

Zonguldak - TURKEY

Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı

ICCET 2022

Proceedings of the 22nd International Coal Congress and Exhibition of Turkey

29-30 Eylül/September 2022



Editör / Edited by
Dr. Özgür YILMAZ



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ

**UCTEA CHAMBER of MINING ENGINEERING
ZONGULDAK BRANCH**



TÜRKİYE 22. ULUSLARARASI KÖMÜR KONGRESİ VE SERGİSİ BİLDİRİLER KİTABI

*Proceedings of the
22nd International Coal Congress and Exhibition of Turkey*

ICCET 2022

29-30 Eylül / *September* 2022

Zonguldak, Türkiye / Turkey

Editör / Edited by

Dr. Özgür YILMAZ



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

Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı "ICCET 2022"
Proceedings of the 22nd International Coal Congress and Exhibition of Turkey "ICCET 2022"

29-30 Eylül / September 2022
Zonguldak, Türkiye / Turkey

© 2022 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 © 2022

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

ISBN : 978-605-01-1540-6
Kapak Tasarımı : Harun Berat KANGAL
Editör : Dr. Özgür YILMAZ
Dizgi : Dr. Özgür YILMAZ
Web : <http://www.iccet.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 - 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

SUNUŞ

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi tarafından 2 yılda bir düzenlenen Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi'nin yapılması 2020 yılında plânlanmış, ancak dünyayı etkisi altına alan Covid-19 Pandemisi nedeniyle 29-30 Eylül 2022 tarihinde gerçekleştirilebilmiştir.

1978 yılından bu yana gerçekleştirilen Türkiye Kömür Kongreleri günlük siyasetin ötesinde sektörün temel sorunlarının ve çözüm önerilerinin tartışıldığı bir platform olmuştur. Bu kongrelerde yerli ve yabancı bilim insanlarınca sunulan çok sayıda bildiri ile ülkemizin ve uluslararası kömür madenciliğinin sorunları tartışılmış, farklı görüşlerin kendini ifade edebildiği çağrılı bildiri ve panellerde kömür madenciliğinin geleceğinin şekillendirilmesine gayret edilmiştir. Düzenlenen Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi 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.

Son yıllarda dünyamızda yaratılan suni krizler savaflara dönüşmüş; Rusya ve Ukrayna arasındaki savaş, ülkelerin öz kaynaklarına dayalı enerji temininin son derece önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sanayi devrimi ile başlayan süreçte yaşanan savaşların ana nedenlerinin başta enerji hammaddeleri olmak üzere mineral kaynaklarının çıkarılması ve paylaşımı olduğu açıktır. Bu durum özellikle yaşadığımız süreçte daha da yoğun hissedilmektedir. Küresel düzeyde coğrafi yayılmışlık düzeyi kömürü fosil yakıtlar arasında daha güvenilir kılmakta olup pek çok ülkede kapatılmış olan kömür ocaklarının yeniden açılması gündeme gelmiştir.

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.

Ülkemiz Kömür Madenciliği sektörünün önündeki temel sorunlar varlığını sürdürmektedir. Bu sorunlar 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. 2022 yılında ortalama olarak her ay 5 madencimiz şehit olmaktadır. Ağır maluliyetle sonuçlanan ve pek çok madencinin aileleriyle birlikte yaşamlarını karartan iş kazalarının çokluğu dikkate değer durumdadır. Ayrıca kayıtlara geçmeyen çok sayıda ramak kala olaylarının varlığı da hepimizce bilinmektedir. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin alınmamasından kısa vadede doğan “ekonomik faydanın” orta ve uzun vadede hiçbir anlam taşımadığını Soma kazası ve diğer pek çok kaza bizlere göstermiştir. Hiçbir meslektaşımızın yitirilmediği, sakat kalmadığı, yaralanmadığı ve onların güvenliğinin her şeyin üzerinde olduğu bir işletmecilik anlayışı esas olmalıdır.

Gerçekte çevresel etkileri açısından kamuoyu duyarlılığı, diğer sektörlerden pek farklı olmamakla birlikte, madencilğe yönelik olarak çok daha yüksektir. Bu çerçevede madencilik sektöründe kamuoyu duyarlılığı ölçüsünde çevresel değerlendirme ölçütlerine uyulmakta, çoğu kez alınan çevresel önlemler açısından biçimsel süreçlerin tamamlanması yeterli görülmektedir. Madencilik camiası olarak çevresel önlemlerde, sektörel ayırım yapılmaksızın, bilimin öngördüğü tedbirlerinin yanında olunması gerekmektedir.

Kömür madenciliği sektörünün verimliliği yalnızca çalışan başına yapılan üretim miktarı ile ölçülmemelidir. Sektörün ihtiyaç duyduğu, tahkimat, kazı, nakliyat, iş sağlığı ve güvenliği donanımı vb. girdilerinin mümkün olduğunca ülke içinde üretilmesinin sağlanması gerekmektedir. Onlarca ülkeden standardı ve sürekliliği olmayan girdilerin kullanımı üretim maliyetlerini arttırmakta ve bu durum sektörün üzerinde kambur haline gelmektedir. İş sağlığı ve güvenliği donanımı da dahil olmak üzere diğer tüm madencilik ekipmanlarının yerli imkanlarla üretimi yaygınlaştırılmalıdır.

Kongremizde 35 adet teknik bildiri ve 2 adet çağrılı bildiri sunulacak olup, kongrenin son günü “Kömür, Enerji ve Çevre” konulu bir panel gerçekleştirilecektir. Kongre süresince maden makinaları donanımı ile işçi sağlığı ve iş güvenliği ekipmanları sergisi delegelere, maden üreticilerine ve ziyaretçilere açık olacaktır.

Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisinin 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.

Kongrenin Ülkemiz ve Dünya kömür madencilik sektörüne yararlı olmasını dileriz.

Çağlar ÖZTÜRK

TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi Başkanı

Prof. Dr. Sait KIZGUT

Türkiye 22. Uluslararası Kömür Kongresi ve Sergisi
Yürütme Kurulu Başkanı

PREFACE

The 22nd International Coal Congress and Exhibition of Turkey, organized every 2 years by the Zonguldak Branch of the Chamber of Mining Engineers of TMMOB, was planned for 2020, but could only be held on September 29-30, 2022 due to the global pandemic, i.e. Covid-19.

The Turkish Coal Congresses, which have been held since 1978, have been a platform where the main problems of the sector and solution proposals are discussed beyond daily politics. In these congresses, the problems of our country and international coal mining were discussed with a large number of papers presented by local and foreign scientists, and an effort was made to shape the future of coal mining with invited papers and panels during which different ideas could be expressed. With the 22nd International Coal Congress of Turkey; it is aimed to share and discuss the scientific and technological developments in coal mining in our country and in the world by experts, to bring coal producers, suppliers and colleagues together during the congress, and to shed light on the determination of policies related to coal.

Artificial crises created in our world in recent years have turned into wars. The war between Russia and Ukraine has revealed that the energy supply of the countries based on their own resources is extremely important. It is clear that the main reasons for the wars after industrial revolution are the extraction and sharing of mineral resources, especially energy raw materials. This situation abovementioned is felt even more intensely nowadays. The level of geographical spread at the global level makes coal more reliable among fossil fuels, and the reopening of closed coal mines in many countries has come to the fore.

Although the determination and commissioning of new lignite reserves have a positive effect on the mining community, the situation seems negative in terms of hard coal mining. In this sense, the Western Black Sea Hard Coal Basin has supported the coking coal needs of our country's iron and steel industry for many years, but for almost a quarter of a century, the production in the Basin has been unable to meet even 5% of the required hard coal demand. Although there are studies on the transition to mechanized production in the Zonguldak Basin, no significant increase in production can be observed.

The main problems in front of the Coal Mining sector in our country continue to exist. Among these problems; occupational accidents, environmental problems and the efficiency of the sector have an important place. The legislative improvements made after the Soma disaster in 2014, in which 301 miners lost their lives, were positive but insufficient in practice. In 2022, on average, 5 of our miners are martyred every month. It is noteworthy that the number of occupational accidents that resulted in severe disability and devastated the lives of many miners and their families. In addition, we all know that there are many near-miss events that are not recorded. The Soma accident and many other accidents have shown us that the "economic benefit" arising from not taking occupational health and safety measures in the short term has no meaning in the medium and long term. An understanding of mining activities in which none of our colleagues is lost, disabled or injured and consideration including safety precautions necessarily regarded as the first priority should be essential.

In reality, public awareness of its environmental impacts is much higher for mining, although not much different from other sectors. In this framework, environmental assessment criteria are complied with the mining sector to the extent of public awareness, and it is often considered sufficient to complete the formal processes in terms of environmental measures taken. As the mining community, it is necessary to stand by the environmental measures prescribed by science, without making any sectoral discrimination.

The productivity of the coal mining sector should not be measured only by the amount of production per employee. It is necessary to ensure that the industry needs such as fortification, excavation, transportation, occupational health and safety equipment, etc. are produced within the country as much as possible. The use of standard and non-continuous inputs from dozens of countries increases production costs and this situation becomes a monkey on the sector's back. The production of all other mining equipment's by domestic means including occupational health and safety equipment should be expanded.

35 technical papers and 2 invited papers will be presented at our congress, and a panel on "Coal, Energy and Environment" will be held on the last day of the congress. During the congress, the exhibition of mining machinery equipment and occupational health and safety equipment will be open to delegates, mine producers and visitors.

We would like to thank to all persons, institutions and organizations that provided material and moral support in the realization of Turkey's 22nd International Coal Congress and Exhibition; and special thanks to the members of the management, executive, advisory and scientific committees, participants, session managers and all authors who contributed to the congress to achieve its goals. We hope that the congress will be beneficial for the coal mining industry of our country and the world.

Çağlar ÖZTÜRK

President of UCTEA the Zonguldak
Branch of Chamber of Mining Engineering

Prof. Dr. Sait KIZGUT

Chairman of the Executive Committee of the
22nd Int. Coal Congress and Exhibition of Turkey

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

Başkan / Chairman	: Ayhan YÜKSEL
II. Bşk. / II. Chairman	: Banu KEKEÇ
Yazman / Secretary	: Mehmet Erşat AKYAZILI
Sayman / Treasurer	: Veyis SIR
Üyeler / Members	: Talat KARATAŞ Ümit KILIÇ C. Kutay ERBAYAT

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

Başkan / Chairman	: Çağlar ÖZTÜRK
II. Bşk. / II. Chairman	: Levent YAĞCIOĞLU
Yazman / Secretary	: Dr. Kemal BARIŞ
Sayman / Treasurer	: Ziya ERDEMLİ
Üyeler / Members	: Hanefi ORUÇ Tülin YILMAZ Gülşen Yalçın ÇOĞLAN

KONGRE YÜRÜTME KURULU

EXECUTIVE COMMITTEE OF THE CONGRESS

Başkan / President	: Dr. Sait KIZGUT
Bşk. Yrd. / Vice President	: Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Bşk. Yrd. / Vice President	: Dr. Kemal BARIŞ
Yazman / Secretary	: Tülin YILMAZ
Sayman / Treasurer	: Ziya ERDEMLİ
Üyeler / Members	: Dr. Alaaddin ÇAKIR Dr. Haşim DURU Dr. Mehmet BİLEN Dr. Özgür YILMAZ Dr. Serdar YILMAZ Dr. Utku SAKIZ Aygün EKİCİ Gürsel YAYLA Hasan KARAÜZÜM Hüseyin KUMRU Mustafa TANRIVERDİ

KONGRE DANIŞMA KURULU

ADVISORY COMMITTEE OF THE CONGRESS

Dr. Ekrem YÜCE	Birhan ŞAHİN	Mehmet ÇEBİ
Dr. Erdoğan KAYMAKÇI	Bülent ÖZGÜMÜŞ	Mehmet YILMAZ
Dr. Melih GENİŞ	Doğan HATUN	Mesut ERKAN
Dr. Tuğrul ÜNLÜ	Emel ÖVÜNÇ	Nevzat ÜNLÜ
Dr. Vedat DİDARİ	Enver KARAÇAM	Rahmi ÜDER
Ayhan YÜKSEL	Faik Ahmet SARIALİOĞLU	Yaşar UZUNKAVAKLI EREN
Aykut AKDEMİR	Hüsnü MEYDAN	

BİLİMSEL KURUL
SCIENTIFIC COMMITTEE

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Dr. Ahmet ÖZARSLAN (Turkey) | Dr. Nadir AVŞAROĞLU (Turkey) |
| Dr. Alaaddin ÇAKIR (Turkey) | Dr. Nazmi ŞENGÜN (Turkey) |
| Dr. Alexey GALIMYANOV (Russia) | Dr. Nuh BİLGİN (Turkey) |
| Dr. Alexey SOBOLEV (Russia) | Dr. Okan SU (Turkey) |
| Dr. Anna RASSKOZOVA (Russia) | Dr. Oktay ŞAHBAZ (Turkey) |
| Dr. Arthur SEKISOV (Russia) | Dr. Osvolda SENNECA (Italy) |
| Dr. Bahtiyar ÜNVER (Turkey) | Dr. Özgür YILMAZ (Turkey) |
| Dr. Bekir GENÇ (South Africa) | Dr. Ruslan SERYJ (Russia) |
| Dr. Erdoğan KAYMAKCI (Turkey) | Dr. Saim SARAÇ (Turkey) |
| Dr. Ferdi CİHANGİR (Turkey) | Dr. Serdar YILMAZ (Turkey) |
| Dr. Gzim IBISHI (Kosovo) | Dr. Sunay BEYHAN (Turkey) |
| Dr. Hakan AKÇİN (Turkey) | Dr. Suphi URAL (Turkey) |
| Dr. Halil KÖSE (Turkey) | Dr. Tuğrul ÜNLÜ (Turkey) |
| Dr. Hasan HACİFAZLIOĞLU (Turkey) | Dr. Türker HÜDAVERDİ (Turkey) |
| Dr. İhsan TOROĞLU (Turkey) | Dr. Vedat DİDARİ (Turkey) |
| Dr. Kemal BARIŞ (Turkey) | |
| Dr. Kemal CENGİZ (Turkey) | |
| Dr. Krystian PROBIERZ (Poland) | |
| Dr. Mehmet BİLEN (Turkey) | |
| Dr. Mehmet TÜRKMENOĞLU (Turkey) | |
| Dr. Mehmet VOLKAN (Turkey) | |
| Dr. Melih GENİŞ (Turkey) | |
| Dr. Muammer KAYA (Turkey) | |
| Dr. Mustafa ÖNDER (Turkey) | |

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 YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİ EKİPMANLARI

ALBACORE

ALFER MÜHENDİSLİK

BAYKO İŞ GÜVENLİĞİ EKİPMANLARI

EKSPRO ATEX ELEKTRİK MALZEMELERİ

ERA GROUP DIŞ TİCARET

ER-Dİ MAKİNA

ERKOM MADENCİLİK

HKTM MÜHENDİSLİK

HN MADEN HİDROLİK SİSTEMLERİ

İNMAR MADENCİLİK

KAPEKS YERALTI VE YERÜSTÜ PATLATMA ÜRÜNLERİ

KIRLIOĞLU KİMYA

KİREMİTÇİLER MADENCİLİK

LABRİS MADENCİLİK

MADEN ONLINE

MEPA İŞ GÜVENLİĞİ MALZEMELERİ

MTM MAKİNA

ON MAKİNE

ÖZART MAKİNA

ŞEN PLASTİK

TERRALAB LABORATUVAR MALZEMELERİ

TMMOB MADEN MÜH. ODASI MESLEKİ YETERLİLİK MERKEZİ

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU

WEBER MINING & TUNELLING

SPONSOR OLAN KURUM VE KURULUŞLAR
SPONSORING ESTABLISHMENTS AND COMPANIES

EREN ENERJİ

WEBER MINING & TUNELLING

BÜKKÖY MADENCİLİK

KARAEKİMAS OSGB

ONMAKİNE

ÇATALAĞZI TERMİK SANTRALİ (ÇATES)

TÜRKİYE MADEN İŞÇİLERİ SENDİKASI

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Kaya Mekaniği ve Tabaka Kontrolü *Rock Mechanics and Strata Control*

Yeraltı Kömür Madenciliğinde Tahkimat ve Tabaka Kontrolü Kavramları 1
Strata Control and Support Concepts in Underground Coal Mining
T. Ünlü

TTK ÜTİM Asma Dilaver Üretim İşletmesi Çay Panosunda Yarı Mekanize Tahkimat Sistemleri İle İki Katlı Olarak Çalışan Tavan Ve Taban Ayakların, Klasik Ahşap Tahkimat Modellemesi Yapılarak Ayak İçi Verimlilik Ve Maliyetlerinin Karşılaştırılması 18
Comparison between Efficiency and Costs of Production in Wall Interiors for TTK UTİM Asma Dilaver Production Facility Which Works as Roof and Floor Wall With Two-Storey Semi-Mechanized Arbitration Systems on the Çay Board by Making Classic Wooden Strata Modelling
M. Birol

Tünellerde Kullanılan Tahkimat Sistemlerinin Zonguldak Kömür Madenciliğinde Kullanılabilirliğinin Yorumlanması 32
Interpretation of the Availability of Support Systems Used in Tunnels in Zonguldak Coal Mining
E. Aycan, U. Akkurt

Metalürjik Kokun Reaksiyon Sonrası Kok Mukavemeti (CSR) Değerinin Geliştirilmesi 42
Improvement of Coke Strength after Reaction (CSR) Value of Metallurgical Coke
B. İşçi, C. Besun, F. Esin, O. Acur, M. Sevim, O. Yurtseven, S. Altaş, Ö. Özdemir

Gadabay Altın-Bakır Rezervinin İşletilmesinde Delme-Patlatma Çalışmalarının Parametrelerinin İncelenmesi 52
Investigation of Parameters of Drilling-Blasting Works in the Operation of Gadabay Gold-Copper Reserve
J. Asatzade, Ö. Yılmaz

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

Yeraltı Kömür Ocaklarında Havalandırma Planlaması - Modern Yaklaşım Ve Önemi 64
Modern Approach to Ventilation Planning in Underground Coal Mines and its Importance
K. Barış, A. Fişne

Seyitömer, Bursa Ve Afşin-Elbistan Bölgesi'ne Ait Kömür Damarlarının Kendiliğinden Yanma Karakteristiğinin Belirlenmesi 78
Determination of Spontaneous Combustion Characteristics of Coal Seams of Seyitömer, Bursa and Afşin-Elbistan Regions
A. Almuslehi, Ö. Ören

İmbat Madencilik'te İhtiyaca Göre Hava Miktarını Değiştiren Tali Havalandırma Otomasyonu Uygulaması	90
<i>Development Tunnel Auxiliary Ventilation Case Study with Ventilation on Demand (VOD) Application at Imbat Coal Mine</i>	
Y. Akyol, A. Ekici	
Türkiye Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü Projesi	102
<i>Spontaneous Combustion Liability Project in Turkish Underground Coal Mines</i>	
H. Demirkan, E. Kaymakçı, S. Yılmaz, İ. Toroğlu, H. Aydın, M. Bilen, Ö. Yılmaz, H. Duru, U. Sakız	

Cevher Hazırlama *Mineral Processing*

Kömür Yakıtlı Kazanlarda Yanma Verimliliğine “Effektor” Denilen Doğal Malzemenin Etkisinin Belirlenmesi	112
<i>Determination of the Effect of Natural Material Which is called as “Effektor” in terms of Combustion Efficiency in Coal Fired Boilers</i>	
İ. Toroğlu, M. Bilen, F. Muradov	
Türk Linyitleri İçin Nem Ve Kül İçeriğine Bağlı Kalorifik Değer Tahmini	121
<i>Prediction of Calorific Value for Some Turkish Lignites Based on Moisture and Ash Content</i>	
A. Yılmaz, M. Bilen, S. Yılmaz, A. Rasskazova	
Kömür Hazırlamada Kullanılan Ağır Ortam Siklonları	132
<i>Heavy Medium Cyclones Used for Coal Washing</i>	
Ö. Öney, S. Samanlı	

Maden Makinaları ve Mekanizasyon *Mining Machinery and Mechanization*

TTK'da Kullanılan Elektro Hidrolik Yükleyicilerin Analizi	146
<i>Analysis of Electro Hydraulic Loaders Driven in TTK</i>	
O. Su, B. Erdoğan, U. Sakız, H. Aydın, B. Ekmekçi, A. Özarslan, A. Topuz, M. Kiraz, K. Çelik	
Trakya Havzasında Tam Mekanize Ayaklarda Söküm Çalışmaları	158
<i>Face Disassembly Mining Works in Fully Mechanized Longwall Underground Coal Mine in The Trakya Basin</i>	
O. Yazıcı, S. Keskin, B. Ağaoglu	
Çayırhan Yeraltı İşletmelerinde Yüksek Arınlı Mekanize Uzunayakların Projelendirilmesi	169
<i>Projecting High Faced Mechanized Longwall Panels at Çayırhan Underground Mines</i>	
F. Ustabaş, M. Kumru, U.R. Ünal, D. Bayer	

Kömür Madenciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği *Occupational Health and Safety in Coal Mining*

İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin Mevzuat Ve Uygulamaları	183
<i>Legislation and Practices Regarding Occupational Health and Safety</i>	
E. Günay	

Türkiye’de ÇED Yönetmeliği Uygulamaları Ve Kömür Madenciliği Açısından Analizi	195
<i>EIA Regulation Applications and Analysis in Terms of Coal Mining in Turkey</i>	
H. Ceylan	
Kömür Madencileri İçin Doğru Ve Pratik Kulak Koruyucu Seçimi	205
<i>Practical Selection of the Right Hearing Protector for Coal Miners</i>	
İ. Erol, K.K. Soylu	
Yeraltı Kömür Madenlerinde Kullanılan Fenol Bazlı Dolgu Malzemelerinin Oluşturulması Sırasında Açığa Çıkan Kanserojen Formaldehid Gazı Üzerine Bir İnceleme	219
<i>An Investigation on the Cancerogen Formaldehyde Gas Released During the Formation of Phenol-Based Filling Materials Used in Underground Coal Mines</i>	
M. Bilen, S. Yılmaz, Ö. Yılmaz, A. Çakır, E. Kaymakçı, İ. Toroğlu	
TTK Üzülmez Müessesesi Pnömokonyoz Prevelans Çalışması 2019	228
<i>The Pneumoconiosis Prevalance of Turkish Hard Coal Enterprise Üzülmez Colliery Management Workers in 2019</i>	
M. Çelikiz, M.M. Köseoğlu, M. Birol, O. Özyurt, N.K. Alican	
Yeraltı Kömür Ocaklarında Gaz Patlamaları Risk Değerlendirmesi	232
<i>Risk Assessment of Gas Explosions in Underground Coal Mines</i>	
N. Kurşunoğlu	
Davranış Odaklı İş Güvenliği Uygulamalarının İş Güvenliği Kültürüne Etkisi	244
<i>The Effects of Behavior-Oriented Safety Practices on Occupational Safety Culture</i>	
J. K. Demirören, M.A. Demirören, Z.N. Nişancı	
Kömür Madenciliğinin Bilim ve Teknolojisi <i>Science and Technology of Coal Mining</i>	
Kömürlü Katmanların Çökelme Süreçleri Ve Madencilik Çalışmalarına Etkileri	260
<i>The Effects of Coal Layers on Sedimentation Process and Mining Works</i>	
A. Baltaş	
Zonguldak Havzasındaki Tektonik Yapıların Gelişimi Ve Kömür Madenciliğine Etkileri	272
<i>Development of Tectonic Structures in Zonguldak Basin and its Effects on Coal Mining</i>	
A. Baltaş	
Yeraltı Kömür Madenciliğinde Oturma Ölçümleri Ve Analizi	284
<i>Subsidence Measurement and Analysis for Underground Coal Mine</i>	
F. Büyükbaş, S. Safkan, G. Karakurt	
Yeraltı Kömür Madenciliğinde Jeolojik Dayanım İndeksinden Faydalanarak Tehlike Haritası Uygulaması	296
<i>Hazard Map Application for Underground Coal Mine by Using Geological Strength Index</i>	
F. Büyükbaş, B. Dügencili, O. Özyurt	
Havza Madenciliği	307
<i>Basın Mining</i>	
M. Torun	

Zonguldak Ve Çevresinin Kömür Kökenli Konvansiyonel Doğalgaz Rezervuarı Potansiyeli: Jeolojik Ve Jeofizik Verilerle Bir Değerlendirme 316 <i>The Coal-Derived Conventional Gas Reservoir Potential of Zonguldak and its Surroundings: An Assessment by Geological and Geophysical Data</i> A. Özdemir, Y. Palabıyık, Ç. Özer, E. Kalkan, Y. Erdoğan, S. Yılmaz, İ. Toroğlu, M. Bilen, H. Duru	316
Zonguldak Ve Çevresinin Kömür Kökenli Konvansiyonel Doğalgaz Rezervuarı Potansiyelinin Belirlenmesi İçin Yeni Bir Jeokimyasal Yöntem Önerisi 341 <i>Coming Up With a New Geochemical Method for Determining the Potential of a Coal-Derived Conventional Gas Reservoir of Zonguldak and its Surroundings</i> A. Özdemir, Y. Palabıyık, M. Bilen, S. Yılmaz, İ. Toroğlu, H. Duru, Y. Erdoğan, Ç. Özer, E. Kalkan	341
Kdz. Ereğli - Zonguldak Açıklarında Toplanan 2B Sismik Verinin Öncel Jeolojik Yorumlama Sonuçları 355 <i>Preliminary Results of 2D Seismic Off-Shore Data Obtained from Ereğli-Zonguldak</i> Ö. Türkmen, A. Güngör, P.Ç. Kartal, G.B. Yalçın, A. Yavuzoğlu, H. Birinci, U. Z. Kırat	355
Madencilik Kimliğinin Mekan Üzerinden Temsilleri; Ruhr Havzası ve Zonguldak Üzerine Bir Karşılaştırma 364 <i>Representation of Mining Identity through Space; A Comparison on the Ruhr Basin and Zonguldak</i> N. Arslan, S. F. Kerestecioğlu	364
Maden Çalışanlarının Çocuklarının Eğitim Durumlarına Bakış Ve Bir Madenci Köyü İncelemesi 376 <i>Educational Status of the Children of Mining Workers and a Mining Village Investigation</i> R. Kocaman, B. Kocaman,	376
Maden Çalışanlarında Beslenmenin Önemi 387 <i>Importance of Nutrition in Mine Employees</i> G. Ünal	387
Zonguldak Taşkömürü Havzası Kömür Kaynaklı Metan Potansiyeli 394 <i>Zonguldak Hardcoal Basin Coalbed Methane Potential</i> M. E. Bulguroğlu, C. Özkul, A. Sarı	394
Kömür Madenlerine Psikososyal Risk Analizi Bakışı: Maden Çalışanlarının İş Taleplerine Dair Algıları..... 404 <i>A Psychosocial Risk Analysis Perspective to Coal Mines: Perceptions of Mining Workers on Job Demands</i> İ. Işık, Ş.Ö. Aktepe, E.Ç. Özbudak, F. Ceylan, Y. Kuzdağ, A. Dönmez, K. Güney	404
Çağrılı Bildiri <i>Invited Paper</i>	
Almanya Essen Zollverein'dan Zonguldak'a Kömür Mirasına Güncel Yaklaşımlar 419 <i>Current Approaches to Coal Heritage from Germany Essen Zollverein to Zonguldak</i> T. G. Köksal	419

YERALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TAHKİMAT VE TABAKA KONTROLÜ KAVRAMLARI

STRATA CONTROL AND SUPPORT CONCEPTS IN UNDERGROUND COAL MINING

Tuğrul Ünlü*

Madencilik Tasarım ve Planlama (MTP) A.Ş.

ÖZET Bu bildiri, yeraltı kömür madenciliğinin etkin olarak gerçekleştirilmesindeki en önemli unsurlardan olan tahkimat ve tabaka kontrolü kavramları, yeraltı açıklık (kazı) türleri ve genel maden planlaması göz önüne alınarak tartışılmaktadır. Tahkimat ve tabaka kontrolünün madenlerde iş sağlığı ve güvenliği açısından önemi vurgulanmakta ve ülkemiz kömür madencilik pratiğindeki eksikliklere atıfta bulunularak bunların giderilmesine yönelik öneriler sunulmaktadır.

ABSTRACT In this paper, support and strata control concepts in underground coal mining have been discussed taking into account mine planning and underground excavation types. The importance of support and strata control have been emphasised in terms of work health and safety. Finally, preventative measures have also been suggested to overcome difficulties commonly encountered in underground coal mining practices.

* tunlu@mtpas.com.tr

1. GİRİŞ

Tahkimat kelimesi dilimize Arapça'dan girmiş olan bir sözcüktür. Bir şeyi sağlamlaştırmak, desteklemek veya pekiştirmek anlamına gelen tahkim etme işlemlerine veya bu amaçla gerçekleştirilen her türlü tesis ve sisteme verilen çoğul bir isimdir. Benzer şekilde, Birön ve Arıoğlu (1980) da madencilikte tahkimatı, “madencilik amacıyla yeraltında açılan boşluğu, işin gerektirdiği sürece emniyetli olarak ayakta tutmak için alınan mühendislik önlemlerinin tümü” olarak tanımlanmıştır. Ancak, Arapça'dan dilimize devşirilen bu sözcük, İngilizce olarak kullanılan destek (support) ve güçlendirme (reinforcement) kelimelerinin her ikisini de beraberce içermektedir. Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM), bir yeraltı açıklığının duraylılığını sağlamak ve sürdürmek için açıklığa kurulan veya inşa edilen yapı ya da yapısal elemanlar olarak destekleme (support) terimini kullanmıştır (Gerçek, 1994).

Modern tabaka kontrolü felsefesinde güçlendirme ve tahkimat farklı kavramlardır. Destekleme, açıklık duvarlarının çeperlerine dışarıdan aktif veya pasif olarak etki eden direk, bağ veya dam formundaki destek materyalleriyle kaya bloklarının yerinde kalmasını ve kütle duraylılığını sağlamak amacıyla yapılır. Güçlendirme ise, açıklığı çevreleyen kaya kütesinin mekanik özelliklerini (içsel sürtünme açısı, kohezyon, basınç ve çekme dayanımı vb.) iyileştirmek ve kayanın kendi kendisini taşımasına yardımcı olmak amacıyla gerçekleştirilen önlemlerin bütünüdür. Bunlara örnek olarak her türden, kaya saplamaları, çimento şerbeti veya köpük enjeksiyonları, dondurma işlemleri vb. verilebilir.

Ülkemiz madenciliğinde tahkimat kavramına o kadar geniş anlamlar yüklenmiştir ki tabaka kontrolü kavramı (Strata Control veya Ground Control) yeterince anlaşılammış veya yeterince ilgi görmemiştir. Bu kavramlar, farklı bir bakış açısıyla benzeştirilecek olursa, bir apartmanın bir katının veya tüm katlarının topyekün duraylılığı, yani binanın tüm destek sisteminin bir arada duraylılığı (stabilitesi) tabaka kontrolünü, sadece belli bir açıklık alanında alınan önlemler bütünüdür de tahkimat kapsamına girdiği düşünülebilir. Kolonlar taşıyıcı elemanlar olarak binalar için ne kadar önemliyse, topuklar da doğal tahkimat elemanları olarak bir madenin tabaka kontrolünü sağlamadaki en önemli unsurlardır. Diğerleri tahkimat elemanları (çelik bağlar, ahşap destekler, domuzdamları, kaya saplamaları püskürtme beton, yekpare betonlama vb.) ise açıklıkların çeperlerinden başlayan ve içe doğru genişleme eğilimindeki yenilmiş kaya kütlelerinin açıklık içerisine hareketini yani göçük dediğimiz olayın gerçekleşmesini engelleyen tali unsurlardır. Galeri veya ayaklarda kullanılan tüm tahkimat sistemleri, yalancı tavan (hemencecik tavan) diye adlandırılan ve doğal olarak yerçekimi nedeniyle veya kazı çalışmaları sonucu tavan ve galeri yan duvarlarındaki ana tavan tabakalarından ayrılma eğilimindeki gevşek kaya kütlelerinin yerinde kalmasına (galeri veya ayak içine akmamasına) yardımcı olur.

Bir apartman kontrollü olarak nasıl en üst kattan başlayarak alt katlara doğru kontrollü olarak yıkılıyorsa, bir yeraltı maden ocağı da en üstteki ve en uzak panodan başlayarak merkeze (kuyulara, madenin ana merkezine) doğru kontrollü bir şekilde üretilmelidir. Çalışmalar bu yönde gerçekleştirilirse, yeryüzü tasmanları ve tabaka kontrolü problemleri daha düşük seviyelerde gerçekleşecektir. Tüm komşu ocakların tek bir sistemin unsurları olarak kabul ederek tek elden sistemli olarak üretim planlamasını içeren Havza Madenciliği, havzada etkin ve verimli çalışmaların gerçekleştirilmesini sağlamadaki en önemli unsurdur. Çünkü bir ocak ne kadar iyi planlanmış olursa olsun komşu şirketlerin ocaklarından da ya doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenecektir. Soma, Zonguldak gibi kömür havzalarında bunların olumsuz etkilerini görmek mümkündür.

2. TAHKİMAT VE GÜÇLENDİRME

2.1 Topuklar

Yeraltı madenciliğinde topukların ana işlevi; galerilerin, üretim panolarının, kuyuların ve yeryüzü yapılarının bütünlüğünü ve duraylılığını önceden planlanan bir süre boyunca korumaktır. Yeryüzü yapılarının tasmana karşı korunması ile birlikte, yeraltı yapılarının jeolojik ve/veya çevresel koşullar tarafından rahatsız edilmeden korunmasının sağlanması için gerekli olan bu süre çok uzun olabileceği gibi, bu yapıların kullanım sürelerine bağlı olarak çok kısa da olabilir.

Topuk tasarımında temel yaklaşım, güvenli çalışma şartları sağlanarak en fazla miktarda kömür üretiminin sağlanmasıdır. Güvenlik açısından topukların boyutlarının büyük tutulması duraysızlık problemlerini önemli ölçüde önleyecektir. Fakat bu yaklaşım, üretimin düşmesine ve ciddi rezerv kayıplarına neden olabilecektir. Topuklar kömür üretimi veya ana tahkimat elemanı gibi farklı amaç ve şekillerde kullanılabilir. Topukları yeraltındaki işlevlerine uygun olarak 3 ana grup altında sınıflandırmak mümkündür. Bu gruplar;

1. tahkimat topukları (oda-topuk sistemindeki topuklar),
2. koruyucu topuklar (kuyular, üretim panoları veya diğer yeraltı yapılarını korurlar) ve
3. kaya patlamasını engellemek amacıyla derin metal madenlerinde uygulanan denetim topuklarıdır (Ünlü, 1994).

Tahkimat topukları, tavan ve taban arasında ana tahkimat elemanı olarak görev yapan ve genellikle sistemli şekilde düzenlenmiş topuklardır. Tahkimat topukları genel olarak en yüksek topuk dayanım değeri ve topuklara etkimesi beklenen en yüksek yük miktarı dikkate alınarak tasarımılandırılır. Koruma topuklarının uygulama amacı, yeryüzü yapılarını(binalar, kara ve demiryolları vb.) ve bazı önemli yeraltı maden açıklıklarının korumaktır. Bu topuklar komşu iki ocağı birbirinden ayırmak amacıyla da kullanılmakta olup, koruyucu nitelikleri nedeniyle; kuyu topukları, pano topukları ve galeri topukları olarak da adlandırılmaktadır. Benzer şekilde, büyük genişlik/yükseklik oranlarıyla (>10 m) tasarımılanan pano topuklarının tasarım

hesaplarında birincil amaç, bir ocaktan diğerine su baskını veya bir üretim panosundan diğerine aşırı yük aktarımı gibi karşılaşılabilecek olası tehlikelere karşı yeterli korumanın sağlanmasıdır.

Kaya patlaması, kayanın hızlı ve şiddetli bir şekilde yenilmesi olarak tanımlanmakta olup, madencilik çalışmaları sırasında karşılaşılabilecek en tehlikeli tabaka kontrolü problemlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu tehlike, derin seviyelerde ve sert kaya içinde yer alan tabaka şeklindeki çökelti madenlerinin üretiminde çok daha fazladır. Kaya patlamalarının şiddeti ve sıklığı, madencilik çalışmalarında oluşan enerji değişimlerine sıkı sıkıya bağlıdır. Bu nedenle denetim topukları, kaya patlamasına elverişli topuklar üzerinde oluşacak enerji birikimini en aza indirmek için gerekli görülmektedir (Salamon, 1983).

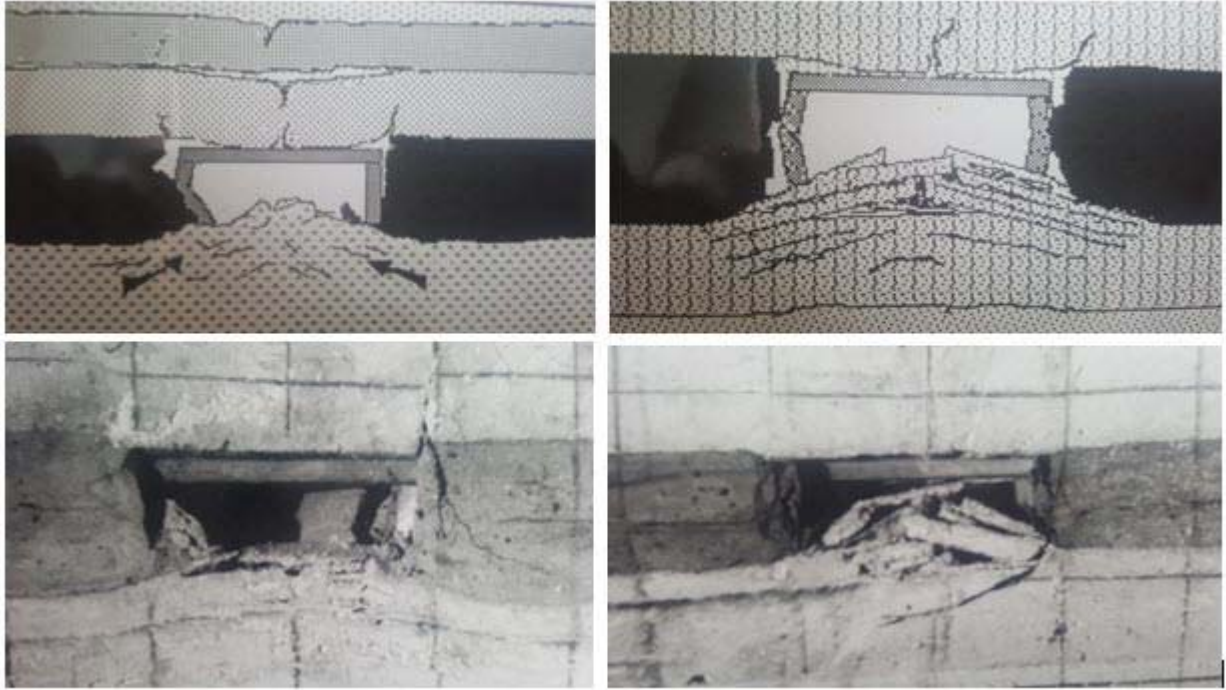
Topuklar, maden açıklıklarının duraylılığında büyük öneme sahip tahkimat yapıları olduklarından, yük-deformasyon karakteristikleri ve yenilme sonrası davranışları tabaka kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Topukların etkin şekilde boyutlandırılmasında; topuklara etkiyen yükler, topukların birbirlerine olan uzaklıkları ile kömür ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri de gözönünde bulundurulmalıdır. Topuk dayanımı üzerine çok sayıda laboratuvar ve yerinde (in-situ) araştırmalar sürdürülmüştür. Bunların sonucu olarak, topuk dayanımı üzerine birçok bağıntı geliştirilmiş ve aynı zamanda çok sayıda topuk tasarım yaklaşımı da önerilmiştir. Bu çeşitliliğin ana nedeni olarak, her bir maden havzasının kendine özgü özel yapısı ve topuk dayanım karakteristiklerinin olması gösterilebilir.

Topuk tasarımında temel felsefe topuğun kullanım amacının net olarak belirlenmesi, tavan ve taban şartlarına göre ve en uygun genişlik/yükseklik oranına göre tasarımıdır. Özellikle kömür madenciliğinde kömürün jeomekanik özellikleri ve derinlik de göz önüne alınarak 10 m den daha az genişlikte topuk bırakılmaması önerilir. Kömür panoları arasında bırakılacak topuk genişlikleri kömürün yapısına bağlı olarak 20-30 m civarında seçilebilir. Topuklar tasarımı yapılırken nispeten sığ oda-topuk madenciliği için geliştirilen formüllere göre tasarım gerçekleştirilmekte ve bu formüller 100-150 m topuk genişliği önermektedir. Bu çok hatalı bir uygulamadır ve gereksiz cevher kaybına yol açar. Gerçekte, 30 m den daha geniş topuk bırakmak anlamsızdır. Çünkü tavan ve taban tabakaları arasında sandviç misali sıkıştırılan bu genişlikteki topuğun basınç dayanımını aşmak dünya madenciliğinin ulaştığı en derin koşullarda dahi imkansızdır. Ancak, taban tabakalarının zayıf ve veya kil içerdiği zonlarda yarı dar topuklar (15-20m) bırakmak, sıkışma kaynaklı taban kabarmalarına yol açabilir (Şekil 1). Bu durumda, uzunayaklar arasında bırakılacak pano topukları 25-30 m den düşük tutulmalıdır. Yukarıda belirtilen tüm hususlar eğimli damarlar için de uygulanabilir.

Topuğun eğim aşağı yönünde kalan duvarlarının (alt tabanyolunun yan duvarları) daha etkili olarak güçlendirilmesi, bu kesimde yoğunlaşacak kesme kuvvetlerini dengelemekte ve topuğun yan duvarlardan kopma veya dökülme şeklinde yenilmesinin önüne geçerek tabanyolu duraylılığının sağlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Burada bahsedilenler, kömür madenciliği için geçerli olup metal madenciliğinde bırakılan topuklar topuk dayanımları hesaplanarak daha düşük genişliklerde tasarımılandırılabilirler (Ünlü, 2002).

Günümüzde, uzunayak pano topuklarının tasarımında Wilson (1977) 'ın önerdiği yaklaşım günümüzde hala geçerliğini koruyan bir yöntemdir. Bu yöntemin basitleştirilmiş kullanımı literatürde yer almaktadır (Ünlü, 1989). İki ve/veya üç boyutlu sayısal gerilme çözümlene yöntemleri de uzunayak topuklarının tasarımında etkin olarak kullanılmasına karşın, doğru tasarımılandırma, ancak bu programları kullanan mühendislerin bu konuda yeterli tecrübeye sahip olmasıyla mümkündür.



Şekil 1. Yüksek düşey ikincil gerilmelerin neden olduğu taban kabarması türleri (Ünlü, 2001).

2.2 Galeriler

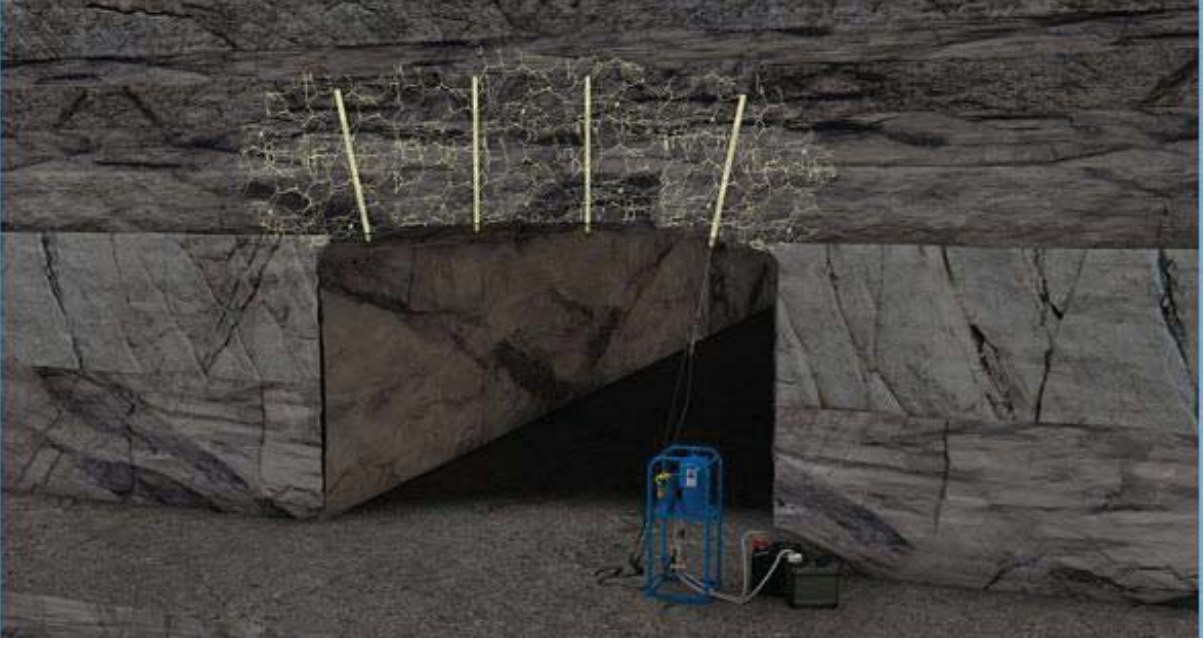
Madencilik veya diğer tür yeraltı faaliyetleri için açılan yeraltı galerilerinde tahkimat yapma gerekliliğinin duyulmaması, çevre kayacın dayanım ve süreksizlikleri ile ilgili karakteristikleri ile yakından ilgilidir. Mağmatik ve metamorfik kayalar çoğunlukla, atmosferik etkiler (asidik sular, nem ve sıcaklık değişimleri vb.) veya patlatma hasarları neticesinde oluşan suni çatlak ve süreksizlikler, kavlaklar veya kaya bloklanmalarına maruz kalmadıkça kendi kendilerini taşıyabilecek derecede bir dayanım gösterebilirler. Bu gibi durumlarda, tahkimat veya güçlendirme gibi ek önlemlerin alınmasına gereksinim kalmaz. Genellikle daha zayıf yapıdaki tortul kayalar içinde gerçekleştirilen kömür madenciliğinde, sağlam konglomera içinde açılan galeriler de tahkimat gerektirmeyebilir. Nadir de olsa, Zonguldak kömür havzasında bunun örnekleri (örn. konglomera geçiş zonları) mevcuttur.

Galerilerde kullanılan başlıca tahkimat sistemleri beton, ahşap ve çelik bağ sistemleridir. Güçlendirme için kullanılan her türden kaya saplamaları, çimento ve köpük enjeksiyonları (Şekil 2), nitrojen ile dondurma, hasırlı, iğneli veya katkısız püskürtme beton da ya tek başlarına veya birlikte kullanılırlar. Bazen de tahkimat ile güçlendirme bir arada uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden biri veya birkaçının birlikte kullanılması söz konusu galerinin ömrü, önemi ve kaya kütesinin dayanım özelliklerine göre değişebilir.

Ahşap genellikle çok küçük işletmelerde ve arazi koşullarının zorladığı yerlerde kullanılmasına karşın günümüzde çok tercih edilen bir tahkimat türü değildir. Ahşabın yerini çelik bağlar almıştır. Ülkemizde Alman DIN standardında üretilen GI dediğimiz çelik tahkimat profilleri oldukça yaygın kullanılmaktadır. Galeri eksenini yönünde mukavemet momenti geçme (TH) bağlara göre düşük olan bu bağların ayaklarında burkulma sıkça görülmektedir. Fırça sistemleri ile bu zayıflıklar giderilmeye çalışılsa da at nalı formundaki GI bağların etkinliği benzer metal ağırlığına sahip TH bağa göre galeri eksenini yönünde hayli düşüktür. TH bağların I veya H profillere karşı üstünlüğünün en önemli göstergelerinden biri profil kesitindeki her iki doğrultuda da (X-X ve Y-Y eksenleri) mukavemet momentlerinin (section modulus) çok büyük farklılıklar göstermemesidir. Bu da bağın yüklenme doğrultularındaki değişimlerden fazlaca etkilenmemesini (bağın olası burkulma riskinin azalması) sağlamaktadır. Yaklaşık aynı birim ağırlıktaki (kg/m) I ve H profiller ve TH profiller karşılaştırıldığında bu avantaj açık olarak gözlenmektedir.

