SORUNLAR**

Ülkemiz madencilğinde temel yaklaşım; "Sendikasız ya da sarı sendikalı işçiye, düşük ücret ödeyerek az giderle çok üretim" şeklindedir. Çok uluslu madencilik şirketleriyle yerli madencilik şirketlerinin çoğu taşeron aracılığı ile istihdam sağlamakta ve taşeronla ödeme yapmaktadır. Böylece işçiye vereceği ücreti kontrol altında tutmakta, işçiyle doğrudan muhatap olmamakta, taşeron firma aracılığıyla işçiler üzerinde kolay kontrol sağlanmakta, sendikalaşma önlenmektedir. Bu yaklaşımın sonucunda iş kazaları artmaktadır çünkü işçi örgütsüz ve güçsüzdür.

Çalışanların örgütlü oluşu, iş kazalarının azalmasını sağlayacaktır. Örgütlü olmak; iş disiplininin sağlanması, ortak hareket edilmesi ve uygulamada birliktelik gibi pek çok

önceliği beraberinde getirir. Ancak, ülkemizde çalışanların örgütlülüğü gelişmiş ülkelerle mukayese edildiğinde oldukça düşük orandadır. Mevcut sendikaların ise görevini ne kadar yaptıkları, sorumluluklarını yerine getirip getirmediği ayrı bir sorundur. Sendikaların ana görevlerinden birisi de işçi sağlığı ve iş güvenliği tedbirlerinin uygulanmasını denetlemek, bu konuda üyelerini bilinçlendirmektir. Bu anlamda örgütlülüğün önündeki engeller kaldırılmalı ve örgütlülük özendirilmelidir.

## **9. SİYASİ ÖNCELİKLİ LİYAKATSIZ ATAMALAR**

Yasalar ne kadar yeterli ve uygun olursa olsun uygulanması da o kadar önemlidir. Bunları uygulayacak kadroların liyakatli olması, işinin ehli olması gerekir. Madencilik deneyim, birikim isteyen bir sektördür. Deneyimlerin aktarılması konusunda usta-çırak ilişkisi olmazsa olmaz bir önceliktir.

TTK’da yaşanan en önemli sorunlardan biri liyakatsiz yöneticiler, liyakatsiz kadrolaşma ve partizanlık sorunudur. Yönetim kadrolarının atanmasından işçi alımına kadar her alanda yapılan politik müdahaleler, TTK’yı bir işletme olmaktan çıkarıp, iktidar partilerinin ve iktidara yakın sendikaların arka bahçesi haline getirmiştir. “Kamuda işe girmek ve yönetim kademelerine atanmak için bilgi, deneyim ve mesleki yeterlilik yerine belli sendikalara üye olmak ve iktidar partisi yandaşı olmak tek kriter haline gelmiştir. Bu durum kamu işletmelerinde yozlaşmaya neden olmakta, iş barışını bozmakta ve özellikle madenlerde büyük facialara davetiye çıkarmaktadır. Amasra’da yaşanan faciada, belirleyici faktörlerden birinin liyakatsiz ve deneyimsiz kadroların görev başına getirilmeleri olduğu görülmektedir” (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Ön Raporu, Sayfa 10).

Ülkemizde her siyasi iktidar değişikliğinde bu kadrolar baştan aşağı değiştirilmekte bilgi birikimi kaybolmaktadır. Bu çok yanlış bir uygulamadır. Birikim ve deneyim parayla satın alınmamakta ve kolay kazanılmamaktadır. Dünyadaki madencilik sektörü incelendiğinde deneyimli elemanlara çok değer verildiği görülmektedir. Ülkemizde de bu yönde çalışmalar yapılmalı ve uygulanmalıdır.

## **10. SONUÇ**

Madenler; milyonlarca yılda oluşan, tüketildiğinde yerine konulamayan, hiçbir kişi ve zümrenin emeği olmayan, doğanın insanlığa sunduğu ortak değerlerdir. Bu nedenle insanlığın yararına plânlı ve rasyonel bir biçimde üretilmeleri zorunludur. Ülkemizin ihtiyaçları doğrultusunda bir üretim plânlaması yapılmalı, madenlerimiz şirketlerin ya da kişilerin kâr amaçlı önceliklerine bırakılmamalıdır.

Amasra’da yaşanan maden faciasını sadece teknik bir sorun olarak görmemek gerekir. Mevzuattaki eksiklikler, havzadaki rezervin bölünmesi ve bu nedenle havza madenciliğinden vazgeçilmesi, yasanın emrettiği kamusal denetim görevinin yerine getirilmemesi, örgütsüzlük, teknik eksiklikler, liyakatsiz kişilerin hak etmedikleri makamlara getirilmesi bu acı sonucu doğurmuştur.



Bu acıların yaşanmasında herkesin, her kesimin sorumluluğu vardır ancak asıl sorumluluk yürütme erkini elinde bulunduran siyasi iktidarındır. Yaşanan bu olaylardan ders çıkarılmalı ve gerekenler acilen yapılmalıdır. Gerekli önlemler alınmazsa gelecekte de benzer olaylar yaşanacaktır.

İş cinayetlerinde yaşamını yitiren tüm meslektaşlarıma ve maden emekçilerine saygıyla...

## **Kaynaklar**

- Bilirkişi Ön Raporu, Ekim 2022.  
Bilirkişi Ek Raporu, Kasım 2022.  
Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Raporu, Mayıs 2017.  
Leloğlu Selami. Amasra Kazası Çalışması, 2022 (yayınlanmamış).  
TMMOB Soma Maden Faciası Raporu 2014.  
TMMOB Maden Mühendisleri Odası Eğitim Çalıştayı, 2023.  
TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Ön Raporu, Ocak 2023.  
TTK Faaliyet Raporları.  
Sayıştay Denetim Raporu, TTK Amasra TİM 2019.