Örnek: GI-110	24.5 kg/m	$W_{xx} = 103 \text{ cm}^3$	$W_{yy} = 24.5 \text{ cm}^3$
TH 25	25 kg/m	$W_{xx} = 80 \text{ cm}^3$	$W_{yy} = 83 \text{ cm}^3$

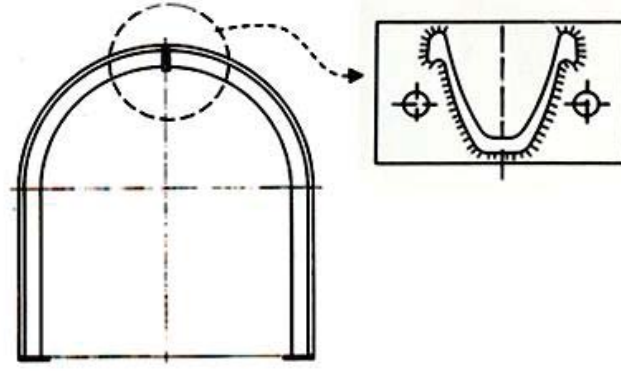
GI profiller trapez galerilerde boyunduruk olarak oldukça etkin olarak kullanılabilirler (Şekil 3). TH bağlar her ne kadar geçme bağ olarak tasarımılandırılmışlarsa da bu bağlar modifiye edilerek at nalı galerilerde rijit bağ olarak kullanılmalrı mümkündür (Şekil 4). Böylece, aynı orandaki maddi yatırımla, GI profillerden daha etkin bir galeri tahkimatı sağlanabilecektir.



Şekil 2. Galerilerde tavan güçlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen köpük enjeksiyon uygulamaları (Wilson Mining, 2019).

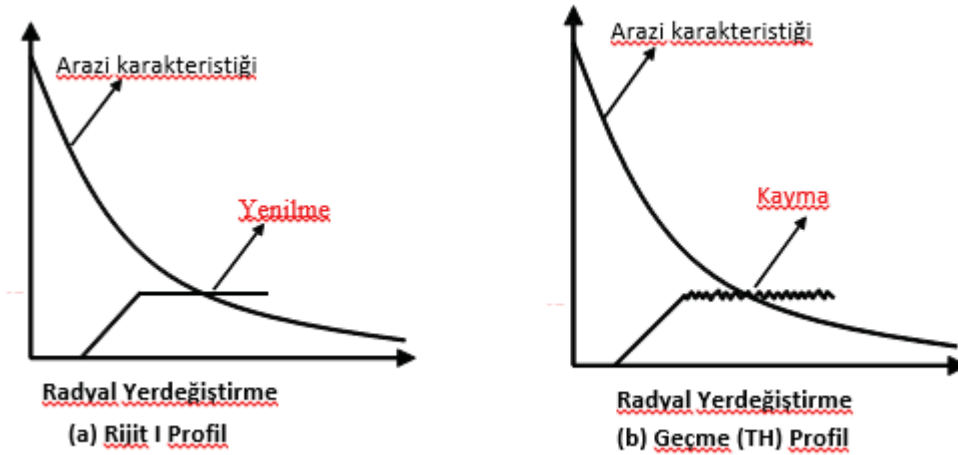


Şekil 3. Tabanyollarında ve galerilerde GI trapez boyunduruk ve TH dikme kombinasyonu.



Şekil 4. İki parçalı TH profilden oluşturulan rijit galeri bağı.

TH bağlar kolay sökülebilir ve güçlü olmaları sebebiyle özellikle tabanyollarında çok tercih edilen bağlardır. Galeri ekseni yönünde ve galeri ekseni yönünde mukavemet özellikleri çok yakındır. Bu bağlar aşırı yüklendikleri zaman kayarak iç içe geçerler ve bu sırada mukavemetleri de artar. Aynı zamanda daha düzgün bir kesit daralması da sağlarlar. Bu bağlar kayma sırasında çevre kayaçla birlikte hareket eder ve bir noktada kaya yükünü de dengelerler (Şekil 5). Bu bağların son yıllarda ülkemizde kullanımları oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak kullanımlarındaki bazı hususlar hala hatalıdır. Bu bağlar uygun torklarla kelepçelendiklerinde kontrollü kayma yaparlar ve deforme olmazlar (Şekil 6).



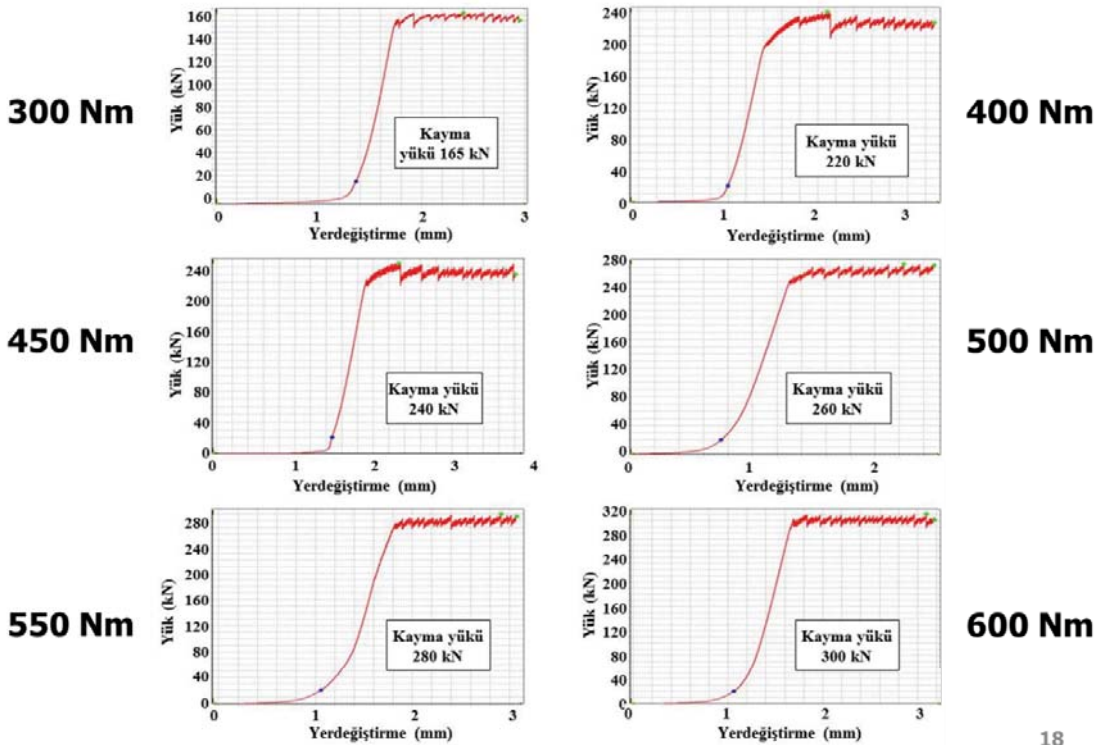
Şekil 5. Rijit ve geçme bağların yük yer değiştirme ve deformasyon karakteristikleri.

Rastgele ve yanlış torklama bu bağların rijit olarak çalışmasına neden olur ve burkulmalarına neden olur (Şekil 7). TH bağlar bazen ana galerilerde püskürtme beton ile birlikte kullanılmaktadır (örn. Hema, Amasra). Buna hiç gerek yoktur ve ayrıca kelepçeli olarak kullanılmalarının da anlamı yoktur. Çünkü kelepçeler kendilerinden beklenen işlevi sağlayamazlar. TH bağlı galerilerde püskürtme beton uygulaması da hem zor hem de etkin bir şekilde yapmayı güçleştirir. Eğer, çelik

bağlar ile püskürtme beton birlikte kullanılacaksa, I profiller veya özel tasarımı hafif profiller güçlendirici olarak kullanılabilir.



2 mm/dk yerdeğistirme hızında yapılan tırnaklı kelepçe testleri.



18

Şekil 6. Farklı tork değerlerindeki TH bağ kelepçelerinin çalışma performansları (Ünlü ve Yılmaz, 2011)

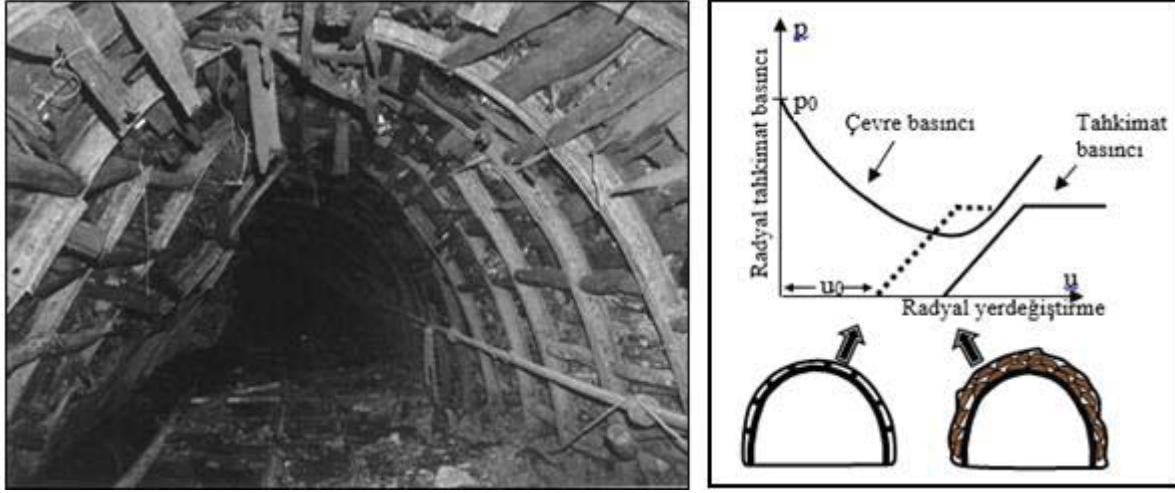


Şekil 7 Hatalı torklama (aşırı sıkılama) nedeniyle kayamadan burkulan TH çelik bağ.

Galeri tahkimatı tasarımı, galeriyi çevreleyen kayacın duraylılığı ile yakından ilintilidir. Tasarım, delme ve patlatma çalışmalarının etkinliği ile orantılı olarak kaya yükü yüksekliğinin belirlenmesiyle başlar. Çevre kaya ne kadar az örselenir ve aşırı kazı oranı (overbreak) ne kadar az ise, tahkimat gereksinimi de o denli düşük olacaktır. Aksi takdirde hiç istenmeyen durumlar da oluşabilmektedir (Şekil 8). Galerî çeperlerinin düzgünlüğü ve tahkimatın yeterince sıkılanabilmesi de gerekli tahkimat direncinin daha düşük seviyelerde tutulmasını sağlar. Zamanında ve iyi sıkılanmamış bir galeri tahkimatı ileride tekrar tamir tarama gerektirir. Çevre kayada gevşeme başladığında bunu durdurmak çok güçtür ve ek önlemler gerektirir. Dolayısıyla hem duraysızlık problemleri hem de maliyet artacaktır.

2.3 Ayaklar

Ayaklarda tahkimat işleri; klasik ahşap, yarı mekanize sistemler veya tam mekanize yürüyen tahkimatlar kullanılarak yapılmaktadır. Damar yapısı (eğimi, kalınlığı, dayanımı vb.) göz önüne alınarak kazı işleri manuel veya mekanize olarak gerçekleştirilmektedir. Uzunayaklarda tahkimat kapasitesinin belirlenmesi tavan yükü yoğunluğu (ayağın birim metrekaresine düşen yük yoğunluğu, kN/m^2) hesaplanarak gerçekleştirilmektedir (Ünlü, 1989). Tavan yükünün belirlenmesinde çok sayıda yaklaşım mevcut olmasına karşın, pratik olarak en tutucu yaklaşım, çalışılan damar kalınlığının iki katı kadar bir kaya yüksekliğinin ayağın birim metrekaresine etkileyen kaya yükünün hesaplanmasıyla bulunur. Ancak, bir kömür damarı çok kalın ve fazla sayıda katla üretiliyorsa, kullanılacak tahkimat kapasitesinin belirlenmesinde dilim kalınlığının yerine toplam damar kalınlığı baz alınmalıdır. Ayrıca, dilimler arasında yeterli kalınlıkta ara kesme yoksa dilimler arasında tavan hasarı kullanılmalıdır. Göçertmeli çalışmalarda yalancı tavan tabakaları göçerken çoğu zaman oldukça küçük parçalara ayrılmakta ve ayak içi göçüklerine ve ölümlere neden olmaktadır (örn. TTK Kozlu, 10 m kalınlığındaki Çaydamarı).

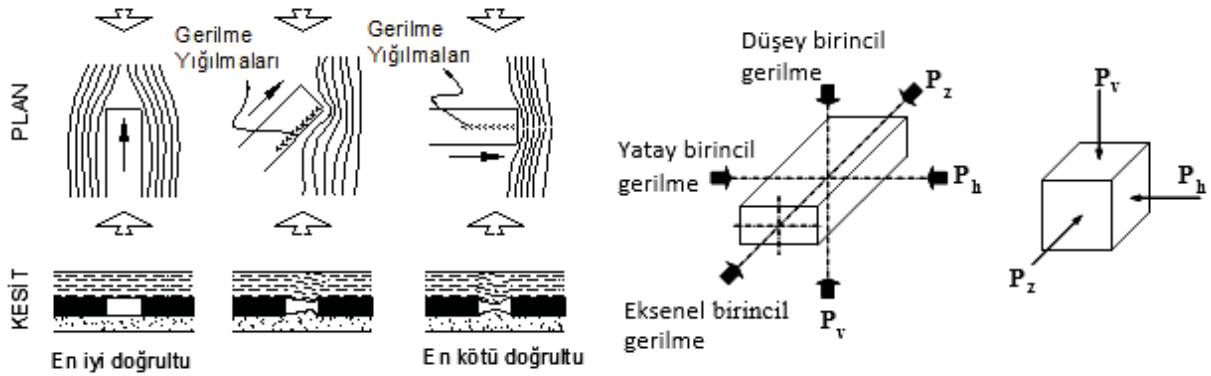


Şekil 8. Kötü sıkılanmış ve kurulması geciktirilmiş rijit bağdaki kesit daralması, hatalı delme-patlatma sonucu aşırı kazı ve aynı galeride gerçekleştirilmiş verimli bir delme-patlatma örneği (Ünlü ve Çolak, 2004, Ünlü, 2005).

Aynı damarda sürdürülen çok katlı üretim çalışmalarında, üstteki ve onun altındaki damar arasında bırakılacak aralık, yalancı tavan tabakalarının geçebilirlik karakteristiklerine göre, yalancı ve ana tavanın ilk ve ardışık kırılma mesafeleri ayrı ayrı hesaplanarak, en uygun şekilde belirlenmelidir. Aksi takdirde altta çalışan ayağa çok fazla ölü ve etkin yük binecek ve dolayısıyla da tabaka kontrolü problemleri sorun yaratabilecektir. İki ayağın birbirini çok yakın takip etmesi durumunda ise alttaki ayak üstteki ayağın gerilme gölgesinde yer aldığı için daha rahatlamış olacak ancak üstteki ayakta arın önü gerilmeleri daha yüksek seviyelere çıkacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken asıl husus, ayaklar ya birbirini yakın ya da güvenli uzaklıktan takip etmelidirler. Aralarda yapılacak bir seçim alttaki ayaktaki en olumsuz koşulların yaşanmasına neden olabilecektir.

3. MADEN PLANLAMASI

Tabaka kontrolü, maden işletmesinin planlama aşamasından başlayan ve üretim sürecinin sonuna kadar devam eden tüm planlamaları içerir. Bir sahada madencilik çalışmaları başlamadan önce yeraltında kaya katmanlarının ağırlığından kaynaklanan düşey ve yatay birincil gerilmeler (P_v ve P_h) etkindir. Düşey birincil gerilmeler derinliğin (kaya kütlesi katmanlarının ağırlıkları ile değişmesine karşın yatay birincil gerilmeler (P_h) hem P_v 'den hem de yer kabuğunun hareketi ve/veya tektonizması ile değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Avustralya kıtasında sığ derinliklerde $P_h > P_v$ olarak ölçülmektedir. Bu durum tektonik sıkışmaların bir nedenidir. Yatay birincil gerilmelerden büyük bileşenin yönünün bilinmesi üretim panoları için açılan açıklıkların planlanmasında, dolayısıyla tabaka kontrolünün sağlanmasında önemli rol oynar. Şöyle ki, yatay birincil gerilmelerin doğrultusuna dik olarak konumlandırılan galeriler nispeten daha fazla tavan ve taban problemlerine maruz kalmaktadır. Maden planlanması yapılırken ana galerilerin mümkün olduğunca yatay gerilmelerin büyük bileşenine paralel sürülecek şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmelidir (Şekil 9). Damar şeklindeki cevher yataklarında pano doğrultularının yatay gerilme doğrultuları dikkate alınarak doğru şekilde planlanması, üretim açıklıklarının da daha az tabaka kontrolü problemleriyle karşı karşıya kalmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda, arazi modellemeleri üzerinde 2 veya 3 boyutlu sayısal gerilme çözümlerinden (Sonlu Elemanlar, Sonlu Farklar vb.) yararlanılabilir. Yine benzer şekilde, bu programlar üzerinde kazı benzeşimleri gerçekleştirilerek madencilik çalışmaları sırasında oluşturulan boşluklar çevresinde oluşacak aşırı gerilme bölgeleri ve/veya madencilikten kaynaklanacak yeryüzü tasman hasarları da tahmin edilebilir.

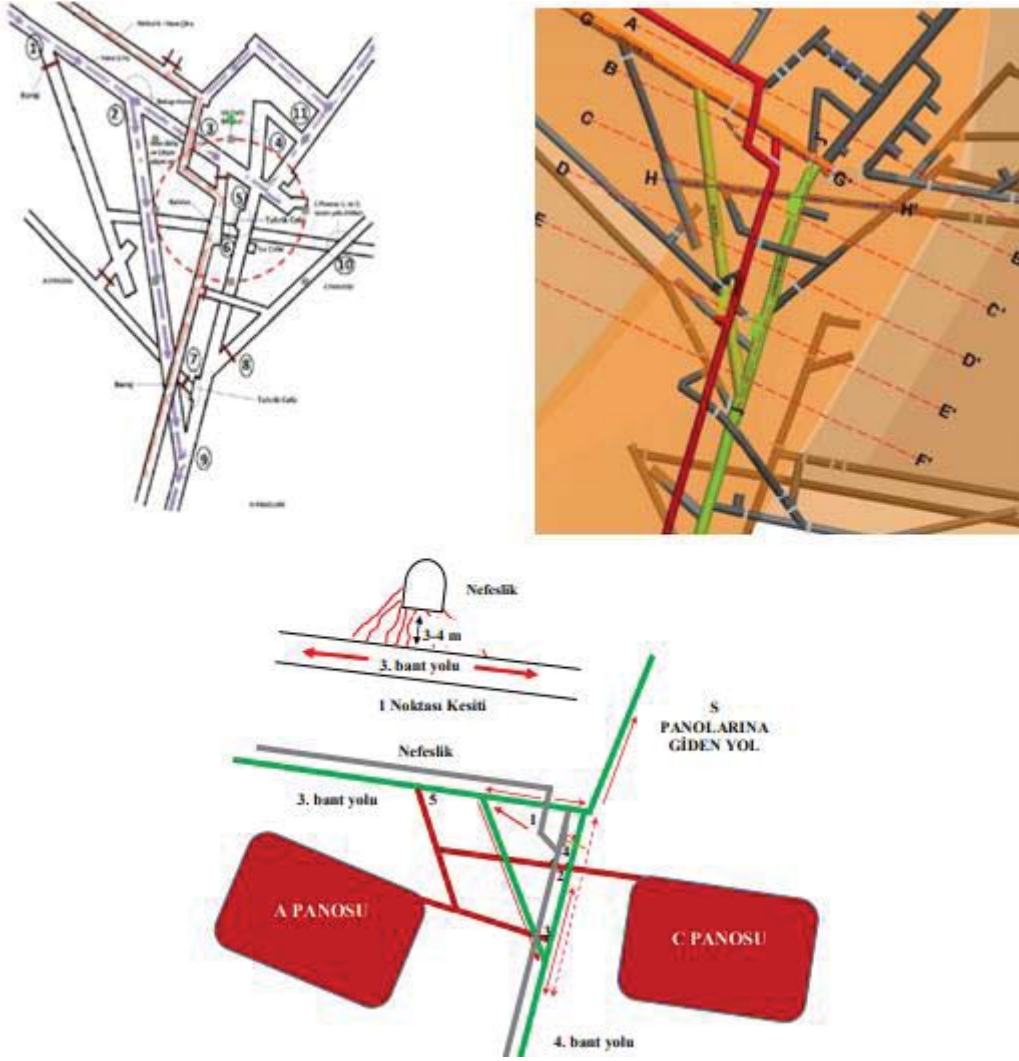


Şekil 9. Galeri yönüyle maksimum yatay gerilme doğrultusu arasındaki açının tavan ve taban duraylılığı üzerindeki etkileri (Morris, 1990) ve asal birincil gerilmelerin yön ve doğrultuları (Gerçek ve Geniş, 1999).

Bir yeraltı açıklığı oluşturulduğunda, açıklığın yakın çevresindeki gerilme alanında önemli değişiklikler meydana gelir (Birincil gerilmeler yeniden dengelenerek ikincil gerilmelere dönüşür). Açıklıktan uzaklaştıkça, gerilme alanındaki bu değişiklik çabucak azalır; öyle ki, açıklıktan belirli bir mesafe uzaklıktaki noktalarda açıklığın

etkisi ihmal edilebilir seviyelere düşer. Paralel tünel veya galerilerin konumlandırılmasında bunların birbirini ne dereceye kadar etkilemelerine izin verilebileceğine karar vermek, sonuçta da arada bırakılacak topuğun boyutlarını belirlemek tabaka kontrolü mühendisinin görevleri arasındadır. Bu konuda tasarımcıya yardımcı olabilecek bazı görgül yaklaşımlar vardır. Örneğin; Amerikan Ordu Mühendisleri grubu, iki ya da daha fazla sayıda paralel tüneller planlandığında, bunlar arasında bırakılması gereken güvenli topuk genişliğinin yüksek nitelikli ve sağlam kayada tünel çapının en az 1 ile 1.3 katı, düşük nitelikli ve zayıf kayada ise tünel çapının en az 3 katı olmasını önermektedir (Yılmaz ve Ünlü, 2006, 2010).

Bir yeraltı maden ocağında, aynı anda üretim gerçekleştirilen katlar ve/veya aynı katta birkaç üretim panosunun mevcut olduğu düşünülürse oluşturulan açıklıklar ve bu açıklıklar arasındaki topuk sistemlerinin duraylılığını sağlamak için çok detaylı bir tabaka kontrolü analizinin yapılması elzemdir. Bu çalışmalar planlama aşamasında gerçekleştirilir ve üretim çalışmaları da bu planlamalar dahilinde gerçekleştirilirse hem iş güvenliği hem de üretim maliyetleri açısından olumlu sonuçlar alınacaktır. Yetersiz planlanmış ve tahkimatlandırılmış ocaklarda tabaka kontrolü problemleri kaçınılmaz olacaktır. Aynı zamanda maden havalandırmasının etkinliği de azalacaktır. Bazı durumlarda aşırı tabaka kontrolü problemlerinin olduğu bir maden ocağında, havalandırma etkinliğini sekteye sokacak durumlar (kısa devreler, kaçaklar veya yoğun gaz emisyonu) da olması halinde, çok ölümcül kazalarla karşılaşılabilir. Özellikle gazlı kömür ocaklarında meydana gelen maden kazalarının faciaya dönüşmesi, çoğu kez bu iki bileşendeki yanlışlıkların bir araya gelmesi ile mümkün olmaktadır. Tek başlarına, sadece havalandırma veya tabaka kontrolü zaafiyeti, çoğu zaman üretim alanlarını kısmi olarak etkilemesine karşın (kısmi göçükler, taş düşmeleri, metan harlamaları veya kısmi patlamalar) bir araya geldiklerinde çok geniş alanlara yayılan ve hatta madenin tamamını etkileyen facialara dönüşebilmektedir. Bunun en çarpıcı örneği ülkemizde 2014 yılında yaşanan Soma maden faciasıdır. Burada, hem tabaka kontrolü hem de havalandırma yanlışlıklarının bir araya gelmesi olayı maalesef facia boyutuna taşımıştır (Şekil 10).



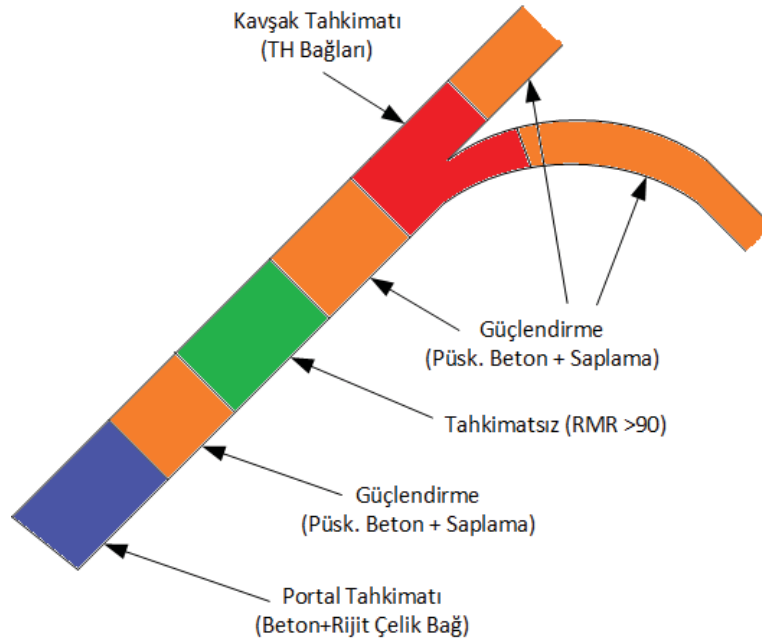
Şekil 10. Tabaka duraylılığı ve havalandırma etkinliği açısından problemleri bir maden planlaması.

Son yıllarda ülkemizde yaşanan özellikle büyük boyutlu maden kazaları, beraberinde ülke madenciliğimizin ne derece güvenle gerçekleştirildiğini, madencilik çalışmalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından yetersiz mi kaldığı, gerekli denetim ve önlemlerin alınmadığı veya oldukça eksik kaldığı gibi hususların kamuoyunda sorgulanmasına neden olmaktadır. Ülkemizde, çoğu zaman geniş zaman aralıklarında ve çok sayıda ölümün tek bir maden kazasında gerçekleştiği durumların yanı sıra, sık zaman aralıklarında yaşanan ve daha az sayıdaki maden çalışanın öldüğü ve/veya yaralandığı durumlar da yaygındır. Bu tip kazalar genellikle üretim bölgelerinde veya galerilerde göçük olarak adlandırılan kaya-zemin akmaları, taş düşmeleri veya ani göçüklerle meydana gelmektedir. Ülke genelinde yeraltı madenciliğinde sıkça yaşanan bu tip ölümlü kazaların yıllık toplamı da yadsınamayacak oranlarda ve hatta toplu ölümlerin yaşandığı büyük kazalardan daha yüksektir.

Ülkemiz madenciliğinde yaşanan göçük veya kaya düşmeleri sonucu kazaların büyük bir kısmı dinamik kazı işlerinin olduğu üretim kesimlerinde gerçekleşmesine karşın bazı durumlarda hazırlık galerileri veya ana yollarda da taş, kavlak ve blok

düşmeleri veya kısmi göçüklerle de karşılaşılabilir. Bu tür kazalar kesinlikle önlenemez türdendir ve bilinmezlik veya kaçınılmazlık konusunun da tamamen dışındadır. Ancak, özellikle kömür madenciliğinde ve çok ender durumlarda ayak çalışmalarında kaçınılmazlıktan bahsetmek mümkün olabilir. Kazaların önüne ancak iyi bir tahkimat planlaması ve uygulaması ile geçmek mümkündür.

Her türden yeraltı ocağın en azından bir işletme ve havalandırma planı olmasına karşın ülkemizde hiç bir ocağın maden tahkimat planı yoktur. Maden açıklıklarının oluşturulduğu kesimlerdeki kaya kütlelerinin ve galeri güzergahının riskli veya güvenli olup olmadığının görülebilmesi ve gerektiğinde ilave önlemler alınabilmesi için ocakların işletme planlarına benzer şekilde tahkimat planları oluşturmalı ve bu planlar üzerinde geçilen tüm yollar renk kodları ile işaretlenmelidir (Şekil 11). Her renk, geçilen kesimdeki kaya kalitesini (RMR, Q vb.), kaya yükü yükseklikleri, süreksizlik durumu, yeraltı suyu koşullarını belirtmeli ve ne tür tahkimat ile donatıldığını da ayrıca göstermelidir.



Şekil 11. Maden Tahkimat Planı'na işlenmesi gereken bileşenlere ilişkin basitleştirilmiş bir örnek.

Ana ve tali galerilerdekine benzer şekilde, üretim bölgelerinde (ayaklar vb.) tavan yükü yükseklikleri, tavan yükü yoğunlukları ve tahkimat direnci gereksinimleri hesapları vb. yapılmalı ve raporlandırılmalıdır. Galeriler ve üretim bölgelerinde hangi tür tahkimatın seçildiği (uygulandığı) ve kapasiteleri hakkında detaylı bilgiler içeren bir Maden Tahkimat Raporu hazırlanarak, işletme üst yönetimi tarafından onaylanıp ilgili devlet mercilerinin denetimi ve kabulüne sunulmalıdır. Bu rapor ayrıca detaylı risk analizlerini de içerecek şekilde düzenlenmelidir. Denetim tarafından, tahkimatın eksik veya yetersiz kaldığı durumlarda, bu rapor işletme tarafından tekrar revize edilip onaylatılmalıdır.

Bir maden açıklığının ne derece tahkimatlandırılacağı veya tahkimatın gerekip gerekmediği hususunda son karar tabaka kontrolü mühendisinin ve maden idaresinin yetki ve sorumluluğunda olmalıdır. Tabaka kontrolü mühendisi veya bu işten sorumlu ekip, aynı zamanda yeraltında bırakılacak topukların tasarımı ve duraylılığı konusunda da yetkili kılınmalıdır. Günümüzde bu yetki ve sorumlulukların tam olarak kime ait olduğu konusu muğlaktır. Bir yeraltı madeninde çalışanlar ve sorumluluklarına dair her husus en küçük ayrıntısına kadar resmileştirilmelidir. Sorumluluklar ile ilgili bazı hususların tam olarak kağıt üzerine dökülmediği veya bölüştürülmediği durumlarda, herhangi bir iş kazası sonrasında, mühendisler bu tür sorumluluklardan kaçınmak için yetkisiz olduklarını beyan edebilmekte veya sorumluluklarını diğer iş arkadaşlarının üzerine yüklemeye çalışmaktadırlar.

Yukarıda belirtildiği gibi Maden Tahkimat Raporu hazırlanması denetimin de işini kolaylaştıracaktır. Denetimler daha titiz ve elle tutulur veriler üzerinden gerçekleştirileceği için ilgili raporun varsa eksikliklerinin giderilmesi hususunda işletmeye somut öneriler de sunar. Böylece, son zamanlarda sıkça tartışma konusu olan gelişigüzel maden kapatma! şaibelerinin de önüne geçilmesi sağlanır. Son yıllarda yaşanan maden kazaları nedeniyle iş müfettişleri de haklı/haksız baskı altında kalmaktadır. Her işletme ve/veya kurum görevini madencilik bilim ve tekniğinin gerektirdiği ölçüde gerçekleştirirse, yaralanmalı veya ölümlü maden kazaları da en düşük seviyelere gerileyecektir.

4. SONUÇLAR

Bu bildiri de, yeraltı kömür madenciliğinde tahkimat, güçlendirme ve tabaka kontrolü kavramlarının birbirlerinden ayrı kavramlar olduğu örneklerle detaylı olarak anlatılmış, bu kavramların birleştiği veya birbirinden ayrıldığı hususlar tartışılmıştır. Topuklar, tahkimat ve güçlendirme işleri madenlerde tabaka kontrolünün önemli araçlarıdır. Etkin bir tabaka kontrolü, ancak, iyi bir maden planlaması, uygun kazı ve tahkimat işleri ile sağlanabilir. Ayrıca, madenin havalandırma etkinliği de tabaka kontrolündeki başarı ile doğrudan ilintilidir. Sadece havalandırma zaafiyeti olan bir ocakta, , üretim alanları çoğu zaman kısmi veya bölgesel olarak etkilenmektedir. Ancak, bu iki unsurun birleşmesi, çok geniş alanlara yayılan ve hatta madenin tamamını etkileyen ve facia boyutuna dönüşen kazalara yol açabilmektedir (Degaj, ocağın büyük bir kısmını veya tamamını kuşatan yangın, gaz yayılımı, patlama vs.). Her madenin bir üretim ve havalandırma planı olmasına karşın bir maden tahkimat planı yoktur. Madenlerde iş sağlığı ve güvenliği açısından Maden Tahkimat Planı'nın oluşturulması ilgili mevzuatlarla zorunlu tutulmalıdır. Üretim bölgeleri, topuklar ve diğer açıklıkların hangi durumlarda olduğu ve nereleri etkilediği, ek önlemler alınmasının gerekip gerekmediği ve denetim açısından da denetçilere kolaylıklar sağlayacağı açık olan bu planlar gerekli müdahale anlarında da ilgili ekiplerin yardımcısı olacaktır. Son yaşanan Ermenek ve Soma maden faciaları da bu planların ne kadar çok önemli ve gerekli olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Birön, C. ve Arıoğlu, E. (1980). Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, 777 s.
- Gerçek, H., (1994). Tahkimat ders notları, ZBÜ Maden Mühendisliği Bölümü (yayımlanmamış).
- Gerçek, H. ve Geniş, M. (1999). Effect of anisotropic in situ stress field on the stability of underground openings. *Proc. of the 9th International Congress on Rock Mechanics*, ISRM: A.A. pp. 367-370.
- Morris, C.J. (1990). The influence of rock mechanics on mine design. British Coal Corporation Technical Department. Head of rock mechanics branch. Technical department.
- Salamon, M. D. G. (1983). The role of pillars in mining. *The South African Inst. of Min. and Metall.*, Monograph series, No. 5, pp. 173-200.
- Ünlü, T. (1989). TTK üzülmaz Müessesesi Asma İşletmesi Sulu Ayakta Yapılan Yük ve konverjans Ölçümleri ile Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Mühendislik Fakültesi, Zonguldak.
- Ünlü, T. (1994). Stability and Reinforcement of Pillar Working with Particular Reference to Deep Coal Mining, Ph. D. thesis, University of Nottingham, March, 302 p.
- Ünlü, T. (2001). Critical Dimension Concept in Pillar Stability. 17th International Mining Congress and Exhibition, 341-349.
- Ünlü, T. (2002). Eş Yüklü Alanlar Yaklaşımının Eğimli Kömür Damarlarına Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Türkiye 13. Kömür Kongresi, 297-309.
- Ünlü, T. ve Çolak, K. (2004). TTK Kömür Ocaklarında Taşta Sürülen Galerilerde Püskürtme Beton ve Kaya Saplamlarının Kullanımının Araştırılması. Türkiye 14. Kömür Kongresi, 2004, 27-39.
- Ünlü, T. (2005). Aşırı Sökülmenin Galeri Duraylılığı Üzerine Etkisi. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, 207-214.
- Ünlü T. ve Yılmaz, Ö. (2011). TH geçme Çelik Galeri Bağlarının Çalışma Performanslarının İncelenmesi. Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi (IMCET), 189-200.
- Wilson, A.H. (1977). The Effect of yield zones on the control of ground, Proc. 6th. Int. Strata Control Conference, Banff, Canada, 25 s.
- Wilson Mining (2019). Ticari Broşür, <https://www.wilsonmining.com.au/rocsil-foam/>
- Yılmaz, Ö. ve Ünlü, T. (2010). Yönlere Bağlı Birincil Gerilme Alanının Farklı Kesitteki Paralel Yeraltı Açıklıkları ve Topukların Duraylılığına Etkisi. Türkiye 17. Kömür Kongresi, 167-181.
- Yılmaz, Ö. ve Ünlü, T. (2006). Doğrultu Değişimlerinin Yeraltı Açıklıklarının Duraylılığı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Kayamek'2006 VIII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, 133-141.

TTK ÜTİM ASMA DİLAVER ÜRETİM İŞLETMESİ ÇAY PANOSUNDA YARI MEKANİZE TAHKİMAT SİSTEMLERİ İLE İKİ KATLI OLARAK ÇALIŞAN TAVAN VE TABAN AYAKLARIN, KLASİK AHŞAP TAHKİMAT MODELLEMESİ YAPILARAK AYAK İÇİ VERİMLİLİK VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON BETWEEN EFFICIENCY AND COSTS OF PRODUCTION IN WALL INTERIORS FOR TTK ÜTİM ASMA DİLAVER PRODUCTION FACILITY WHICH WORKS AS ROOF AND FLOOR WALL WITH TWO-STOREY SEMI-MECHANIZED ARBITRATION SYSTEMS ON THE ÇAY BOARD BY MAKING CLASSIC WOODEN STRATA MODELING

Müjdat Birol*

ÖZET Bu bildiriye, TTK ÜTİM Asma – Dilaver Üretim İşletmesi çay panosunda yarı mekanize tahkimat sistemleri ile iki katlı tavan ve taban ayak olarak çalışan ayakların, ayak içi verimlilik ve maliyet hesaplamaları yapılarak sonuçlar paylaşılmış ve aynı çalışmanın klasik ahşap tahkimat ile modellemesi yapılarak hesaplamalar yapılmış olup her iki sistemin karşılaştırılması yapılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, efficiency and cost calculations of wall interior production were made and results were given for the production site of TTK ÜTİM Asma – Dilaver Association which has semi-mechanized fortification systems, two-storey ceiling and footstays working as wall floor. Abovementioned efficiency and cost calculations were made by wooden strata modeling, and corresponding comparisons were provided.

* mujdatbirol@gmail.com

1. GİRİŞ

Zonguldak Taşkömürü Havzası, ülkemizin enerji ve demir-çelik sektörünün önemli gereksinimlerinden biri olan koklaşabilir taşkömürü üretiminin yapıldığı stratejik öneme sahip bir maden havzasıdır.

Havzanın jeolojik koşulları üretim çalışmalarında iş sağlığı güvenliğinin kalitesini arttıracak, verimliliği ve çalışma konforunu üst seviyelere çıkaracak, üretim maliyetlerini düşürecek yöntem ve teçhizatlarla çalışmayı güçleştirmektedir. Havzanın bu gerçeği klasik ahşap tahkimatlı ayaklarda emek yoğun çalışmayı zorunlu kılmakta olup beraberinde birçok sorunu havzanın problemlerinden biri olarak karşımıza getirmektedir. Havza da geçmiş dönemlerde klasik ahşap tahkimatlı üretime alternatif olarak çeşitli tahkimat modelleri ile denemeler yapılmış fakat sürdürülebilir olamamıştır.

90'lı yılların başında yapılan rehabilitasyon projeleri kapsamında uygulanmaya başlanan Hidrolik Direk ve Eklemlili Çelik Sarma Tahkimat Sistemi ile arına dik tahkimat yöntemini yaklaşık 30 yıldır sürdürülebilir hale getirmiş olan Üzülmaz Müessesesinde 2015 yılından itibaren hidrolik direk eklemlili çelik sarma tahkimat sisteminde ki deneyimlerinden elde edilen kazanımlarla, tavan plakalı hidrolik direkli çalışan bir tahkimat sistemi olan ve yarı mekanize tahkimat sistemi olarak adlandırılan tahkimat sistemlerine geçiş çalışmaları, yatırım programına konarak başlatılmıştır.

Müessesede uygulama ayağı olarak 3.Ocak -193/-220 Piriç ayak seçilmiş olup, 2016 yılının ikinci yarısında şiltlerin ocağa nakil ve kurulum işlemine başlanmış, 20/11/2016 tarihinde 50 şilt kurulumu tamamlanarak ayak üretime yarı mekanize tahkimat ile başlamıştır.

Mühendislik ve İşletmeciliğin en önemli prensiplerden biri olan sürdürülebilirlik ilkesinden yola çıkarak, yarı mekanize tahkimat sistemler çeşitlendirilerek 300 metre uzunluğunda yarı mekanize tahkimatlı ayak uzunluğuna ulaşılmış (Haziran 2022) ve Müessese de taşkömürü üretiminin % 90'ı yarı mekanize tahkimatlı ayaklardan yapılı hale gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, TTK Üzülmaz Müessesesi 3.Ocak Çay panosunda iki katlı olarak yarı mekanize tahkimat sistemleri çalışan ayaklarda kullanılan tahkimat sistemleri hakkında bilgiler vermek ve bu çalışmaların verimlilik ve maliyetlerini, klasik ahşap tahkimat sistemli üretim yöntemi ile karşılaştırmasını yapmaktır.

2- ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI ÜRETİM AYAKLARININ TANITIMI

Yarı mekanize tahkimat ve ahşap tahkimat ile ayakların çalışması durumunda verimliliklerin ve maliyetlerin karşılaştırmasının yapılabilmesi amacı ile, Müessesede 3.ocak bünyesinde halen faaliyet gösteren -270/-280 Çay Tv. ayak ve -273/-283 Çay Tb. ayak seçilmiş olup, ayaklar ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

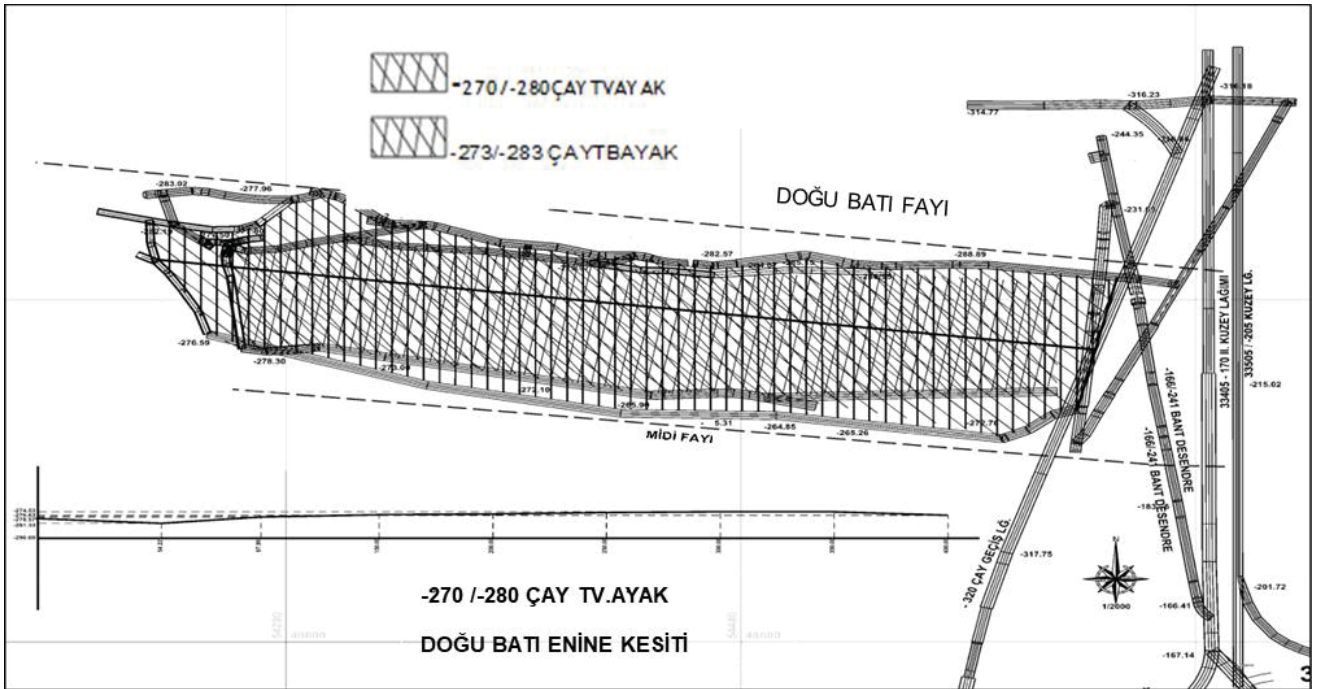
Kuzeyinde Doğu-Batı Fayı, Güneyinde Midi Fayı arasında kalan, 6 metre damar kalınlığına ve 400 metre pano boyuna sahip Çay Damarı, Dönümlü Arka Göçertmeli Uzun Ayak olarak projelendirilmiştir. Batıdan Doğuya doğru arın ilerlemesine sahip -270/-280 Çay Tv.Ayak ile -273/-283 Çay Tb. Ayak şeklinde iki katlı olarak hazırlıkları yapılmıştır. Tv.ayak ta üstten yürütmeli zincir çekişli yarı mekanize tahkimat sistemi ve Tb ayakta kirişli yarı mekanize tahkimat sistemi ile tahkim edilerek üretim çalışmaları sürdürülen ayaklardır.

	-270/-280 Çay Tv.Ayak	-273/-283 Çay
Tb.Ayak		
Ayak Boyu :	90 metre	70 metre
Damar Kalınlığı	3 metre	3 metre
Ayak Eğimi	11°	7°
Kurulu Şilt Sayısı	65 şilt	70 şilt

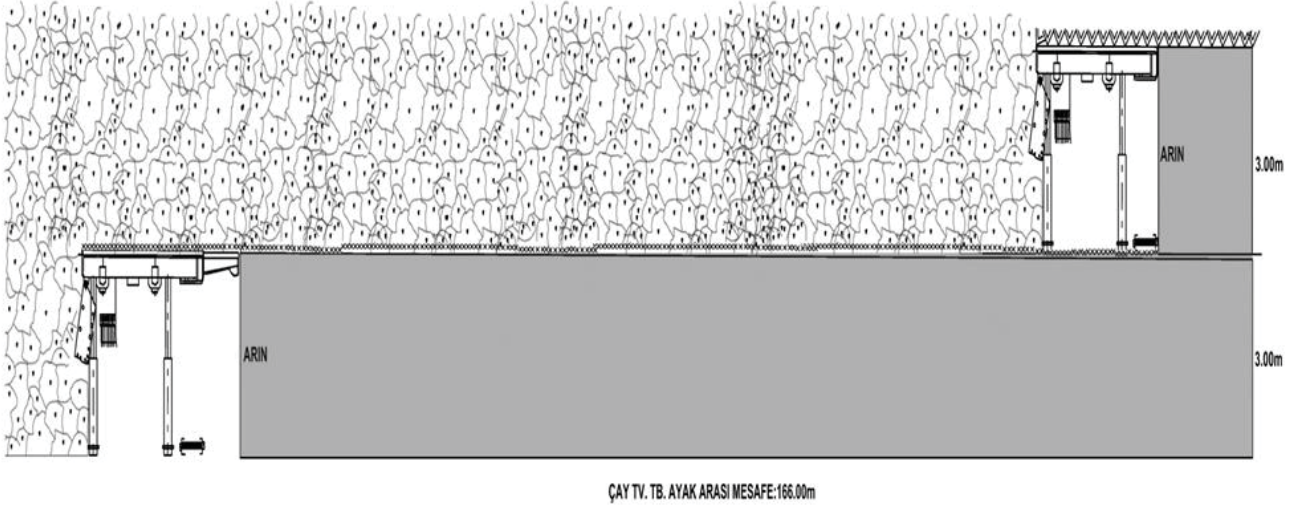
Her iki ayakta da ayak içi kömür nakliyatını sağlayan bir adet çift zincirli konveyör bulunmaktadır.

Ayakların tahkimat sistemlerini besleyen hidrolik sıvı, çalışma basıncı 250 Bar, elektrik motor gücü 132 kW ve debileri 202 lt/dak. olan iki adet pompa ile sağlanmaktadır.

Pompalar, - 320 katında konumlanmıştır. Hidrolik hattının ayakların başlangıç noktasına olan mesafesi yaklaşık 1000 metre olup ayaklar ilerledikçe bu mesafe kısalmaktadır.



Şekil 1. Çay Panosu.



Şekil 2. Tv. Tb. Ayak Çalışması

Bu tahkimat sistemlerinin yarı mekanize tahkimat diye adlandırılmasının temel nedeni, kazı işlerinin manüel olarak yapılması ve tavan plakalarının ilerletilmesi işlemi yapılırken, hidrolik direklerin yönlendirilmesi işleminin elle yapılmasıdır.

3.1- ÜSTTEN YÜRÜTMELİ ZİNCİR ÇEKİŞLİ TAHKİMAT SİSTEMİ

Tahkimat sistemini oluşturan tavan plakaları birbirlerine piston ve zincirler ile bağlıdır. İki farklı tip tavan plakasından oluşmaktadır. OG ve 2G diye isimlendirilmişlerdir. OG tavan plakası 1488 mm genişliğindedir. 2G tavan plakası ise 1160 mm genişliğinde olup her iki tavan plakasının uzunluğu da 2040 mm'dir. 2G tavan plakasının iki yanında ilerletme kolları ve itme pistonları vardır. İlerletilecek şilt ilerleme hareketini, 2G tavan plakasında bulunan ve yanında bulunan OG şilte bağlı bulunan ilerletme kolları ile yapmaktadır. Çalışılan have tavanını kapatacak olan ön sürgü ilerleme boyu 0,80 m'dir.



Şekil 3. Üstten Yürütmeli Zincir Çekişli tip tahkimat.

3.2 KİRİŞLİ TAHKİMAT SİSTEMİ

Şiltlerin tavan plakalarının birbirlerine bir kiriş ile bağlı olduğu ve ilerletme işleminin bu kiriş sistemi ile yapıldığı tahkimat modelidir. Tavan plakaları tek tip olup, genişlikleri 1000 mm, boyları ise 2942 mm dir. Çalışılan have tavanını kapatacak olan ön sürgü boyu 0,80 m.'dir.

Her iki model tahkimat sisteminde de kullanılan hidrolik direkler, aynı tip olup kapalı tip sistemli, aşağıdan yukarı doğru hareketli direklerdir. 51 ton/m² nominal yük taşıma kapasitelidirler.



Şekil 4. Kirişli tip tahkimat sistemi.

Hidrolik direkler ile bilgiler Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Hidrolik direk Özellikleri.

Hidrolik Direk Tipi	Uzunluk (mm)		Açılma Boyu (mm)	Ağırlık (kg) (Boş)	Çap (mm)		
	Kapalı	Açık			Dış	İç	Rot
Kısa Tip	1300	2100	800	135	168	140	110
Uzun Tip	1600	2700	1100	150	168	140	110

4. ÇALIŞMADAKİ HESAPLAMALAR HAKKINDA BİLGİLER

TTK ÜTİM Asma-Dilaver Üretim İşletmesi 3. Ocak bünyesinde halen faaliyette bulunan -270/-280 Çay Tv.Ayak ve -273/-283 Çay Tb.Ayak ayaklarda ki fiili durum göz önüne alınarak ayak içi maliyet hesapları yapılmış ve aynı ayakların klasik ahşap

tahkimat ile çalışması durumunda oluşacak maliyetler hesaplanarak sistemler arasında ki maliyet farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Maliyete etki eden ana faktörler olarak, malzeme giderleri, işçilik giderleri, yarı mekanize tahkimatların ve tüm ekipmanlarının amortisman payları % 10 x Yıl (TTK Veri Tabanı) ele alınmış ve ana faktörlerin dışında kalan detay unsurlar ayrıntılı olarak ele alınarak diğer maliyetler başlığı altında toplanarak, maliyet hesaplamalarında kullanılmıştır.

Havalandırma giderleri, ayak içi nakliyatta kullanılan çift zincirli konveyör maliyetleri, kullanılan patlayıcı madde miktarlarında ihmal edilebilecek oranlar olduğundan patlayıcı madde maliyetleri ve kullanılan kazı teçhizatı maliyetleri, basınçlı hava maliyetleri ile tüvenan kömürün 5 tonluk vagona dolana kadar geçen transfer maliyetleri her iki sistemde de aynı olacağı düşünülerek hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

Üretim miktarlarının hesaplamalarında tüvenan kömürün yerinde yoğunluğu 1,5 ton/m³ olarak kabul edilmiştir.

Yarı mekanize tahkimatlı ayaklar halen üç vardiya programına göre çalışmakta ve günlük ilerlemeleri 1,6 metredir.

Ayakların klasik ahşap tahkimatlı çalışmaları durumunda, çalışma programları üç vardiya çalışma prensibine göre yapılarak günde 1,2 metre (1 have) ilerleme olacak şekilde hesaplamaları yapılmıştır.

Yarı mekanize ayaklar;

- Ayakların kurulum ve söküm çalışmaları için maliyet hesaplamaları ayrıca yapılmış olup diğer giderler başlığı altında toplam maliyete eklenmiştir.
- Ayakların üretim çalışmalarına başladığı tarih kurulum tamamlandıktan sonraki tarih olarak esas alınmış, üretim bitiş tarihi de söküme başlanmadan önceki tarih alınarak hesaplamalar yapılmıştır.
- Kurulum ve söküm çalışmalarında geçen sürelerin ve işçiliklerin hesaplanmasında;
 - Kurulum çalışmaları ; 2 şilt/gün x 6 personel
 - Söküm çalışmaları ; 1 şilt/gün x 6 personel olarak maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

Ayakların yarı mekanize ve klasik ahşap tahkimatlı olarak çalışma durumları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ayakların çalışma durumları.

Ayak Adı Tahkimat cinsi	Ayak Boyu (m)	Damar Kalınlığı (m)	Pano Boyu (m)	Have (m)	Ömür (gün)
-270/-280 Çay Tv.Ayak (YM)	90	3	400	1,6	250
-273/-283 Çay Tb.Ayak (YM)	70	3	350	1,6	219
-270/-280 Çay Tv.Ayak (AT)	90	3	400	1,2	333
-273/-283 Çay Tb.Ayak (AT)	70	3	350	1,2	292

Yeraltı işçiliklerinin maliyet hesaplamaları, halen yürürlükte olan 29.dönem TİS hükümleri çerçevesinde (Haziran 2022) sanatlarına göre giydirilmiş ortalama yevmiyeleri esas alınarak yapılmıştır.

- Nezaretçi ve PAÜ(Pano Ayak Üretim) İşçilik 590 TL/ gün
- Diğer Sanatlar 556,74 TL/gün

4.1. Maliyet Hesaplamalarında, Yarı Mekanize Tahkimat Sistemi İle Çalışan Ayaklarla İlgili Bilgiler Aşağıda Belirtilmiştir.

- Pompa istasyonunun kurulumu ve hidrolik hattının döşenmesi
 - 10 gün x 6 personel
- Ayaklara şilt kurulumu
- Ayak ilerleme hızı (have)
- Üç vardiya çalışma programına göre işçilik maliyetleri
 - Vardiyalara göre işçilik dağılımları Çizelge 3 ve Çizelge 4’te verilmiştir.
- Yarı mekanize tahkimat sisteminin çalışabilmesi için gerekli olan tüm eklentileri dahil olmak üzere toplam maliyet üzerinden (TTK Veri Tabanı) Yıl x %10’luk amortisman bedeli olarak hesaplanmış ve amortisman payı olarak maliyet hesaplamalarında kullanılmıştır.
- Pompa istasyonunda bulunan 132 Kw gücünde iki pompa dönüşümlü olarak çalışmaktadır. Bir pompa 44 kwh’lık enerji harcamaktadır. Dönüşümlü olarak çalışan pompalar tek pompa gibi düşünülmüş ve günde 16 saat çalıştığı hesaplanmıştır. Haziran 2022 itibariyle elektriğin maliyeti 2,74 TL/kwh.dir (TTK Veri Tabanı)
- Ayaklarda 10 lt/gün hidrolik sıvı harcandığı hesaplanmıştır.
 - Bakım, onarım çalışmalarında
 - Hidrolik hattı kaçaklarında
 - Hidrolik direk kaçaklarında

Haziran 2022 itibariyle 1 lt Hidrolik sıvı KDV dahil 47,082 TL dir.(TTK Veri Tabanı)

- Tv.Ayak uygulamasında ayak tabanına hasır tel serilmektedir. (10 top /gün)

- 50mm x 50mm göz aralığı, 3 mm et kalınlığı, 1m x 20 m. ebatlarında
- 1 m² ‘ si KDV dahil 24.7 TL. dir. (TTK Veri Tabanı)

Çizelge 3. -270/-280 Çay Tv.Ayak (YM) Vardiyalara Göre İşçilik Dağılımı

İşçilik Sanatı	I Vrd.	II Vrd.	III.Vrd.	TOPLAM
Nezaretçi	1	1	1	3
PAÜ	12	8	18	38
Nakliyat	1	1	1	3
Ateşleyici	1	-	1	2
Elektro- Mekanik Grubu	3	6	3	12
TOPLAM	18	16	24	58

Çizelge 4. -273/-283 Çay Tb.Ayak (YM) Vardiyalara Göre İşçilik Dağılımı

İşçilik Sanatı	I Vrd.	II Vrd.	III.Vrd.	TOPLAM
Nezaretçi	1	1	1	3
PAÜ	10	8	12	30
Nakliyat	1	1	1	3
Ateşleyici	1	-	1	2
Elektro- Mekanik Grubu	3	6	3	12
TOPLAM	16	16	18	50

4.2 Ayakların Klasik Ahşap Tahkimatla Çalışması Durumunda Maliyet Hesaplamalarına Etki Eden Faktörler Aşağıda Verilmiştir

- Tahkimatta kullanılan Sarma (Çam) (4 metre , 20 Ø)
- Tahkimatta kullanılan çatal direk (Çam) (3 metre , 20 Ø)
- Tahkimatta kullanılan Domuzdamı (Meşe)
- Bir dam için 40 dd (domuzdamı direği) kullanılmaktadır.
- Domuzdamı kaybı % 5 / gün
- Tahkimatta kullanılan ağaç malzemenin(dd hariç) kaybı % 100 ‘dür.
- Ağaç malzeme fiyatları;
 - ÇAM 1 m³ ‘ü 524 TL (Aralık 2021) (TTK Veri Tabanı)
 - MEŞE 1 m³’ü 524 TL (Aralık 2021) (TTK Veri Tabanı)
 - 1m³ Meşeden 33 adet dd çıkmaktadır. (bir adet dd : 15,88 TL)
- Tv.Ayak çalışmalarında tabana hasır tel serilmektedir. (5 top/gün)
 - 50mm x 50mm göz aralığı , 3 mm et kalınlığı , 1 m x20m ebatlarında
 - 1 m² ‘ si KDV dahil 24.7 TL .dir. (TTK Veri Tabanı)
- Ayak ilerleme Hızı (have) 1,2 metre.
- Günlük üretim;
 - Tv.Ayak; 486 ton/gün

- Tb.Ayak; 378 ton/gün

- Ayakların ekonomik ömürlerini doldurmasından sonra ayak içi teçhizatın sökümü ve taşınması için 10 personel ile 5 günlük çalışma işçilik maliyetine ilave edilmiştir.

- Üç vardiya çalışma programına göre işçilik maliyetleri

-Vardiyalara göre işçilik dağılımları Çizelge 5 ve Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 5.-270/-280 Çay Tv.Ayak (AT) Vardiyalara Göre İşçilik Dağılımı (22 sarma)

İşçilik Sanatı	I Vrd.	II Vrd.	III.Vrd.	TOPLAM
Nezaretçi	1	1	1	3
PAÜ	22	22	22	66
Arka Kesici		2		2
Nakliyat	1	1	1	3
Ateşleyici	1	-	1	2
Elektro- Mekanik Grubu	2	4	2	8
TOPLAM	27	30	27	84

Çizelge 6. -273/-283 Çay Tb.Ayak (AT) Vardiyalara Göre İşçilik Dağılımı (17 Sarma)

İşçilik Sanatı	I Vrd.	II Vrd.	III.Vrd.	TOPLAM
Nezaretçi	1	1	1	3
PAÜ	18	18	16	52
Arka Kesici		2		2
Nakliyat	1	1	1	3
Ateşleyici	1	-	1	2
Elektro- Mekanik Grubu	2	4	2	8
TOPLAM	23	26	21	70

5 – YARI MEKANİZE TAHKİMAT SİSTEMLERİ İLE YAPILAN ÜRETİM ÇAIŞMALARININ İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yarı mekanize tahkimat sistemi ile yapılan üretim çalışmalarının işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından değerlendirilmesinin yapılabilmesi için, halen klasik ahşap tahkimat sistemi ile üretim çalışmalarını sürdüren – 200/-215 Nasifoğlu Ayak ile Yarı mekanize çalışan -270/-280 Çay Tv. Ayak faaliyetlerinin 122 iş günü üzerinden (Ocak 2022 - Haziran 2022) iş kazaları ve iş kayıp günleri incelenmiş ve bu veriler ışında bir değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 7. -200/-215 Nasifoğlu Ayak (Ahşap Tahkimatlı) ve -270/-280 Çay Tv. Ayak (Yarı mekanize Tahkimatlı) İş Kazaları ve İş Kayıp Günleri (TTK Veri Tabanı).

Kazalanan Uzuv	Çay Ayak	İş Kayıp Günü	Nasifoğlu Ayak	İş Kayıp Günü
EL	6	24	14	77
AYAK	4	31	6	74
KOL	3	16	7	41
YÜZ	2	2	4	18
GÖVDE	-	-	11	42
BEL	2	6	8	28
TOPLAM	17	79	50	280

Çizelge 7’deki veriler çerçevesinde yarı mekanize tahkimat sistemlerinin getirdiği avantajlar ile birlikte değerlendirildiğinde, işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından yarı mekanize tahkimat sistemleri ile çalışmanın işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden ahşap tahkimat ile çalışmaya karşın belirgin bir üstünlüğü gözlenmektedir.

6- YARI MEKANİZE TAHKİMAT İLE AHŞAP TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Yarı mekanize tahkimat sistemleri ile klasik ahşap tahkimat sisteminin avantaj ve dezavantajları açısından değerlendirilmesi yapıldığında;

- Yarı mekanize tahkimat sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması,
- Yarı mekanize tahkimat ile üretim çalışmasına başlamadan önce kurulum ve üretim çalışması sonlandıktan sonra söküm çalışmaları için geçen zaman ve işçilik,
- Yarı mekanize tahkimat sisteminde çalışacak personelin eğitimi ve uyum süreci,
- Yarı mekanize tahkimatlar ile üretim çalışmalarının sürdürülebilir olabilmesi için uygun damar koşulları ve rezerv miktarı,
- Yarı mekanize tahkimat sisteminin tavan plakalarında meydana gelen deformasyonların yerinde giderilememesi ve bu yüzden şilt değişiminin zorunlu olması halinde geçen zaman ve işçilik,
- İşçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden daha emniyetli olması,
- Personele verilecek iş miktarının metraj olarak daha fazla olması,
- Çalışma konforunun daha iyi olması,
- Klasik Ahşap Tahkimatlı ayaklarda kullanılacak ahşap malzemenin taşınması için geçen zaman ve işçilik,
- Kullanılan ahşap malzemenin geri dönüşünün olmaması,
- Olumsuz jeolojik koşullarla yarı mekanize tahkimata göre daha iyi mücadele edilebilme,
- Ayak arkasının kesimi için harcanan zaman ve işçilik,

- Ayak arkasının düşmesi sırasında domuzdamlarında meydana gelebilecek deformasyonların düzeltilmesi için harcanan zaman, işçilik ve malzeme,
- Ayakta oluşacak basınçların, tahkimatı yenerek göçükler meydana gelebilme olasılığı ve riskleri,
- İş zaman etütleri ve beden gücü yönetmeliğine göre personele verilecek iş miktarlarının çok sınırlı olması, gibi faktörlerin değerlendirilmesi yapıldığında yarı mekanize tahkimat ile yapılan üretim faaliyetlerinin önemli avantajlar sağlayarak işçi sağlığı ve iş güvenliğini , verimliliği ve çalışma konforunu yükselttiği görülmektedir.

7- SİSTEMLERİN VERİMLİLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yarı mekanize tahkimat sistemleri ile üretim çalışmalarını, klasik ahşap tahkimat ile üretim çalışmalarına göre randımanlar açısından değerlendirilmesi yapıldığında;

Tv. ve Tb. Ayakların fiili olarak üç vardiya üzerinden yaptıkları üretim çalışmalarında Zincir Çekişli şiltlerin olduğu Tv.ayakta bir takıma 10 şilt (14 metre) kazı işi verilmekte, Kirişli şiltlerin olduğu Tb. Ayakta ise bir takıma 15 şilt (15 metre) kazı işi verilmektedir. Vardiyalı çalışma programına göre III.Vardiyada üretim çalışmaları tamamlandıktan sonra, ayak değişimi (şiltlerin ilerletilmesi ve konveyörün ötelenmesi) yapılarak bir sonra ki vardiyaya üretime hazır hale getirilmektedir. I. Vardiya üretim çalışmalarını yapmakta ve takip eden II.Vardiya da ayak değişimi yapılmakta olup aynı zamanda elektro mekanik grubu tarafından şiltlerin ve aksamalarının bakımlarını yapmaktadır.

Klasik ahşap tahkimat ile çalışma modellemesinde, üretim vardiyalarında bir takıma (Usta + Yedek) bir sarma (4 metre) iş verilerek çalışma programı yapılmıştır. Üretime hazırlık vardiyasında ise bir takıma 2 sarma (8 metre) iş verilmiştir. Ayak içi konveyörün ötelenmesi, basınçlı hava borularının değişimi ile enerji kablolarının çekimi sanatlarına uygun diğer işçilikler ile yapılmıştır. Ayak arkası kesimi için de bir takım (PAÜ) tertip edilmiştir.

Bu bilgiler çerçevesinde fiili olarak çalışan yarı mekanize ayaklar ve klasik ahşap tahkimat modellemesi ile ayakların çalışması durumunda oluşan randımanların karşılaştırılması Çizelge 8 ve 9' da verilmiştir.

Çizelge 8. Çay Tv. Ayak Yarı mekanize ve Klasik ahşap tahkimat ayak içi randımanları

Sanatlarına Göre İşçilik / gün	Yarı Mekanize	Klasik Ahşap Tahkimat	Fark
Nezaretçi	3	3	
P.A.Ü. İşçilik	38	68	
Diğer Sanatlar	17	13	
Toplam İşçilik	58	84	
Üretim ton/gün	648	486	
PAÜ Randımanı (ton/ yevmiye)	17	7	% 143
Genel İşçilik Randımanı (ton/ yevmiye)	11	5,5	% 100

Çizelge 9. Çay Tb. Ayak Yarı mekanize ve Klasik ahşap tahkimat ayak içi randımanları

Sanatlarına Göre İşçilik / gün	Yarı Mekanize	Klasik Ahşap Tahkimat	Fark
Nezaretçi	3	3	
P.A.Ü. İşçilik	30	54	
Diğer Sanatlar	17	13	
Toplam İşçilik	50	70	
Üretim ton/gün	504	378	
PAÜ Randımanı (ton/ yevmiye)	17	7	% 143
Genel İşçilik Randımanı (ton/ yevmiye)	10	5,4	% 85

Çizelge 8 ve 9’da görüldüğü gibi yarı mekanize tahkimat ile yapılan üretim çalışmalarındaki ayak içi işçiliklerde ki randımanların, klasik ahşap tahkimatlı üretim çalışmalarında ki ayak içi işçilik randımanlarına oranlarında, PAÜ İşçilikte % 143, Genel işçilikte % 100 ‘ e yakın artışlar sağlandığı görülmüştür.

8- MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yarı mekanize çalışan ayakların işletme giderlerini; kullanılan teçhizatın amortisman payları, işçilik giderleri, ve diğer giderler başlığı altında toplanan giderler oluşturmuştur. Klasik Ahşap Tahkimat ile çalışılması durumunda işletme giderleri olarak, ahşap malzeme maliyetleri, işçilik giderleri ve diğer giderler başlığı altında toplanan giderler oluşturmuştur.

Her iki tahkimat sistemi ile yapılan çalışmaların maliyetlerinin karşılaştırılması Çizelge 10 ve 11’ de aşağıda verilmiştir.

Çizelge 10. Çay Tv. Ayak Yarı mekanize ve Klasik ahşap tahkimat ayak içi maliyetleri

Giderler	Yarı Mekanize Tahkimat	Klasik Ahşap Tahkimat	Fark
Ahşap Malzeme	-	7.442.837	
İşçilik	8.413.750	16.359.624	
Amortisman Giderleri	3.304.770	-	
Diğer Giderler	2.202.246	850.990	
TOPLAM (TL)	13.920.766	24.653.451	
Üretim (Ton)	162.000	162.000	
Üretim Maliyeti (TL/ton)	86	152	% 77

Çizelge 11. Çay Tb. Ayak Yarı mekanize ve Klasik ahşap tahkimat ayak içi maliyetleri

Giderler	Yarı Mekanize Tahkimat	Klasik Ahşap Tahkimat	Fark
Ahşap Malzeme	-	5.111.146	
İşçilik	6.336.765	11.933.456	
Amortisman Giderleri	2.122.400	-	
Diğer Giderler	1.021.335	286.000	
TOPLAM (TL)	9.480.500	17.330.602	
Üretim (Ton)	110.250	110.250	
Üretim Maliyeti (TL / ton)	86	157	% 82,5

Yarı mekanize tahkimat ile yapılan üretim çalışmalarında ayak içinde kullanılan teçhizatın amortisman paylarını, pompa istasyonu maliyetleri ve bakım onarım giderlerini malzeme maliyeti olarak tanımlanması durumunda, klasik ahşap tahkimatlı modellemede kullanılan malzeme maliyetlerine oranla % 70'lik bir kazanç görülmektedir.

İşçilik maliyetlerini ele aldığımızda, yarı mekanize tahkimat ile çalışma programından kaynaklı daha az işçi ile daha fazla kömür üretimi yapılmakta olup verimliliğin artması ile ayak içi üretim randımanlarında PAÜ İşçilikte 17 ton/yevmiye olurken klasik ahşap tahkimatla çalışmada ayak içi PAÜ İşçilik randımanı 7 ton/yevmiye'ye kadar düşmektedir. Randımanlardaki yaklaşık %140'lık bu artış üretim maliyetlerini önemli ölçüde iyileştirmektedir.

Yarı mekanize tahkimat ile üretilen tüvenan kömürün ayak içi maliyeti 86 TL/ton olurken, klasik ahşap tahkimat ile üretilen kömürün maliyeti ortalama 155 TL/ton olmaktadır. Oluşan bu maliyetler karşısında Yarı mekanize tahkimat ile üretim çalışmalarında ton başına % 80 oranında bir kazanç söz konusudur.

9- SONUÇLAR

TTK ÜTİM Asma Üretim İşletmesinde halen fiili olarak çalışan yarı mekanize tahkimat ile üretim çalışmalarında kullanılan yarı mekanize tahkimat sistemlerinin tanıtımı yapılarak, bu tahkimat sistemleri ile yapılan üretim çalışmalarının klasik ahşap tahkimat ile çalışma modellemesi yapılmış ve ortaya çıkan verimlilik ve maliyet karşılaştırılmaları değerlendirilmiştir.

- Yarı mekanize tahkimat sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin fazla olmasına karşın bakım ve onarımlarının periyodik olarak aksatılmadan yapılması durumunda maliyetlerini amorti etmesi ve uzun yıllar kullanılacak teçhizatlar olması önemli bir kazanımdır.
- Çalışan personelin yarı mekanize tahkimat sistemlerine uyum süreci tamamlanmış olması ve çalışma konforunun klasik ahşap tahkimata kıyasla çok daha iyi olması nedeni ile personel tarafından benimsenmiş ve bu tahkimat sistemleri ile çalışma istekleri en üst seviyeye çıkmıştır.
- İşletmenin elektro-mekanik grubunun bu tahkimat sistemlerinin ve hidrolik aksamının bakım onarım çalışmalarında deneyimleri oldukça artmış, oluşturulan ekipler ile atölye çalışmalarından iyi sonuçlar alınmış ve alınmaya devam etmektedir.
- Ahşap tahkimat uygulamalarında tahkimatta kullanılan malzemenin ikinci kez kullanılması (domuz damları hariç) mümkün olmadığından malzeme maliyetleri ve malzeme nakli için harcanan zaman ve işçilikler çok yüksek maliyetler getirmektedir.
- Yarı mekanize tahkimatın Klasik ahşap tahkimata oranla malzeme maliyetlerinde ki % 70'lik kazanç, İşçilik giderlerinde klasik ahşap tahkimatın yarı mekanize tahkimata oranla % 92 daha fazla olması, yarı mekanize tahkimatla üretim çalışmalarında ayak içi PAÜ İşçilik randımanlarının, klasik ahşap tahkimata kıyasla %140'lık artış ve ton başına maliyette % 80'lik kazanç değerlendirildiğinde elde edilen kazanımlar yarı mekanize tahkimat sistemleri ile üretim çalışmalarının olumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, Yarı Mekanize Tahkimat Sisteminin Klasik Ahşap Tahkimat Sisteminden işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından çok daha emniyetli olduğu görülmektedir. Ayrıca işçi ergonomisi ve konforu açısından da üstün olduğu ortaya çıkan bir gerçekliktir. Malzeme maliyetleri ve işçilik giderlerinin daha az olması ile verimliliğin oldukça fazla olması da sistemin maliyetleri düşürmesi nedeni ile ekonomik olarak avantaj sağlamaktadır. Yarı Mekanize Tahkimat Sistemleri ile yapılan çalışmanın oldukça güvenli, ekonomik ve işletmenin koşullarında sürdürülebilir bir çalışma olduğu, yapılan yatırımların olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

TTK Veri Tabanı (Haziran 2022)

TÜNELLERDE KULLANILAN TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN ZONGULDAK KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN YORUMLANMASI

INTERPRETATION OF THE AVAILABILITY OF SUPPORT SYSTEMS USED IN TUNNELS IN ZONGULDAK COAL MINING

Erdem Aycan*

Maden Mühendisi, Kısım Şefi, Soner Temel Mühendislik İnşaat ve Tic. A.Ş., İstanbul

Uğur Akkurt

Maden Mühendisi, İşletme Müdürü, Akkurt Madencilik San. ve Tic. Ltd. ŞTİ., Zonguldak

ÖZET Gelişen teknoloji ve sistemlere ayak uydurmanın zorunlu hale geldiği günümüzde hala eski sistemler kullanılmaktadır. Bunun yerine uzun ömürlü daha güvenilir ve daha dayanıklı sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Günümüz şartlarında dünyada kullanımı yaygın olan ulaşım tünellerinin tahkimi için kullanılan sistemler, kömür ocaklarında uzun yıllar kullanılması planlanan galerilerde kullanılması daha yerinde olacağı düşünülmektedir.

ABSTRACT Old systems are still used today, where it has become imperative to keep up with the developing technology and systems. Instead, long-lasting, more reliable and more durable systems should be used. It is thought that it would be more appropriate to use the systems used for the fortification of transportation tunnels, which are widely used in the world in today's conditions, in the galleries that are planned to be used for many years in coal mines.

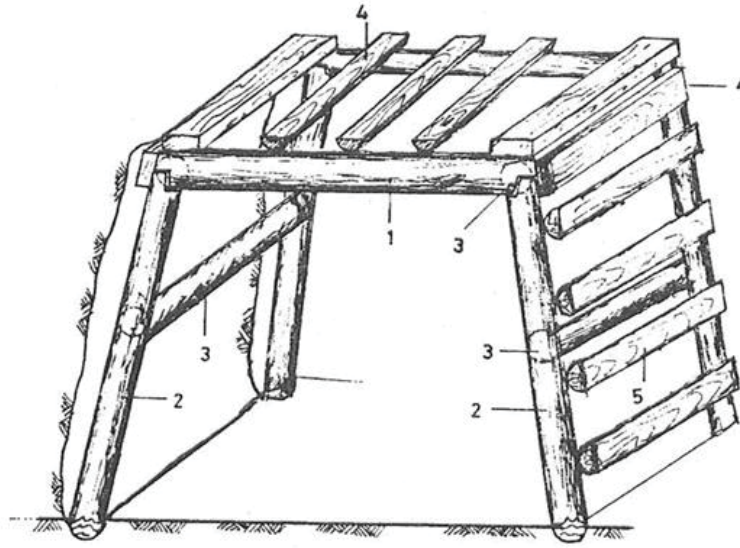
*erdemaycan@hotmail.com

1. GİRİŞ

Günümüzde Zonguldak kömür madenlerinde hala eski yöntemlerden biri olan ahşap tahkimat kullanılmaktadır. Ahşap tahkimat ucuz ve kolay kurulabilir olması nedeniyle en çok tercih edilen tahkimat sistemidir. Ulaşım tünellerinde ise (metro, hızlı tren ve kara yolu tünelleri) demir donatılı beton kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kömür madenlerinde uzun süre kullanılacak yollarda (ana yol, nakliye yolları veya havalandırma yollarının) ulaşım tünellerinde olduğu gibi oval kesitte, demir donatılı ve betonlu tahkimatın uygulanabilirliğini yorumlamaktır. Deformasyonların önüne geçmek, tahkimatın sürekli olarak onarılmasının engellenmesi, yenileme işlerinin ortadan kaldırılması veya güçlendirme yapımının önüne geçerek, güvenli ve uzun zaman kullanılmasını sağlamaktır.

2. AHŞAP TAHKİMAT

Ahşap tahkimat ilk madencilik faaliyetlerinden bugüne kadar kullanılmış ve kullanılmaya da devam etmektedir (Şekil 1). Ahşap tahkimat çeşitleri;



Normal Bağ

1: Boyunduruk, 2: Dikme, 3: Fırça, 4: Takoz, 5: Kama

Şekil 1. Normal Ahşap Tahkimat Elemanlarının gösterimi.

- Normal Bağ: Yatay boyunduruk ve bunu destekleyen iki direkten oluşmaktadır.
- Poligon Bağ: Normal bağa takviye olarak sarma ve fırçalar kullanılarak oluşan sistemdir.
- Kilit Bağ: Normal bağın içine, 3-5 kasayı üzerine alarak birlikte çalışmasını sağlayan sistemdir.
- Amaca yönelik özel bağlar

2.1. Ahşabın Tercih Edilmesinin Nedenleri

Ahşap hafif, kolay işlenebilir, kırılmadan önce kılmaya başlayacağına dair işaret verir. Kullanılmış malzemenin sağlam kısımları tekrar kullanılabilir. Ahşabın bu avantajlarının yanı sıra kömür damarlarının kısa ömürlü ve çabuk kazılması, bunun ile birlikte çoğunlukla ormanlık alanlarda olmasıyla ucuza mal edilmesi ahşabı çekici hale getirmektedir. Ancak bu özelliklerin yanı sıra eğilme, çekme, kayma ve basınç dirençleri ahşabın içsel yapısına bağlıdır ve sabit bir değere sahip değildir. Rutubete karşı dayanıksızdır. Mantar oluşumu ve bakteriler nedeniyle dayanım özellikleri azalır.

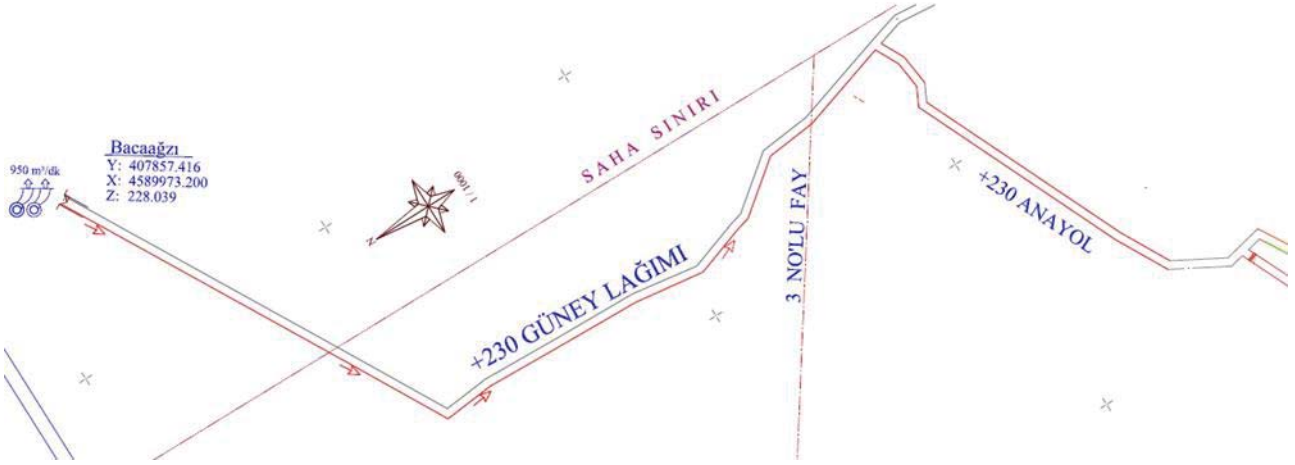
2.2. Örnek Maden Ocağı

Çalışmaya örnek olan Akkurt Madencilik Nakliye galerisinde (TTK 13 Nolu Saha Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak) ilk 500 m si ele alınmıştır. İlk 500 m de kullanılan tahkimatlar genel anlamda şu şekildedir (Şekil 2-3).

- 200 m B5 kesit Çintili Ahşap Tahkimat
- 100 m B6 kesit G140 Demir Bağ ve yığma kamalı
- 100 m B5 kesit G110 Demir Bağ ve ahşap kamalı
- 50 m B5 kesit G140 Demir Bağ, Yarı Keson beton ve yarı Ahşap kamalı
- 50 m B6 kesit G110 Demir Bağ ve Keson beton



Şekil 2. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi Ahşap Tahkimat Uygulanılmış Kısım.



Şekil 3. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisinin ilk 500 m planı.

Yaklaşık 10 yıldır kullanılmakta ve 15-20 yıl kadar kullanılması planlanmaktadır. Sahada Ahşap Tahkimat kullanımı incelendiğinde;

- Tahkimatta yenileme yapılmış.
- İlave olarak püskürtme beton uygulanmış.



Şekil 4. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi Püskürtme Beton Uygulanılmış Kısım.

- Bazı bölgelerde kalıp yapıлып beton dökülmüş.



Şekil 5. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi Demir Bağ ve Beton Uygulanılmış Kısım.

- Bazı bölgelere kil ile sıvama yapılmış
- Yanal baskı nedeniyle
 - a. Kamalama yapılarak ilave olarak destek yapılmış.



Şekil 6. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi demir bağ ve kamalama uygulanmış kısım.

b. Normal bağ yerine poligon bağına geçilmiş

- Belirli aralıklar ile tavan baskısı nedeniyle kot aynı seviyede kalmamış. Kesit küçülmüş.



Şekil 7. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi Ahşap Tahkimat Uygulanılmış Kısım.

- Baskıdan kaynaklı, tavan bölgesi kısım kısım süren kamalar ile desteklenmeye çalışılmış



Şekil 8. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi demir bağ yapıлып kama ile desteklenmiş bir kısım.

- Ahşap tahkimatın yetersiz kaldığı bölgeler de çelik bağlar kullanılarak ilerleme yapılmış.
- Taban kabarması sebebiyle galeri tabanının zaman zaman kazılması ve mevcut ray sistemlerinin elden geçirilmiş.



Şekil 9. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisi raylarda düzeltme ve tadilat yapılmış Kısım.

- Ahşabın rutubet etkisiyle küflendiği ve çürüdüğü görülmektedir.



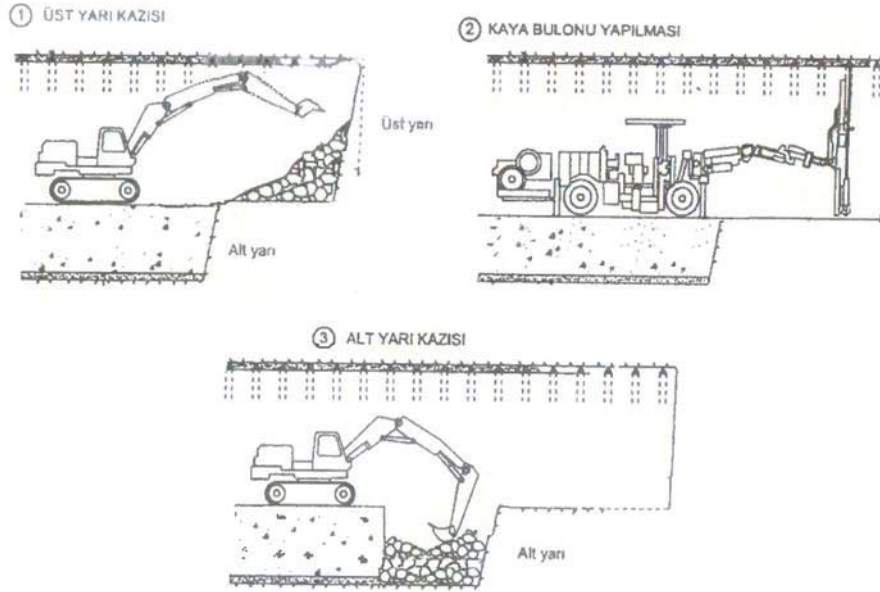
Şekil 10. Akkurt Madencilik 4 Nolu Ocak Ana Nakliye Galerisine Ahşap Tahkimatın rutubete maruz kalmış halinin örneği.

3. ULAŞIM TÜNELLERİNDE TAHKİMAT

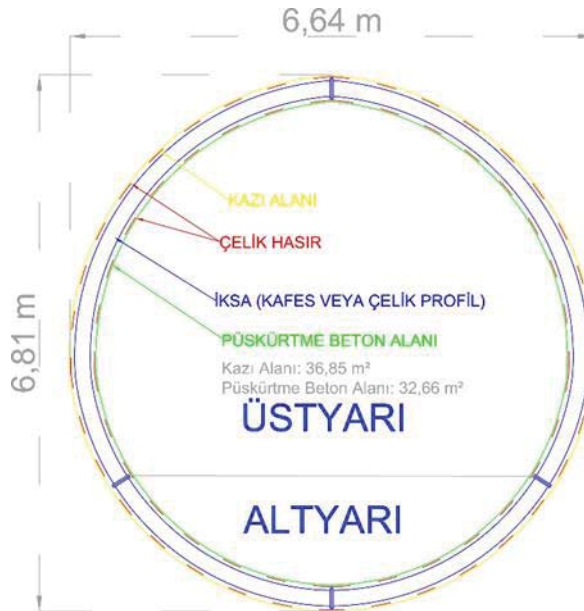
Ulaşım tünellerinde çoğunluk ile Yeni Avusturalya Tünel Açma Yöntemi “NATM” kullanılarak açılır. Bu yöntem kayacı yine kendisine taşıma prensibine dayanır. Kazı zemin durumuna göre delme-patlatma veya mekanik kazı olarak yapılır. Kazılacak kesit en az iki aşama (Üstyarı- Altyarı) halinde yapılır. Öncelikle üstyarı kazısı yapılır ardından püskürtme beton uygulanır. Püskürtme beton sonrası kayacın hava ile teması kesilmiş olur kabarmasının önüne geçilmiş olur iken çatlak veya boşluklarda kapanarak kayacın taşıyıcılığı arttırılmış olur. Püskürtme beton sonrası çelik hasır ve çelik iksa (Profil veya Kafes) ile destekleme yapılır. Akabinde tekrar püskürtme beton yapılır. Kayaç ve zemin şartlarına göre ikinci kat çelik hasır ve püskürtme beton yapılabilir. Altyarı aşamasına geçmeden önce üstyarı aşamasını askıda tutabilmek ve yapılan üstyarı tahkimatının kayaç ile birlikte çalışmasını sağlamak için tünelin iç çevresine radyal yönde zemin çivileri (Kaya Bulonu, Split Set, İbo Bulon, Swellex Bulon vb.) yapılır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra altyarı aşaması yapılır. İşlemler üstyarıda olduğu şekil ve sistemde devam eder. Bu iki aşamanın bütünlüğünü sağlamak için üstyarıda kullanılan çelik hasır ve iksa birbirine birleştirilerek tahkimatın bütünlüğü sağlanır. Sistem kapatıldıktan sonra olası tahkimat arkası boşlukların doldurulması gerekir. Belirli aralıklar ile püskürtme betonu yaklaşık 20 cm geçecek şekilde delgiler yapılır. Delgilerden çimento şerbeti enjekte edilerek tahkimatın kayaç ile bütünlüğü sağlanmış olur.



Şekil 11. Sapanca-Geyve Yüksek Hızlı Tren Projesi Güvenlik Tüneli 5 ten genel görünüm.



Şekil 12. Ulaşım tünellerinde genel aşamaların bir kısmı.



Şekil 13. Ulaşım tünellerinden A tip kesit tünel ve tahkimat elemanları.

4. SONUÇLAR

Ahşap tahkimat kullanım açısından kolaylıkları olmasına rağmen geri de her zaman iş çıkarıyor. Kısa vade de iş görürken yapılan yerde tekrar işçilik yapılması, malzeme kullanılması ve bu işler için plan yapıp zaman ayrılması 1 m galeri için yapılan maliyet günden güne artmaktadır. Deformasyonlara karşı direnci düşük olması nedeniyle insan ve makine daha fazla risk altında. Batmalar, kabarmalar, yanal baskılar ve kavlak dökülmeleri olmaktadır. Ayrıca sistem hava ile temas içerisinde olduğu için gaz gelişimi daima olmaktadır. Galeri için daha iyi havalandırılmaya ihtiyacı olmaktadır.

Ocakta kullanılan diğer tahkimat çelik bağlardır. Bu bağlar özellikleri konusunda ahşaptan kat kat üstündür. Ancak kasalar arası bağlantı zayıftır. Galeri içi oluşan yüklere karşı bireysel çalışır. Tavan ve yan duvar dökülmelerini önlemek için yine ahşap kullanılır. Taban kabarmalarına ve yanal baskıya karşı koyma özelliği ahşap ile aynı karakteristik özellikler gösterir.

Ulaşım tünellerinde uygulanan temel tahkimat çelik hasır, iksa ve püskürtme beton ile ilk yatırım maliyeti yüksek olacaktır. Ancak sistem birbiri ile bütün çalışacak. Deformasyona karşı sistem ahşap veya çelik bağlarda olduğu gibi kasa halinde değil tek parça bütün halinde karşı gelecektir. Kesit üzerine gelen yükler etrafına dağılacığından dayanım yüksek olacaktır. Taban kabarmaları altyarı yapılması nedeniyle olmayacaktır. Sistem tümüyle püskürme beton ile kaplı olacağından gaz püskürmeleri olamayacak. Galeri kesiti düzgün bir yapıya sahip olup hava akışı daha rahat olacaktır.

KAYNAKLAR

- Birön, C., Arıoğlu, E. 1999. Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 362.
- Aycan, E. 2008. Tahkimat Sistemi Seçimi ve Bilgisayar Yardımı İle Galeri Ahşap Tahkimat Sisteminin Boyutlandırılması, Çukurova Üniversitesi, Adana, 57.
- Yılmaz, Ö. 1994. Ulaşımında Yeraltı Kazıları 1. Sempozyumu (Genişletilmiş İkinci Baskı), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul, 394.
- Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., Yüce, E. 2007. 2. Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu Bildirileri Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 138, İstanbul, 604.
- Bilir, M. E., Kel, K., Kaymakçı, E. 2014. Türkiye 19. Kömür Kongresi Bildirileri Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, 463.
- Arıoğlu, E., Yüksel, A., Yılmaz, A. O. 2008. Püskürtme Beton Bilgi Föyleri – Çözümlü Problemler, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 142, İstanbul, 296.
- Yalçın, E. 2017. Yeraltı Havalandırması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 336, İzmir, 402.

METALÜRJİK KOKUN REAKSİYON SONRASI KOK MUKAVEMETİ (CSR) DEĞERİNİN GELİŞTİRİLMESİ IMPROVEMENT OF COKE STRENGTH AFTER REACTION (CSR) VALUE OF METALLURGICAL COKE

Berkman İşçi, Cansu Besun, Fatih Esin, Onur Acur*, Mücahit Sevim
Kardemir AŞ, Ar-Ge Merkezi, Karabük

Oğuzhan Yurtseven, Seda Altaş

Kardemir AŞ, Kalite Güvence Metalurji ve Laboratuvarlar Müdürlüğü, Karabük

Ömer Özdemir

Kardemir AŞ, Kok Fabrikaları Müdürlüğü, Karabük

ÖZET Metalürjik kok, yüksek fırın işletmesi için vazgeçilmez girdi malzemesidir. Yüksek fırın prosesinde kaliteli koklaşabilir kömürlerden elde edilen CSR değerleri yüksek metalürjik kok kullanımı tercih edilmekte ancak kaliteli kömür yataklarının rezervleri gün geçtikçe azalmaktadır. Bu çalışmada, metalürjik koka üç farklı bor ürünü ile belirlenen derişimde hazırlanan çözeltilerin uygulanarak CSR değerinin artırılması amaçlanmaktadır. Metalürjik kokun yüksek fırın içinde yanmaya karşı direnci artırılarak yanma reaksiyonun yavaşlatılması, fırına şarj edilecek kok miktarının azaltılması sayesinde ton sıvı ham demir üretimi başına açığa çıkacak CO₂ emisyonlarında düşüş gözlenmesi beklenmektedir. Gerçekleştirilen uygulamaların kok reaktivite test sonuçları incelendiğinde, bor çözeltisi uygulanmış kok numunelerinin referans kok numunesine göre CSR değerinde %10-25 iyileşme olduğu gözlenmiştir.

ABSTRACT Metallurgical coke is the indispensable input material for blast furnace operation. In the blast furnace process, the use of metallurgical coke with high CSR values obtained from high quality coking coals is preferred, but the reserves of high-quality coal beds are decreasing day by day. In this study, it is aimed to increase the CSR value of metallurgical coke by applying the solutions prepared with three different boron products at determined concentrations to the coke samples. It is expected that CO₂ emissions for per ton of hot metal production will decrease due to slowing the combustion reaction by increasing the resistance of metallurgical coke against combustion in the blast furnace and reducing the amount of coke to be charged into the furnace. When the coke reactivity test results of the applications were examined, it was observed that there was a 10-25% improvement in the CSR value of the coke samples with boron solution compared to the reference coke sample.

* ocur@kardemir.com

1. GİRİŞ

Dünyada üretilen koklaşabilir taşkömürünün %88'i ham çelik için pik demir üretiminde kullanılmaktadır. 2021 yılı sonu itibari ile dünyada 7.9 milyar Ton taşkömürü üretilmiştir. Bu miktarın 1.1 milyar Tonu demir-çelik sanayisinde kullanılan koklaşabilir taşkömürü olup, koklaşabilir taşkömürü tüketiminde Çin, Rusya ve Hindistan ilk üç sırada yer almaktadır.

2021 yılında koklaşabilir taşkömürü ihracatçısı ülkeler arasında Avustralya %53,1 pay ile ilk sırayı almıştır.

Çizelge 1. 2021 Yılı koklaşabilir taşkömürü ihracatçısı ülkeler.

Bölge/Ülke	Milyon Ton
Avustralya	169
ABD	43
Rusya	39
Kanada	27
Moğolistan	23
Mozambik	4
Diğer	13
Toplam	318

Ülkemizde en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak havzasında bulunmaktadır. Bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,5 milyar Ton olup, bunun yaklaşık %48'i görünür rezerv olarak kabul edilmektedir. Havzada koklaşabilir rezervler Kozlu, Üzülmez ve Karadon bölgelerinde yer almaktadır. Koklaşabilir taşkömürü rezervlerinin toplam rezervler içerisindeki payı yaklaşık %57'dir.

Çizelge 2. Sektörlerin taşkömürü tüketimi ($\times 1.000$ Ton).

Tüketiciler	2021 Yılı
Termik Santraller	19,746
Kok Fabrikaları	6,276
Demir-Çelik	1,249
Sanayi (Demir-Çelik Sanayi Hariç)	5,377
Diğer	4,766
Toplam	37,425

Türkiye'de 2021 yılında kok fabrikalarında yaklaşık 6.3 milyon Ton koklaşabilir taşkömürü tüketilmiştir.

Kardemir 2011 yılından itibaren ülkemizde üretilen tam koklaşabilir kömürü kullanan tek entegre demir çelik tesisidir. 2021 yılında üretilen yaklaşık 203 bin Ton üretimin tamamı Kardemir’de değerlendirilmiştir (TTK 2022).

Havasız ortamda ısıtılan koklaşabilir özellikteki kömürün uçucu maddelerini kaybetmesi ile birlikte katı ve iyi pişmiş sert bir ürün bırakması işlemine koklaşma, uçucu maddelerin kömürden arındırıldıktan sonra kalan sert, gözenekli sünger yapıları ve yüksek karbon içeriğine sahip ürüne kok denilmektedir (Bulut 2010).

Kardemir AŞ Kok Fabrikalarında koklaşabilir kömür, fırınlara şarj edilmekte, 18-21 saatlik koklaşma sonrasında elde edilen kızgın kok itici makina yardımı ile kılavuz arabası üzerinden söndürme vagonetine boşaltılmaktadır. Kızgın kok, söndürme kulelerinde su püskürtülerek söndürüldükten sonra kok rampasına dökülmektedir. Metalürjik kok, kok kırma eleme tesisinde boyutlandırılarak yüksek fırınlara sevk edilmektedir. Yüksek fırınlarda, demir cevheri, sinter ve pelet gibi demirli malzemelerin cüruf yapıcı katkı malzemeler ile harmanlanarak kok yardımıyla ergitilmesi sonucu sıvı ham demir elde edilmektedir.

Metalürjik kok, yüksek fırın prosesi için vazgeçilmez girdi malzemesidir. Yüksek fırın prosesinde kaliteli koklaşabilir kömürlerden elde edilen CSR değerleri yüksek metalürjik kok kullanımı tercih edilmektedir. Metalürjik kokun reaksiyon sonrası kok mukavemeti (CSR) ve kok reaktivite indeksi (CRI) yüksek fırınların takip ettiği önemli parametrelerdir. Yüksek fırın toplam hacminin %55’ini, reaksiyon bölgesinin %75’ini oluşturan metalürjik kokun (Akbulut 2001) yüksek fırın prosesinde fiziksel (geçirgen ve taşıyıcı yapının oluşturulması), termal (indirgenme için gerekli ısının büyük bölümünün ~%80 sağlanması) ve kimyasal (indirgeyici gazların üretilmesi) olmak üzere başlıca üç görevi bulunmaktadır (H. Bertling 1999).

Üretilmek istenilen kokun kalitesi öncelikle iki ana değişken olarak kömür harmanı kompozisyonu ve kok fırını proses şartlarına bağlıdır. Yüksek fırınlara şarj edilen kok kaliteleri için CSR/CRI değerleri Çizelge 3’te verilmiştir (Babich 2019).

Çizelge 3. Yüksek fırınlara şarj edilen kok kaliteleri CSR/CRI değerleri.

	Avrupa	NAFTA	Japonya	Güney Kore	Almanya
CSR	56.0-70.0	63.0-67.0	50.0-65.0	66.0-71.0	>65
CRI	20.5-38.0	23.0	n.a	n.a	<23

Yüksek fırın prosesinde kaliteli koklaşabilir kömürlerden elde edilen CSR değerleri yüksek metalürjik kok kullanımı tercih edilmektedir. İstenilen kalitede metalürjik kok üretmek, kok kalite parametrelerini iyileştirmek için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Metalürjik koka üretim sonrasında gerçekleştirilen uygulama bunlardan bir tanesidir. Tamko ve ark. (2010) çalışmalarında deneysel sonuçlara ve yayınlanmış verilere dayanarak, tetraboratların metalürjik kokun fırın dışındaki uygulaması için kullanılacak en uygun bileşikler olduğu sonucuna varmıştır.

Kolomiichenko ve ark. (2017) metalürjik koka $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ çözeltisi uyguladıkları çalışmada kokun soğuk mukavemet değerinin önemli ölçüde iyileştiğini bulmuştur.

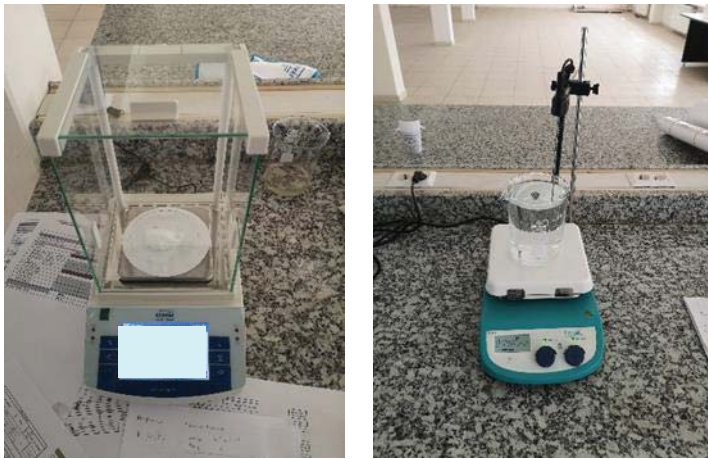
Metalürjik kokun CSR değerlerindeki iyileştirme ile yüksek fırın içinde yanmaya karşı direnci artırılarak yanma reaksiyonun yavaşlatılması ve fırına şarj edilecek kok miktarının azaltılarak ton sıvı ham demir başına açığa çıkacak CO_2 emisyon değerlerinde düşüş gözlemlenmesinin hedeflendiği çalışmada; çeşitli bor ürünleri ve (YAM) yüzey aktif maddelerin karışımı ile hazırlanan çözeltiler +19-22.4 mm boyutuna getirilen metalürjik kok numunelerine uygulanarak kok reaktivite indeksi (CRI) ve reaksiyon sonrası kok mukavemeti (CSR) üzerine etkileri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Çözeltilerin Hazırlanması

Kardemir Ar-Ge Merkezi laboratuvarında üç farklı bor ürünü ve beş farklı yüzey aktif madde kullanılarak, uygulanacak kok miktarının ağırlıkça %7.5'i kadar çözeltiler hazırlanmıştır.

Çözelti içeriğindeki bor ürünleri hassas terazide tartılarak yüzey aktif madde ile birlikte 15 ml'lik su içerisine eklenmiştir (Şekil 3). Çözeltinin homojen olması için bor ürünleri suda çözününceye kadar ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda belirli bir sıcaklıkta karıştırılmıştır.



Şekil 3. Hassas terazide tartım ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda uygulama.

2.2. Numunelerin Hazırlanması

Kardemir A.Ş. Kalite Güvence Metalurji ve Laboratuvarlar Müdürlüğü bünyesindeki Kömür Kok Yan Ürünler Laboratuvarında uluslararası test metodu olan ASTM D5341 “Standard Test Method for Measuring Coke Reactivity Index (CRI) and Coke Strength After Reaction (CSR)” standardına göre numuneler hazırlanmakta ve analiz yapılmaktadır.

Kok Kırma-Eleme tesisindeki bantlardan belirlenen periyotlarda analiz için kok numunesi alınmaktadır. Kok numuneleri kok kırıcılarında kırılıp, eleme işlemi gerçekleştirildikten sonra deneysel çalışmadaki istenilen +19-22.4 mm boyutuna getirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kok numunelerinin kırıcıda kırılması ve elenmesi.

2.3. Laboratuvar Uygulaması

Kömür Kok Yan Ürünler Laboratuvarında +19-22.4 mm boyutundaki 200 gram kok numunelerine 15 ml'lik hazırlanan çözeltiler homojen şekilde püskürtülmüştür. Reaktivite Test Cihazında, kok reaktivite indeksi (CRI) olan kimyasal testi yapılmıştır. Reaksiyon sonrasındaki kokun mukavemeti (CSR) için tambur cihazında fiziksel teste tabi tutulmuştur. (Şekil 5-6).



Şekil 5. +19-22.4 mm'lik kok numunesine çözeltilerin püskürtülerek uygulanma anları.



Şekil 6. Numunelerin kok reaktivite cihazına koyulması.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneysel çalışmada kullanılan numuneler dört farklı kaynaktan temin edilmiş ve koklaşma özellikleri bulunan kömürlerin harmanlanması ile hazırlanmıştır. Uygulamanın gerçekleştirildiği döneme ait kömür harmanı Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Kömür harmanı değerleri.

TTK	%10
AVS	%30
ABD	%35
RUS	%25

Üç farklı bor ürünü ve aynı yüzey aktif madde ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ile birlikte referans (çözelti püskürtülmeyen) kok numunesi %CRI ve %CSR değerleri Çizelge 5’te verilmiştir.

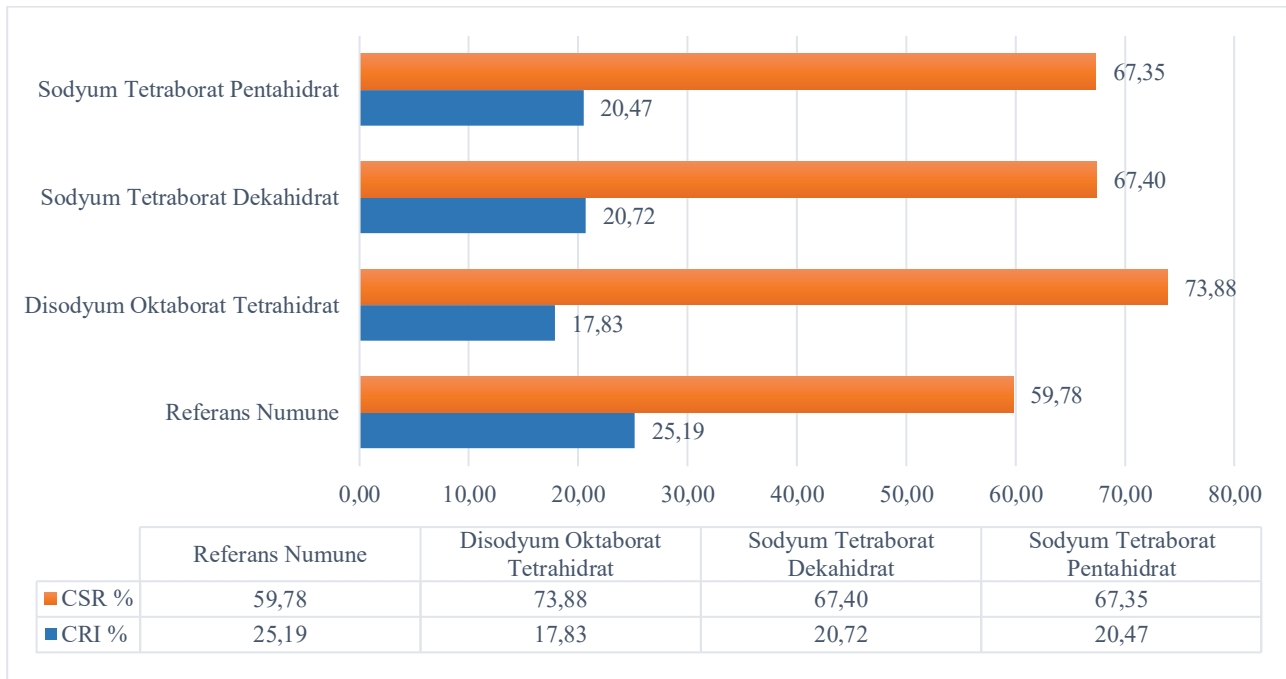
Çizelge 5. Üç farklı bor ürünü ve aynı yüzey aktif madde ile hazırlanan çözeltilerin reaktivite test sonuçları.

	CRI (%)	CSR (%)
Sodyum Tetraborat Dekahidrat ve YAM ¹	21.59	65.96
	19.85	68.83
Sodyum Tetraborat Pentahidrat ve YAM ¹	20.91	67.38
	20.03	67.32
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ¹	18.86	72.65
	16.80	75.10
Referans Numune	25.19	59.78

Üç farklı bor ürünü ve aynı yüzey aktif madde ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ile referans kok numunesi karşılaştırıldığında;

- Sodyum Tetraborat Dekahidrat ve YAM¹ ile hazırlanan çözeltinin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %12.74 artış, CRI değerinde %17.75 azalış,
- Sodyum Tetraborat Pentahidrat ve YAM¹ ile hazırlanan çözeltinin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %12.66 artış, CRI değerinde %18.74 azalış,
- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM¹ ile hazırlanan çözeltinin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %23.58 artış, CRI değerinde %29.22 azalış görülmüştür.

Bor çözeltilerinin kok yüzeyini kaplayan bir film tabakası oluşturduğu ve kokun aktif yüzeyini kapatarak reaksiyonu geciktirdiği ve bu sayede CSR değerinde iyileştirme sağladığı düşünülmektedir (Demirkol ve ark. 2018, Alekseevich 2019, Viktorovich 2013, Tamko ve ark. 2010, Zolotarev ve ark. 2009, Shendrik ve ark. 2010, Filatov 2012, Musiiwa 2018, Longbottom ve ark. 2016).



Şekil 7. Üç farklı bor ürünü ve aynı yüzey aktif madde ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ile referans kok numunesi ortalama %CSR ve %CRI değerleri.

Üç farklı bor ürünü ve aynı yüzey aktif madde ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ile referans kok numunesinin analizleri incelendiğinde optimum değere Disodyum Oktaborat Tetrahidrat çözeltisi ile ulaşılmıştır (Şekil 7).

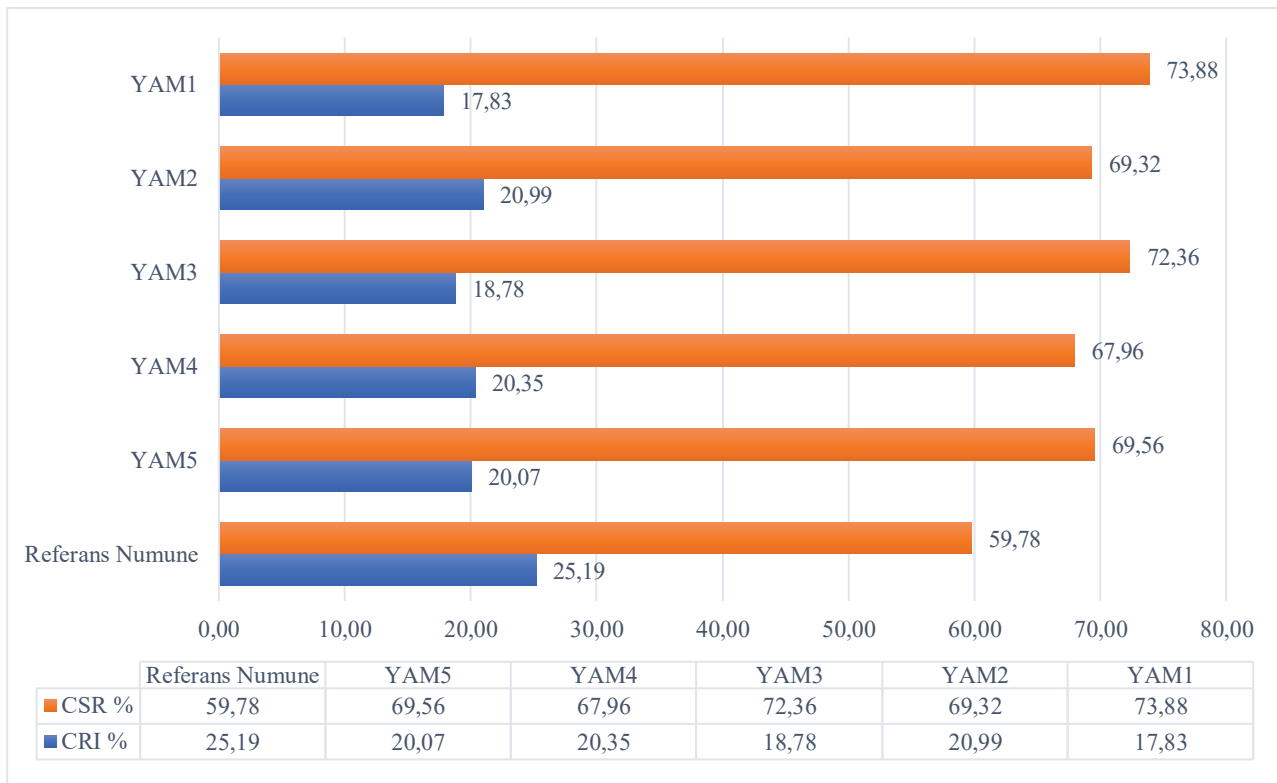
Optimum değeri veren Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ile hazırlanacak çözeltilerde farklı yüzey aktif maddeler kullanılarak, yüzey aktif maddelerin kok reaktivite değerlerine etkisi incelenmiştir. Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve farklı yüzey aktif maddeler ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunelerinin %CRI ve %CSR değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve farklı yüzey aktif maddeler ile hazırlanan çözeltilerin %CRI ve %CSR değerleri.

	CRI (%)	CSR (%)
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ¹	17.83	73.88
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ²	20.99	69.32
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ³	18.78	72.36
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ⁴	20.35	67.96
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM ⁵	20.07	69.56
Referans Numune	25.19	59.78

Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve farklı yüzey aktif maddeler ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ile referans kok numunesi karşılaştırıldığında;

- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM¹ ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %23.58 artış, CRI değerinde %29.22 azalış,
- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM² ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %15.96 artış, CRI değerinde %16.67 azalış,
- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM³ ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %21.04 artış, CRI değerinde %25.45 azalış,
- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM⁴ ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %13.68 artış, CRI değerinde %19.21 azalış,
- Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM⁵ ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numunesinin CSR değerinde %16.36 artış, CRI değerinde %20.33 azalış görülmüştür.



Şekil 8. Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve farklı yüzey aktif maddeler kullanılarak hazırlanan çözeltilerin uygulandığı kok numuneleri ve referans kok numunesinin %CSR ve %CRI değerleri.

Disodyum Oktaborat Tetrahidrat bor ürünü ve beş farklı yüzey aktif madde kullanılarak hazırlanan çözeltilerin uygulandığı ve referans kok numunelerinin analizleri karşılaştırıldığında optimum değere Disodyum Oktaborat Tetrahidrat ve YAM¹ çözeltisi ile ulaşılmıştır (Şekil 8).

Metalürjik kokun aşınma ve kırılma problemleri CSR değerlerindeki artışa paralel azalacağından fırın içinde homojen tane boyutu sağlanmış olacak ve bu da kokun yüksek fırın içerisindeki yataklık görevini tam anlamıyla gerçekleştirmesini sağlayarak fırın içindeki gazların yukarı yönlü hareketi ile cürufun aşağı doğru hareketi daha stabil hale gelecektir. Metalürjik kokun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi fırın veriminin artmasına, fırından alınan ham demirin kalitesinin artmasına da katkı sağlayacaktır. Yüksek fırın prosesinde en önemli enerji girdisi olan kok kömürünün CRI değerlerindeki iyileştirme kokun yüksek fırın içinde yanmaya karşı direncini artırarak yanma reaksiyonun yavaşlatıp fırına şarj edilecek kok miktarının azalmasını sağlayacaktır (Demirkol ve ark. 2018).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Kardemir Ar-Ge Merkezi ve Kömür Kok Yan Ürünler Laboratuvarlarında üç farklı bor ürünü ve beş farklı yüzey aktif madde kullanılarak, uygulanacak kok miktarının ağırlıkça %7.5'i kadar çözeltiler hazırlanmış ve +19-22.4 mm boyutuna getirilen metalürjik kok numunelerine püskürtülerek uygulanmıştır. Deneysel çalışmadaki numunelere kok reaktivite testi yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda optimum değeri veren Disodyum Oktaborat Tetrahidrat çözeltisi bulunmuştur.

Çözeltilerin uygulandığı kok numunelerinin tümünde %CSR değerlerinde artış kaydedilmiştir. CSR değerindeki artışın, kok mukavemetinin artmasını sağlayarak yüksek fırın içerisindeki kok hareketlerini, kok aşınması, kok kırılması, yüksek fırın rejimini yakından ilgilendiren kokun fiziksel özelliklerinden kaynaklı problemlerin azalmasına katkıda bulunacağı öngörülmektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında 2026 yılında mali yükümlülük sürecinin başlaması öngörülen Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ile birlikte Türkiye'de özellikle entegre üretim tesislerinde enerji tüketimi ve ürün başına salınan CO₂ miktarını düşürmeye yönelik çalışmalara ağırlık verilecektir.

Kardemir yerli kaynak kullanımına verdiği öncelik stratejisi ile ülke ekonomisine ve istihdama katkı sağlamaya devam edecektir.

TEŞEKKÜR

Ar-Ge Merkezi'ne desteklerini esirgemeyen Kardemir Genel Müdürümüze, Üst Yönetimimize ve bu çalışmada vermiş oldukları katkılar için Kardemir AŞ Kok Fabrikaları Müdürlüğü, Kalite Güvence Metalurji ve Laboratuvarlar Müdürlüğü ile Eğitim Müdürlüğümüze teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbulut, H., 2001. Kok Özelliklerinin Önemi ve Yüksek Fırın Prosesi Üzerine Etkileri. I. Demir-Çelik Sempozyumu Bildirileri, s. 59.
- Babich, A., Senk, D. 2019 Coke in The Iron and Steel Industry. In: New Trends in Coal Conversion. Woodhead Publishing, pp. 367-404.
- Bertling, H. 1999. Coal and Coke for Blast Furnace, ISIJ Int., 39, pp. 617–624.
- Bulut, B. 2010. Yüksek Fırınlarda Verim Artırmak Amacıyla Koklaşabilir Yerli ve İthal Kömürlerin Optimum Harmanlama Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, s. 28-30.
- Demirkol, O., Özduman, G., Yaşar, M. 2018. Metalurjik Kok Kömürünün Yüksek Fırında Yanma Reaksiyonun Yavaşlatılması, 14th International Combustion Symposium, INCOS.
- Filatov, Y. A. 2012. Method for Treatment of Blast-Furnace Coke”, Rusya WO2012/102687 Patenti, pp. 1-21.
- Kolomiichenko, I. V., Zolotareva, O. N., Mostovoia, S. I., Kasyuna and Toryanik, E. I. 2017. Producing Coke of Improved Quality, Coke and Chemistry, 60, 11, pp. 424-428.
- Longbottom, R., Monaghan, B., Chowdhory, R., Reid, M., Zhang, G., Russel, M., Hocking, K. 2016. Effect of Mineral Matter on the Reactivity of Coke and its Replication in a Coke Analogue”, ISIJ International, 56, pp. 1553-1558.
- Musiiwa, A. 2018. An Investigation into the Use of Borates to Improve Coke CSR/CRI when Blending Metallurgical Coal to Make Blast Furnace Coke, Faculty of Engineering and the Built Environment University of the Witwatersrand, pp. 2-76.
- Tamko, V. A., Zolotarev, I. V., Saranchuk, V. I., Shendrik, T. G., Zbykovskii, E. I., Shvets, I. I. 2010. Treatment of Metallurgical Coke with Aqueous Solution, Journal of Solid Fuels Chemistry, 44, pp. 12-15.
- Türkiye Taşkömürü Kurumu – TTK Mayıs 2022. Taşkömürü Sektör Raporu, s. 1-46.
- Viktorovich, S. P. 2013. Method of Obtaining High-Quality Coke, Rusya RU2539186C1, pp. 1-5.
- Zolotarev, I. V., Tamko, V. A., Zbykovskyy, Y.I. 2009. Means of Improvement of CSR and CRI Indexes of Blast Furnace Coke, European Coke 2009, pp. 2-13.

GADABAY ALTIN-BAKIR REZERVİNİN İŞLETİLMESİNDE DELME-PATLATMA ÇALIŞMALARININ PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PARAMETERS OF DRILLING-BLASTING WORKS IN THE OPERATION OF GADABAY GOLD-COPPER RESERVE

Jamil Asatzade*

ZBEÜ, Maden Mühendisliği Bölümü

Özgür Yılmaz

ZBEÜ, ZMYO, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü

ÖZET Modern madencilik çalışmalarının bir çok aşamasında delme ve patlatma işlemleri uygulanmaktadır. Açık ocak basamak patlatması işlemleri hem dekapaj hem de üretim amacı ile yapılmaktadır. Patlamanın kalitesi, cevherin eşit olarak öğütülmesi, kütlede cevherin verimli bir şekilde ayrılması ve parçalanmış kütlede genişliği ile belirlenir. Delme ve patlatma işlemlerinin parametrelerinin belirlenmesi kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerine, delik delme türüne, patlatma şekil ve boyutlarından bağımlıdır. Bu çalışmanın temel amacı Gadabay altın-bakır madeninde delme ve patlatma işlemleri için en uygun parametrelerin seçilmesi, uyumsuz parçaların çıkımını azaltmaya yardımcı olacak patlatma alanına yakın yerlerde cevherin daha iyi öğütülmesine olanak sağlamasıdır. Delme ve patlatma işlemlerinin verimliliğini belirleyen cevherin yapısını doğru kullanmak, cevherin madencilik alanında ve en uygun parametrelerin seçilmesinde önem taşımaktadır. Yatağın topukta olan direnç değeri ve kuyunun derinliğinin doğru seçilmesi Gadabay altın-bakır madeninde delme ve patlatma işlemlerinin verimli olmasına olanak sağlaması bu çalışmanın araştırmanın bilimsel yeniliğine katkıda bulunur.

ABSTRACT Drilling and blasting operations are carried out in many stages of modern mining operations. In open pit mines, bench blasting operations are carried out for both overburden removal and production purposes. The quality of the explosion is determined by equal grinding of rock minerals, efficient separation of ore from the mass, and the width of the crushed mass. Determining the parameters of drilling and blasting processes depends on the physical and mechanical properties of the rocks, the type of drilling, their shape and size. The main purpose of this study is to select the most suitable parameters for drilling and blasting operations in the Gadabay gold-copper mine, allowing better grinding of ore near the blasting area, which will help reduce the output of incompatible parts. Proper use of the ore structure, which determines the efficiency of drilling and blasting processes, is important in the mining area of the ore and in selecting the most appropriate parameters. The correct selection of the resistance value of the bed on the heel and the depth of the well allow the drilling and blasting operations of the Gadabay gold-copper mine to be efficient, which contributes to the scientific renewal of the research.

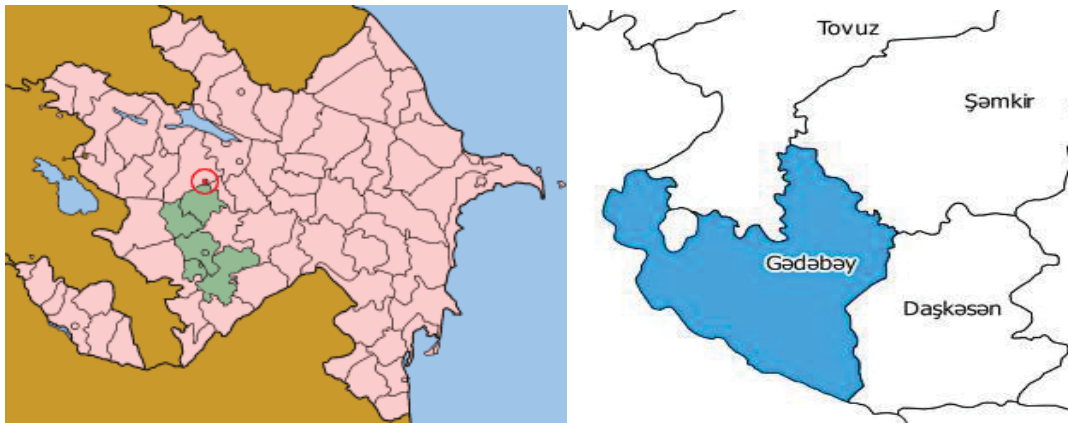
* jasadzade.2002@gmail.com

1. GİRİŞ

Açık ocak madencilik yöntemiyle yapılan madencilik çalışmaları yeraltı yöntemlerine göre büyük avantajlara sahiptir. Yeraltı maden çıkarma yöntemlerinde tabaka kalınlığı, maden ve depolama parametreleri, maden havasının değişimi vb. güçlü ve nispeten büyük makine ve ekipmanların kullanımını kısıtlar. Yeraltı madenciliği gün boyunca aydınlatılırken, açık ocak madenciliğinde çalışma sahası, gün içerisinde yalnızca karanlıkta aydınlatılmaktadır. Bunun için açık işletme ile çalışma, madencilik endüstrisinin en önemli alanı olarak kabul edilir. Mineral çıkarım teknolojisinin temeli, tam olarak kayaların parçalanması veya ufalanmasıdır. Dünyadaki mineral üretiminin %85'i kaya patlatma işlemleri ile üretilmektedir. Patlayıcı madde esas olarak sert cevherlerin ve kayaların parçalanmasında kullanılır. Patlayıcı maddenin verimli kullanımı ancak delme ve patlatma çalışmalarının parametrelerinin doğru belirlenmesiyle mümkündür. delme ve patlatma işlemlerinin parametreleri şunlardır: delik çapı, delikeğimi, şev yüksekliği, delikşebekesi, delikarası mesafe, delikderinliği. Kazı ve patlatma maliyetlerinin incelendiğinde, delme ve patlatma maliyetlerinin temel olarak kayaların sertliğine bağlı olduğu bulunmuştur. Patlatma operasyonları için maliyetleri düşürmek, öncelikle ucuz patlayıcıların kullanılmasıyla daha sonra ise daha verimli delme yöntemleri ve modern delme makineleri kullanılarak mümkündür. Delme ve patlatma çok emek yoğunluğuna sahip Yolup, açık ocak madenciliği maliyetinin %35'ini oluşturmaktadır. Kayaçların sertliği arttıkça, delme ve patlatma operasyonlarının işçilik maliyetleri ve yapılan işin maliyeti artar. Yukarıdakilere ek olarak, patlayıcı deliklerinin patlatılma zamanı, kayaç ufalanması ve yük arabalarının performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır.

2 BÖLGENİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ, CEVHER KÜTLELERİNİN MORFOLOJİSİ VE YATAKLANMA KOŞULLARI

Gadabay altın-bakır madeni, Azerbaycan'da, Shahdag Sırtı'nın kuzeydoğu yamacında, Gadabay sıradağlarının ortasında (yükseklik 3063 m), Shamkirchay ve Zayamchay nehirlerinin ortasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Gadabay altın-bakır madeninin coğrafi konumu.

Azerbaycanlı jeologlara göre, yatak çok karmaşık bir jeolojik yapıya sahip olup iki tür cevheri içerir, birincil volkanojenik masif sülfür cevheri ve genç bakır porfir cevheri. Büyük dokulu cevherler esas olarak pirit ve kalkopirit ve az miktarda sfalerit, kalenit, tetrahedrit ve baritten oluşur. Yatak çok karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir ve iki tür örtüşmeyi birleştirir, ilk volkanojenik masif sülfür cevheri ve genç bakır-porfir cevheri. Jeoteknik analiz ve mukavemet hesaplaması, şevlerin eğimini tahmin etmek için yapılmış ve volkanik ve porfir kaya yataklarının jeolojisinin bir analizinden oluşmaktadır. Taş ocağında 90°'e kadar kırıklar gözlenmektedir. Kaolinize porfir fasiyesleri, üstte ve daha yüksek mukavemetli olan üstteki volkanik kayalara kıyasla düşük bir mukavemete sahiptir. Düşük sertlikteki porfir kayaların üzerinde yatan volkanik kayalar serttir, cevherde taş ocak duvarlarının altında yerel olarak zayıflamış çökeltilerin oluşumuna yol açabilecek bir dizi kil şeridi vardır. Limonit boyaması bazı parçaların su içerdiğini gösterir. Şimdiye kadar, alanın eğim açısı 45° ve 50° civarındaydı ve maksimum 56°'e ulaşmıştır. Kayaların dayanım üst limiti volkanik kayalarda 100 MPa, kuvars porfirinde 50 MPa'dır. Volkanik kayaların yoğunluğu 2.4 t/m³, kuvars porfirinin yoğunluğu 2.7 t/m³ ve cevher kayalarının yoğunluğu 3.1 t/m³'tür. Cevher ve kayalar için ortalama sertlik katsayısı $f=8$ olduğu varsayılmaktadır. Cevherlerin ortalama birim hacim ağırlığı $\gamma_f = 3.13 \text{ t/m}^3$ ve kayaların ortalama birim hacim ağırlığı $\gamma_s = 2.7 \text{ t/m}^3$ 'tür.

3. REZERVİN AÇIK OCAK MADENCİLİĞİYLE İŞLETİLMESİ İÇİN GEREKÇEKLERİN ARAŞTIRILMASI

Açık ocak madencilik yönteminin yeraltı madenciliğine göre birçok avantajı vardır:

- Daha iyi çalışma koşulları ve daha iyi iş güvenliği (1.000 çalışan başına düşen kaza sayısı 5-6 kat daha az ve 1 milyon tonda 13-17 kat daha azdır),
- Teknolojik tiplere ve türlere göre minerallerin tamamen çıkarılması için iyi koşullar, böylece minerallerin kaybını ve kirliliğini azaltır,
- Güçlü ve yüksek performanslı makine ve mekanizmaların kullanımı için daha verimli fırsatlar,
- Kariyerde çalışanların emek verimliliğinin yeraltı madenlerdekinden 3-7 kat daha yüksek ve 2-3 kat daha düşük ürün maliyeti,
- Yeraltı madenciliğine kıyasla kariyer inşaatının 1.5-2 kat daha hızlı tamamlanması ve kariyer yapısının 2-3 kat daha düşük maliyeti,
- Projenin kariyer potansiyelinin 1-2 yıl içinde başarılması.

Açık yöntemle işletmenin dezavantajları aşağıdaki gibidir:

- İklim koşullarının iş performansı üzerindeki etkisi,
- Bu yöntemin çalışılması sırasında yüksek çevresel etki; havanın toz, gaz vb. ile kirlenmesi; taşocakçılığı için büyük miktarda arazi tahsis edilmesi; yakın çevredeki yeraltı suyu seviyeleri değişmesi.

Örtü kazı oranı açık ocak madenciliğinin fizibilitesini belirlemek ve açık ocak madenciliğinin ekonomik olarak uygulanabilir derinliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Gadabay altın ve bakır madeninde, kazılan kayaçlarının cevher miktarına oranı 3:1'dir. Yani, örtü kazı oranı $3 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 'tür. Çoğu BDT ülkesinde, örtü kazı oranı $10-15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Bu nedenle, 1 m^3 cevheri çıkarmak için 10 m^3 'ten fazla açma taşının çıkarılması gerekir. Tüm bu alanlarda cevherin çıkarılması ekonomik olarak uygundur. Gadabay altın ve bakır alanında bu endeks diğer alanlara göre üç kat daha azdır. Bu nedenle, *Gadabay altın-bakır yatağının açık ocak madenciliği için ekonomik olarak uygun* bulunmaktadır.

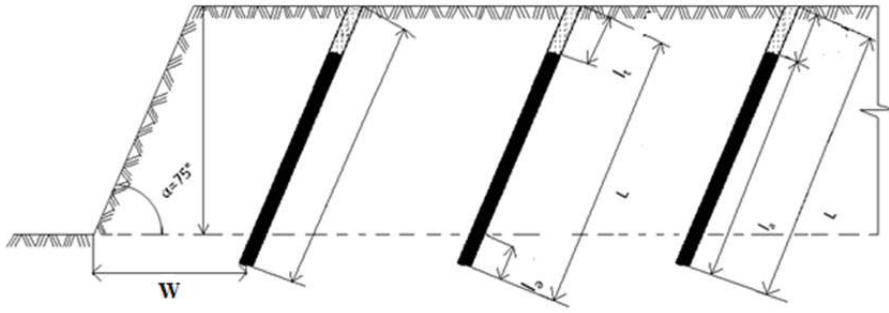
4. ŞEV YÜKSEKLİĞİNİN VE DELİK EĞİMLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Şevin parametreleri; şevin yüksekliği, şev topuk ile tavanı arasındaki dikey mesafe ve şevin topuğun yassılığı ile oluşturduğu açı olarak tanımlanan eğim açısı α 'dır. Şevlerin yüksekliği, kazılan kayaların ve mineral bileşiklerin tabakalarının kalınlıklarından ve kazıcı-yükleme ekipmanının parametrelerine bağlı olarak seçilir. Şevin eğimi kayaların heyelanına ve kaymasına izin vermemeli ve şevin dengesini sağlamalıdır. Sahada şevlerin yüksekliği birkaç metre ile 40-50 metre arasında değişmektedir ve şev eğimi 30° ile 80° arasında değişmektedir.

Sahanın açık ocak yöntemi ile işletilmesi için bölgenin şevlere bölünmesinde olan sınır her bir somut durum için bir dizi nicel ve nitel faktörlerin incelenmesini gerektirir. sahanın işletilmesini yoğunlaştırmak için şevlerin yüksekliğini azaltmak tavsiye edilmektedir. Şevlerin yüksekliğinin azaltılması, farklı cevher türlerinin çıkarılması ve şevin ve alanın stabilitesinin artırılması için de önemlidir. Şevlerin yüksekliğini arttırmanın birkaç ekonomik avantajı vardır:

- Alanda şevlerin ve çalışma ufuklarının azaltılması,
- Yolların uzunluğunun kısaltılması,
- Ekskavatör verimliliğinin artması,

Yukarıdakiler ve araştırmalar göz önüne alındığında, Gadabay altın-bakır madeninin açılış aşamalarında şev yüksekliği 10 m idi. Delikler çoğu durumda şevde dikey, eğimli ve bazı durumlarda yatay olarak yerleştirilebilir (Şekil 2). Deliklerin dikey çizgi boyunca eğimli olarak delinmesi, ek delmede önemli bir azalmaya yol açar. Dikey oyuklardaki ilave delme derinliği topukta direnç değeri %25-30'u ise, eğimli deliklerdeki ilave delme derinliği topuk direnç çizgisinin %15'idir. deliklerin eğimli kazılması şevlerin yüksekliğini arttırmaya izin verir. Dikey deliklerde, şevin yüksekliği, delik derinliği arttıkça kayaların patlamaya karşı artan direnci ile kademeli olarak sınırlanmaktadır. Dikey deliklerin koparmada şevin yüksekliğini sınırlayan bir başka faktör, patlatma sırasında çok sayıda çatlak ve çökmüş kütlelerin ortaya çıkmasıdır, bunun da üstesinden gelmek için bu işlemi yapabilecek ekipman olmalıdır.



Şekil 2. Eğimli patlatma kuyularının yerleştirilmesi.

5. AÇILIŞ AŞAMASINDA DELİK EK DELME DERİNLİĞİ MALİYETİNİN SEÇİLMESİ VE DELİK DERİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Genel olarak, deliklerde ek delme derinliğinin en verimli değerini seçmek için genel öneriler yapmak mümkün değildir. Bu nedenle, bu derinliği etkileyen faktörleri (parçalanmış maden kütlelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri, delme ve patlatma teknikleri, patlayıcı madde tasarımı ve uygulanan patlatma şemaları, vb.) dikkate alınarak benzer mineral yataklarının geliştirilmesi deneyimine dayanır.

Azerbaycan'daki mineral yatakların açık ocak madenciliği deneyiminin ve diğer birçok ülkenin kariyerlerinin deneyimlerinin incelenmesi ve analizine dayalı olarak ek kazma değerini aşağıdaki formülle belirlenmesi tavsiye edilir.

İlave delmenin derinliği, eğimli deliklerde, şevlerin eğimine paralel olarak topukta var olan direnç değerinin %10 ila 15'idir, yani

$$L_{e.d} = 0,15 W \text{ (m)} \quad (1)$$

Direnç değeri $W = 3,44$ m değeri göz önüne alındığında, ek delme derinliği aşağıdaki gibidir:

$$L_{e.d} = 0,15 \cdot 3,44 \quad (2)$$

Dikey deliklerde, ek delme derinliği direnç değerinin %25-30'una kadar alınır. Delik derinliğinin bulunmasında, deliklerin derinliği aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} + l_e \quad (3)$$

Burada;

l_e – ek delme derinliği, 0,52 m

H – şevin yüksekliği, 5 m

α – şevin eğim açısıdır, 75°

6. PATLAYICI SEÇİMİ VE PATLAYICI MADDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI.

Bir patlayıcı seçerken, tabanın derinliğini, kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerini, delikler doldürmek için kullanılan mekanizasyon yöntemini ve ekonomik ve teknolojik faktörleri dikkate almak önemlidir. Patlayıcıların seçimi, aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi faktör dikkate alınarak yapılır: endüstriyel, jeolojik, hidrojeolojik, madencilik ve ekonomik faktörler. Bir patlayıcı seçerken, kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri, kayaların mineral bileşimi ve yapısı, diplerin sulu olup olmaması, kuyuların gerekli mekanikleştirilmesi, teknolojik ve ekonomik faktörleri dikkate almak lazımdır. Gadabay altın-bakır madeninde cevheri içeren kaya sertliği faktörü $f < 10$ 'dur, bu yüzden IGDANIT adı verilen içeriği 95 kısım (ağırlık) amonyum tuzları ve 5 kısım dizel yakıt olan ve Powergel Super 750, Powergel Magnum 365 adı verilen patlayıcıları kullanmak daha verimli sayılmaktadır. Yabancı ülkelerin madenleri (ABD, İsviçre, Çin, vb.) gelişmiştir ve şu anda yaygın olarak elektriksiz patlatma şemaları kullanılmaktadır. Bu yöntem bir şok dalgasının iletimine dayanmaktadır. Şok dalgası, hızı 2 m/s olan yüksek mukavemetli plastik dalga vericisi tarafından tahrik edilir. Dalga verici bağcık iç tarafına ince bir tabaka olarak ten veya oktagon tipi patlayıcılar ve alüminyum tozu enjekte edilir. Dalga vericisinin 1 m'sinde, patlayıcı içerik 50 mg'dır. Ancak, 1 metrelik patlama döngüsünde patlayıcı miktarı 12-15 gramdır. Yukarıdakiler ışığında Gadabay altın-bakır madeninde bir patlama yöntemi olarak elektrikli olmayan bir patlatma yöntemi sunmaktadır.

6.1 Patlayıcı Madde Tüketiminin Belirlenmesi

Patlayıcı maddenin tüketiminin belirlenmesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$q = 0,27 \cdot \sqrt[3]{f} \quad (\text{kq/m}^3) \quad (4)$$

f – cevher ve verimsiz kayaların serlik katsayısı, $f = 8$.

Bu zaman patlayıcı maddenin özel tüketiminin belirlenmesi: İkinci ve sonraki hatlar için, patlayıcı maddenin toplam maliyetinin %5-10'u giderilir.

Açma aşamasındaki patlatılmış kayaların sertliği (f) ve çatlılığı, kayaların kütle yoğunluğu (ρ_0) ve diğer faktörler, açılış kayalarının çıkarılması sırasında patlayıcının spesifik maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$q = 0.4 (d_k + 0.2) \sqrt[4]{f \left(\frac{0.5}{d_{qq}} \right)^{2/5} \frac{\rho_0}{2.6}} \quad (\text{kq/m}^3) \quad (5)$$

Burada, d_k - patlatılan kütlede tam hisselerin orta doğal boyutudur, m cinsinden kullanılır (raporda $d_k = 0,75$ m); $f = 6 \div 12$ kayaların sertliği; ρ_0 - kütle içindeki kayaların

ortalama yoğunluğu, t/m³; d_{qq}-çıkışı deneyimde 0-a eşit olan verimsiz parçaların çapıdır; e –kullanılan patlayıcı madde, nispi bir performans oranına sahiptir ve acvatol 65/35 için 1.1'dir.

7.TOPUKTA EN AZ DİRENC DEĞERİNİN ARAŞTIRILIMASI

Yapılan deneylerin sonuçları, patlatılmış cevher kütlelerinin eşit ve yoğun ufalanması, patlatma delik şebekesine bağlı olduğunu göstermektedir. Patlama deliklerinin yerleşme şebekesinin parametrelerini araştırmak ve hesaplamak için, öncelikle topuk direnci hattının maliyeti seçilmeli ve araştırılmalıdır. Bu faktörlerin ve mevcut tekniklerin analizine dayanarak, adımdaki topuk direnci hattı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$W = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{m \cdot q}} \quad (\text{m}) \quad (6)$$

Burada,

P = 1m kuyunun kapasitesi, kg;

m = 0.8-1,2 – patlatıcıların yaklaşma katsayısı (büyük katsayı kolay ve küçük katsayı patlaması zordur)

q = 0,54 kg/m³ - spesifik patlayıcı tüketimi

$$P = 7,85 \cdot d^2 \cdot \Delta \quad (7)$$

d = 105 mm – kuyu çapı

Δ - delikteki patlayıcı maddenin dolma yoğunluk oranı, amonyum nitrat patlayıcılar için 0.8 - 1.1 kg / dm³ (sert patlama kayaları için 0.8 kg / dm³ ve kolay patlayıcı kayalar için 1.1)

Gadabay altın-bakır madeninde, şevin yüksekliği 5 m'dir, bu nedenle kuyuların çapı d = 105 mm'dir. Topuk direnci hattının minimum değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$W_{\min} \leq H \cdot \text{ctg} \alpha + c \quad (\text{m}) \quad (8)$$

Burada,

H = 5 m şevin yüksekliği

a = 75 ° - şevin eğim açısı

c ≥ 3 m-delik eksenini tepesinden izin verilen minimum mesafedir.

c=3 m

W > W_{min} olduğunda, delikler dikey olarak yerleştirilmelidir

W < W_{min} olduğunda delik eğimi açılmalıdır

W = 3,44 m, W_{min} = 4,35 m olduğunda delikler şevde eğimli kazılmalıdır.

7. DELİKLERİN AÇILIŞ AŞAMASINDA ETKİN BİR DELİK ŞEBEKESİ SEÇİMİ

Patlama deliklerinin yerleştirilme şebekesini seçtiğimiz zaman cevherin ufalanma derecesi dikkate alınmalıdır. Bunun nedeni, verimsiz parçalarının çıkarılması net şekilde yükleyici-taşıyıcı ekipmanların ve arıtma fabrikasının ufalayıcı ekipmanların çalışma zamanı çok büyük yavaşlamalara sebep olabilir. Gadabay altın-bakır madeninde, şevin yüksekliği 5 m'dir, bu nedenle kuyuların çapı $d=105$ mm'dir. Böylece;

$$P = 7,85 \cdot d^2 \cdot \Delta = 7,85 \cdot (1,05)^2 \cdot 1,1 = 9,5 \text{ kq} \quad (9)$$

Böylece;

$$W = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{m \cdot q}} = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{9,5}{0,54 \cdot 1,2}} = 3,44 \text{ m} \quad (10)$$

Topuk direnci hattının minimum değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$W_{\min} \leq H \cdot \text{ctg} \alpha + c \text{ (m)} \quad (11)$$

Burada,

$H = 5$ m şevin yüksekliği

$\alpha = 75^\circ$ - şevin eğim açısı

$c \geq 3$ m-delik eksenini tepesinden izin verilen minimum mesafedir.

$c=3$ m

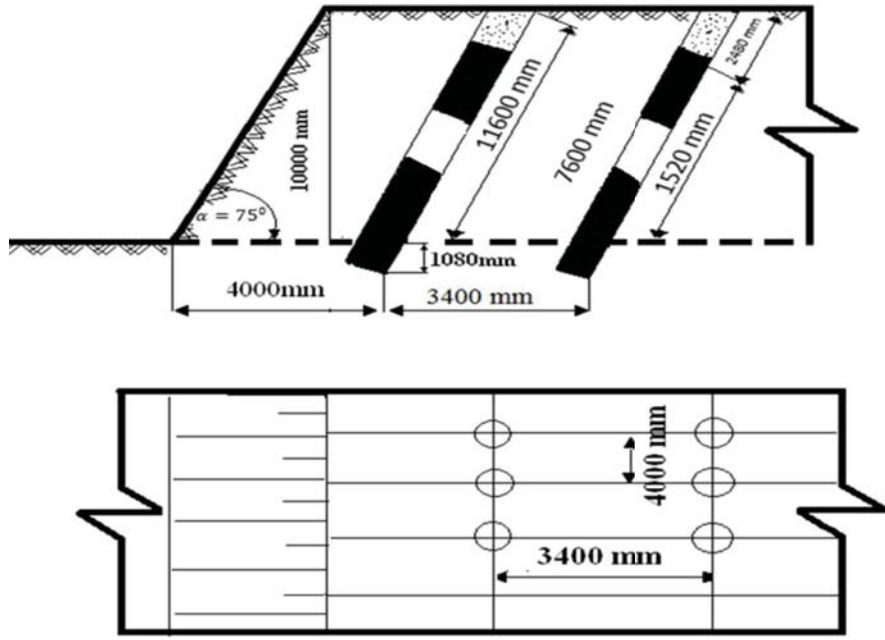
Sıradaki delikler arasındaki mesafe

$$a = m \cdot W = 1,2 \cdot 3,44 = 4,1 \text{ m} \quad (12)$$

Delik sıraları arasındaki mesafe:

$$b = (0,9 \div 0,95) \cdot W = (0,9 \div 0,95) \cdot 3,44 = 3,2 \text{ m.} \quad (13)$$

Patlamanın tasarımını değiştirerek kayaların granülasyon derecesini ayarlamak mümkündür. Patlamanın dağılımı, patlayıcı malzemenin toplam dispersiyonu ve 1 m kuyudan maden kütlesine eşdeğer çıktısına kıyasla, ayarlanmış ufalanma bölgesinin geliştirilmesi pahasına daha iyi ufalanmaya yol açar.



Şekil 3. Patlatma kuyularının şevde yerleştirilmesi.

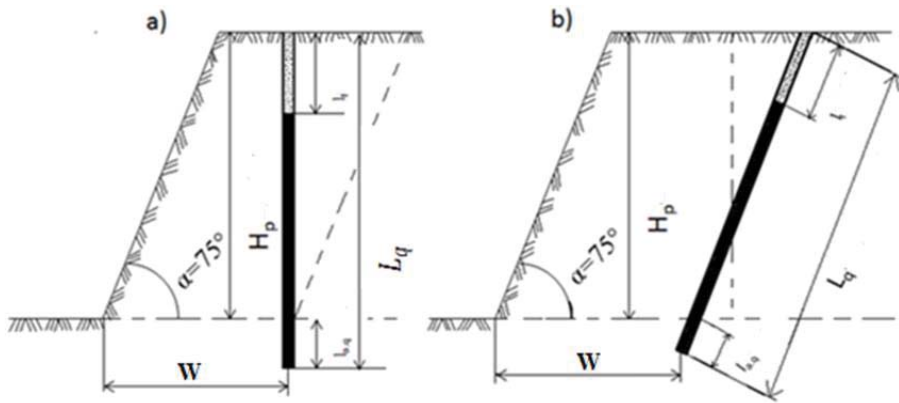
8. GADABAY ALTIN-BAKIR YATAĞINDA PATLATMA DELİKLERİNİN YÖNÜNÜN ARAŞTIRILMASI

Yaygın uygulamaya rağmen, alanda şevin eğimli durumunda deliklerin dikey olarak kazılması patlatma işlemlerinin uygulanmasını son derece zorlaştırır. Her ne kadar delikdeki patlayıcı maddenin, delik uzunluğu boyunca aynı yoğunluğa sahip olsa da, cevher kütlesi patlamaya karşı direncinin delik uzunluğu boyunca değişir. Deliklerin dikey açılması ile kıyasla eğimli deliklerin (dikey çizgi başına 15°, 30° eğimli) kazılmasının çeşitli avantajları vardır. Bunlardan birincisi, patlatma deliklerinin eğimli yerleştirilmesi, delikten sahaya olan mesafeyi iki kattan fazla arttırarak hem servis personeli hem de kazıcı makine için güvenli bir ortam yaratır. Eğimli deliklerin kazılması, ek delme işlemlerinde de azalmaya yol açar. Şevin topuk kısmında verimsiz olan parçalanmış alanları ortadan kaldırmak için dikey deliklerde büyük ek delme yapılır, bu da kuyu derinliğinin %10 ila %20'si oluşturmaktadır (Şekil 4) (Əzizov et al., 2007). Bu durumda, şevin topuklarında bir sonraki adımın çalışmasında ciddi zorluklar yaratan çok sayıda çatlak vardır.

Deliklerin eğimli kazılmasının kullanımı, şevin yüksekliğini arttırmak için koşullar yaratacaktır. Delik dikey sondajında, bu yükseklik, delik derinliği arttıkça kayalarda patlamaya karşı artan direnç ile kademeli olarak sınırlanmaktadır. Her özel durumda, kuyu delilirken kuyu optimum eğim açısına sahip olmalıdır. Şevin eğimi üzerindeki deliklerin paralel düzenlenmesi, kuyuların dikey konumlandırılmasına kıyasla çeşitli avantajlara sahip olduğunu gösterebilir. Bunlar:

- Nispeten daha güvenli çalışma,
- Eğimli deliklerde patlatılmış maden kütlesinde azalma, bir kuyudan çıkarılan cevher hacmi %20-30 artar ve 1m kuyu çıkışı %15 artar,

- Patlatılan maden kütlelerinin daha küçük ve eşit olarak parçalanmasını mümkün kılan ve patlayıcı madde tüketiminin önemli ölçüde azaltılmasını sağlayan patlayıcı madde akışının kuyu boyunca eşit dağılımı,
- Delikteki ek delme derinliği önemli ölçüde düşer,
- Kayaların tekrar ufalanmasında ve bu işlemle ilişkili diğer maliyetler önemli ölçüde azalır,
- Yükleme ve taşıma makineleri uygun şekilde kullanılır, çünkü bu makineler iyi ufalanmış kütlelerde daha etkili çalışır ve verimliliği artırır,
- Ufalanma ekipmanı ve konilerin (koni ve gövdeli kırıcılar) verimliliği büyük ölçüde artar ve ufalanma maliyetleri önemli ölçüde azalır, bu da bazı bakımlardan cevher işleme maliyetini azaltır. tüm bunları ve araştırmayı göz önünde bulundurarak, gadabay altın-bakır madeninin kaya şevlerinde kazılacak patlama kuyularının eğimli kazılması önerilmektedir.



Şekil 4. Şevde cevherin dikey (a) ve eğimli (b) kuyularla koparılmasının şeması.

9. TOPUKTAKİ EN AZ DİRENÇ ÇİZGİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Topuğa en az direnç çizgisinin değeri (W) birçok faktöre bağlıdır. Madenlerde patlatma kuyuları kazıldığında bu faktörler incelenmeli ve araştırılmalıdır. Çünkü topuktaki en az direnç çizgisinin etkili olan değerini seçmek için bu faktörlerin araştırılması önemlidir. Bu faktörler üç bölüme ayrılabilir:

Grup 1, patlayıcı ortamı karakterize ve analiz eden faktörleri içerir: kayaların patlama ile parçalanması, tıkanması ve kütlelerin toplam erişilebilirliği, vb.

Grup 2, patlayıcı maddenin kuyuda patlamasını araştıran faktörler şunları içerir: patlayıcı maddenin tipi, patlayıcı maddenin çapı ve yüksekliği;

Grup 3, patlayıcı maddenin patlayacak kütle içindeki yerini belirleyen faktörleri içerir: patlayıcı maddeler arasındaki nispi mesafe, kuyudaki ek delme derinliği, patlayıcı maddenin uzunluğu ve kütlelerin sıkıştırma derecesi.

Topuktaki en az direnç çizgisinin (W) optimum değeri, bir kuyudaki yerleştirilen patlayıcı madde hacmini patlatmak için gereken patlama miktarının denklemidir. Topuktaki en az direnç çizgisi aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$W = \frac{\sqrt{0,56p^2 + 4mpqH_p l_q}}{2mqH_p - 0,75p} \quad (14)$$

Burada,

p- deliğin 1 metresinde yerleştirilen patlayıcı madde miktarıdır, kq

$$P = 7,85d^2\Delta$$

Δ - patlayıcı madde darlığı, kq/dm³

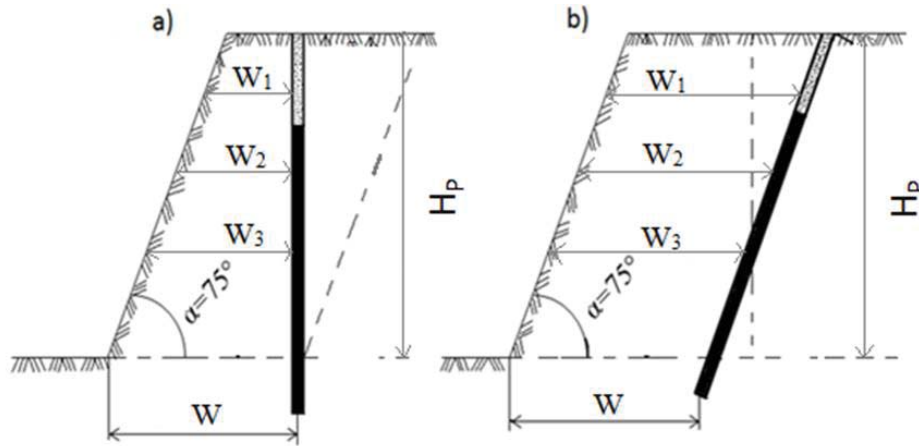
d - kuyu çapı, m

q - patlayıcı maddenin özel tüketimi, kq/m³

H_p - şev yüksekliği, m

l_q - kuyu derinliği, m

Madenlerde dikey deliklerde patlatma durumunda, topuktaki en az direnç hattının değeri, eğimli kuyulara sahip patlatma işlemlerinden daha yüksektir (W_d > W_e), (şekil 5) (İsmayılov, 2015).



Şekil 5. Dikey (a) ve eğimli (b) kuyularla koparmada en az direnç çizgisi.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Gadabay altın ve bakır madeninde, kazılan kayaçlarının cevher miktarına oranı 3:1 olduğundan, Gadabay altın-bakır yatağının açık ocak madenciliği için ekonomik olarak uygun olarak değerlendirilmiştir.
2. Gadabay altın-bakır alanında açılan patlayıcı delikleri dikey olarak açılmaktadır. Eğimli patlatma deliklerinin avantajları araştırılmış ve eğimli deliklerin uygulanması önerilmiştir.
3. Patlatma yöntemi olarak, elektriksiz patlamanın ve patlatma aracı için uygun olan ağ kurmak için kullanılan patlatma bağcıkları önerilmiştir.
4. Bilindiği gibi, gövdeli ufalayıcının bunkerinin minimum boyutu 1m'dir, bu nedenle yatakta cevherin patlatılması sırasında elde edilen cevher kütlelerinin 0.7m'yi geçmemesi önerilmektedir.

5. Gadabay altın-bakır yatağında delme ve patlatma işlemleri yaparken, patlatma kayalarının kalitesini artırmak için karışık göstergelerin maksimum incelenmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- A.M.Əzizov, H.H.Muxtarov, Z.C.Əfəndiyeva(2007) . Süxurların partlayışla dağıdılması. Bakı.
Əzizov,A.M., Əfəndiyeva, Z.C. (2010). Dağ – mədən işlərinin əsasları, Bakı.
R.T. İsmayılov, (2015). Açıq mədən işlərinin prosesləri. Bakı
Bond, F. C. Whitney, B. B. (2013). The Work Index in Blasting, Quarterly Colorado School of Mines, 54.
Bhalchandra V. Gokhale. (2016). Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines. Keystone, Colorado, USA, pp 132-147.
Cunningham C. V. B. (2015). The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting, Lulea Fragmentation Conference, pp 439-454
Cunningham C. V. B. (2016). Fragmentation estimations and the Kuz-Ram model – for years on. 2nd International Symposium on Rock Fragmentation in Blasting. Keystone, Colorado, USA, , pp 475-487.
Jiawei Han, Micheline Kamber,Jian Pei (2017). “Data Mining: Concepts and Techniques”, Soviet Mining Science, pp54-67
Kleine, T. H. (2017). Blast fragmentation measurement using GoldSize, Franklin & Katsabanis (eds), Balkema, Rotterdam.
Kuznetsov V. M. (2016). The mean diameter of the fragments formed by blasting rock, Soviet Mining Science, pp 144-148.
William A. Hustrulid, Mark Kuchta, Randall K. Martin, (2012) Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set and CD-ROM Pack, Third Edition.
William A. Hustrulid, Mark Kuchta, Randall K. Martin, (2013). Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set and CD-ROM Pack, Third Edition.
К.З. Ушакова. (2008).Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело.
Демин А.М., Норель Б.К. (2008). Изменение физических состояний горного массива вблизи выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень.
Еременко, А.А. (2013) Совершенствование технологии буровзрывных работ на железорудных месторождениях Западной Сибири. – Новосибирск.
Ткачук К.Н., Ткачук К.К., Тверда О. Я.(2015) Управление разрушением горных пород взрывом на карьерах.
https://www.stat.gov.az/map/az/04_3/

YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA HAVALANDIRMA PLANLAMASI - MODERN YAKLAŞIM VE ÖNEMİ *MODERN APPROACH TO VENTILATION PLANNING IN UNDERGROUND COAL MINES AND ITS IMPORTANCE*

Kemal Barış*

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, ZMYO, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü

Abdullah Fişne

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışma, yeraltı ocak havalandırma sistemlerinin planlamasında günümüzdeki eğilimleri irdelemekte, geleneksel ve modern havalandırma planlamasının karşılaştırmasını yaparak modern havalandırma planlamasında dikkat edilmesi gereken noktaları ele almaktadır. Bu kapsamda, yeraltı kömür ocaklarında modern havalandırma planlamasında metan yayılımı ve toza göre hava ihtiyacının belirlenmesi ve planlama aşamaları üzerinde durulmuştur. Ayrıca, havalandırma planlaması için havalandırma yazılımlarının kullanılması sırasında dikkat edilecek hususlar ele alınmış ve eksikliklerin olası sonuçları tartışılmıştır.

ABSTRACT This study examines the recent trends in ventilation system design in underground mines and deals with the points to be considered in a modern ventilation planning by comparing traditional and modern approach. In this context, determination of airflow quantity according to methane emissions and dust as well as planning phases was emphasized. Moreover, the points to be considered during the utilization of ventilation software were mentioned and probable results of lack of proper use of such software was discussed.

* kbaris@beun.edu.tr.

1. GİRİŞ

Havalandırma esas itibariyle bir yeraltı ocağının can damarı olarak nitelendirilebilir; hava giriş yolları oksijeni çalışma alanlarına taşıyan arterlerken, hava dönüş yolları ise kirleticileri (gaz, toz, ısı vb.) dış atmosfere taşıyan damarlara benzetilebilir (McPherson, 1993). Maden mühendisi için havalandırma çok yönlü bir atmosferik kontrol aracıdır. Ocak havalandırması temel olarak akışkanlar mekaniği ve termodinamik prensiplerinin ocak açıklıklarındaki hava akışına uygulanmasıdır. Yeraltı ocaklarında havalandırma, eş zamanlı olarak ocak havasının kalitesinin, miktarının ve sıcaklık-neminin belirlenen sınırlar içinde tutulmasını sağlayan bir sistemdir.

Personelin çalışma yaptığı tüm alanlarda ya da kullandığı tüm güzergahlar üzerinde yeterli miktarda havayı sağlamak ve kirleticileri güvenli konsantrasyonlara seyreltmek kavram olarak yeterince kolay görünse de ocaklar derinleştikçe, gazlılık arttıkça, ocaklar daha mekanize çalıştıkça bu işi başarmak oldukça zorlaşmaktadır. Bu nedenle, havalandırma ile ilgilenen mühendislerin patlayıcı ocak gazlarının ve tozun kontrolü, ana ve tali fan uygulamaları, fan teorisi, ocak yangını riskleri, ısı stresi yönetimi, havayı soğutma ya da ısıtma, radyasyon kontrolü, kaçış ve kurtarma planlaması, gürültü azaltma ve ocak havalandırma ekonomisi gibi havalandırma uygulamaları konularına çok iyi bir şekilde hakim olmaları gerekmektedir. Ayrıca, havalandırma ile ilgilenen mühendislerin hava kirleticilerine maruz kalma sınırları ve bu kirleticilerin örneklenmesi konularında yetkin olması gerekmektedir.

Bir yeraltı kömür ocağında havalandırma tasarımının başarıya ulaşması için öncelikli olarak yeraltındaki tehlikelerin tespit edilmesi ve değerlendirilmesi büyük öneme sahiptir. Yeraltı ocaklarında kömürün özellikleri, ocağa su ve gaz geliri, çevre kayaçların fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi parametreler çoğunlukla kontrol dışında bulunmakla birlikte üretim yöntemi, açıklıkların tasarımı, ekipman tipleri gibi bazı parametrelerde seçenekler yaratılabilmektedir. Ancak, genellikle bu tasarım parametrelerinin seçiminde üretim odaklı düşünceler hakim olmakta, havalandırma ise, gerekli olduğu bilinmesine rağmen, geri planda kalmakta ve hatta çoğunlukla bir yük olarak görülmektedir. Hâlbuki iyi bir havalandırmanın yaratacağı güvenli ve sağlıklı bir atmosferde verimliliğin artacağı yadsınamaz bir gerçektir. Ancak, iyi ve kötü havalandırılan bir ocak arasındaki verimlilik farkını sayısallaştırmak zor olduğundan bu olguyu pratikte kanıtlamak oldukça güçtür.

Bu kapsamda bu çalışma, günümüz şartlarında havalandırma mühendisliğindeki kavram ve eğilimleri irdeleyerek iyi uygulamaların nasıl yapılması gerektiğine ve kömür ocakları için havalandırma planlamasında nelere dikkat edilmesi gerektiğine yönelik bir çıkarım yapmayı hedeflemektedir. Bu amaç için çalışmada, geleneksel ve modern havalandırma planlamasının bir karşılaştırması yapılacak ve yeraltı kömür ocaklarının havalandırma tasarımında sıklıkla yapılan hataların ne gibi sonuçlara yol açabileceği de tartışılacaktır.

2. HAVALANDIRMADA MEVCUT EĞİLİMLER

Günümüzde, özellikle son 30 yılda, teknolojiadaki hızlı gelişmeler sonucunda madencilik sektöründe dijitalleşme adına önemli adımlar atılmaktadır. Bu kapsamda, tüm dünyada ve özellikle gelişmiş ülkelerde yeraltı kömür ocaklarının tasarımı ve işletilmesinde çok çeşitli bilgisayar yazılımları yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Havalandırma planlaması açısından değerlendirildiğinde, geleneksel teknikler yerini yeni araçlara (yazılım, ölçüm aletleri vb.) bırakmış ve bu sayede gelişmiş ülkelerdeki yeraltı ocaklarında havalandırma sorunları büyük oranda aşılmış, hatta işletmeler çabalarını havalandırma maliyetlerinin azaltılması yönünde sarf etmeye başlamışlardır.

Gelişmiş ülkelerde bu gelişmeler yaşanırken, ülkemizdeki kamu ve özel sektör eliyle işletilen yeraltı ocaklarında teknolojiye ayak uydurma yönünde bazı çabalar sarf edilse de bu çabaların yeterli düzeyde olmadığı, çoğu yeraltı ocağının eski ve çok güvenilir olmayan yöntemleri kullandığı görülmektedir. Bu tür işletmelerde, “yara bandı” yaklaşımı hakim olmakta ve madencilik faaliyetleri yasalar ya da denetimlerle durduruluncaya, havalandırma kaynaklı kazalar (ya da korkular) yaşanıncaya ya da ocak atmosferi çalışanlar için kabul edilemez bir hale gelinceye kadar devam ettirilmektedir. Bilgi eksiklikleri nedeniyle bazı kömür işletmelerinde “*havalandırmamız gayet iyi, sadece ocakta çok fazla metan var*”, “*biz %2-3 metanda çok çalıştık*” ve “*bu ocak bu şekilde yıllardır çalışıyor ancak bugüne kadar herhangi bir sorun yaşamadık*” türünde şaşılacak yorumlara rastlanmaktadır. Ocakların planlanması ve sistem tasarımındaki bu eksikliklerin sonuçları ise üretimin erken durması, yüksek maliyetler, ocaklarda kötü çevre koşulları ve sıklıkla iş sağlığı ve güvenliğini ciddi şekilde tehdit eden trajik olayların oluşması şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Gelişen teknolojiye bağlı olarak dünya madencilik sektöründe yeraltı kömür ocaklarında mevcut güncel eğilimler; sürekli izleme sistemleri, havalandırma planlaması ve ocak yangınlarının simülasyonu için yazılımların kullanılması, acil durumlarda etkili kaçış/kurtarma için geliştirilmiş iletişim ve takip sistemleri, patlayıcı atmosferleri azaltmak için göçüğe inert gaz enjeksiyonu, patlayıcı tozun azaltılması için geliştirilmiş taş tozu uygulamaları, silika ve kömür tozu maruziyetleri üzerinde ağır düzenlemeler, çalışma bölgelerindeki havalandırmanın iyileştirilmesi için yardımcı fan (booster fan) uygulamaları olarak özetlenebilir.

Yeraltı metal ocaklarının havalandırmasında ise; büyük dizel ekipmanların kullanımı, üretim zorlamaları nedeniyle çok sayıda arında çalışma, hava miktarının azaltılması için seri havalandırma, gerekli hava miktarını istenen zamanda değiştirebilecek uygulamalar (Ventilation on Demand - VOD), solunabilir toz ve dizel partikül maddelere yönelik olarak daha ciddi ve zorlayıcı yönetmelikler (Brake, 2013), nakliyat rampasının ara katlar için hava girişi ya da çıkışı olarak kullanılması ve asgari bir havalandırma sisteminin çalıştırılması için artan elektrik maliyetleri dünya madenciliğinde güncel eğilimler olarak değerlendirilmektedir.

3. HAVALANDIRMADA MEVCUT EĞİLİMLER

İşletilmesi öngörülen bir ocak ya da çalışan bir ocakta yeni açılacak bir bölümün havalandırmasının planlanması için geleneksel yaklaşımda; (a) çalışma bölgelerindeki hava miktarının tahmin edilmesi, (b) hava kaçakları, hazırlıklar için gerekli hava miktarı ve mekanik ya da elektrik tesislerinin havalandırma ihtiyaçlarının tahmin edilmesi, (c) ocak planı üzerinde hava dağılımlarının işaretlenmesi ve hava hızlarının kontrol edilmesi, (d) her hava yolu için sürtünme kaynaklı basınç düşüşlerinin $P=RQ^2$ ile belirlenmesi (hava yollarının dirençleri ampirik sürtünme faktörü ve hava yolu geometrisi kullanılarak hesaplanır), (e) sürtünme kaynaklı basınç düşüşlerinin ocak planına işlenmesi ve hava giriş ve çıkışı arasında en yüksek basınç düşüşüne ulaşıncaya kadar toplanması basamaklarını kapsamaktadır. Gerekli fan basıncı en büyük kümülatif basınç düşüşünün olduğu ana güzergah için ihtiyaç duyulan basınçtır. Şebekedeki diğer yardımcı devreler, regülatörler ya da booster fanlar ile kontrol edilmektedir. McPherson (1984) bu geleneksel yaklaşımın prensip olarak binalardaki boru ile havalandırmaya benzer olduğunu ancak aşağıda sıralanan önemli eksikliklerinin bulunduğunu belirtmiştir.

i. Geleneksel yaklaşım büyük oranda mühendisin havalandırma sistemlerindeki, özellikle kaçaklar ve hava dağılımı ile ilgili, tecrübesine ve ampirik bilgisine dayanmaktadır. Oysaki bir yeraltı ocağı madenciliğin dinamik bir doğaya sahip olması nedeniyle bir boru sisteminden oldukça farklıdır.

ii. Havalandırma parametreleri arasında bulunan interaktif ve doğrusal olmayan ilişkiler büyük ölçüde ihmal edilmektedir. Göçük tabakalarına, eski çalışma alanlarına ya da baraj, kapı ve hava köprülerindeki kaçaklar akış yolunun geometrisine, basınç farkına ve türbülans derecesine bağlıdır. Çoğu ocakta toplam havanın büyük bir bölümü olası kaçak hatlarından geçmektedir. Bu kaçaklara sabit değerler atayarak yapılan hatalar toplanarak toplam basınç düşüşlerinin hesaplanması büyük hatalara neden olmaktadır.

iii. Hava akış modellerini tahmin eden ve daha sonra buradan geriye doğru giderek istenen hava miktarını sağlayacak bir fanın basıncını bulmak üzere kurulu bir prosedürde gerçeğe aykırı temel eksiklikler bulunmaktadır. Gerçekte, bir fan çalıştırıldığında fan basıncı hava akımını ve hava akımı da buna bağlı olarak sürtünme kaynaklı basınç düşüşleri yaratmaktadır. Geleneksel yaklaşımda fan çalışmaya başladığında oluşacak gerçek hava akımını simüle etmek için herhangi bir imkan bulunmamaktadır.

iv. Havalandırma sisteminin etkinliğini ya da ekonomisini optimize etmek için alternatiflerin analizi için çok az imkan bulunmaktadır.

v. Hava dağılımının kabul edilmesi ana fan pozisyonu ya da regülatörlerin, kapı ya da booster fanların yerlerinin değiştirilmesinin etkilerini araştırmak için esneklik bulunmamaktadır.

Yukarıda sayılan eksiklikler dışında geleneksel havalandırma planlamasında bir diğer handikap ise uzun yıllar çalışan ve giderek karmaşıklaşan ocaklarda havalandırma hesaplarının (iterasyonlar vb.) elle yapılmasındaki zorluklardır.

4. MODERN HAVALANDIRMA YAKLAŞIMI

Geleneksel havalandırma planlamasının aksine modern havalandırma planlamasının merkezinde bilgisayar simülasyon yazılımları, ocaklarda kullanılan donanımlar ve modern ölçüm araçları bulunmaktadır. Havalandırma yazılımlarının kullanımıyla geleneksel yaklaşımda gerçekleştirilmeyen, gaz emisyonu, havalandırma ölçmeleri, şebeke analizi ve iklim kontrolü gibi fiziksel değişkenler arasındaki etkileşimin incelenmesi mümkün hale gelmektedir. Bir yeraltı ocağında havalandırma ve çevresel faktörlerin planlanmasında Şekil 1’de gösterilen sistem analizi yapılmalıdır. Bu planlamada arazinin jeolojisi, ocak derinliği ve kayaç özellikleri gibi doğal faktörler ile üretim yöntemi ve mekanize ekipmanların kullanımı gibi madencilik faktörlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

4.1 Gerekli Hava Miktarının Tespiti

4.1.1 Metan Yayılımı

Yeraltı kömür ocaklarında gerekli hava miktarını etkileyen en önemli değişken metan yayılımıdır. Geleneksel planlamada metan yayılımının tecrübeye dayalı ve sahaya özel tespiti, yerini gaz konsantrasyonlarının ve hava hızlarının sürekli izlenmesini sağlayan sistemlere bırakmıştır. Bu sistemler sayesinde kaydedilen verilerden metan yayılımının tespiti ve tahmini kolaylıkla yapılabilmektedir.

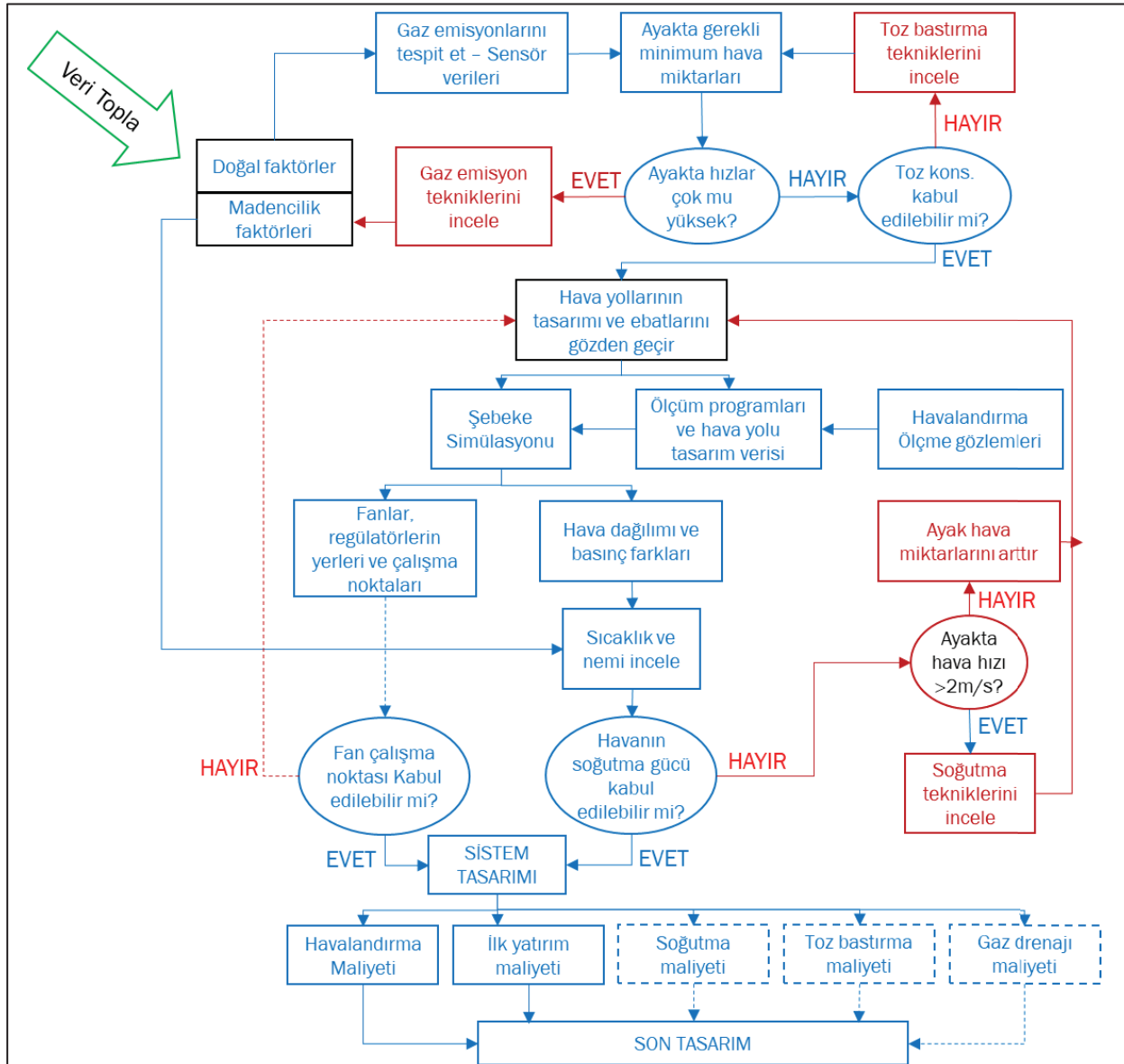
Bir yeraltı kömür ocağında bir bölgeden ocak atmosferine karışan toplam metan yayılımı (spesifik metan yayılımı) hava dönüş yollarındaki gaz yayılımı ve hava miktarlarının izlenmesi ile tespit edilebilmektedir. Bu değerler arasındaki ilişki ise Eşitlik 1’deki gibi olmaktadır.

$$E = AP^n \quad (1)$$

Burada, E metan yayılımı (m^3/t), A sabit bir değer, P kömür üretim miktarı (ton/birim zaman) ve n ise tavan ve tabandaki diğer gaz kaynaklarının çalışılan damara yakınlığına bağlı bir parametredir. McPherson (1984) tavanda 200m ve tavanda 100m içinde başkaca bir metan kaynağı yoksa n değerinin 1 olacağını ve bu durumda metan yayılımının ise üretim ile doğru orantılı olacağını belirtmiştir. Toplam metan yayılımının belirlenmesinden sonra ise gerekli hava miktarı Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{E}{C} \frac{P}{h \times 3600} \quad (2)$$

Burada; Q gerekli hava miktarını (m^3/s); E gaz yayılım oranını (m^3/t); P , üretilen kömür miktarını ($t/saat$) ve C ise metanın seyreltileceği konsantrasyonu (hacimce %) göstermektedir. C değeri genellikle kanunen elektriğin kesilmesini gerektiren konsantrasyonun yarısı olarak alınmaktadır.



Şekil 1. Ocak havalandırması ve çevresel faktörlerin planlanması için gerekli analiz (McPherson 1984'ten değiştirilerek).

4.1.2 Toz

Pnömkonyoz dünya madencilik endüstrisinde en önemli mesleki hastalıklardandır. Yoğun ve uzun süreli araştırmalar sonucunda tozun fizyolojik etkilerinin anlaşılmasında, örnekleme ve analizinde, zorunlu standartların oluşturulması ve kontrol önlemlerinin geliştirilmesi konularında büyük yol kat edilmiştir. Ancak, mevcut yeraltı madencilik yöntemleriyle toz taneciklerinin havaya karışması

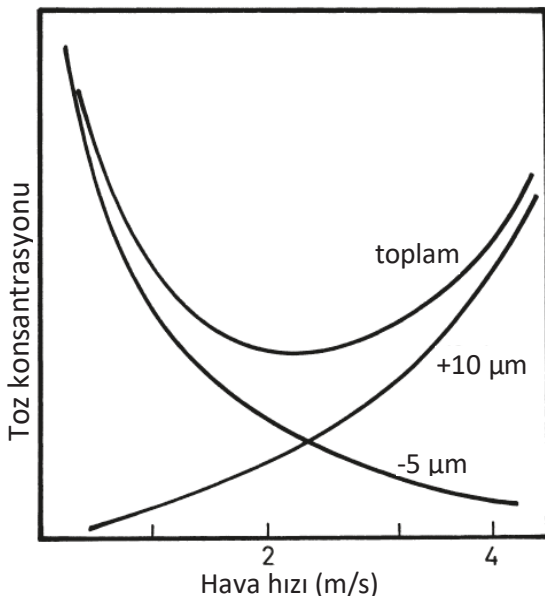
kaçınılmazdır. Yeraltı kömür ocaklarında havaya karışan toz tanelerinin havalandırma ile seyreltilmesi toz konsantrasyonlarının kontrol edilmesi için temel araçtır.

Toz kontrolü için önemli olan hava miktarından çok havanın hızıdır. Belirli bir miktarda toz üretilen bir hava yolunda, tozun havayla taşınacağı mesafe ve toz taneciklerinin çökme hızı hava hızına bağlıdır. Ağır ve daha yuvarlak şekilli toz tanecikleri daha hızlı çökerken, daha küçük tanecikler havada asılı kalmaya eğilimli olmaktadır. Solunabilir boyuttaki ($< 5 \mu\text{m}$) toz taneciklerinin çökme hızları ise ihmal edilebilir düzeydedir. Bu durumda solunabilir toz bir gaz gibi ele alınabilir ve tozu seyreltmek için gerekli hava miktarı Eşitlik 2’de verilen formüle benzer bir şekilde aşağıda verilen eşitlikle hesaplanabilir.

$$Q = \frac{E \times P \times 1000}{C \times 3600} \quad (3)$$

Burada; Q gerekli hava miktarını (m^3/s), E solunabilir toz yayılım oranını (g/t), P üretilen kömür miktarını (t/h) ve C ise solunabilir toz konsantrasyonunu (mg/m^3) göstermektedir.

Solunabilir boyuttan daha büyük toz parçacıklarını hava miktarının, dolayısıyla hava hızının artırılmasıyla seyreltmek mümkün değildir. Zira hava hızı arttıkça bu tanecikler havada daha uzun süre asılı kalacak ve çökünceye kadar kat edecekleri mesafe uzayacaktır. Ayrıca, hava hızı arttıkça daha önce çöken toz tanecikleri türbülanslı akıma girecek ve havaya karışacak ve toz konsantrasyonu artacaktır. McPherson (1993) en düşük toz konsantrasyonunun 2 m/s hava hızında elde edildiğini ancak $1,5-3,5 \text{ m/s}$ arasındaki hava hızlarının kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir (Şekil 2).

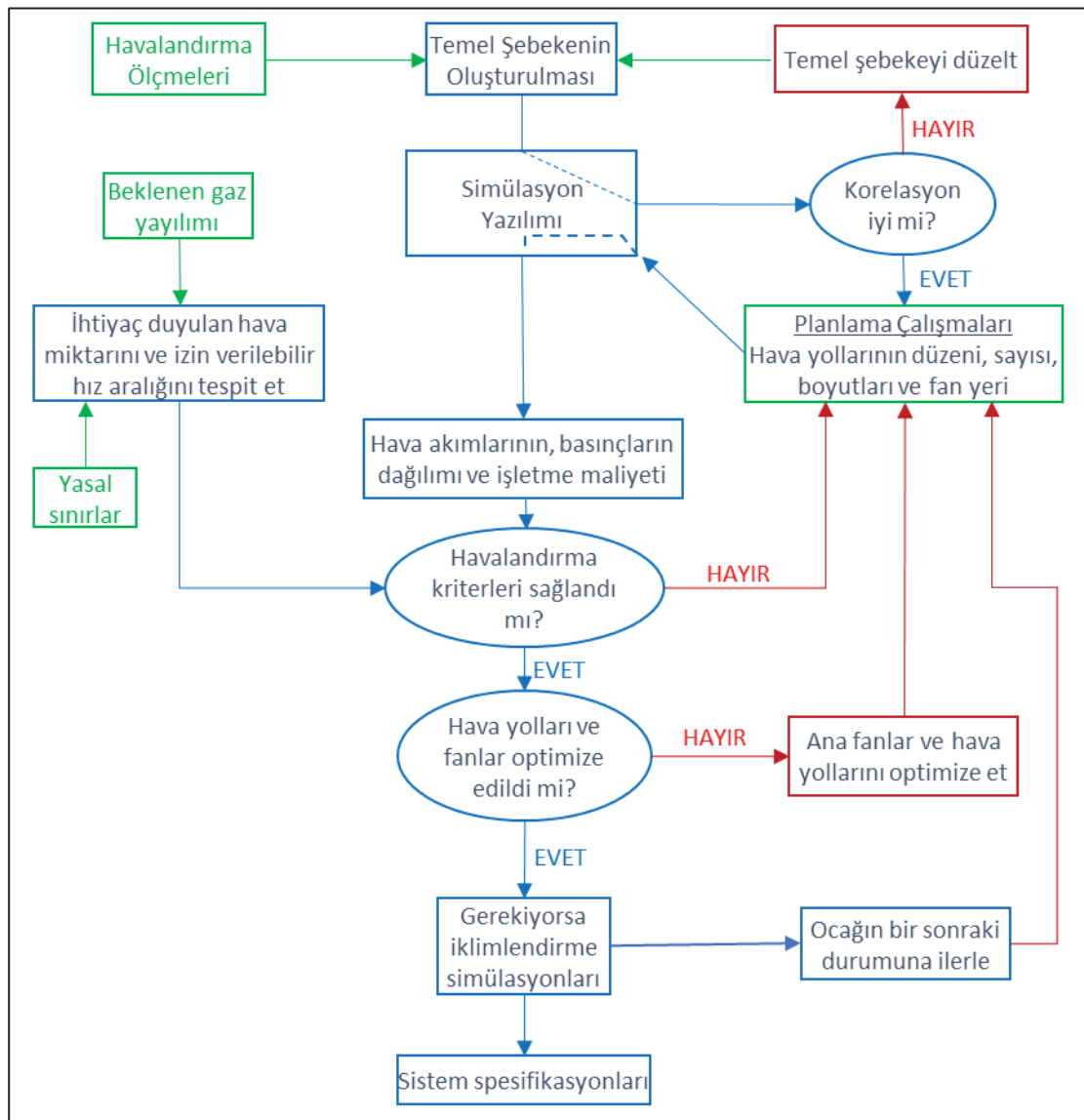


Şekil 2. Hava hızına göre toz konsantrasyonundaki değişim.

4.1.3 Havalandırma Planlamasında Takip Edilmesi Gereken Prosedürler

Bu bölümde bir yeraltı kömür ocağının havalandırmasının planlanmasında uygulanacak aşamalar daha detaylı biçimde ele alınacaktır. Burada anlatılacak aşamalar ufak farklar dışında mevcut bir ocağın hazırlığı yapılan bir kısmının ya da yeni bir ocağın havalandırma tasarımında uygulanabilir.

Bir yeraltı kömür ocağında modern bir havalandırma sisteminin planlanmasında çeşitli aşamalar bulunmaktadır (Şekil 3). Yapılacak havalandırma tasarımının başarıya ulaşması bu aşamaların dikkatli ve mühendislik temellerine uygun bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlıdır. Bu aşamaların bir ya da birkaçında, ya da tamamında yapılacak yanlış uygulamalar ve kabuller tasarlanan havalandırma planının gerçeğe uygun olmasını engelleyecektir.



Şekil 3. Bir kömür ocağında yeraltı havalandırma sisteminin planlanmasındaki aşamalar (McPherson 1993'ten değiştirilerek).

Şekil 3'te görüldüğü üzere modern bir havalandırma planlamasının ilk aşaması havalandırma ölçmeleriyle temel şebekenin oluşturulabilmesi için veri toplama aşamasıdır. Mevcut bir ocak için bu prosedür, ana hava yollarında hava akımlarının, sürtünme kayıplarının, yaş ve kuru sıcaklığın ve barometrik basıncın ölçülmesini içermektedir. Bu ölçümlerden veri elde edilmesi ile ilgili prosedürler oldukça iyi belirlenmiş olmasına karşın temel bir havalandırma planlaması yapmak üzere bir seri doğru ölçümün organizasyonu ve gerçekleştirilmesi maharet gerektiren bir çalışmadır. Bu tür ölçümlerde güvenilir sonuçların elde edilmesi çalışmayı gerçekleştiren teknik elemanların konuya hakim olmasını ve olası hataların yapılması konusunda tecrübeli olmasını gerektirmektedir. Özellikle havalandırma yazılımlarıyla yapılacak havalandırma tasarımlarında, havalandırma ölçümlerinin yapılmaması ya da elde edilen verilerin yeterli doğrulukta olmaması bu türlü bir tasarımın doğruluğunu neredeyse imkansız kılmaktadır.

Havalandırma ölçümleri ile verilerin doğru bir şekilde elde edilmesinden sonraki aşama, temel şebekenin oluşturulmasıdır. Bu aşamada bazı basitleştirmeler yapılsa da planlama aşamasına geçmeden önce temel şebekedeki kolların dirençlerinin bulunması gerekmektedir. Bir kolun direncinin bulunmasında aşağıdaki kriterler dikkate alınır.

i. Mevcut durumda çalışan bir ocakta tüm ölçüm yapılan güzergahlar için elde edilen hava miktarları (Q , m³/s) ve sürtünme kaynaklı basınç kayıpları (P , Pa) kullanılarak $P=RQ^2$ 'den (R direnç, Ns²m⁻⁸) dirençler bulunur.

ii. Mevcut durumda çeşitli sebeplerle direncin ölçümle belirlenemediği durumlarda Eşitlik 4 yardımıyla

$$R = \frac{kCL}{A^3} \frac{\rho}{1,2} \quad (4)$$

Burada; R direnç (Ns²m⁻⁸), k sürtünme faktörü (kg/m³), C çevre (m), L hava yolunun uzunluğu (m), A hava yolunun kesit alanı (m²) ve ρ havanın yoğunluğu (kg/m³) dur.

iii. Kapı, baraj, göçük bölgesi ya da hava köprüsü gibi kaçak yollarında direncin ölçülmesi genellikle bu kısımlarda düşük hava akımları bulunması ya da o bölgelere erişim olmaması nedeniyle oldukça zordur. Maalesef yeraltı ocaklarında toplam hava akımının yarısından fazlası bu tür güzergahlardan geçmektedir. McPherson (1984) kapı ya da barajların dirençlerinin birkaç bin Ns²m⁻⁸ den 1-2 Ns²m⁻⁸ e kadar olabileceğini ve bu büyük aralığın ise direncin hava yolunun hidrolik çapının beşinci kuvvetiyle ($R \propto 1/d^5$) orantılı olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Bu durumda kapı ve baraj etraflarındaki kaçak bölgelerinin (çatlak vb.) varlığının direnci büyük oranda düşüreceği aşikardır.

iv. Yukarıda sayılan üç durum dışında bazı durumlarda göçük bölgeleri ya da terkedilmiş ocak kesimleri gibi hava miktarı tahmin edilebilen ancak basınç farkının ölçülemeyeceği bölgeler bulunabilmektedir. Bu durumda bu bölgelerde direnç yerine “sabit akış” değerleri atanmalıdır.

Bu işlemlerin sonunda, temel şebekede her bir kolun direnci ya doğrudan verilmiş, ya basınç düşüşü ve hava miktarı atanmış ya da ilgili havayolu geometrisine göre k faktörü tanımlanmış duruma gelecektir. Ancak bu aşamada, oluşturulan temel şebekenin yeraltı ocağını gerçek bir şekilde yansıtıp yansıtmadığı büyük öneme sahiptir. Havalandırma ölçümlerinin yapılmadığı, gerçeği yansıtmayan kabullerin ve atamaların yapıldığı bir havalandırma tasarımına dayanarak yapılan analizlerin son derece yanlış sonuçlara yol açacağı unutulmamalıdır. Stewart (2019) çoğu yeraltı ocağında dirençlerin ve dolayısıyla basınç düşüşlerinin olduğundan yüksek tahmin edildiğini bildirmiştir. Bu durumda havalandırma maliyetlerinin de gereksiz şekilde yüksek olacağı açıktır.

Planlama çalışmalarına geçilmeden önce, oluşturulan temel şebekenin ocağı gerçekten temsil edip etmediğinin teyit edilebilmesi için bir korelasyon çalışmasının yapılması şarttır. Bu korelasyon çalışmasının yapılabilmesi için havalandırma yazılımı ile ocak simüle edilmeli ve yazılımın hesapladığı hava miktarları ile havalandırma ölçümlerinden elde edilen hava miktarları karşılaştırılmalıdır. Burada, herhangi bir ölçüm çalışmasının hiç hata yapılmadan yürütülmesi mümkün olmadığından kaçınılmaz olarak belirli bir hata payının olacağı unutulmamalıdır.

Havalandırma yazılımları girdi olarak ölçülen verileri kullanarak ocağın anlık görüntüsünü yansıtmaktadır. Oysaki aktif bir ocakta yapılacak havalandırma ölçümleri haftalar hatta aylarca sürebilmektedir. Bu nedenle, büyük çaplı aktif bir kömür ocağında havalandırma ölçmeleri yapılırken doğal havalandırma basıncının, kapıların ve regülatörlerin yerlerinin değişmesi gibi çeşitli sebeplerle ocaktaki hava dağılımı da değişebilmektedir. Hatta ölçümler sırasında kapı ve regülatörlerin açık ya da kapalı oluşu bile hava dağılımında farklılıklara yol açmaktadır. Bu sebeplerle etkin bir havalandırma planlamasının yapılabilmesi için yeraltı ocaklarında havalandırma ölçümlerinin rutin ve sürekli olarak yapılması gerekmekte ve oluşturulan şebekede ilgili veriler güncellenmelidir. Havalandırma yazılımından elde edilen hava miktarları ile ölçülmüş hava miktarları arasındaki korelasyon Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\text{Şebeke Korelasyonu} = \frac{\text{Ölçüm yapılan tüm kollar için hesaplanan ve gerçek hava miktarları arasındaki mutlak farkın toplamı}}{\frac{\text{Ölçüm yapılan tüm kollarda ölçülen hava miktarlarının toplamının mutlak değeri}}{x100}} \quad (4)$$

McPherson (1993)’e göre yapılan korelasyon çalışmasında korelasyonun kabul edilebilir olması için; (a) hiçbir hava kolunun hesaplanan ve ölçülen hava miktarları

arasında %10'dan fazla fark olmaması ve (b) toplam korelasyonun ise %10'dan küçük olması gerekmektedir.

Korelasyon çalışmasının kabul edilebilir olmadığı durumlarda ise temel şebekeyi düzeltmek gerekmektedir. Böylesi durumlarda uyumsuzluğun sebebi genellikle ya fana atfedilen basınçtaki yanlışlıktan ya da hatalı hava yolu direncinden kaynaklanmaktadır. Bu sorunun düzeltilmesi için ise havalandırma ölçmelerinden elde edilen veriler ölçümlerle yeniden kontrol edilmelidir. Kötü korelasyonun bir başka sebebi ise kaçak güzergahlarının şebekede yeterince iyi temsil edilememesidir. Böylesi durumlarda ise kaçak güzergahlarının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Korelasyon çalışması bir havalandırma projesinin vazgeçilmez parçalarından biridir. Havalandırma yazılımında oluşturulan şebeke dosyasının hem bir ocağın mevcut durumunda oluşabilecek değişiklikleri simüle etmekte (yeni bir fan seçimi, yeni hava yolları, hazırlıklar, regülatör yerinin araştırılması vb.) hem de gelecekteki projeksiyonlar için kullanılacak olması nedeniyle korelasyon çalışmasına tabi tutularak kontrolünün yapılmasının büyük öneme sahip olduğu unutulmamalıdır.

Planlama aşamasındaki bir ocağın havalandırmasının tasarlanmasında bir ölçüm verisi olamayacağından korelasyon çalışmasının yapılmasına imkan bulunmamaktadır. Yazılımda oluşturulacak şebeke dosyası ya ocağın tam üretime geçtiği durumu ya da bir ara zamandaki aşamayı temsil edecektir. Ancak yine de oluşturulan şebeke dosyasının bağımsız bir kontrolünün yapılması şarttır. Bu durumda geleneksel havalandırma planlamasının aşamalarından yararlanmak da fayda vardır. Bunun için, planlama yapan teknik elmanlar kirleticilerin seyreltilmesi için gerekli hava miktarının tespiti ve çalışma alanlarına dağılımı için ciddi çaba harcamaktadır. Bunun yanı sıra basınç düşüşlerinin hesaplanması için gerekli hava yolları dirençleri temel şebeke dosyası için gerekli girdiler olacaktır.

Korelasyon çalışmasından tatminkar sonuçlar alınmasını takiben şebeke sonuçlarının analiz edilmesi gerekmektedir. Günümüzde kullanılan havalandırma yazılımları kullanıcılara; kollardaki hava akımlarını, sürtünme kaynaklı basınç düşüşlerini, dirençleri, kollardaki hava hızlarını, fan çalışma noktalarını, havalandırma maliyetlerini vermektedir. Yazılım sonuçları incelenerek hava miktarlarının gaz yayılımlarını, toz yoğunluklarını ve patlayıcı madde dumanlarını, hava hızı sınırlarını aşmamak suretiyle, yasal sınırların altına seyreltileceğinden emin olunmalıdır. Eğer bu sınırlar sağlanmıyorsa temel şebekede gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

4.1.4 Havalandırma Yazılımlarının Kullanılmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Havalandırma modellemesinde kullanılan yazılımlar daha yetenekli ve bu yazılımların çıktıları daha “renkli” hale geldikçe yazılımın esas hedefi geri planda kalmakta ve kullanıcılar oluşturulan havalandırma modellerinin içeriğinden çok şekline güven duymaktadır. Bir yeraltı kömür ocağının havalandırma planlamasının yapılmasında

kullanılacak havalandırma simülasyon yazılımının tüm bilgisayar yazılımları gibi çoğu durumda bir sonuç verdiği ancak bu sonuçların doğru olup olmadığının kontrol edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Esasında bu havalandırma yazılımlarının simülasyon (canlandırma) amaçlı olduğu gözden kaçırılmamalı ve hatalı üretilen havalandırma modellerinin sistemde yapılacak değişiklikleri hatalı canlandıracağı unutulmamalıdır.

Havalandırma yazılımlarında bir yeraltı kömür ya da metal ocağına ait havalandırma modelinin oluşturulması genellikle toplamda bir ya da iki gün sürmektedir. Ancak, oluşturulan modeller çoğu durumda ocağın gerçek durumunu yansıtmamakta, bu da yanlış planlamalara yol açmaktadır. Daha da kötüsü ise bu yanlışlıkların yapıldığının sistem çalışmaya başlayana kadar anlaşılamayacak olmasıdır. Bu kapsamda oluşturulan havalandırma modelinin doğruluğunun onaylanması büyük önem arz etmektedir. Doğruluğu onaylanmamış bir havalandırma modelinin bir yeraltı ocağında havalandırma ile ilgili kararlarda kullanılması; büyük maliyetlere, ocağın gelecekte planlanan üretiminin sekteye uğraması ya da gaz, toz, yangın vb. gibi ciddi iş sağlığı ve güvenliği sonuçlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle bir yeraltı ocağında ancak doğruluğu test edilmiş bir havalandırma modelinin kullanılması şarttır.

Bir yeraltı ocağına ait havalandırma modellemesinin doğruluğunun test edilmesi içinse sadece ölçülen hava miktarlarının denetlenmesi yeterli değildir. Zira havalandırma yazılımlarında oluşturulan herhangi bir model üzerinde ayarlamalar, kabuller ve hatta hileler yapmak mümkündür. Elbette bu işlemler genellikle iyi niyetle yapılmakta ve örneğin sürtünme faktörlerinin, şok kayıplarının, havayollarının kesit alanlarının ya da regülatör ayarlarının değiştirilmesi ile amaca ulaşmaya çalışılmaktadır. Ancak çoğu durumda bu şekilde sonuç almak imkansız ya da bazı durumlarda hatalı bir fan eğrisi ve hatalı sürtünme faktörleri kullanılarak “doğru” hava miktarlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Böylesi durumlarda üzerinde oynanmış bir model havalandırma şebekesindeki küçük ya da bölgesel değişimlerin araştırılması için yeterli olabilmektedir. Bu durumda ise oluşturulan modele bir güven duyulması söz konusu olacaktır. Ancak bu türlü bir model; ocakta bir yeni ana havayolunun açılması, ana bir havayolunun kapatılması, ana fan yenilenmesi/yerinin değiştirilmesi ya da fan çalışma noktasının modifikasyonu gibi temel değişikliklerde çok hatalı sonuçlar verebilmekte ve bu sonuçlar gerekli değişiklik yapıncaya kadar fark edilememektedir. VentsimTM havalandırma yazılımında oluşturulan bir havalandırma modelinin geçerli olarak sayılması için gerekli kriterler detaylı olarak başka bir çalışmada verilmiştir (Blake, 2015).

Havalandırma yazılımları ile oluşturulan bir yeraltı havalandırma modelinde hava yoğunluğundaki değişimler, ekipman hareketi nedeniyle oluşan piston etkisi, ısı farklılığı nedeniyle doğal havalandırmadaki değişiklikler, fan performansındaki değişimler (eskimiş, aşınmış kanatlar vb.) göz ardı edilmemelidir. Ayrıca, barajlar ve kapılardan kaynaklı kaçaklar göz ardı edilememelidir. Bunun yanı sıra çok sayıda havayoluna “sabit akış” değeri atanmamalı, bu şekilde oluşan bir modelin “tahmin” kapasitesinin olmadığı unutulmamalıdır.

Hatalı oluşturulan bir havalandırma modelinin olası sonuçlarından bir tanesi de fanlarla ilgilidir. Havalandırma yazılımlarında oluşturulan hatalı modeller seçilecek fanın(fanların) istenen basınç ya da hava miktarına ulaşmaması, bir ya da birkaç fanın stall (duraysız) pozisyonuna girmesi, fanın düşük verimde çalışması ve bu nedenle fazla enerji maliyetlerine yol açması gibi sorunlara yol açmaktadır. Burada, yanlış modelleme sonucunda verimsiz çalışan bir fanın bir yıl gibi bir sürede satın alma maliyetinden daha fazla elektrik maliyetine yol açabileceği gözden kaçırılmamalıdır.

5. SONUÇLAR

Son yıllarda havalandırma planlama yazılımlarında yapılan önemli iyileşmeler ve gelişmelerin yanı sıra ölçüm ve modern enstrümantasyon aletlerinin de geliştirilmesiyle geleneksel havalandırma planlaması yerini daha detaylı modern bir havalandırma planlamasına bırakmıştır. Modern havalandırma planlamasının merkezinde bulunan havalandırma yazılımları ise kişisel bilgisayarların daha da güçlü hale gelmesiyle kullanıcıların havalandırma yazılımlarındaki gelişmiş grafiksel arayüzleri ve daha fazla aracı kullanmaya başlamasına yol açmıştır.

Bir yeraltı kömür ocağında modern bir havalandırma planlamasının oluşturulması için gereken girdilerin elde edilmesi için gerekli havalandırma ölçmeleri ve havalandırma şebeke simülasyonu, gerekli olan verilerin iyi anlaşılmasının yanı sıra eğitim ve pratik gerektirmektedir. Yazılımların yetenekleri arttıkça ve buna karşın kullanımları kolaylaştıkça kullanıcıların yazılımlardan elde edilen çıktılarının doğruluğunun ya da yanlışlığının farkında olması giderek daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle havalandırma yazılımları kullanılırken, kullanıcıların ocak havalandırmasının temel ilkelerinin iyi özümsemiş olmaları gerekmektedir.

Hatalı yapılacak bir havalandırma planlamasının ve modellemesinin sonuçlarının ağır ve geri döndürülemez olacağı ve üretim kayıplarının yanı sıra ciddi maliyet artışları getireceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, havalandırma yazılımlarının ve araçlarının kullanılması proje girdilerinin doğruluğuna bağlı olduğundan havalandırma planlaması ve buna bağlı olarak havalandırma yazılımlarının kullanılmasında azami dikkat gösterilmeli, hataları en asgari düzeye indirecek çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapsamda, her ne kadar havalandırma teknolojilerinde hızlı gelişmeler yaşansa da temel havalandırma ilkeleri ihmal edilememelidir.

döndürülemez olacağı ve üretim kayıplarının yanı sıra ciddi maliyet artışları getireceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, havalandırma yazılımlarının ve araçlarının kullanılması proje girdilerinin doğruluğuna bağlı olduğundan havalandırma planlaması ve buna bağlı olarak havalandırma yazılımlarının kullanılmasında azami dikkat gösterilmeli, hataları en asgari düzeye indirecek çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapsamda, her ne kadar havalandırma teknolojilerinde hızlı gelişmeler yaşansa da temel havalandırma ilkeleri ihmal edilememelidir.

KAYNAKLAR

- Brake R, 2013. Ventilation challenges facing the metalliferous sector, The Australian Mine Ventilation Conference, Australia, 2013.
- Blake D J, 2015. Quality assurance standards fo mine ventilation models and ventilation planning, The Australian Mine Ventilation Conference, Sydney (Australia), 221-228.
- McPherson M J, 1984. Mine ventilation planning in the 1980s, International Journal of Mining Engineering, 2:185-187.
- McPherson M J, 1993. Subsurface ventilation and environmental engineering, Chapman & Hall, United Kingdom, 930 p.
- Stewart C, 2019. Ventilation modeling. Myths, mistakes and success, The Australian Mine Conference Workshop, Perth (Australia).

SEYİTÖMER, BURSA VE AFŞİN-ELBİSTAN BÖLGESİ'NE AIT KÖMÜR DAMARLARININ KENDİLİĞİNDEN YANMA KARAKTERİSTİĞİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF SPONTANEOUS COMBUSTION CHARACTERISTICS OF COAL SEAMS OF SEYİTÖMER, BURSA AND AFŞİN-ELBİSTAN REGIONS

Abbas Almuslehi, Özer Ören*

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 43270 Kütahya/TÜRKİYE

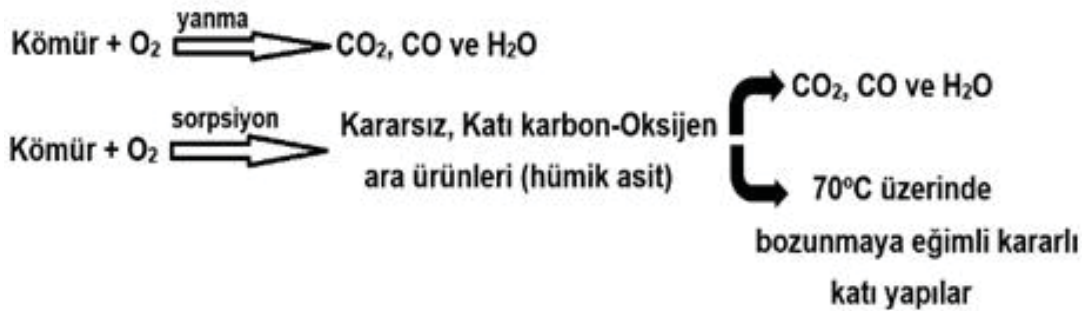
ÖZET Çeşitli parametreler içeren kendiliğinden yanma işlemi, sadece yeraltı madenciliğinde değil açık işletmelerde, depolarda ve kömürün uzun mesafeli kara ve deniz yoluyla naklinde de görülmektedir. Ocaklarda iş güvenliğini büyük ölçüde tehdit eden bu olayın, can kaybı ve insan sağlığını bozucu etkileri bulunmaktadır. İşletmelerde ise ekonomik kayıplar ile birlikte üretim kayıplarına da yol açmaktadır. Geri dönüşü olmayan zararlara sebebiyet vermemesi için iyi bir planlama ve denetim gerektiren kendiliğinden yanma olayının açtığı sorunları ortadan kaldırmak için kömürlerin kendiliğinden yanma durumlarının önceden tespit edilerek yatkinlik açısından sınıflandırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş. bünyesinde faaliyet gösteren SEYİTÖMER, BURSA ve AFŞİN ELBİSTAN Bölgesi' ne ait kömür ocaklarından alınan numuneler ile kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkinlikleri genel olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Kesişim noktası metodu kullanılarak, her ocaktan alınan 5'er adet numuneyle toplam 20 adet deney yapılmış ve SEYİTÖMER, BURSA ve AFŞİN ELBİSTAN Bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanma risk değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında SEYİTÖMER ve BURSA Bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanma açısından "yüksek"; AFŞİN ELBİSTAN Bölgesi kömürlerinin ise kendiliğinden yanma açısından "orta-yüksek" yatkinlikte olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT One of the factors that make coal mining difficult is the spontaneous combustion of coal. Spontaneous combustion including various parameters is not only met in underground mining, but also in surface mining, stockyards and long-distance transport of coal by land and sea. This event, which threatened the occupational safety in mines, has effects of causing loss of lives and defecting human health. In mining enterprises, it causes production losses along with economic losses. It is a serious matter that requires good planning and supervision in order not to cause irreversible damages. Spontaneous combustion of coals develops depending on internal, environmental factors and production methods. In order to eliminate the problems caused by spontaneous combustion, the spontaneous combustion conditions of coals must be determined and classified beforehand. In this study, it has been tried to determine the tendency of the coals to spontaneously combust in general with the samples taken from the coal mines of SEYİTÖMER, BURSA and AFŞİN ELBİSTAN region operating within the scope of the ÇELİKLER HOLDİNG company. Using the crossing point method, a total of 20 experiments were carried out with 5 samples taken from each colliery to find out the risk of spontaneous combustion of the SEYİTÖMER, BURSA ve AFŞİN ELBİSTAN Region coals. Based on the values obtained, it has been determined that the coals of the SEYİTÖMER AND BURSA Region have a "high" AFŞİN ELBİSTAN region coals are "medium-high" in terms of spontaneous combustion tendency to spontaneously combustion.

* ozer.oren@dpu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kömürlerin kendiliğinden yanması özellikle madencilik alanında ciddi kayıplara yol açan ve yanma sonucunda açığa çıkan toksik gazlar neticesinde çevre kirliliğine neden olan bir doğa olayıdır (Carras vd., 2009; Wang ve Chen, 2015). Kömür stokları da dahil olmak üzere termal güç istasyonlarında uzun süreli depolamalarda, açık işletmelerde, yeraltındaki eski üretim bölgelerinde, döküm sahalarında ve hatta uzun mesafeli kargo gemisi yada tren gibi nakliye koşullarında dahi bu sorun ile karşılaşılabilir (Fierro vd., 1999; Pone vd., 2007; Arisoy vd., 2006). Kendiliğinden yanma fenomeni kömürün karmaşık yapısından dolayı 17. yy'dan beri farklı disiplinlerden birçok araştırmacı ve bilim insanı tarafından aydınlatılmaya çalışılmaktadır. Bu olayı açıklamak üzerine birbirinden farklı teoriler geliştirilmiştir. Bu teorilerden bazıları; pirit teorisi, bakteri teorisi, fenil reaksiyonu, serbest radikal reaksiyonu, hidrojen reaksiyonu, aktivasyon grup reaksiyonu ve kömür – oksijen etkileşimi teorisidir. Bu teoriler arasında araştırmacılar tarafından en çok kabul gören yaklaşım kömür – oksijen etkileşimi teorisidir (Qi vd., 2010). Bu teoriye göre kömür ve oksijen arasında gelişen reaksiyonlar “direk yanma” ve “kemisorpsiyon” olmak üzere 2 ana aşamada gerçekleşmektedir. “Direk yanma” adı verilen bu aşamada; kömür oksijen arasında gerçekleşen reaksiyon neticesinde CO, CO₂ ve H₂O gibi oksidasyon ürünleri açığa çıkmaktadır (Carras ve Young, 1994; Wang vd., 2003). “Kemisorpsiyon” aşaması ise; birbirini izleyen 4 alt aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar şu şekilde özetlenebilir: 1) oksijenin fiziksel adsorpsiyonu, sıcaklıkta artış; 2) kimyasal adsorpsiyon (50°C üzeri), oksijenetik hidrokarbonların ya da peroksi bileşiklerin üretimi; 3) altere olmamış kömürün eş zamanlı oksidasyonu ile birlikte kendiliğinden yanma sıcaklığına ulaşıldığında (70°C üzeri) oksijenetik hidrokarbonların bozulması; ve 4) ilk üç maddedeki işlemlerin tümü, tipik olarak tutuşma eşiği olarak tanımlanan 150°C'den yüksek sıcaklıklara neden olması durumunda kendiliğinden yanma adı verilen olayın ortaya çıkması (Gürdal vd., 2015). Söz konusu tutuşma eşiği kömürün rankına bağlı olarak en düşük ranktaki kömür için 130°C gibi bir değerde olabildiği gibi turba için daha düşük değerlerde bile izlenebilir. Bu bağlamda, 60-80°C aralığı kritik olarak kabul edilmektedir (Wang vd., 2015). Şekil 1’de kömür oksidasyonunda gerçekleşen genel reaksiyon aşamaları görülmektedir (Wang vd., 2003a).



Şekil 1. Kömür oksidasyonunda gerçekleşen reaksiyon aşamaları (Wang vd., 2003a).

Kömürlerin kendiliğinden yanması üzerinde birçok faktör etkili olabilmektedir. Literatürde bu faktörler iç ve dış faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İç faktörler çoğunlukla kömür ya da organik içerikli kayaçların fiziksel özellikleri ile alakalı iken; dış faktörler kömür damarının ve damarın bulunduğu sahanın jeolojik özellikleri ile madencilik sırasında uygulanan üretim yönteminin çerçevesini konu edinmektedir. Çizelge 1’de kendiliğinden yanmada etkili olan parametreler ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Güney, 1968; Kural, 1991; Kural, 1998; Uludağ, 2001; Kaymakçı ve Didari, 2002).

Genel olarak bakıldığında; düşük ranklı kömürler daha fazla reaktif nem, oksijen ve uçucu madde içerdiklerinden dolayı, yüksek ranklı kömürlere oranla kendiliğinden yanmaya daha yatkındırlar (Ramlu, 1991). Kömürdeki nem içeriğinin oksidasyona ve kendiliğinden yanmaya etkileri üzerinde farklı görüşler ileri sürülmektedir.

Çizelge 1. Kömürün kendiliğinden yanmasında etkili olan parametreler.

İç (Endojen) Faktörler (Kömürün fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri)	Dış (Ekzojen) Faktörler (Atmosferik ve harici koşullar)
<ul style="list-style-type: none">• Kömürleşme derecesi• Petrografik yapısı• Nem içeriği• Kül içeriği• Kükürt içeriği• Tane boyutu• Depolanan kömür tipi• Kömürün kimyasal reaktiviteleri• Termal iletkenliği• Oksijen kısmi basıncı• Kömürün ilk sıcaklığı	<ul style="list-style-type: none">• Sıcaklık (bölgenin iklimi)• Rutubet (ortam nemi)• Oksijen konsantrasyonu• Stoklama şekli• Ortam pH’sı• Hava ile olan etkileşim süresidir

Araştırmacılar tarafından kömürün oksijen tüketiminin maksimum olduğu değer için kritik bir nem aralık değerinin var olduğu; bu nem aralığının aşağısında ya da yukarısında olan kömürler için oksijen tüketim oranlarının azaldığı ifade edilmiştir (Huggins ve Huffman, 1989; Chen ve Stott, 1993; Clemens ve Matheson, 1996; Wang vd., 2003b’den). Kömür oksidasyonu ve bunun sonucunda meydana gelen kendiliğinden yanma prosesi genel olarak düşünüldüğünde kömürün yüzeyinde ve gözeneklerinde gerçekleşen bir olaydır. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda; kömürün tane boyutunun küçülmesi sonucu yüzey alanının arttığı ve oksijen ile temas edecek ek yüzeylerin oluşmasına fırsat vermesinden dolayı kendiliğinden yanmayı arttırıcı rol üstlendiği ifade edilmiştir (Akgün ve Arisoy, 1994; Ren vd., 1999). Kömürde mineral maddenin artması yapısındaki karbon miktarını azaltacağından yüksek mineral madde içeriğinin kömürün kendiliğinden yanmasını azaltacağını söylemek mümkündür. Bunun haricinde geçmişte yapılan çalışmalarda, kömür

bünyesinde bulunan kireç, soda ve demir bileşiklerinin oksidasyonu hızlandırıcı; alüminyum, silis gibi minerallerin ise süreci yavaşlatan etkiye sahip oldukları belirtilmiştir (Didari, 1986). Özellikle literatürde piritin kendiliğinden yanmada etkin bir rol oynayabilmesi için bu oranın %2'nin üzerinde olması gerektiği ifade edilmiştir (Walters, A.D., 1996; Arisoy ve Beamish, 2015'ten). Bu görüşün aksine piritin kendi başına bir şey ifade etmediği ve oksidasyonda katalizör görevini yerine getirmesi için belli bir oranda neme ihtiyaç duyduğunu, kuru numuneler üzerinde yapılan testlerde piritin tek başına oksidasyona katkı sağlamadığını öne süren çalışmalar da bulunmaktadır (Beamish vd., 2012). Kömür petrografisinin kendiliğinden yanma üzerinde etkileri de literatürde araştırmacıların ilgisini çeken konular arasında yer almaktadır. Liptinit ve vitrinit gibi reaktivitesi yüksek maserallere sahip kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkın oldukları genel olarak kabul edilmektedir (Stracher vd., 2010). Kendiliğinden yanmada iç faktörlerin haricinde etkili olan diğer faktörler de dış faktörlerdir. Etki düzeyi açısından değerlendirildiğinde dış faktörler arasında damar kalınlığı, damar derinliği, ocak havalandırması ve üretim yöntemi ile üretim hızı gibi başlıklar ön plana çıkmaktadır. Kömür damarının kalınlığı arttıkça kömürün ısı iletkenliği azalmakta ve kömürdeki ısı birikimi fazlalaşabilmektedir. Kalın kömür damarlarının kazısında sıkça uygulanan blok göçertmeli yöntemlerde, göçük kısmında üretilmeden terk edilmiş kırıklı yapıya sahip kömür parçaları kendiliğinden yanmaya zemin hazırlamaktadır (Gill&Browning, 1971; Mahadevan ve Ramlu, 1985; Morris ve Atkinson, 1986). Literatürde 5 m'den fazla kalınlığa sahip kömür yataklarının kendiliğinden yanmaya daha yatkın olduğu ifade edilmiştir (Banerjee, 1985). Artan derinlikle birlikte kömürün kendiliğinden yanma riski de paralel şekilde artmaktadır. Derin ocaklarda kömür üzerine binen kaya basıncı, bırakılan topukların ve özellikle kazı arınındaki kömür parçalarının kırılmasına ve çatlamasına yol açmaktadır. Bu kırık ve çatlaklar kömürün oksijen ile teması için serbest yüzeyler oluşturmaktadır (Kural, 1988). Bunun dışında derinliğin artması sonucunda jeotermal gradyanın da buna bağlı olarak artacağı, bu artış neticesinde kömür ve çevre kayaçların ısisının fazlalaşacağı ve bunun da kendiliğinden yanma için uygun bir ortam hazırlayacağı literatürde belirtilmiştir (Didari, 1986). Genel olarak, 30-100°C arasındaki sıcaklıklarda her 10°C'lik sıcaklık artışı neticesinde kömürün oksidasyon hızı ortalama 2,2 kat artmaktadır (Erkan, 1964). Ocak içerisindeki atmosferik koşullar açısından incelendiğinde, kendiliğinden yanma üzerinde havadaki nem miktarının etkisi de kendiliğinden yanmayı etkileyen parametreler arasında gösterilmektedir. Kömür yüzeyine etkiyen nemli havanın kuru havadan 2,5 kat daha fazla ısı ürettiği ifade edilmiştir (Karpuz vd., 2000). Havadaki nemin kısmi basıncının yüksek olması durumunda kömür ve atmosferik hava arasında nem alışverişi olmakta ve yoğunlaşma sırasında açığa çıkan ısı kömürün sıcaklığının artmasına ve kendiliğinden yanma riskinin yükselmesine neden olabilmektedir (Beier, 1973; Kural, 1998'den). İlerletimli uzunayak yöntemi göçük arkasında kalan kömürlerin sürekli hava akımına maruz kalmasından dolayı geri dönümlü yöntemle kıyasla kendiliğinden yanma açısından daha tehlikeli bir yöntemdir. Geri dönümlü yöntemde taban yolları kömürün içerisinde olduğundan hava kaçacak herhangi bir yol bulamamakta ve böylece hava kaçakları minimuma indirgenebilmektedir.

Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmaların merkezini kendiliğinden yanma sürecine etki eden faktörlerin belirlenmesi, yanma sürecinin başında engellenmesi veya sonrasında bertarafı, kömür ya da organik yapıdaki kayaçların kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesi gibi konular oluşturmaktadır. Kendiliğinden yanma aktüel bir süreç olduğundan ve üretim süreçleri ile birlikte ilerleyen aşamalarda damar derinliğinin ve kömür yapısının değişebileceği göz önüne alınarak yatkınlık ölçümleri ile risk değerlendirmelerinin periyodik olarak yapılması önem taşımaktadır. Yapılan bu çalışma ile ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş. çatısı altında faaliyetlerini devam ettiren üç ayrı işletmenin üretim ayaklarından alınan kömür örneklerinin kendiliğinden yanma riskleri belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Örneklerin Alınması ve Hazırlanması

Çalışma kapsamında kullanılan linyit örnekleri ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş.'ye ait kömür madenciliği alanında faaliyet gösteren üç farklı işletmenin üretim panolarından (Seyitömer Linyit İşletmesi A.Ş./S-49 ve HÖYÜK panoları, Bursa Linyit İşletmesi/BLİ -A pano ve Afşin Elbistan Linyit İşletmesi A.Ş./63 no'lu pano) temin edilmiştir.

Ocaklardan temin edilen numuneler okside olmaması açısından alüminyum folyo ve streç film ile kaplanarak kapalı kaplarda hızlı bir şekilde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Laboratuvarlarına getirilmiştir. Ardından tüm numuneler -75 µm boyutuna indirgenmiş ve yaklaşık 250 gr'lık hava sızdırmaz poşetlere konularak derin dondurucuda deney süreçlerine kadar muhafaza edilmiştir. Numunelere ait kimyasal analiz sonuçları KDPÜ Maden Mühendisliği, Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında yapılmış olup sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

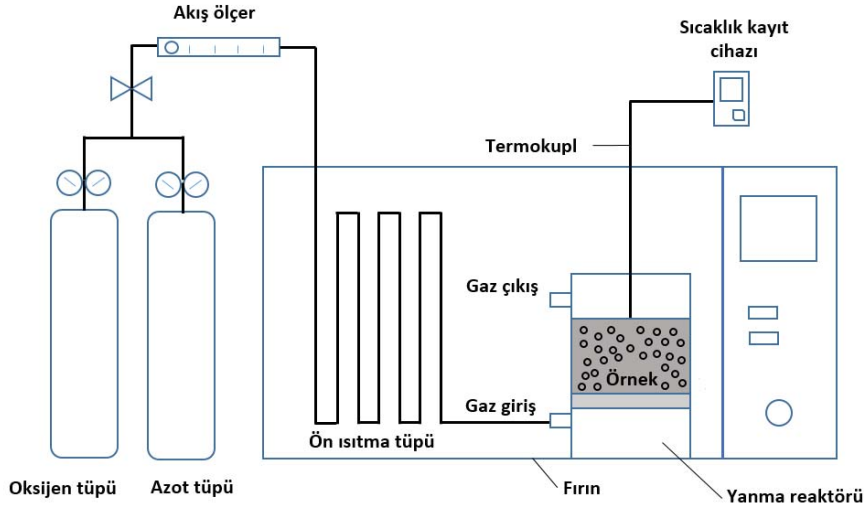
Çizelge 2. Kömür numunelerine ait kimyasal analiz sonuçları

Numune adı	Afşin Elbistan 63	SLİ 49	SLİ Höyük	BLİ A
Nem (%)	10.42	28.32	29.16	25.96
Kül (%)	18.42	21.20	16.25	9.77
Uçucu madde (%)	52.50	59.35	51.81	58.32
Karbon (%)	29.08	19.39	31.94	31.91
Kalorifik Değer (kcal/kg)	4596	4856	5221	5818

2.2 Deneysel Çalışmalar

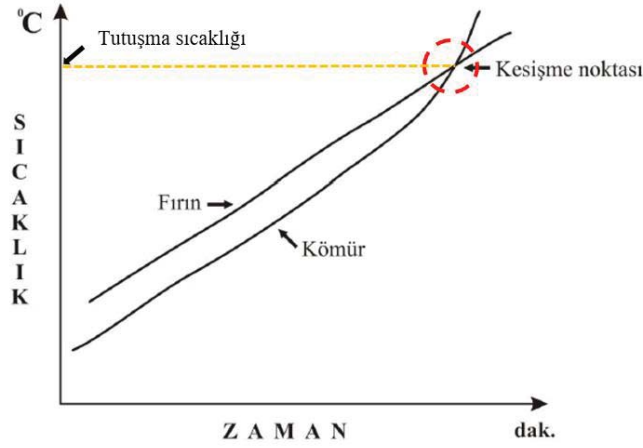
Çalışmaya konu olan kömürlerin kendiliğinden yanma yatkınlığının belirlenmesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında hali hazırda faaliyet gösteren düzenekten yararlanılmıştır

(Şekil 2). Söz konusu düzeneğe; farklı sıcaklık ve zaman aralıklarında program ve rampa yapmaya olanak veren bir etüv (Carbolite PF120, İngiltere), kömür numunesinin içine konulduğu ve yanma işleminin gerçekleştiği krom-nikel alaşımlı bir reaktör, reaktör içerisindeki kömürün deney süresi boyunca sıcaklığını ölçmeye yarayan termokupl ve veri kaydedici (Testo 175-T3, Almanya) ve kömüre istenilen debilerde hava verilmesini sağlayan akış ölçer (Cole Parmer, Dual-Float SN-32466-04, ABD) ile oksijen ve azot tüplerinden oluşmaktadır.



Şekil 2. Kendiliğinden yanma deney düzeneği.

Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan kesişim noktası metodundan faydalanılmıştır. Deneylerde - 75 µm boyutuna indirgenmiş ve her deney için 35 gr'lık kömür örneği kullanılmıştır. Deneyin başlangıcında kömür örneği reaktör içerisine konulmuş ve reaktörün gaz giriş ve çıkış bağlantıları yapılarak denge zamanı süreci içerisinde etüv ve kömür örneğinin sıcaklıkları 30°C'ye eşitleninceye kadar reaktör içerisine oksijen verilmemiştir. Denge zamanı süresi boyunca kömürün okside olmaması açısından reaktör içerisine azot gazı verilmiştir. Süreç tamamlanıp kömür ve etüvün sıcaklıkları eşitlendiği noktada reaktöre %99,6 saflıkta 200 cc/dk debide oksijen verilmeye başlanmış ve bu aşamadan sonra kömür ve etüvün sıcaklık değerleri her 10 dakikada bir kayıt altına alınmıştır. Deneysel süreçte etüvün sıcaklık artışı 0,5°C/dk olarak ayarlanmış ve deney sonuna kadar kömür ve etüvdeki sıcaklık değişimleri izlenmiştir. Zaman içerisinde okside olan kömür örneğinin sıcaklığı doğrusal olarak artan etüvün sıcaklığına erişmekte ve etüv ile kömürün sıcaklıkları bir noktada kesişmektedir. Bu nokta literatürde “kesişim noktası” olarak adlandırılırken, söz konusu noktadaki sıcaklık “tutuşma sıcaklığı” olarak ifade edilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Tipik bir kendiliğinden yanma eğrisi.

2.3 Kömürlerin Kendiliğinden Yanmaya Yatkinliklarının Belirlenmesi

Deney sırasında elde edilen verilerden yararlanılarak kömürlerin kendiliğinden yanma yatkinlikları belirlenmiştir. Yatkinlik sınıflaması yapılırken Feng, Chakravorty ve Cochrane (Feng vd., 1973) tarafından geliştirilmiş ampirik eşitlik kullanılmıştır (Eşitlik 1 & 2). Bahsi geçen indekse ait formülasyon ve formülasyon içinde kullanılan değişkenlere ait açıklamalar aşağıda verilmiştir (Ören ve Şensöğüt, 2007).

$$I_{FCC} = \frac{\text{Ort.Sıc.Artışı (OSA)}}{\text{Kesişim Noktası (Tutuşma) Sıcaklığı}} \times 1000 \quad (1)$$

Burada;

I_{FCC} : Feng, Chakravorty, Cochrane indeksi, 1/dk.
 OSA : 110 – 220°C arasındaki ortalama sıcaklık artışı, °C/dk.

Ortalama sıcaklık artışı (OSA) ise;

$$OSA = \frac{110}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde;

t_2 : Kömür numunesinin 220°C sıcaklığa ulaştığı zaman dakikası.

t_1 : Kömür numunesinin 110°C sıcaklığa ulaştığı zaman dakikası.

Söz konusu indeksten (I_{FCC}) faydalanılarak kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkinlikları Çizelge 3'te gösterildiği şekli ile sınıflandırılmaya tabi tutulmaktadır (Ören ve Sensogut, 2010; Ören ve Şensöğüt, 2018).

Çizelge 3. İ_{FCC} indeksine göre kömürlerin yatkınlık sınıflaması

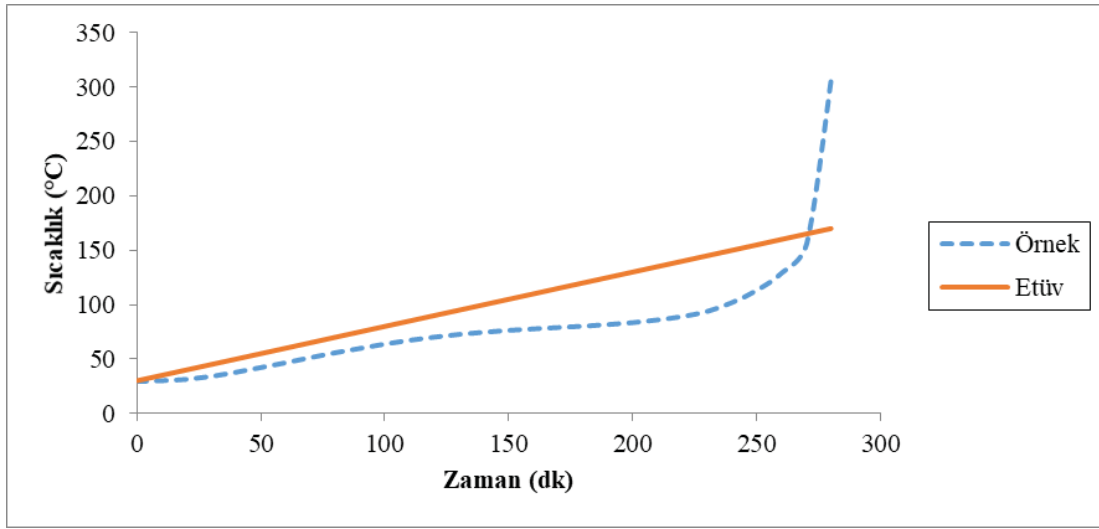
Yatkınlık indeksi	Risk sınıfı
0 - 5	Düşük
5 - 10	Orta
>10	Yüksek

3. SONUÇLAR

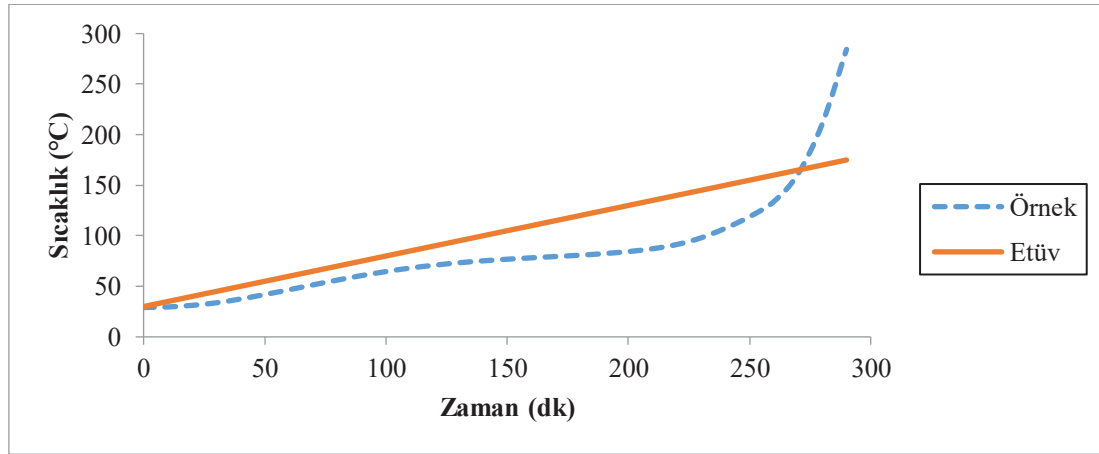
Yapılan bu çalışmada SEYİTÖMER, BURSA ve AFŞİN ELBİSTAN bölgesinde kömür üretim faaliyetlerini sürdüren ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş' den temin edilen kömürlerin kendiliğinden yanma karakteristikleri kesişim noktası metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Her bir işletmeye ait kömür numunesi için 5'er adet kesişim noktası deneyi yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Tüm kömürlere ait deney sonuçları ve kesişim noktası grafikleri sırasıyla Çizelge 4 ve Şekil 4-7'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4. Tüm kömürlere ait kendiliğinden yanma deney sonuçları.

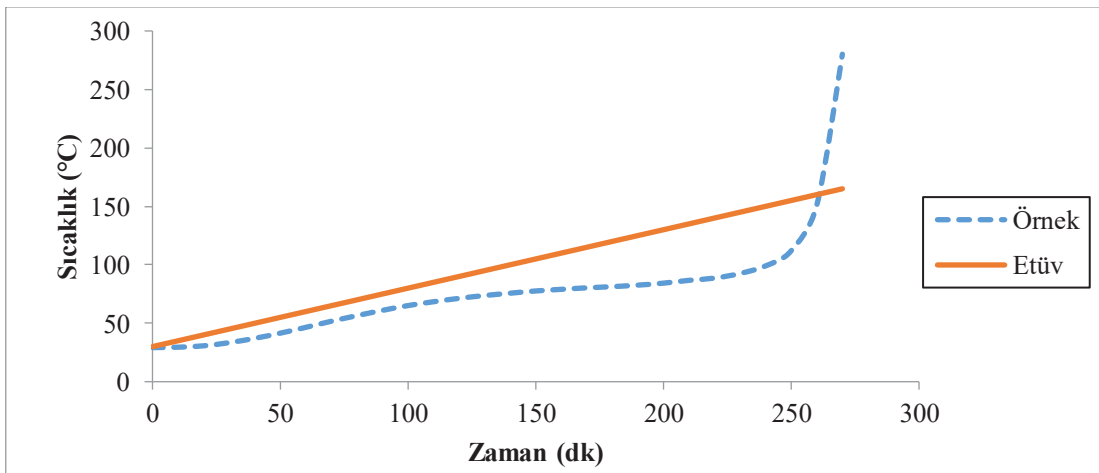
Numune & deney kodu	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (°C/dak)	Yatkınlık İndeksi (1/dk)	Risk Durumu
SLİ S-49 (1)	166	3.93	23.67	YÜKSEK
SLİ S-49 (2)	164	4.23	25.79	YÜKSEK
SLİ S-49 (3)	165	5.50	33.33	YÜKSEK
SLİ S-49 (4)	164	3.24	19.73	YÜKSEK
SLİ S-49 (5)	164	3.79	23.13	YÜKSEK
SLİ HÖYÜK (1)	166	2.89	17.44	YÜKSEK
SLİ HÖYÜK (2)	162	4.58	28.29	YÜKSEK
SLİ HÖYÜK (3)	167	3.67	21.96	YÜKSEK
SLİ HÖYÜK (4)	165	4.23	25.64	YÜKSEK
SLİ HÖYÜK (5)	164	2.68	16.36	YÜKSEK
BLİ A (1)	160	7.33	45.83	YÜKSEK
BLİ A (2)	159	7.33	46.12	YÜKSEK
BLİ A (3)	155	3.79	24.47	YÜKSEK
BLİ A (4)	154	4.23	27.47	YÜKSEK
BLİ A (5)	157	6.47	41.21	YÜKSEK
AFŞİN ELBİSTAN 63(1)	158	1.64	10.39	YÜKSEK
AFŞİN ELBİSTAN 63(2)	157	1.57	10.01	YÜKSEK
AFŞİN ELBİSTAN 63(3)	156	1.55	9.93	ORTA
AFŞİN ELBİSTAN 63(4)	161	1.07	6.33	ORTA
AFŞİN ELBİSTAN 63(5)	155	2.02	11.26	YÜKSEK



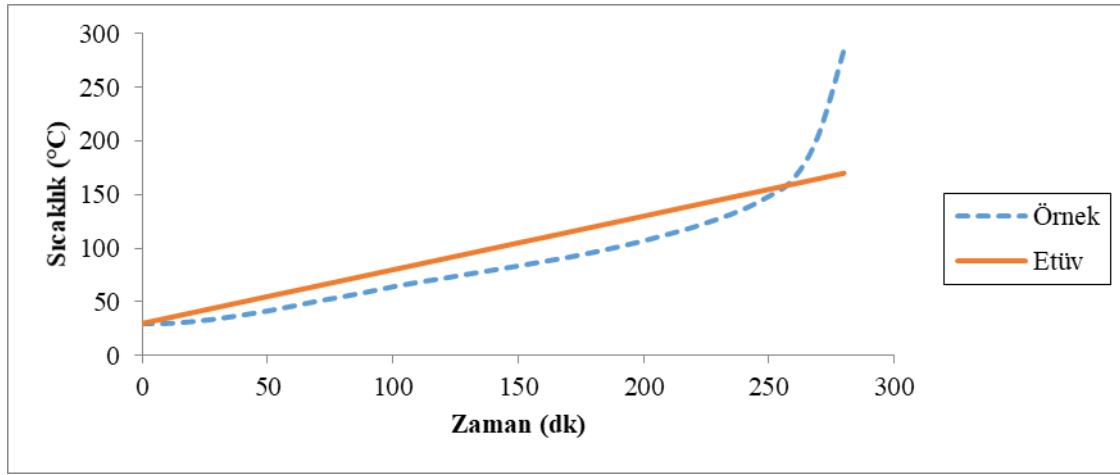
Şekil 4. SLİ S-49 (1) numunesine ait zaman – sıcaklık eğrisi.



Şekil 5. SLİ-Höyük (1) numunesine ait zaman – sıcaklık eğrisi.



Şekil 6. BLİ- A (1) numunesine ait zaman – sıcaklık eğrisi.



Şekil 7. Afşin Elbistan 63 (1) numunesine ait zaman – sıcaklık eğrisi.

Yapılan bu çalışmada, Seyitömer havzası, Bursa havzası ve Afşin Elbistan havzasına ait kömürlerin oksidasyon ile meydana gelen kendiliğinden yanma ve sonucunda oluşması muhtemel yangın riskleri belirlenmiştir

Bu amaçla ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş. bünyesinde kömür üretimi yapan ve Kütahya, Bursa ve Kahramanmaraş illerinde faaliyet gösteren Seyitömer Linyit İşletmesi (SLİ) S-49 ve Höyük; Bursa Linyit İşletmesi (BLİ) A ve Afşin Elbistan 63 no'lu panolardan alınmış olan numuneler üzerinde “kesişim noktası metodu” kullanılarak bölgedeki kömür ocaklarının kendiliğinden yanma risklerine ilişkin analizler yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, Seyitömer Linyit İşletmesi S-49 panodan alınan numunelerinin tutuşma sıcaklıkları 164 – 166°C arasında tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklık artışı 3.24 – 4.23°C/dk arasında bulunmuştur. Yatkınlık indeksi olarak 19.73 – 33.33 dk⁻¹ arasında hesaplanmıştır.

Seyitömer Linyit İşletmesi Höyük panodan alınan numunelerinin tutuşma sıcaklığı 162 – 167°C arasında ve ortalama sıcaklık artışı 2.68 – 4.58°C/dk arasında bulunmuştur. Yatkınlık indeksi 16.36 – 28.29 dk⁻¹ arasında tespit edilmiştir.

Bursa linyit işletmesi A panodan alınan numunelerinin tutuşma sıcaklığı 154 – 160°C arasındadır. Ortalama sıcaklık artışı 3.79 – 7.33°C/dk arasında belirlenmiştir. Yatkınlık indeksi değeri 24.47 – 46.12 dk⁻¹ arasında değerler almıştır.

Afşin Elbistan 63 no'lu damardan alınan numunelerinin tutuşma sıcaklığı 155 – 161°C arasında bulunmuştur. Ortalama sıcaklık artışı 1.07 – 2.02°C/dk arasında tespit edilmiştir. Yatkınlık indeksi değeri 6.33 – 11.26 dk⁻¹ arasında hesaplanmıştır.

Elde edilen deney sonuçlarından hareketle; Seyitömer Linyit İşletmesine ait kömürler kendiliğinden yanma açısından “yüksek riskli”, Bursa Linyit İşletmesi kömürleri yine aynı şekilde “yüksek riskli” olarak belirlenmiştir. Diğer numunelerden farklı olarak

Afşin Elbistan Linyit İşletmesi’ne ait kömürlerin kendiliğinden yanma riskleri “orta – yüksek” olarak tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar numune temini aşamasında gösterdikleri yardım ve kolaylıklardan dolayı ÇELİKLER HOLDİNG A.Ş., yetkililerine sonsuz teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Akgün, F., Arisoy, A. (1994). Effect of particle size on the spontaneous heating of a coal stockpile. *Combustion and Flame*, 99(1), 137–146.
- Arisoy, A., Beamish, B. (2015). Mutual effects of pyrite and moisture on coal self-heating rates and reaction rate data for pyrite oxidation. *Fuel*, 139, 107-114.
- Arisoy, A., Beamish, B. and Çetegen, E. (2006). Modelling spontaneous combustion of coal. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 30, 193–201.
- Banerjee, S.C. (1985). Spontaneous combustion of coal and mine fires. A.A. Balkema / Rotterdam, 167 s.
- Beamish, B., Lin, Z. and Beamish, R. (2012). Investigating the influence of reactive pyrite on coal self-heating. *Proceedings of the Twelfth Coal Operators Conference* (pp.294-299), Wollongong, Australia.
- Carras, J. N., Young, B. C. (1994). Self-heating of coal and related materials: Models, application and test methods. *Progress in Energy and Combustion Science*, 20(1), 1–15.
- Carras, J. N., Day, S. J., Saghafi, A. and Williams, D. J. (2009). Greenhouse gas emissions from low-temperature oxidation and spontaneous combustion at open-cut coal mines in Australia. *International Journal of Coal Geology*, 78(2), 161–168.
- Didari, V. (1986). Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indeksleri. *Madencilik Dergisi*, 25(4), 29-34.
- Erkan, H. (1964). Kömürün depolanması. *Madencilik*, 3, 12-13.
- Feng, K.K., Chakravorty, R.N. and Cochrane, T.S. (1973). Spontaneous combustion – a coal mining hazard. *The Canadian Mining and Metallurgical Journal*, 66(738), 75–84.
- Fierro, V., Miranda, J. L., Romero, C., Andrés, J. M., Arriaga, a., Schmal, D. and Visser, G. H. (1999). Prevention of spontaneous combustion in coal stockpiles: Experimental results in coal storage yard. *Fuel Processing Technology*, 59(1), 23–24.
- Gill, F., Browning, E. (1971). Spontaneous combustion in coal mines. *Colliery Guardian*, 219, 79-85.
- Güney, M., (1968). Certain factors affecting the oxidation and spontaneous combustion of coal. *University of Nottingham, Mining Department Magazine*, 20, 71 – 80.
- Gürdal, G., Hoşgörmez, H., Özcan, D., Li, X., Liu, H. and Song, W. (2015). The properties of Çan Basin coals (Çanakkale—Turkey): Spontaneous combustion and combustion by-products. *International Journal of Coal Geology*, 138, 1–15.
- Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H. ve Keskin, S. (2000). Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin tespiti: Bölüm I – Risk sınıflaması derlemesi. *Madencilik Dergisi*, Eylül / Aralık, 3-13.
- Kaymakçı, E., Didari, V. (2002). Relations between coal properties and spontaneous combustion parameters. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26(1), 59–64.
- Kural, O. (1988). Kömür kimyası ve teknolojisi. Şahsi Yayınlar, İstanbul.
- Kural, O. (1991). Kömür, Kurtiş Matbaası.
- Kural, O. (1998). Kömür özellikleri, teknolojisi ve çevre ilişkileri. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- Mahadevan, V., Ramlu, M. (1985). Fire risk rating of coal mines due to spontaneous heating. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 33, 357-362.

- Morris, R., Atkinson, T. (1986). Geological and mining factors affecting spontaneous heating of coal. *Mining Science and Technology*, 3, 217-231.
- Oren, O., Sensogut, C. (2010). Spontaneous combustion liability of Kutahya (Turkey) region lignites. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 32, 877-885.
- Ören, Ö., Şensögüt, C. (2018). Determination of safe storage types for coals with regard to their susceptibility to spontaneous combustion – Tuncbilek coals’ case. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 38(6), 290-301.
- Ören, Ö., Şensögüt, C. (2007). Kütahya bölgesi linyitlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması. *Madencilik*, 46(1), 15-23.
- Pone, J. D. N., Hein, K. A. A., Stracher, G. B., Annegarn, H. J., Finkleman, R. B., Blake, D. R., McCormack, J.K. and Schroeder, P. (2007). The spontaneous combustion of coal and its by-products in the Witbank and Sasolburg coalfields of South Africa. *International Journal of Coal Geology*, 72(2), 124–140.
- Qi, X., Wang, D., Zhong, X., Gu, J. and Xu, T. (2010). Characteristics of oxygen consumption of coal at programmed temperatures. *Mining Science and Technology (China)*, 20(3), 372–377.
- Ramlu, M.A., (1991). Mine disasters and mine rescue. A.A. Balkema, Rotterdam, 397 s.
- Ren, T. X., Edwards, J. S. and Clarke, D. (1999). Adiabatic oxidation study on the propensity of pulverised coals to spontaneous combustion. *Fuel*, 78(14), 1611–1620.
- Stracher, G.B., Prakash, A. and Ellina, V.S. (2010). Coal and peat fires – A global perspective. vol.I: coal, geology and combustion, 343 s.
- Uludağ, S., (2001). Assessing spontaneous combustion risk in South African coal mines using a GIS tool. M.Sc Dissertation, University of Witwatersrand, South Africa.
- Wang, H., Chen, C. (2015). Experimental study on greenhouse gas emissions caused by spontaneous coal combustion. *Energy and Fuels*, 29(8), 5213–5221.
- Wang, H., Dlugogorski, B. Z. and Kennedy, E. M. (2003). Pathways for production of CO₂ & CO in low-temperature oxidation of coal. *Energy & Fuels*, 17(1), 150–158.
- Wang, H., Dlugogorski, B. Z. and Kennedy, E. M. (2003a). Coal oxidation at low temperatures: oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modelling. *Progress in Energy and Combustion Science*, 29(6), 487–513.
- Wang, H., Dlugogorski, B. Z. and Kennedy, E. M. (2003b). Analysis of the mechanism of the low-temperature oxidation of coal. *Combustion and Flame*, 134(1–2), 107–117.
- Wang, Y., Shi, G. and Guo, Z. (2015). Coupled multi-stage oxidation and thermodynamic process in coal-bearing strata under spontaneous combustion condition. *International Symposium on Advances in Computational Heat Transfer*, Rutgers University, Piscataway, NJ, USA, 1–12.

İMBAT MADENCİLİK'TE İHTİYACA GÖRE HAVA MİKTARINI DEĞİŞTİREN TALİ HAVALANDIRMA OTOMASYONU UYGULAMASI

DEVELOPMENT TUNNEL AUXILIARY VENTILATION CASE STUDY WITH VENTILATION ON DEMAND (VOD) APPLICATION AT İMBAT COAL MINE

Yakup Akyol*

Havalandırma Servis Şefi İmbat Madencilik A.Ş.

Aygün Ekici

Genel Müdür Yardımcısı (İSG) İmbat Madencilik A.Ş.

ÖZET Delme patlatma yöntemi ile çalışılan hazırlık galerinde tali havalandırmanın, hızlı ilerleme açısından, patlatma sonucu açığa çıkan CO, SO₂ ve NO_x gazlarının derişimini sınır değerlerin altına hızlıca indirebilmesi arzu edilir. Özellikle SO₂ ve NO_x gazları, çok kısa süreli solunumda bile ciddi akciğer hastalıklarına neden olmaktadır. Piyasada ticari olarak satılan neredeyse tüm patlayıcı maddeler bu zararlı gazları az ya da çok miktarda ihtiva etmektedir. Burada önemli olan, solunum ile kalıcı hasar bırakabilen bu gazların ortamdaki hızlıca uzaklaştırılmasıdır. Bu çalışmada, Soma Eynez havzasında faaliyetini sürdüren İmbat Madencilik'in büyük hazırlık projesinde, ateşleme sonucunda açığa çıkan CO gazı konsantrasyonuna bağlı olarak mevcut fanın yanı sıra otomatik devreye giren paralel fan uygulaması (VOD - Havanın talebe göre yönlendirmesi) anlatılmaktadır.

ABSTRACT Mainly target of auxiliary mine ventilation cause from fast development issues that is rapidly dilute of poison gas like CO, SO₂ and NO_x ratio to under the limit values. Especially SO₂ and NO_x cause of lungs diseases even if short term exposure time. Whole blasting material which is available on market ingredient more or less these type of poison compound. Central topic of this problem is poison gases which is permanent damage with breath are rapidly disappear in development zone. In this whitepaper detailed explain VOD ventilation on demand application. Parallel combination fan circuit trigger with the blasting activity after releasing upper limit of predefined CO gas concentration.

* yakupakyol@imbatmadencilik.com

1. GİRİŞ

1.2 İşletme Bilgileri

İmbat Madencilik, işletme faaliyetlerini Manisa ili soma İlçesi Eynez kömür havzasında yer alan 75153 ve 86071 sicil no'lu ruhsat sahalarında gerçekleştirmektedir. Anılan ruhsat alanları Soma ilçesinin yaklaşık 25 km. güney batısında olup işletmeye Soma-Bergama karayolunun 16.km'sindeki Cenkyeri beldesinden 11 km'lik asfalt yol ile ulaşılmaktadır.

Yaklaşık 34.000.000 ton kömür rezervi kalan 75153 no'lu sahanın ruhsatı ve işletme izni Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na ait olup 04.10.2004 tarihinde imzalanan "Rödovans Sözleşmesi" kapsamında işletmecilik faaliyeti İmbat Madencilik tarafından yapılmaktadır.

İşletmede, tamamı tam mekanize olmak üzere "Geri dönüşlü arkadan göçertmeli çok katlı uzun ayak" (LTCC) üretim yöntemi uygulanmaktadır. Damar kalınlığına göre tek kat, 2 kat ve 3 kat çalışılabilmektedir.

Rödovans sahasının bitişiğinde yer alan 86071 sicil no'lu sahada ise Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu ile 10.09.2018 tarihinde imzalanan "Ruhsat Devri Suretiyle İşletme Hakkının Verilmesi Sözleşmesi" kapsamında 2051 yılına kadar işletme faaliyetleri sürdürülecektir. Yaklaşık 152 milyon ton kömürün üretilmesi planlanan bu sahada hâlihazırda proje ve hazırlık faaliyetleri devam etmekte olup 2021 yılında üretime başlanacaktır.

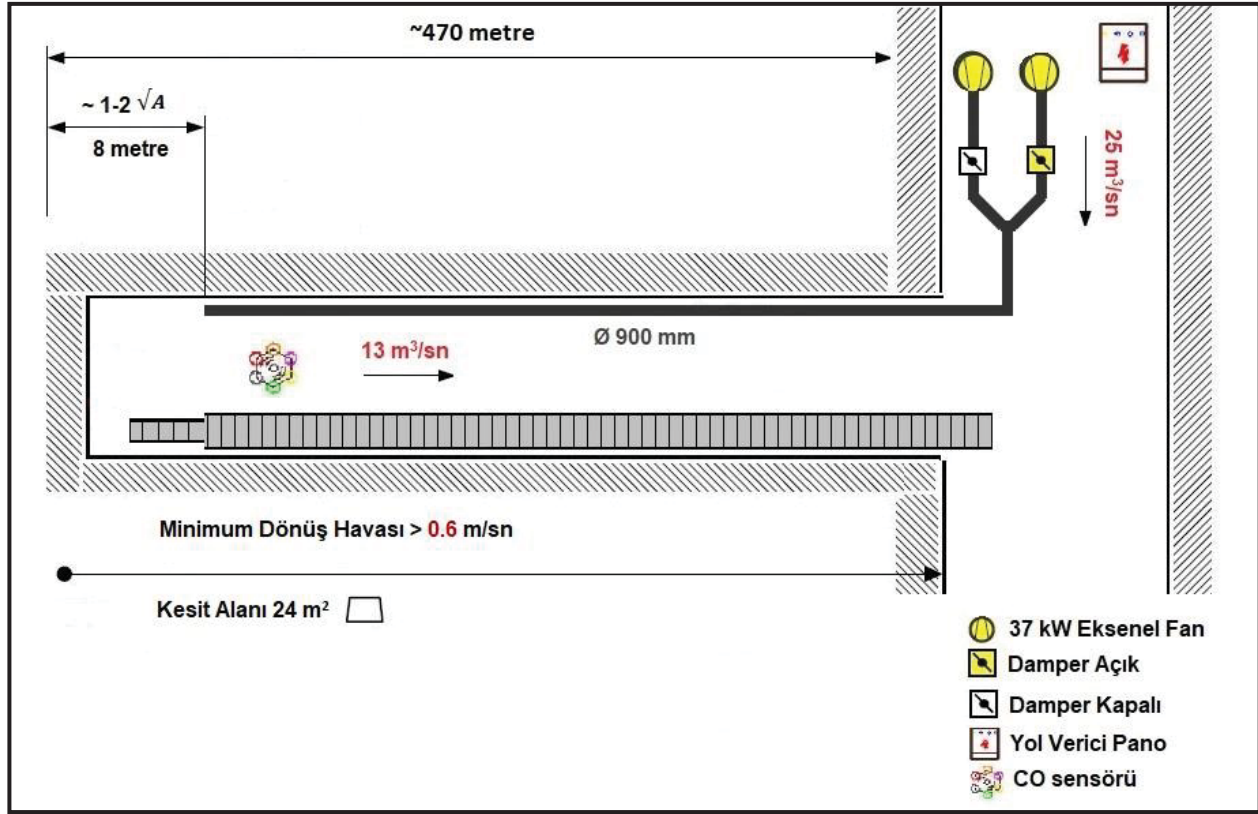
1.2 Hazırlık Bacasının Tanıtımı

86071 sicil no'lu ruhsat devirli sahaya doğru sürülen +22 hazırlık galerisi halen 470 metre uzunluğundadır. Söz konusu galeri sıfır derece eğimli ve 24 m² kesitinde olup, tahkimat için 3 parçalı TH 34 çelik profil ve hasır tel kullanılmaktadır. Delme patlatma yöntemi ile marn formasyonunda sürülen galeride deliklerin delinmesi ve yükleme için Deillman Haniel Elektro-Hidrolik makine ile çalışılmaktadır. Ateşleme sonrası çıkan pasa önce zincirli konveyör, daha sonra da bantlarla yerüstüne çıkarılmaktadır.

2 adet 37 kW Zitron marka fanın konumlandığı galeride 900 mm çapında Mathellas marka fantüpler kullanılmaktadır. Hava kaçaklarını azaltmak için eklerinde dikişin yanı sıra yapıştırma özellikli fantüp seçilmiştir. 25 metre uzunluğundaki fantüp kolonları fermuar ile birleştirilmektedir. Şekil-1'de görüldüğü gibi hazırlık galerisi ana yola yaklaşık 90 derece dik durumdadır ve tali fanlar hava geliş tarafında 20 metre mesafede konumlandırılmıştır. Galeri girişindeki keskin dönüşü aynı çapta 90 derecelik çelik dirsek montajlanarak dönüşteki şok kayıpların azaltılması amaçlanmıştır.

Projede, ilgili yönetmelik gereği zorunlu olarak bulundurulması gereken sensörlerin yanı sıra, fantüpün dönüş havasının üzerine ve kazı aynasının 30 metre, gerisine CO

gazı ve basınç farkı değerlerini ölçen bir grup sensörü konulmakta, galerinin ilerlemesi ile birlikte sensör de aynı konuma ötelenmektedir.



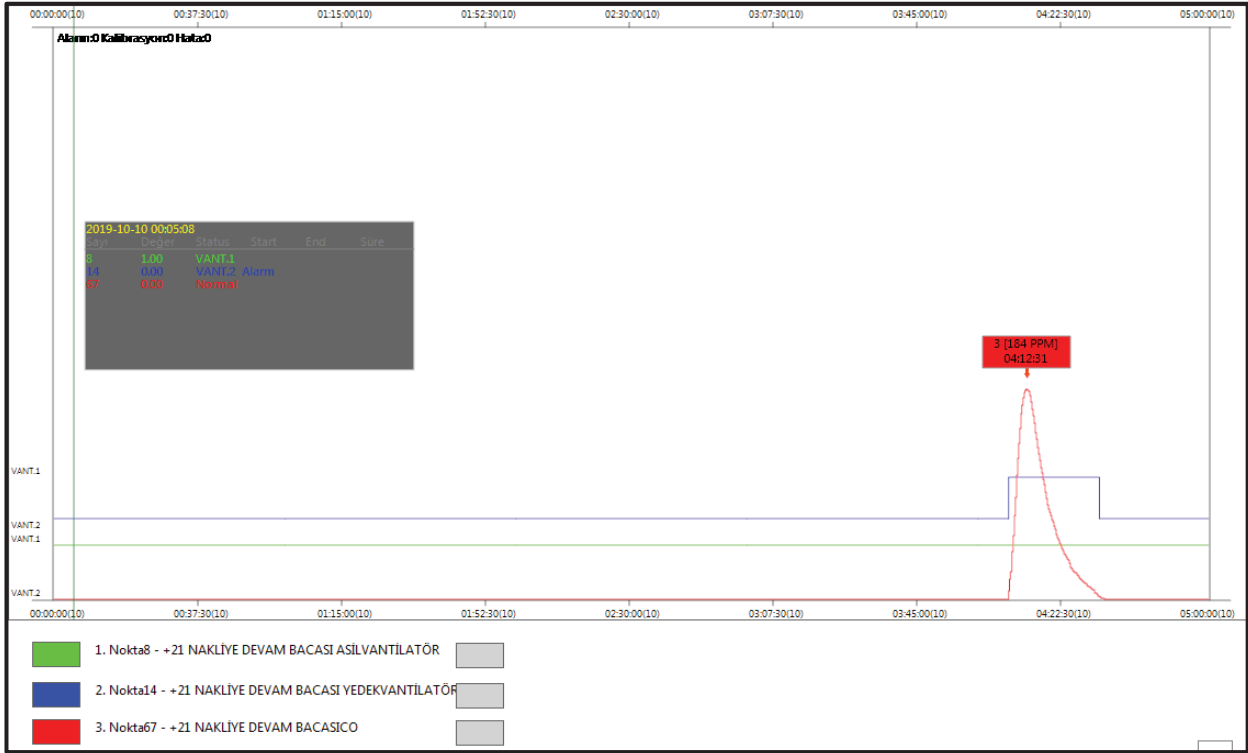
Şekil 1. Hazırlık galerisinin krokisi.

1.3 VOD Otomasyon Sisteminin Tanıtımı

Otomasyon sistemi Şekil.1’de şematik olarak görüldüğü üzere birisi devamlı olarak çalışan 2 adet paralel bağlı 37 kW eksenel tali fan, bu fanları birbirine bağlayan ve içerisinde elektrik motorlu damperleri bulunduran çelik saçtan imal edilmiş Y harfi şeklindeki 3 yollu aparat, pitot statik tüpü, sensör grubu ve yol verici panoyu kapsamaktadır.

Sistem, ateşleme sonucu ortaya çıkan Karbonmonoksit (CO) gazının artışına bağlı olarak yapılan dinamik ateşlemesini algılamaktadır.

Şekil 2.’de de görüldüğü gibi 1 no’lu tali fan devamlı olarak çalışmaktadır. CO seviyesi 20 ppm değerini geçtikten sonra 2 no’lu tali fan otomatik olarak devreye girmekte ve CO değeri tekrar 20 ppm değerine düştüğünde 2 no’lu fan tekrar otomatik olarak devreden çıkmaktadır.



Şekil 2. Karbonmonoksit oranının değişimine bağlı fan otomasyonu.

Paralel fanların fantüplerle arasında bulunan damper kapakları 90⁰'lik hareketlerle açık ve kapalı konuma gelmektedir. (Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5)



Şekil 3. 3 kollu Y bağlantı Aparatı.



Şekil 4. Damperin kapalı görünümü



Şekil 5. Damperin açık görünümü

Fanlar ve damperler, çalışma bilgisini eş zamanlı olarak grup sensörünün bağlı olduğu otomasyon sistemi üzerinden almaktadır. Geri bildirim sinyali olarak sensör üzerinde bulunan manometreler vasıtasıyla fark basıncı takip edilmekte ve sonucunda hata ve onay kodları oluşturmaktadır.

Kullanılan gaz sensörü CO gazını elektro-kimyasal sensör teknolojisi ile algılamaktadır. 0-2000 ppm aralığında ve 1 ppm hassasiyetinde ölçüm yapmaktadır. CO sensör hücresi seçilirken diğer muhtemel baca gazları ile minimum etkileşimle çalışan Citycell 7E/F sensör hücresi tercih edilmiştir. Şekil 6.'da görüldüğü gibi kullanılan 7E/F tipi CO sensör hücresinin ateşlemeden sonra yapılan deneylere göre, muhtemel olarak açığa çıkabilecek 5 ppm SO₂ gazına karşı kadar 0 ppm, 35 ppm NO gazına kadar 7 ppm pozitif, 5 ppm NO₂ gazına kadar ise negatif olarak 0 ila 1 ppm arasında hata yaptığı varsayılmaktadır.

Karbonmonoksit gazının ölçme ve değerlendirilmesi elektro-kimyasal sensör hücreleri ile daha kolay ve hızlı olduğundan bu projede ateşlemenin tespiti için hedef gaz olarak seçilmiştir. CO gazının seçilmesindeki bir diğer husus da, SO₂ ve NO_x sensör hücrelerinin kalibrasyonunda kullanılan gazların stok ömürlerinin 6 ay gibi oldukça kısa ve temininin zor olmasıdır.

Çizelge 1. CO hücresinin diğer ateşleme gazları ile karşılaştırma tablosu.

Hedef Gaz	CO hücresi üzerine uygulanan konsantrasyon değeri (ppm)	Citycell 7E serisi hücre (ppm CO)	Citycell 7E/F serisi hücre (ppm CO)
Hidrojen Sülfür H ₂ S	15	38	<0.3
Sülfür Dioksit SO ₂	5	3	0
Nitrik Oksit NO	35	10	7
Nitrojen Dioksit NO ₂	5	-3	-1<X\$<0
Etilen C ₂ H ₄	100	<100	<100

Hazırlık galerilerinde tali havalandırmanın kesintisiz yapılması oldukça önemlidir. Özellikle metanlı damalarda sürülen galerilerde (taban yolları) herhangi bir nedenle tali havalandırma durduğunda yada yetersiz hale geldiğinde galerinin derhal terk edilmesi gerekmektedir. Ancak çalışanlar iş yoğunluğu içerisinde havalandırmanın durduğunu anlamayabilmektedir. Bu yüzden Şekil 7.'de görülen otomasyon sistemi üzerinde dahili olarak 0-5 KPa arasında basınç farkı ölçebilen bir manometre yerleştirilmiştir. Bu manometrenin negatif ucu sensörün üzerinde boşa, pozitif ucu ise kazı aynasının 100 metre gerisinde fantüpün içinde olacak şekilde konumlandırılmaktadır. Bu konumdaki fan statik basınç değeri 100 Pa seviyesinin altına düştüğünde sesli ve ışıklı bir alarm ile tali olarak havalandırılan galerideki tüm personel otomatik olarak uyarılmakta ve acilen galeri tahliye edilmektedir.

Ayrıca bu sensör vasıtası ile paralel bağlı olan ikinci tali vantilatör devreye girdiğinde iki fanın beraber yarattığı basınç farkı gözlemlenebilmektedir.

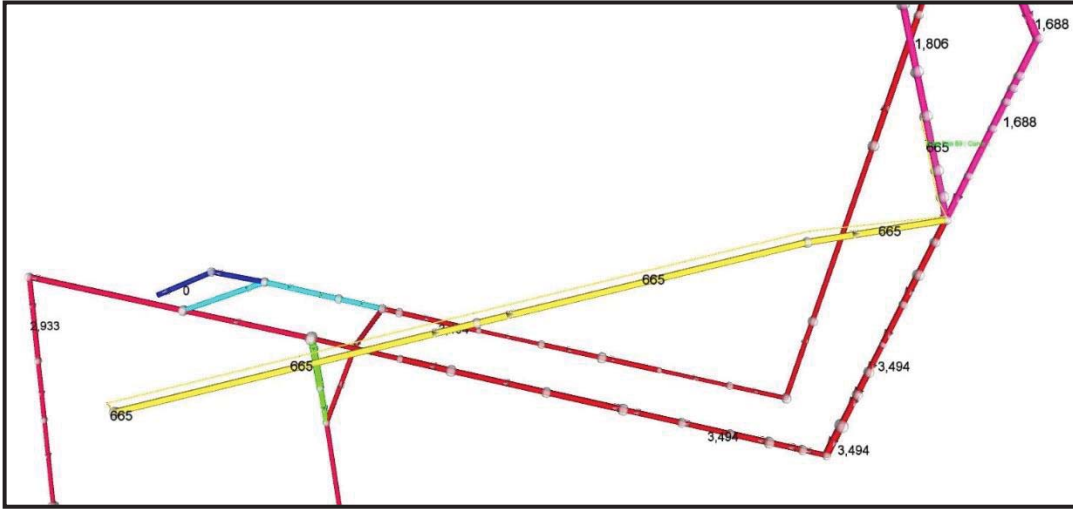


Şekil 7. Grup Sensörü.

Ayrıca otomasyon sistemi üzerinden fanları manuel olarak da devreye alma işlemi yapılabilmektedir. Sistem, özel amaçlı bir ürün olup İmbat Madencilik Ar-Ge birimi tarafından geliştirilmiş ve Çekya FTZU test laboratuvarlarında ATEX belgelendirmesi yapılmıştır.

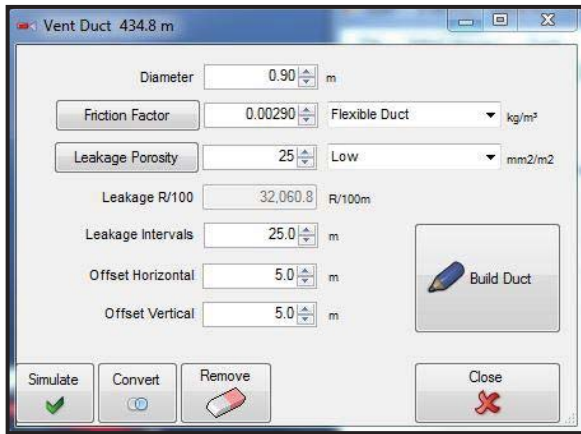
1.4 Hazırlık Galerisinin Havalandırma Simülasyonu

Havalandırma simülasyonu Ventsim Visual programında yapılmaktadır. Bu programa mevcut ocak şebekesindeki ana yolların tüm özellikleri, ana fanlar ve hava kapıları yüklenmiştir. Şekil 8.'de sarı renkle gösterilen hazırlık galerisinde kullanılan 900 mm çapındaki fantüplerin direnci Şekil 9.'da $0.00290 \text{ N.s}^2/\text{m}^4$ olarak tanımlanmıştır.

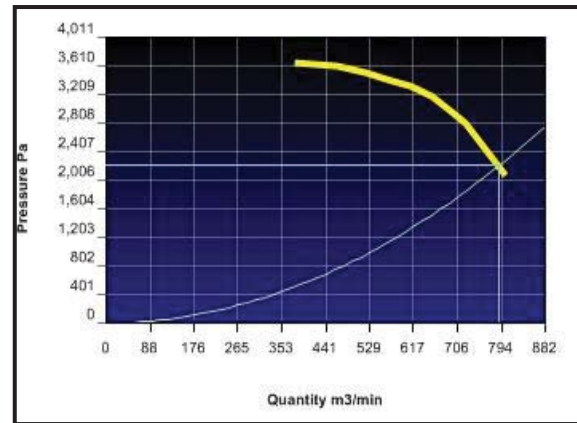


Şekil 8. Hazırlık galerisinin Ventsim Havalandırma Simülasyonu.

Fanların kurulduğu hava yolundan $1805 \text{ m}^3/\text{dk}$ hava geçmektedir. Şekil 10.'da 37 kW güçteki fanların belirtilen fantüp direnci ile çalışma noktası $794 \text{ m}^3/\text{dk}$ olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 9. Fantüp özelliklerinin Tanımlanması Eğrisinin Kesişimi.



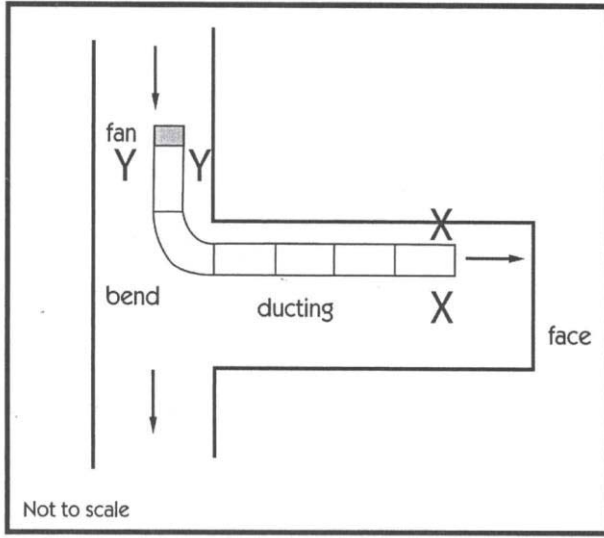
Şekil 10. Fantüp direnci ile Fan.

1.5 Ölçüm ve değerlendirme

+22 hazırlık galerisinde uygulanan tali havalandırma sisteminin parametreleri aşağıdaki gibidir.

- Fan modeli: Zitron ZEL-7/37-2
- Fan motor gücü: 37 kW
- Fantüp sürtünme katsayısı: $0.0025 \text{ N.s}^2/\text{m}^4$
- Dirsek özellikleri: 1.50 m 90 derece
- Standart hava yoğunluğu 1.15

Bu bilgilerin yanında fanın operasyonel koşullarını tanımlamak için, Şekil 11.'de tanımlanan fantüpün ilk bağlantısı (Y-Y) ve son bağlantısı olan (X-X) kesintinde pitot statik tüple basınç ölçümleri yapılmaktadır.



Şekil 11. Pitot tüpü ölçüm noktaları.

Ölçüm ve değerlendirme aşağıdaki 2 aşamayı amaçlamaktadır.

1. Fantüpe oluşan kaçak miktarının belirlenmesi
2. Fanın karakteristik eğrisi üzerinde çalışma noktasının toplam basınç, hız basıncı, güç hesabı ve toplam verimlilik gibi fanın operasyonel çalışma şartlarının belirlenmesi.

Sistemdeki kaçakların belirlenmesi

Fan çıkışındaki hız basıncı değerleri

Pitot statik tüple yapılan hız basıncı ölçmelerinden, ölçüm yapılan noktadaki hız basıncı değeri $V_{fan} = 1.29\sqrt{H_v}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Çizelge 2. Fan çıkışında yapılan hız basıncı ölçümleri.

	1	2	3	4	5
H_v , Pa	245.06	438.23	354.7	280.72	243.15
V, m/sn	20.20	27.01	24.30	21.62	20.12

Ortalama hız basınç değeri: $H_{vfan} = 308.45$ Pa

Ortalama hız değeri: $V_{fan} = 22.66$ m/sn

Hava miktarı değeri: $Q_{at fan} = V \times A = 22.66 \times 0.64 = 14.50$ m³/sn

Buradaki A değeri fantüpün alanı = $(\pi D^2)/4 = (3.1416 \times 0.45^2)/4 = 0.64$ m²

Kazı aynasındaki hız basıncı değerleri

Çizelge 3. Fan çıkışında yapılan hız basıncı ölçümleri.

	1	2	3	4	5
H_v , Pa	236.66	272.60	249.33	250.42	240.58
V , m/sn	19.85	21.3	20.37	20.42	20.01

Ortalama hız basınç değeri: $H_{vfan} = 249.73$ Pa

Ortalama hız değeri: $V_{fan} = 20.39$ m/sn

Hava miktarı değeri: $Q_{at fan} = V \times A = 20.39 \times 0.64 = 13.05$ m³/sn

Kaçak miktarı

$Q_{at fan} = Q_{at ayna} / (1 - \text{kaçak yüzdesi})$

Kaçak = % 10.0

Operasyonel çalışma şartlarının belirlenmesi

Hız basınçları

$H_v \text{ at kazı aynası} = 0.6007 \times V^2 = 0.6007 \times 13.05^2 = 102.30$ Pa

$H_v \text{ at fan çıkışı} = 0.6007 \times V^2 = 0.6007 \times 14.50^2 = 126.29$ Pa

Çıkış kayıpları

$H_{çıkış kaybı} = X \times H_v \text{ at kazı aynası} = 1 \times 102.30 = 102.30$ Pa

Sürtünme kayıpları

$R_{sistem direnci} = kPL/A^3 = 0.0018 \times (2\pi \times 0.45) \times 470\text{m} / 0.64^3 = 9.12$ N.s²/m⁴

$H_{sürtünme} = R_{sistem direnci} \times Q_{in fan} \times Q_{out ayna} = 9.12 \times 14.50 \times 13.05 = 1725.50$ Pa

- Ek/Bağlantı kayıpları (fermuar)

$L_{ek} = (\text{Toplam ek sayısı} + \text{fan bağlantı noktası}) \times \text{bilimsel oran}$

$L_{ek} = 18 \times 1.8 \text{ m} = 32.4 \text{ m}$

$R_{ek} = kPL/A^3 = 0.0025 \times (2\pi \times 0.45) \times 32.4 / 0.64^3 = 0.87$ N.s²/m⁴

$H_{ek} = R_{ek} \times Q_{at fan} \times Q_{at ayna} = 0.87 \times 14.50 \times 13.05 = 164.62$ Pa

Dönüş/Dirsek kayıpları

$W = D = 1.50 \text{ m}$

$a = W/D = 1$

$r = R/D = 1.50/0.86 = 1.74$

$X = 0.25/r^r = 0.25/1.74^2 = 0.08$

$H_{dirsek} = X * H_{fan ortalama} = 0.08 \times 249.73 = 11.97$ Pa

Toplam sistem direnci kaynaklı basınç düşüşü

$$SP_{Sistem} = H_{\text{çıkış kaybı}} + H_{\text{sürtünme}} + H_{ek} + H_{\text{dirsek}} = 102.30 + 1725.50 + 164.62 + 11.97 = 2004.39 \text{ Pa}$$

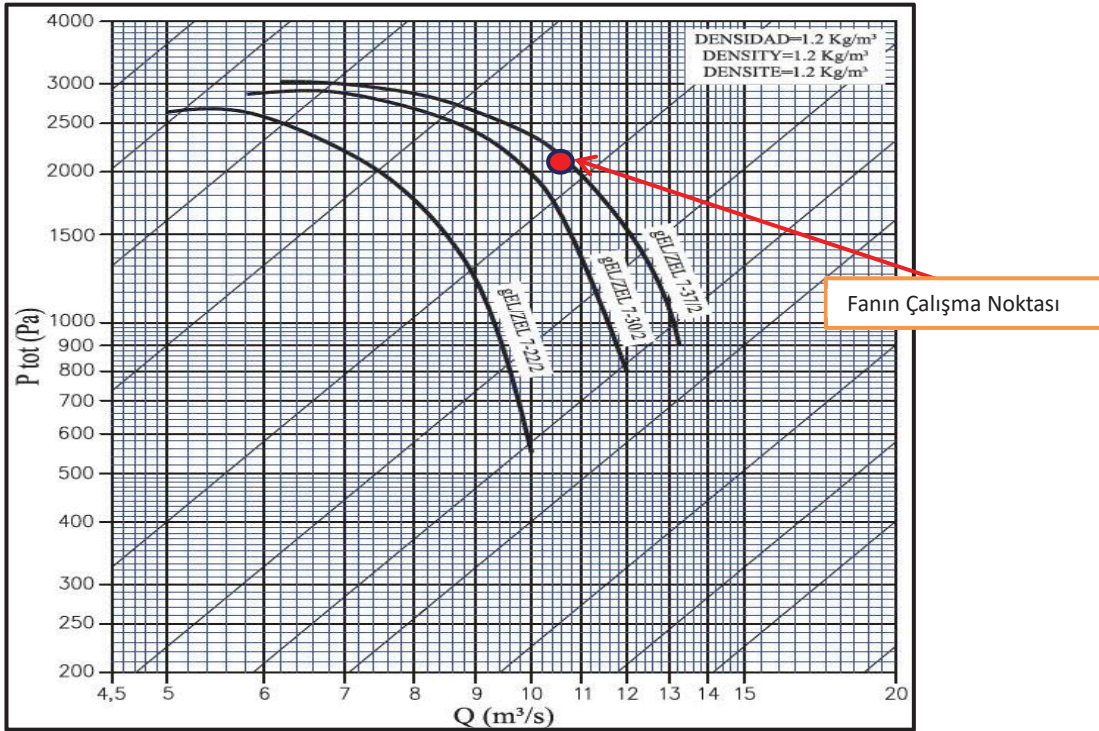
Fan toplam basıncı

$$TP_{fan} = SP_{Sistem} + VP_{fan}$$

$$TP_{fan} = 2004.39 + 126.29 = 2130.68 \text{ Pa}$$

$$BP(\text{Motor gücü}) = \sqrt[2]{3} \times A \times V = 1.73 \times 40A \times 550V = 38.060 \text{ kW}$$

$$\text{Toplam verimlilik} = Q_{fan} \times TP_{fan} / BP = \%81$$



Şekil 12. 22-30-37 kW eksenel fanlara ait karakteristik eğriler.

1.6 Sistemin Mekanik Donanımları

Sistemde 2 adet Zitron marka 37 kW eksenel özellikli havalandırma fanı bulunmaktadır. Her iki fan da 10 m³/sn debi ve 2500 Pa basınç farkı yaratma kapasitesine sahip birbirine tamamen eş özelliktedir. (Önemli hatırlatma: Paralel bağlı fan uygulamalarında fanların kapasiteleri birbirinden farklı olduğu durumlarda büyük kapasiteli olandan düşük kapasiteli fana doğru iş yapma eğilimine girmektedir).

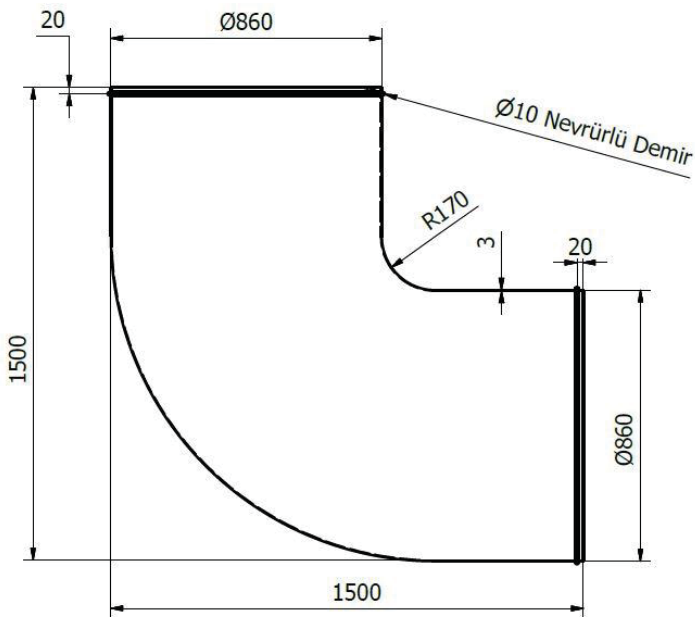
Eksenel fanlar çelik saçtan imal edilmiş Y harfi şeklindeki 3 yollu aparata bağlıdır. Aparatın her 3 tarafı da 900 mm çapındadır. Fanların bağlı olduğu hava kollarında, aparat içerisinde Rotork S serisi 15/30kN kapasiteli damper motorları kullanılmıştır. Damper motorları, aparat içerisindeki damperleri 2 pozisyonlu olarak hareket ettirmektedir. Hava yoluna 90 derece olduğunda yolu tam açık, 0 derece olduğunda ise yolu tam kapalı pozisyona getirmektedir. Pozisyonlar arası geçiş 15 sn gibi oldukça kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Hali hazırda sanayide Grup2 M2 ATEX

sertifikasına sahip bu ürünler için özel tasarlanmış paslanmaz bir çelik motor muhafazası ve kimyasal döküm uygulaması ile gövde koruması yapılarak sistem Grup1 M2 haline getirilip sertifikalandırılmıştır.

Son olarak aparat üzerinde fanların ortak çıkışına iki eksenli olarak pitot statik tüpü yerleştirilmiştir. Burada sistemin performansını analiz etmek için toplam, statik ve hız basıncı ölçümleri yapılmaktadır.



Şekil 12. Yeraltında paralel bağlı fan uygulaması



Şekil 13. 900 mm çaplı fantüp için kullanılan dirsek.

Çizelge 5. Dirsek şok kayıpları özet tablosu

	Direk dönüş yarıçapı/fantüp çıkış çapı				
Açı	0.5	0.75	1	1.5	2
45	0.4	0.2	0.13	0.09	0.08
90	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13
135	0.85	0.4	0.26	0.18	0.16
180	0.99	0.46	0.31	0.21	0.18

1.7 Tek ve paralel bağlı fanların fan çıkışındaki özet ölçümleri ve performans ilişkisi

Çizelge 4. Sistem üzerinde yapılan havalandırma ölçümleri

	Hava Miktarı (m ³ /dk)	Toplam Basınç Farkı (Pa)	Hız Basıncı (Pa)	Enerji Tüketimi (kW)
Tek fan çalıştığında	790	2100	220	50.2
Fanlar birlikte çalıştığında	1150	2900	470	66.8

KAYNAKLAR

- Y.Akyol (2016). Yeraltı maden ocaklarında havalandırmanın talebe göre yönlendirmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Bitirme Tezi Arşivi
- Workplace Safety North (2010). Auxiliary Mine Ventilation Manuel (version 1.5., pp. 100-106). Australia.

TÜRKİYE YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE KENDİLİĞİNDEN YANABİLİRLİK ETÜDÜ PROJESİ *SPONTANEOUS COMBUSTION LIABILITY PROJECT IN TURKISH UNDERGROUND COAL MINES*

Halim Demirkan*

Maden Mühendisleri Mesleki Gelişim Derneği, Ankara

**Erdoğan Kaymakçı, Serdar Yılmaz, İhsan Toroğlu, Hamit Aydın,
Mehmet Bilen, Özgür Yılmaz, Haşim Duru, Utku Sakız**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET Proje ile; Türkiye’deki yeraltı kömürlerinden alınan numunelerin, kendiliğinden yanma testlerine tabii tutularak; sonuçlarının, İSG Uygulamalarının İzlenebilirliği için kullanılması amaçlanmıştır. Proje yeraltı kömür ocaklarında İSG koşullarını iyileştirmek, tutarlı stratejilerin uygulanmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Çalıştay, bilgi paylaşım semineri ve eğitimleri ile madencilik sektöründeki çalışanların bilinç düzeyi artırılmaya çalışılmış, en iyi uygulamalar paylaşılarak, İSG bilinci yaygınlaştırılmıştır. Proje faaliyetlerinin sürdürülmesi ile, yeraltı kömür madenlerinin İSG koşullarındaki potansiyel risklerin izlenmesi mümkün olacak ve izlenebilirliği kontrol altında tutulacaktır. Proje kapsamında Türkiye yeraltı kömür işletmelerinden 101 adet numune teste tabii tutulmuş ve sonuçları raporlanmıştır. Testler, konunun uzmanı, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Kendiliğinden yanma yatkınlığı, 101 kömür örneğinden, 18’inde “DÜŞÜK”, 79’unda “ORTA”, 4’ünde “YÜKSEK” olarak tespit edilmiştir. Daha açık ifadeyle analizi yapılan 101 örneğin %82’ine karşılık gelen 83 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı dikkate alınması gereken “ORTA” veya “YÜKSEK” olarak belirlenmiştir.

ABSTRACT With the project; By subjecting samples taken from underground coals in Turkey to spontaneous combustion tests; The results are intended to be used for Traceability of OHS Practices. The project is designed to improve OHS conditions in underground coal mines and to ensure the implementation of consistent strategies. Workshops, information sharing seminars and trainings aimed to increase the awareness of the employees in the mining sector, and the OHS awareness was expanded by sharing the best practices. With the continuation of the project activities, it will be possible to monitor the potential risks in the OHS conditions of the underground coal mines and their traceability will be kept under control. Within the scope of the project, 101 samples from Turkish underground coal enterprises were tested and the results were reported. The tests were carried out in the laboratories of the Zonguldak Bülent Ecevit University Mining Engineering Department. The susceptibility to spontaneous combustion was determined as "LOW" in 18 of the 101 coal samples, "MEDIUM" in 79, and "HIGH" in 4 of them. More precisely, 83 samples, which correspond to 82% of the 101 samples analyzed, were determined as "MEDIUM" or "HIGH", which should be taken into account.

* halim.demirkan@gmail.com

1.GİRİŞ

Türkiye ile Avrupa Birliği arasındaki mali iş birliği kapsamında Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA-Instrument for Pre Accession)’nın “İstihdam, Eğitim, Sosyal Politikalar” bileşeni altında İş Sağlığı ve Güvenliğinin Geliştirilmesi (IOHS)” Hibe Programı uygulanmaktadır. Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilen söz konusu hibe programı, Sözleşme Makamı olan Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Mali Yardımlar Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülmekte ve izlenmektedir. Programın Operasyon Faydalanıcısı Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Hibe Faydalanıcısı Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS)’dir.

Maden Sanayii İşverenler Sendikası’nın (MASİS) hazırlamış olduğu “Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması” Projesi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TKİ), Türkiye Kömür Üreticileri Derneği (T.KÖMÜRDER) ve Çek Üretim ve Maden Teknolojileri Birliği (CDT) tarafından desteklenmiştir.

Proje ile; Türkiye’deki yeraltı kömür ocaklarından alınan numunelerin, kendiliğinden yanma testlerine tabii tutularak, sonuçlarının, İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının İzlenebilirliği için kullanılması amaçlanmıştır. Proje kapsamında, Yeraltı kömür işletmelerinden damar bazında 101 numune alınarak, kendiliğinden yanma testlerine tabii tutulmak sureti ile, kendiliğinden yanmaya yatkınlık risk düzeyleri tespit edilmiştir. Proje faaliyetleri, Farkındalık Çalıştayı (Ankara, Zonguldak), Bilgi Paylaşım Semineri, Kömür Madenlerinde Çalışanlar için İSG Eğitimi (Ankara, Nallıhan, Soma, Merzifon, Tavşanlı, Zonguldak), Kitap yayınlama, erken uyarı sistemlerinin kurulmasına yönelik yaklaşımlar, mevzuat değişikliği teklifinin oluşturulması ve iyi örneklerin görülmesi için yurt dışı Teknik Çalışma Ziyareti (Çek Cumhuriyeti Ostrava Yeraltı Kömür ocakları) kapsamıştır.

Kömürlerin kendiliğinden yanması konusu hakkında Türkiye’de rastladığımız ilk çalışma, Maden Mühendisleri Odası’nın Madencilik Dergisi’nde Nezar EROĞLU ve Micheal John GOUWS imzalı 1993 Haziran ayında yayınlanan “Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar” çalışmasıdır. Aralık 1986’da aynı yayında Vedat DİDARİ tarafından “Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanma ve Risk İndeksleri” başlığı ile yayınlanan çalışma dikkati çekmiştir. Bu yayınları, Türkiye 12. Kömür Kongresi’nde (23-26 Mayıs 2000) tebliğ olarak Vedat DİDARİ ve Erdoğan KAYMAKÇI tarafından sunulan “Kömür Özellikleri İle Kendiliğinden Yanma Parametreleri Arasındaki İlişkiler” çalışması takip etmiştir. Eylül 2000’de yine odanın Madencilik Dergisi’nde Celal KARPUZ, Tevfik GÜYAGÜLER v.d.’nin “Linyitlerin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık Derecelerinin Tespiti”nin iki bölüm halinde yayınlandığı görülmektedir. Yurt dışında sunulan bir diğer çalışma Cem ŞENSÖĞÜT, Halim DEMİRKAN v.d. tarafından çalışılan “The Spontaneous Combustion Liability of Akcelik Lignite, Tekirdag/Turkey” başlıklı çalışmadır. Bu sunum 2017 Uluslararası

Pittsburgh Kömür Konferansı'nda (5-8 Eylül 2017) yapılmıştır. Serkan İNAL ve Kerim AYDINER'in "Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Etkileyen Faktörler" başlıklı yazısı ise 2019 yılında yine odanın Bilimsel Madencilik Dergisi'nde yayınlanmıştır.

2.PROJENİN AMACI

Bu proje, yeraltı kömür ocaklarında, kendiliğinden yanmaya bağlı iş sağlığı ve güvenliği koşullarını iyileştirmek ve tutarlı ve kapsamlı stratejilerin uygulanmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bilinçlendirme çalıştayını, bilgi paylaşım semineri ve eğitimleri ile madencilik sektöründeki çalışanların bilinç düzeyini artırılmaya çalışılmış, en iyi uygulamalar paylaşılmış, böylece İSG bilincinin yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

101 yeraltı kömür damarından alınan numunelerin, test sonuçları ile; kendiliğinden yanma risk düzeylerinin (düşük, orta, yüksek) belirlenmesiyle, yeraltı kömür madenlerinin İSG koşullarındaki potansiyel risklerin izlenmesi ve izlenebilirliği kontrol altında tutulması amaçlanmıştır. Proje ile kömürlerin yeraltında üretim öncesi koşullarda kendiliğinden yanabilirliği ile ilgili İSG risklerinin belirlenmesi, risk izlenebilirliği ve kazaları önlemeye yönelik alınacak tedbirlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu etütler ile, rezerv ve işletme bazında envanter oluşturulmuş, bunda Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi uzmanı hocamız tarafından geliştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ile, Türkiye'deki yeraltı kömürlerinin işletme bazında İSG risklerinin ortaya konmuştur. Konu ile ilgili oluşturulan mevzuat önerisi yetkili kurumlara iletilmiş bulunmaktadır. Şekil.1- Numune lokasyonlarını göstermektedir.



Şekil 1. Numunelerin alındığı lokasyonlar.

3.PROJE FAALİYETLERİ

“İş Sağlığı ve Güvenliğinin Geliştirilmesi (IOHS)” Hibe Programı projesi programı kapsamında; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü’nün proje faydalanıcısı olarak yer almış, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TKİ), Türkiye Kömür Üreticileri Derneği (T.KÖMÜRDER) ve Çek Madenciler Derneği (CDT) desteğinde, Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS) tarafından gerçekleştirilmiştir. Projenin toplam bütçesi 205.283,52 Avro olup, bu tutarın 29.725,05 Avro’luk kısmı Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS)’in eş finansman katkısıdır.

- Numuneler, yeraltı kömür işletmelerinden, MAPEG uzmanları tarafından damar bazında alınmıştır. Numune alımı, üniversitenin belirlediği şekilde, oluk numunesi olarak alınmakta, 3-5 kg. lık numuneler, hava geçirmeyecek şekilde muhafaza altına alınarak laboratuvara gönderilmektedir.
- Yeraltı Kömür işletmelerinden alınan numunelerin risk testleri Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği bölüm laboratuvarlarında yapılmış ve raporlanmıştır.
- Üniversitedeki proje ekibi; Dr. Öğretim Üyesi Erdoğan KAYMAKÇI yürütücülüğünde, Doç. Dr. Serdar YILMAZ’ın yürütücü yardımcılığında, Prof. Dr. İhsan TOROĞLU, Prof. Dr. Hamit AYDIN, Doç. Dr. Özgür YILMAZ, Doç. Dr. Mehmet BİLEN, Arş. Gör. Dr. Haşim DURU ve Arş. Gör. Dr. Utku SAKIZ’dan oluşmaktadır. Eğitimlerde eğitmenlik, çalıştay ve seminerdeki sunular, proje kapsamındaki yayımlanan Kendiliğinden Yanma kitabındaki bölümler, erken uyarı sistemi yaklaşımı, ve mevzuat önerisi hazırlanması bu ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Projenin MASİS adına, Koordinatörlüğü Ahmet Engin KURUOĞLU, Teknik Uzmanlığı ve Kitabın editörlüğü Halim DEMİRKAN tarafından yerine getirilmiş, MASİS istihdamındaki Maden Mühendisi Burak GÖBÜTOĞLU, MASİS adına proje faaliyetlerinde gönüllü olarak aktif rol almıştır.
- Analizi yapılan 101 kömür örneğinden, 18 kömür örneğinin kendiliğinden yanma yatkınlığı “DÜŞÜK” olarak tespit edilirken, 79 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı “ORTA” olarak tayin edilmiş olup, kalan 4 örneğin ise kendiliğinden yanma yatkınlığı “YÜKSEK” olarak tespit edilmiştir. Daha açık ifadeyle analizi yapılan 101 örneğin %82’ine karşılık gelen 83 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı dikkate alınması gereken “ORTA” veya “YÜKSEK” olarak belirlenmiştir.
- Kömür üreticileri, işverenler, sivil toplum kuruluşu temsilcileri, akademisyenler, öğrencilerden oluşan ekiple projedeki teknik faaliyetlerin değerlendirildiği iki çalıştay düzenlenmiştir. Zonguldak çalıştayına 153, Ankara çalıştayına 105 olmak üzere, proje beklentisi 200 iken, toplam 258 kişi katılmıştır.
- MAPEG, MTA, İSGGM, TKİ, TTK, EÜAŞ ve T.KÖMÜR-DER temsilcilerinin katılım sağladığı bir bilgilendirme semineri gerçekleştirilmiştir.
- Kömür Madenlerinde Çalışanlar için her birinde yarım günlük, toplamda üç gün süren İSG Eğitimi (Ankara, Ankara-Nallıhan, Kütahya-Tavşanlı, Manisa-Soma, Amasya-Merzifon, Zonguldak-Kozlu) gerçekleştirilmiştir. Zonguldak eğitimi, TTK,

Ankara Nallıhan eğitimi, KİAŞ, Merzifon Suluova, Yeni Anadolu Madencilik ve diğerleri TKİ'nin katkıları ile katılım düzeyi planlanandan çok olmuştur. Eğitim faaliyetlerine katılımcı sayısı, 200 katılımcı programa karşılık 441 olmuştur.

- Kendiliğinden Yanma Hakkında Türkiye'de ilk kitap yayınlanmıştır.
- Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nden Sayın Prof. Dr. Hamit AYDIN tarafından Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı hazırlanarak, kömürlerin kendiliğinden yanma risk haritası oluşturulmuştur.
- Konu ile ilgili 10 dakikalık film hazırlanmış, çalıştay, seminer ve eğitimlerde gösterilmiş, sosyal medya kanalında yayına alınmıştır.
- Yeraltı kömür madenlerinde kömür damarların kendiliğinden yanması tehlikesi konusunda erken uyarı sistemi kurulması için yaklaşımlara gidilmiş ve konu ile ilgili yayınlanan kitapta yer verilmiştir.
- Ocaklarda İSG konusunda koruyucu / önleyici tedbirlerin alınması için bir temel oluşturacak mevzuat önerisi getirilmiştir.

4.KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASI

Kömürlerin kendiliğinden yanması ile ilgili olarak dört kuram üzerinde durulmuştur. Bunlar; oksidasyon, pirit, bakteri ve nem kuramlarıdır. Bunlar içinde "oksidasyon kuramı" öne çıkmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmaların sonuçları, kömürlerin kendiliğinden yanmasını oksidasyon kuramı ile açıklamaktadır. Kömürün kendiliğinden yanması, kömür ve oksijen arasında meydana gelen otoksidasyon işlemidir. Uygun çevresel koşullar mevcut olduğunda, her kömür kendiliğinden yanma riski altındadır. Genel olarak, kömürün kendiliğinden yanması şu koşullar sonucu oluşur:

- Normal sıcaklıklarda oksitlenebilen bir kömür kaynağı,
- Oksidasyon için yeterli bir oksijen kaynağı,
- Isı birikmesi,
- Zaman.

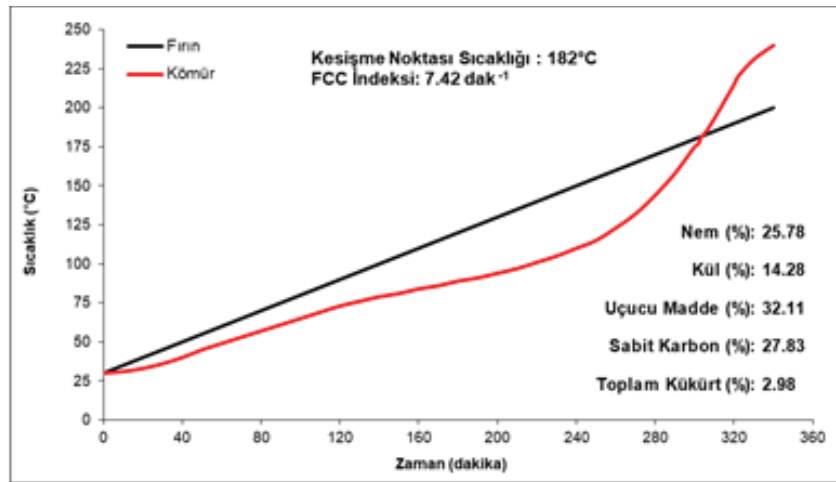
Bir otoksidasyon mekanizması, fiziksel adsorpsiyon, kimyasal adsorpsiyon ve kimyasal reaksiyon olan üç ardışık reaksiyon sonrasında kendiliğinden yanma ile sonuçlanır. Kimyasal adsorpsiyon işlemi, 40 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kimyasal bir reaksiyona dönüşür ve bu sıcaklıktan sonra meydana gelen reaksiyonlara literatürde düşük sıcaklık oksidasyonu adı verilir. Düşük sıcaklıkta oksidasyon ve kendiliğinden yanma işlemi incelendiğinde, doğrudan yanma ve sorpsiyon gibi iki farklı reaksiyon dizisine değinmek mümkündür. Kömür ve oksijen arasındaki kimyasal adsorpsiyonun bir sonucu olarak, ilk aşamada kararsız karbon ve oksijen karışımları oluşur, karbonlu maddeden çıkan CO₂ ve H₂O karışımı bozar ve ısıyı bozar. Reaksiyonun sonraki aşamalarında, fonksiyonel gruplar olarak bilinen karboksil (-COOH), karbonil (-CO) ve hidroksil (-OH) gibi stabil katı ürünler oluşur. 70 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda artan ısı etkisiyle, bu fonksiyonel gruplar aynı zamanda CO, CO₂ ve H₂O gibi gazların salınımına neden olarak parçalanır. Bu sıcaklık yeraltı koşulları açısından değerlendirilirse ve havalandırma yoluyla ortamdan uzaklaştırılamıyorsa, kömürün

tutuşma sıcaklığına ulaşıldığında kendiliğinden yanma meydana gelmektedir. Kendiliğinden yanma, kömürün heterojen yapısından dolayı birden fazla faktörün etkisi altında ortaya çıkan doğal bir olgudur. Temel olarak, kömürlerin kendiliğinden tutuşmasını etkileyen rolle ilgili faktörler iki ana başlık altında toplanabilir: iç ve dış faktörler. İç faktörler arasında kimyasal özellikler, kimyasal bileşim, oksidasyon geçmişi ve kömürün partikül boyutu bulunurken dış faktörler arasında sıcaklık, kısmi oksijen basıncı ve havalandırma havasının nem içeriği bulunur.

5. TEST YÖNTEMİ

Kesişim Noktası Metodu

Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığının tespitinde kullanılan “kesişim noktası metodu”; uygulamasının basit oluşu, deney setinin kurulum aşamasında az maliyet gerektirmesi ve yatkınlık tespitinde stabil sonuçlar vermesi gibi nedenlerden dolayı gerek ülkemizde gerekse de dünya çapında en fazla kullanılan yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Deneyin esası, doğrusal olarak ısıtılan bir fırın içerisine yerleştirilmiş olan reaktör içerisindeki kömür numunesi üzerinden hava geçirilmesi ve zaman – sıcaklık ilişkilerinin izlenmesidir. Deney sırasında hem fırının hem de numunenin sıcaklıkları kaydedilmekte, numune sıcaklığının fırın sıcaklığını geçtiği ya da kestiği nokta “**kesişim noktası**”, bu noktadaki sıcaklık ise “**tutuşma sıcaklığı**” olarak adlandırılmaktadır. Kendiliğinden yanmaya yatkınlığı yüksek olan kömürlerin keşişim noktası sıcaklıkları daha düşük olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Tipik bir zaman-sıcaklık eğrisi.

Deneylerin sonucunda, örneklerin kendiliğinden yanmaya yatkınlığının belirlenmesi amacıyla, keşişme noktası, görece tutuşma sıcaklığı ve ortalama sıcaklık artışı değerleri saptanmakta ve FCC (Feng, Chakravorty, Cochrane) indeksi hesaplanmaktadır. Bu indekse göre örneğin kendiliğinden yanmaya yatkınlığı Çizelge 1'e göre değerlendirilmektedir. Feng ve ark. (1973) tarafından geliştirilen bu indeks, tutuşma sıcaklığı ve 110-220 oC arasındaki ısınma hızını temel almaktadır. Bu indeks değeri kendiliğinden yanmaya yatkınlık ile artmaktadır.

Çizelge.1 FCC indeksine göre kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık değerleri.

FCC Değeri	Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık
0 - 5	Düşük
5 -10	Orta
> 10	Yüksek

6. TESTLERİN SONUÇLARI

Analizi yapılan 101 kömür örneğinden, 18 kömür örneğinin kendiliğinden yanma yatkınlığı “**DÜŞÜK**” olarak tespit edilirken, 79 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı “**ORTA**” olarak tayin edilmiş olup, kalan 4 örneğin ise kendiliğinden yanma yatkınlığı “**YÜKSEK**” olarak tespit edilmiştir. Daha açık ifadeyle analizi yapılan 101 örneğin %82’ine karşılık gelen 83 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı dikkate alınması gereken “**ORTA**” veya “**YÜKSEK**” olarak belirlenmiştir. Çizelge.2’de 101 test sonucunun özet olarak verilmiştir.

Alınan 101 örneğin 25 adedi Zonguldak, 13 adedi Soma, 7 adedi Kütahya’dan alınmıştır. 6 şar adet Edirne ve Çorum’dan, 4 adet de Bolu’daki yeraltı kömür işletmelerinden alınarak teste tabii tutulmuştur. Bunların dışında Amasya, Artvin, Aydın, Karaman, Gümüşhane, İzmir, Muğla illerindeki işletmelerden 3 ‘er adet; Ankara, Çanakkale, Kastamonu ve Tekirdağ 2 şer, Afyonkarahisar, Bursa, Eskişehir, Nevşehir ve Yozgat 1 er numune işle temsil edilmiştir.

Öncelikle ele alınması gereken 4 adet yüksek değerinin 3 adet farklı damarlara ait numune için yapılan testin 2’sinin “yüksek” çıktığı Muğla’dır. Diğer numune “orta” düzeyde riskli bulunmuştur. Çorum’daki yeraltı işletmelerden alınan 6 numunenin 1 adedi “yüksek”, 4’ü “orta”, 1’i de “düşük” riskli sonuç vermiştir. Diğer yüksek riskli bulunan damar, ilden alınan 2 numuneden 1’inin “yüksek”, diğerinin de “orta” olarak belirlendiği Tekirdağ numuneleridir.

Maden kazaları tecrübemize göre; “orta” düzey risk de “yüksek” kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. “Orta” düzeyde riskli bulunan işletme damarlarına baktığımızda Türkiye çapında oldukça yayılım gösterdiği görülmektedir. Önemli kömür havzalarımızdan Soma’dan 13 numune alınmıştır. Bunlardan sadece 2’sinin düşük riskli çıkması, diğerlerinin de orta düzeyde bulunması buranın özel olarak ilgilenilmesi gereken alan olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Kütahya’da 3 farklı bölgeden 7 numune için test yapılmıştır. Bunlardan birinden alınan 2 numune düşük değer vermiştir. Başka birindeki 3 numune orta düzeyde riskli sonuçlanmıştır. Üçüncü bölgede ise elimizde 1 orta, 1 düşük değerler vardır.

Çizelge. 2Türkiye Yeraltı kömür Damarları Kendiliğinden Yanma Risk Örnekleri.

Sıra No	Numune Sayısı	İL	Kesişim Noktası Sıcaklığı (°C)	Ortalma Sıcaklık Artışı (°C/dak)	FCC indeksi	Risk Sınıfı
1	17	ZONGULDAK	155	0.902	5.82	Orta
2	8		178	0.88	4.94	Düşük
3	11	MANİSA	161	0.809	5.02	Orta
4	2		168	0.647	3.85	Düşük
5	4	KÜTAHYA	148	0.767	5.18	Orta
6	3		173	0.608	3.51	Düşük
7	5	EDİRNE	156	0.84	5.38	Orta
8	1		160	0.769	4.81	Düşük
9	1	TEKİRDAĞ	172	2.391	13.9	Yüksek
10	1		168	1.043	6.21	Orta
11	1	ÇORUM	172	1.833	10.66	Yüksek
12	4		168	1.222	7.28	Orta
13	1		165	0.694	4.21	Düşük
14	2	AMASYA	158	1.325	8.39	Orta
15	1		159	0.692	4.35	Düşük
16	2	ARTVİN	171	0.786	4.6	Düşük
17	1		163	0.82	5.03	Orta
18	2	MUĞLA	164	1.656	10.1	Yüksek
19	1		172	1.257	7.31	Orta
20	1	ÇANAKKALE	154	0.807	5.24	Orta
21	1		150	0.701	4.67	Düşük
22	31	DİĞER				Orta

6 numunenin çalışıldığı Edirne’de sonuçların 5’inin orta düzeyde, 1’inin düşük düzeyde çıkması, dikkatleri bu bölgeye çekmektedir. 6 numuneden 4’ünün orta, 1’inin yüksek, 1’inin düşük çıktığı Çorum’a ve 2 numuneden 1’inin yüksek, 1’inin orta risk düzeyi gösterdiği Tekirdağ’a daha önce değinmiştik.

Kendiliğine yanma riski “düşük” olan bölgelere baktığımızda; Artvin, Amasya ve Çanakkale’den alınan numuneler dikkati çekmektedir. Ancak yine de bölgeden alınan numunelerin tamamının düşük çıktığı bir bölgemiz yoktur. Çanakkale’deki 2

numuneden 1'i, Artvin'deki 3 numuneden 2'si, Amasya'daki 3 numuneden 1'i düşük değer vermiştir. Bu bölgelerde yüksek risk veren numune yoktur.

101 numune içinde 25 sayısı ile en büyük yer kaplayan Zonguldak ve yakınındaki Amasra sonuçları şöyledir. TTK'dan 5 farklı bölgeden 10 numune alınmış, bunlardan sadece 1'indeki 2 numune "orta" düzey risk düzeyi ile sonuçlanmıştır. Diğer bölgelerdeki sonuçlar düşüktür. Amasra ve Zonguldak'ta işletilen diğer yeraltı işletmelerinden alınan 15 numunede orta düzeyli risk düzeyi göstermiş bulunmaktadır. Burada bahsedilmeyen illerden alınan numunelerin "orta" düzey risk göstermiş olduğu diğer bir sonuçtur.

Yapılan her bir analiz paralel olarak yapılmış ve elde edilen FCC indeks değerleri ve karşılık gelen risk sınıfları her bir örnek için teyit edilmiştir. Rapora konu olan kömürlerin yeraltı üretim yöntemleri ile üretilmesi sırasında kendiliğinden yanma yatkınlıkları konusunda dikkatli olunması ve belli aralıklarla kendiliğinden yanma analizlerinin tekrarlanması ve risk düzeylerinin "**ORTA**" ve "**YÜKSEK**" olduğu belirlenen kömür örnekleri için özellikle önerilmektedir.

Proje kapsamında çeşitli kömür ocaklarından toplanan ve tarafımıza gönderilen kömür örneklerinin kısa analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar tablolaştırılarak Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde örneklerin nem içeriklerinin %0,9 ile %41,7 arasında, kül içeriklerinin %3,94 ile %59,42 arasında, uçucu madde içeriklerinin %17,59 ile %52,36 arasında, kükürt içeriklerinin ise %0,2 ile %9,07 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kömür örneklerinin alt ısıl değerlerinin 1.063kcal/kg ile 7.818 kcal/kg arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

7. SONUÇLAR

Analizi yapılan 101 kömür örneğinden, 18 kömür örneğinin kendiliğinden yanma yatkınlığı "**DÜŞÜK**" olarak tespit edilirken, 79 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı "**ORTA**" olarak tayin edilmiş olup, kalan 4 örneğin ise kendiliğinden yanma yatkınlığı "**YÜKSEK**" olarak tespit edilmiştir. Daha açık ifadeyle analizi yapılan 101 örneğin %82'ine karşılık gelen 83 örneğin kendiliğinden yanma yatkınlığı dikkate alınması gereken "**ORTA**" veya "**YÜKSEK**" olarak belirlenmiştir.

Yapılan her bir analiz paralel olarak yapılmış ve elde edilen FCC indeks değerleri ve karşılık gelen risk sınıfları her bir örnek için teyit edilmiştir. Rapora konu olan kömürlerin yeraltı üretim yöntemleri ile üretilmesi sırasında kendiliğinden yanma yatkınlıkları konusunda dikkatli olunması ve belli aralıklarla kendiliğinden yanma analizlerinin tekrarlanması "**ORTA**" ve "**YÜKSEK**" yatkınlıklarda belirlenen kömür örnekleri için özellikle önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Demirkan, H., (2021). Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile Kömür Madenlerinde İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması Projesi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Adana Şubesi, Uluslararası Madenlerde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu 2021, 12-13 Mayıs 2022, Adana.
- Kaymakçı E., Didari V. (2000). Kömür Özellikleri İle Kendiliğinden Yanma Parametreleri Arasındaki İlişkiler. Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı (s. 147-156). Karadeniz Ereğlisi.
- Didari, V., (1986). “Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri”, Madencilik, Cilt XXV, Sayı 4. Eroğlu, N., Gouws, M.J., (1993). Kömürlerin Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar. Madencilik Dergisi, 32/2, 13-18.
- Feng, K. K. et al. (1973) Spontaneous Combustion. A Coal Mining Hazard. CIM Bull. pp.75-84.
- Kaymakçı E., Yılmaz S., Toroğlu İ., Aydın H., Yılmaz Ö., Bilen M., Kılıç H., Sakız U., (2021) MASİS AB projesi. “Kesişim Noktası Yöntemi İle Kömürlerin Kendiliğinden Yanma Testleri Ara Rapor”, Zonguldak.
- Kaymakçı E., Yılmaz S., Toroğlu İ., Aydın H., Yılmaz Ö., Bilen M., Kılıç H., Sakız U., (2022). MASİS AB projesi “Kesişim Noktası Yöntemi İle Kömürlerin Kendiliğinden Yanma Testleri 2. Rapor”, 14 Mart 2022, Zonguldak.
- Kaymakçı E., Yılmaz S., Toroğlu İ., Aydın H., Yılmaz Ö., Bilen M., Kılıç H., Sakız U., (2022). MASİS AB projesi “Kesişim Noktası Yöntemi İle Kömürlerin Kendiliğinden Yanma Testleri Rapor”, Ağustos 2022, Zonguldak.
- Directorate of European Union and Foreign Relations in the Ministry of Labour and Social Services (2018), Improving Occupational Health and Safety Grant Scheme (IOHS) Guidelines for grant applicants, Reference: EuropeAid/162207/ID/ACT/TR, Ankara.
- MASİS – EU “Improving Occupational Health and Safety Grant Scheme (IOHS) Grant Application Form”, Annex A- Application Form (Part B), 9.11.2019, Ankara.

KÖMÜR YAKITLI KAZANLARDA YANMA VERİMLİLİĞİNE “EFFEKTOR” DENİLEN DOĞAL MALZEMENİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF THE EFFECT OF NATURAL MATERIAL WHICH IS CALLED AS “EFFEKTOR” IN TERMS OF COMBUSTION EFFICIENCY IN COAL FIRED BOILERS

İhsan Toroğlu*, Mehmet Bilen

Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

Fakhraddin Muradov

Emekli Öğretim Üyesi

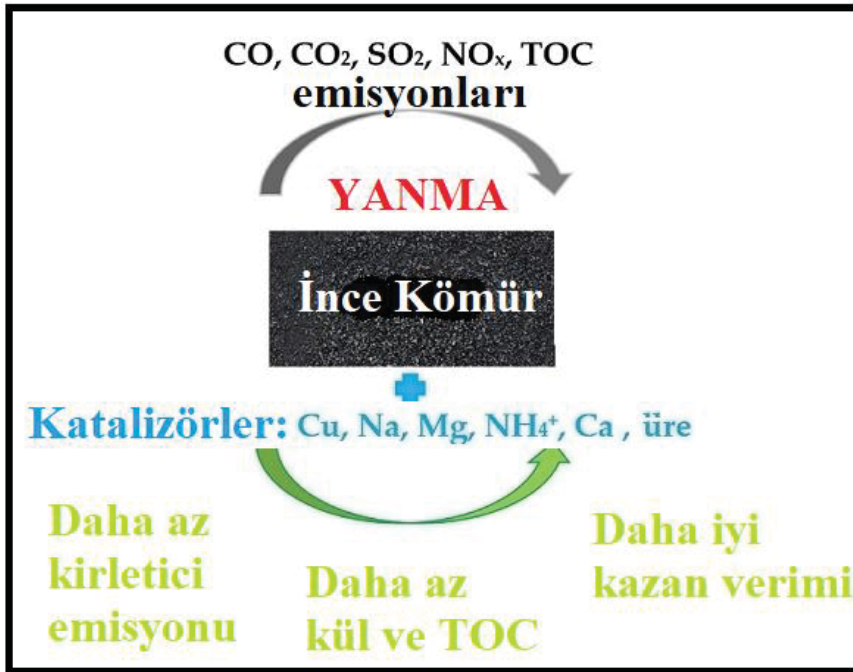
ÖZET Bu çalışmada, Sultanhisar/AYDIN'da faaliyet gösteren Gökkale Tarım ve Hayvancılık firmasına ait sera bünyesindeki sıcak su kazanında sadece kömür yakılarak ve doğal malzeme (“EFFEKTOR”) ilave edilerek iki aşamalı yanma testleri yapılmıştır. Testlerin başarıyla tamamlanabilmesi için 0-18 mm ebat aralığında toplam 6000 kg kömür yakılmıştır. Yanma testleri sırasında; kazana verilen kömür miktarı, kül miktarı (alt kül ve baca külü), üretilen sıcak su miktarı ölçülmüş ve yukarıda belirtilen ölçümlere göre kazan performans değerleri belirlenmiştir. Doğal malzeme (“EFFEKTOR”) içeren ve içermeyen kömür yanması sonrasında kazan performans sonuçları araştırılmıştır.

ABSTRACT In this study, combustion tests were carried out with/without the natural material (“EFFEKTOR”) in the hot water boiler under the body of glasshouse which is operated by the company Gokkale Tarım ve Hayvancılık located in Sultanhisar/AYDIN. In order to complete the tests successfully, a total of 6000 kg coal with a size range of 0-18 mm; known as “nut-coal” was burned. During the combustion tests; the amount of coal feed to the boiler, the amount of ash (bottom ash and stack ash), the amount of hot water produced were measured and boiler performance values were determined based on the abovementioned measurements. Results of boiler performance with and without natural material (“EFFEKTOR”) were investigated.

* itoroglu@hotmail.com

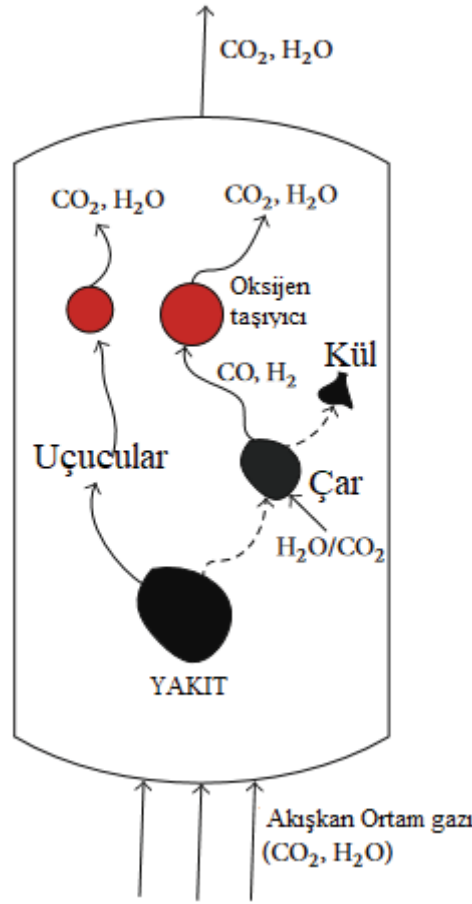
1. GİRİŞ

Kömür ve doğal gazdan üretilen enerjiye yönelik artan talep, kömür rezervlerinin tükenmesine yol açmaktadır. Tüm fosil yakıtlarda olduğu gibi, kömür kaynaklarının yeniden üretimi çok uzun bir süreçtir. Fosil yakıt yakma ürünlerinin zararlı emisyonlarıyla ilgili çevresel sorunlar da önemlidir. Bu nedenle alternatif yakıtlar aranmaktadır. Akışkan yataklı yakıt yakma teknolojileri, fosil yakıtlara olan talebin bir kısmını karşılayabilen alternatif yakıtlar (örneğin biyokütle) durumunda da faydalıdır (Hai et al. 2019). Enerji üretiminde temel hammadde olan kömür, başlıca karbon, kükürt, oksijen, hidrojen, az miktarda azot ve eser miktarda ağır metalden oluşmaktadır. Yakıt olarak yanması, insan sağlığı etkilerinin yanı sıra çevre sorunlarına da yol açan zehirli gaz emisyonlarının bir kaynağıdır (Munawer 2018). Kömürle çalışan elektrik santralleri ve kazanlar tarafından üretilen yüksek çevre kirliliği, yüksek kirletici emisyonları sorununun bir süredir araştırmacılar tarafından ele alınmasının ana nedenidir (Bascom et al. 1996). İnce kömür de dahil olmak üzere kömür, enerji üretimi için çok yaygın olarak kullanıldığından, yanmasının zararlılığını azaltmaya yardımcı olmak için birçok katalizör türü geliştirilmiştir. Yakıt olarak kömür yakma koşullarını iyileştirmek için çok çeşitli katalizörler tasarlanmıştır. Bu katalizör çoğu, kazan ısı yüzeylerini temiz tutmaya ve NO_x ve SO₂ emisyonlarını ve yanmamış organik kalıntıları azaltmaya yardımcı olur (Centi et al. 2002). Örneğin, Doggalia et al. (2011) tarafından rapor edilen yöntemde, katalizör tane boyutu < 100 µm olan bir toz olarak tanıtıldı (Doggalia et al. 2011, Wilhelm and Joanna 2019). Yine benzer şekilde, Liu et al. (2002), tane boyutu < 100 µm olan kömürün yanması sırasında SO₂ azaltımı üzerindeki NaCl, CaCl₂, FeCl₃, FeCl₂ ve Fe₂O₃'ün etkisini inceledi. Dozajları kömürün ağırlığına göre %6 idi. Çalışmalar, SO₂ emisyonunun CaCl₂ ilavesinden sonra %32 ve NaCl ilavesinden sonra (yanma hızına bağlı olarak) %14 ila %18 daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu ve buna benzer çalışmalar genel olarak kimyasal döngülü yanma olarak anılmaktadır ve bu katkı maddeli (katalizörlü) yakmalardaki temel amaç kazan verimini arttırmak, emisyonları ve yanmamış organik kalıntıları azaltmaktır. Kimyasal döngülü yanmanın etkisini Wilhelm ve Joanna (2019) çalışmalarında grafiksel olarak sunmuşlar ve bu grafiksel gösterim bu kapsamda Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Wilhelm ve Joanna (2019) çalışmalarında gösterilen Kimyasal Döngülü Yanmanın etkisine ait gösterim (Wilhelm and Joanna 2019 çalışmasından uyarlanmıştır).

Son on yılda, kimyasal döngülü yanma, karbon yakalama ile yakma için uygun ve verimli bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Kimyasal döngülü yanmaya ilgi esas olarak, CO₂'nin yanma sırasında diğer baca gazlarından, yani nitrojen ve kullanılmayan oksijenden içsel olarak ayrılmasından kaynaklanmaktadır (Mattison 2013). Bu amaçla günümüzde iki teknolojiye bahsedilmektedir. Bunlar, doğrudan kömür beslemesi durumunda, ya kömür yakıt reaktöründe gazlaştırılabilir ve gazlaştırma ürünleri katı oksijen taşıyıcılarla ile reaksiyona girebilir (CLC, iG-CLC) veya oksijen ayırmalı kimyasal döngü reaksiyonu (CLOU) gerçekleştirilebilir. Her iki yaklaşım da şu anda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Katı yakıtların kimyasal döngülü yanma reaksiyonuna ait gösterim Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Katı yakıtların kimyasal döngülü yanma reaksiyonuna ait gösterim.

Araştırılan oksijen taşıyıcılar bol, düşük maliyetli ve reaktif bir malzeme olmalıdır. Bu durum beraberinde bazı doğal mineralleri (hematit (Song et al. 2013), ilmenit (Adánez et al. 2010, Berguerand and Lyngfelt 2009, Cuadrat et al. 2012) ve endüstriyel atıkları (elektrik ark ocağı tozu (Kuo et al. 2018), çelik cürufu (Di et al. 2018, Hildor et al. 2019) elektrik ark fırını cürufu (Dilmaç et al. 2018), kırmızı çamur (Mendiara et al. 2012, Mendiara et al. 2013) ve pirit cüruf (Zhang et al. 2015) kimyasal döngülü yanmalarda oksijen taşıyıcı olarak kullanılmasının avantajlı olabileceğini akıllara getirmiştir. Atık malzemelerin kimyasal döngülü yanma ile yeniden kullanılmasının sadece oksijen taşıyıcıların tedarik ve hazırlık maliyetlerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda toprak, su ve hava kirliliğini azaltacağını ve atıkların bertarafı ile ilgili ücretleri azaltacağını vurgulamakta fayda vardır (Tsakiridis et al. 2004).

Bu çalışmada belirlenen bir kömüre dayalı kazanda yanma deneyleri yapılmıştır. Yanma denemeleri esnasında, kazana beslenen kömür miktarı, kül miktarı (taban külü ve baca külü), üretilen sıcak su miktarı, baca emisyon değerleri ölçülerek kazan performans değerleri belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu inceleme raporunda, EPPECO LLC şirketi tarafından üretilen ve pazarlanan “Effektor” isimli ve katı yakıtların yanmasını iyileştirici özelliği olan kimyasal

maddenin Gökkale Tarım ve Hayvancılık şirketinin Aydın ili Sultanhisar ilçesinde bulunan sera tesisinde bulunan kömüre dayalı kazanda ısı kazanımına yönelik performansını belirlemek için tespit ve incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla Gökkale Tarım ve Hayvancılık şirketinin Aydın ili Sultanhisar ilçesinde bulunan sera tesisinde inceleme yapmış, sıcak su üretmede kullanılan kömüre dayalı kazanda “efektör” isimli kimyasal maddenin denenmesi esnasında gözlemde bulunmuş ve bu maddenin kazan verimine etkisini belirlemeye yönelik ölçüm değerlerini izlenmiştir. Gökkale Tarım ve Hayvancılık şirketinin Aydın ili Sultanhisar ilçesinde bulunan sera tesisinde bulunan sıcak su kazanında “Effektor” isimli kimyasal madde kullanılmadan yanma denemeleri yapılmıştır. Sistemden sağlıklı sonuçlar alabilmek için denemelerde toplam 6000 kg fındık kömür yakılmıştır.

3. DENEYDE KULLANILAN ÜRÜNLER VE ÖZELLİKLERİ

3.1.Kalorifer Kazanı

Deneyin yapıldığı kalorifer kazanı özel bir firma tarafından üretilmiştir. Kazanın projeye uygunluğu gerekli ölçüm aletleri (metre, dijital kumpas ve ultrasonik kalınlık ölçüm cihazı) kullanılarak kontrol edilmiştir. Çalışmalar sırasında bu kazanın 90 °C maksimum sıcaklıkta çalışması sağlanmış ve sıcak su üretimi aşamasında deney sıcaklığının 90 °C dereceyi aşmayacak şekilde set edilmesi sağlanmıştır.

3.2 Baca Gazı Ölçümleri

Kazan veriminin hesaplanmasında gerekli olan sıcaklık, hava debisi ve baca gazı ölçümleri (O₂, CO, NO, NO_X, SO₂ vb.) için MEGALAB Mühendislik Ltd. Şirketinden (Efeler/Aydın) hizmet alımı yapılmıştır. MEGALAB Mühendislik firması TÜRKAK tarafından akredite edilmiştir.

3.3. Kömür Cinsi

Deneylerde -18 mm tane boyutlu yerli tip linyit kömürü kullanılmıştır. Kömürün alt ısıl değeri 2950 Kcal/kg olup kömüre ait özellikler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde Kullanılan Kömürün Özellikleri.

Eleman	
Boyut	0-18 mm
Rutubet	%14,02
Kül	%26,42
Uçucu Madde	%34,21
Sabit Karbon	% 39,37
Toplam Kükürt	%1,06
Alt Isıl Değer(Orijinal Kömürde)	3550 Kcal/kg

4. BULGULAR

Deneyin yapıldığı kalorifer kazanı 4.000.000 kcal/h katı yakıtlı kalorifer kazanıdır. Deney için 6000 kilogramlık iki adet kömür yığını hazırlanmış ve yığının birine 3 kilogram Effektor homojen olarak karıştırılmıştır. Deneylerde yakıt yüklemesi Effektorsuz kömür için yaklaşık dört saat, Effektorlü yakıt için beş saatlik dilimlerde yapılmıştır. Kazanın kapasitesine göre dijital panodan, kazandan çıkan su debisi ayarı ve giriş sıcaklık farkı ayarlanmıştır. Deneylerde giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı ve giriş-çıkış sıcaklık farkı dakikalık olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Kayıtlar göz önünde bulundurularak verim değerleri kıyaslanıp, verim hesaplamaları yapılırken aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$Q_v = B \times K_b \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_a = M \times C \times \Delta t \dots\dots\dots(2)$$

$$\eta = Q_a / Q_v \dots\dots\dots(3)$$

Q_v: Kazana yüklenen yakıtın toplam ısıl değeri (Kcal/h)

B: Yakıt miktarı (kg/h)

K_b: Yakıtın Alt ısıl değeri (Kcal/kg)

Q_a: Kazandan alınan ısı (Kcal/h)

M: Kazana beslenen suyun debisi (kg/h)

C: Kazan rejime girdikten sonra kazandan çıkan suyun özgül ısısı (Kcal/kg.0C)

Δt: Kazana giren ve kazandan çıkan giriş ve çıkış su sıcaklığı arasındaki fark (0C)

η: Kazan verimi (%)

Deneylerin yapıldığı esnada kazana beslenen ve kazandan çıkan suyun sıcaklığı 30-80 0C arasında değişmekte olup hesaplamalarda (C:0,982 Kcal/kg. 0C olarak) alınmıştır. Aynı miktardaki kömürün kazanda yakılması sonucunda kazana giren ve kazandan çıkan su sıcaklık farkının ortalaması alınarak kazandan alınan toplam ısı (Kcal/kg) belirlenmiştir. Toplam 6000 kg kömürün katkısız maddesiz yakılması ile kazandan alınan toplam ısının 11.093.177 Kcal olduğu, aynı miktarda kömüre Effektor isimli kimyasal maddenin %0,5 oranın karıştırılması ile oluşturulan katkı maddeli kömürün aynı kazanda yakılması ile kazandan alınan toplam ısının 13.198.020 Kcal olduğu: bu verilere göre katkı maddeli kömürün yakılması sonucunda kazandan toplan 13.198.020- 11.093.177x100/11.093.177 = 2.104843x100/11.093.177 = % 18,97 oranında ısı artışı olduğu hesaplanmıştır. Her iki yakıt için (katkısız ve katkılı (Effektorlü)) kazandan alınan toplam ısı miktarı Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Katkı Maddesiz Kömürün Yakılması Sonucu Kazandan Alınan Toplam Isı Miktarı.

H (saat)	M (kg /h)*H(h)	C (Kcal/kg °C)	Δt_{ort} (°C)	Q _v (Kcal/kg)
1	150.000	0,982	19.2532	2.835.996
1	150.000	0,982	19.5063	2.873.278
1	150.000	0,982	20.0032	2.946.471
0.75	112.500	0,982	22.0632	2.437.432
TOPLAM				11.093.177

Çizelge 3. Katkı Maddeli (Effektorlü) Kömürün Yakılması İle Kazandan Alınan Toplam Isı Miktarı.

H (saat)	M (kg /h)*H(h)	C (Kcal/kg °C)	Δt_{ort} (°C)	Q _v (Kcal/kg)
1	150.000	0,982	14.5320	2.140.564
1	150.000	0,982	16.7506	2.467.363
1	150.000	0,982	19.0032	2.799.171
1	150.000	0,982	20.0632	2.955.309
1	150.000	0,982	19.2506	2.835.613
TOPLAM				13.198.020

Baca Gazı Analiz Sonuçları

Katkılı (Effektor ilaveli) ve katkısız katı yakıtın (findık boyutlu kömürün) kazanda yakılması esnasında 10 dk aralıklarla baca gazı ölçümleri yapılmış ve ölçümler sonucunda elde edilen ortalama CO₂, CO, NO, NO_x ve SO₂ değerleri Tablo 4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Ortalama baca gazı analiz sonuçları.

No	Adı	Katkısız Kömür Yakıtı	Katkılı Kömür Yakıtı
1	CO ₂ , %	9,4	10,9
2	CO, ppm	130,4	31,3
3	NO, ppm	143,3	118,0
4	NO _x , ppm	150,5	124,0
5	SO ₂ , ppm	1096,3	915,8

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

EPPECO LLC şirketi tarafından üretilen ve pazarlanan “effektor” isimli ve katı yakıtların yanmasını iyileştirici özelliği olan kimyasal maddenin Gökkale Tarım ve Hayvancılık şirketinin Aydın ili Sultanhisar ilçesinde bulunan sera tesisinde bulunan kömüre dayalı kazanda ısı kazanımına yönelik performansını belirlemek için tespit ve

incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla sera bahçelerini ısıtmada kullanılan sıcak suyun elde edilmesinde kullanılan kömüre dayalı katı yakıt kazanında katkısız kömür ve “effektör” isimli kimyasal madde ilaveli kömür ile yanma deneyleri yapılmıştır. Katkı maddeli kömür ile yapılan deneylerde, EPPECO LLC şirketi yetkilileri tarafından önerildiği şekilde fındık kömür (-18 mm tane boyutlu) içerisine yanmayı iyileştirici efektör kimyasal maddesi homojen şekilde karıştırılmış ve iki kademeli itmeli kazanda yakılarak sera bahçelerini ısıtmada kullanılacak sıcak su üretilmiştir. Her iki katı yakıt ile yapılan yakma deneyleri incelenmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Efektör isimli kimyasal maddesinin kömüre karıştırılarak yakılması sonucunda; kazandan alınan toplam ısı miktarının arttığı, taban külünde ve baca külünde yanmamış karbon kaybının dramatik şekilde düştüğü, taban külünde curuflaşmanın azaldığı ve baca gazı emisyon değerlerinde önemli oranda iyileşme gözlemlendiği belirlenmiştir. Sonuç olarak: efektör isimli kimyasal madde katı yakıt (toz kömür) içerisine %0,5 oranında karıştırılarak yakılması durumunda kazandan alınan ısıda % 18,97 oranında artış olduğu ve önemli oranda yakıt tasarrufu elde edileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, çevreyi kirleten gazların CO, NO, NO_x ve SO₂ değerlerinde düşme gözlenmiş ve özellikle CO değeri 130 ppm den 31,3 ppm’e azalarak önemli derecede düşme olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Hai, I.U.; Sher, F.; Yaqoob, A.; Liu, H. Assessment of biomass energy potential for SRC willow woodchips in a pilot scale bubbling fluidized bed gasifier. *Fuel* 2019, 258, 116143.
- Munawer, M.E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. *J. Sustain. Min.* 2018, 17, 87–96.
- Bascom, R.; Bromberg, P.A.; Costa, D.L.; Devlin, R.; Dockery, D.W.; Frampton, M.W. Health effects of outdoor air pollution. *Am. J. Respir. Crit.* 1996, 153, 477–498.
- Centi, G.; Ciambelli, P.S.; Perathoner, S.; Russo, P. Outlooks for environmental catalysis. *Catal. Today* 2002, 75, 1–2.
- Doggalia, P.; Kusabab, H.; Einagab, H.; Bensaidc, S.; Rayalua, S.; Teraokab, Y.; Lanhsetwara, N. Genotoxic endpoints in the earthworms sub-lethal assay to evaluate natural soils contaminated by metals and radionuclides. *J. Hazard. Mater.* 2011, 186, 796–804.
- Tic, Wilhelm Jan, and Joanna Guziałowska-Tic. "The effect of modifiers and method of application on fine-coal combustion." *Energies* 12.23 (2019): 4572.
- Liu, Y.; Che, D.; Xu, T. Catalytic reduction of SO₂ during combustion of typical Chinese coals. *Fuel Process. Technol.* 2002, 79, 157–169.
- Tobias Mattisson, "Materials for Chemical-Looping with Oxygen Uncoupling", *International Scholarly Research Notices*, vol. 2013, Article ID 526375, 19 pages, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/526375>
- T. Song, T. Shen, L. Shen, J. Xiao, H. Gu, S. Zhang Evaluation of hematite oxygen carrier in chemical-looping combustion of coal *Fuel*, 104 (2013), pp. 244-252, 10.1016/j.fuel.2012.09.030
- J. Adánez, A. Cuadrat, A. Abad, P. Gayán, L.F.D. Diego, F. García-Labiano Ilmenite activation during consecutive redox cycles in chemical-looping combustion *Energy Fuels*, 24 (2010), pp. 1402-1413, 10.1021/ef900856d
- N. Berguerand, A. Lyngfelt Chemical-looping combustion of petroleum coke using ilmenite in a 10 kwth unit-high-temperature operation *Energy Fuels*, 23 (2009), pp. 5257-5268, 10.1021/ef900464j
- A. Cuadrat, A. Abad, J. Adánez, L.F. De Diego, F. García-Labiano, P. Gayán Behavior of ilmenite as oxygen carrier in chemical-looping combustion *Fuel Process Technol.*, 94 (2012), pp. 101-112, 10.1016/j.fuproc.2011.10.020

- Y.L. Kuo, W.C. Huang, Y.H. Tseng, S.H. Chang, Y. Ku, H.Y. Lee Electric arc furnace dust as an alternative low-cost oxygen carrier for chemical looping combustion *J Hazard Mater*, 342 (2018), pp. 297-305, 10.1016/j.jhazmat.2017.08.024
- Z. Di, Y. Cao, F. Yang, F. Cheng, K. Zhang Studies on steel slag as an oxygen carrier for chemical looping combustion *Fuel*, 226 (2018), pp. 618-626, 10.1016/j.fuel.2018.04.047
- F. Hildor, T. Mattisson, H. Leion, C. Linderholm, M. Rydén Steel converter slag as an oxygen carrier in a 12 MWth CFB boiler – ash interaction and material evolution *Int J Greenh Gas Control*, 88 (2019), pp. 321-331, 10.1016/j.ijggc.2019.06.019
- Ö.F. Dilmaç, N. Dilmaç, T.E. Doruk Performance of EAF slag as oxygen carrier in chemical looping combustion 14th int. Combust. Symp., Karabük-Türkiye (2018) INCOS-14 , April 25-27
- T. Mendiara, A. Abad, L.F. De Diego, F. García-Labiano, P. Gayán, J. Adánez Use of an Fe-based residue from alumina production as an oxygen carrier in chemical-looping combustion *Energy Fuels*, 26 (2012), pp. 1420-1431, 10.1021/ef201458v
- T. Mendiara, P. Gayán, A. Abad, L.F. de Diego, F. García-Labiano, J. Adánez Performance of a bauxite waste as oxygen-carrier for chemical-looping combustion using coal as fuel *Fuel Process Technol*, 109 (2013), pp. 57-69, 10.1016/j.fuproc.2012.09.038
- S. Zhang, S. Rajendran, S. Henderson, D. Zeng, R. Xiao, S. Bhattacharya Use of pyrite cinder as an iron-based oxygen carrier in coal-fueled chemical looping combustion *Energy Fuels*, 29 (2015), pp. 2645-2655, 10.1021/acs.energyfuels.5b00194
- P.E. Tsakiridis, S. Agatzini-Leonardou, P. Oustadakis Red mud addition in the raw meal for the production of Portland cement clinker *J Hazard Mater*, 116 (2004), pp. 103-110, 10.1016/j.jhazmat.2004.08.002
- Durmaz, Merve, Nesibe Dilmaç, and Ömer Faruk Dilmaç. "Evaluation of performance of copper converter slag as oxygen carrier in chemical-looping combustion (CLC)." *Energy* 196 (2020): 117055.

TÜRK LİNYİTLERİ İÇİN NEM VE KÜL İÇERİĞİNE BAĞLI KALORİFİK DEĞER TAHMİNİ

PREDICTION OF CALORIFIC VALUE FOR SOME TURKISH LIGNITES BASED ON MOISTURE AND ASH CONTENT

Ali Yılmaz, Mehmet Bilen*, Serdar Yılmaz

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

Anna Rasskazova

Federal state budgetary institution of science Mining Institute, Far Eastern branch, Russian Academy of sciences

ÖZET Bu çalışmada ülkemiz farklı bölgelerinden linyit kömürlerine ait nem, kül ve kalori verileri derlenmiş ve kalori değişimleri irdelenmiştir. Linyit kömürlerinin kalori değerlerinin uygunluğu santral yakıtı olarak kullanılmasında en önemli kıstastır. Bunun yanında aynı kömür havzasında üretilen kömürlerin kalori değerleri dalgalanmalar gösterebilmektedir. Kömürlerin kalori değerlerinin temel olarak karbon içeriğiyle doğru orantılı olduğu bunun yanı sıra kül ve nem içeriği ile de ters orantılı olduğu söylenebilir. Eldeki veriler incelendiğinde aynı havzadaki daha düşük kül ve nem içeriğine sahip kömürlerin daha yüksek kaloriye sahip oldukları gözlemlenmiştir ve bu gözlem ilişkilendirmelere esas olarak alınmıştır. Bu çalışma kapsamında Türk linyitleri için değişik santrallerden alınan kül nem ve kalori değerleri incelenmiş ve istatistiksel olarak Türk linyitleri için bir kalori tahmin metodu geliştirilmiştir. İstatistiksel yaklaşımlar lineer regresyon ile (tekli, çoklu) yapılmış ve her bir parametrenin etkisi ayrı ayrı belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanında istatistiksel olarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve ülkemiz linyitleri için genel geçer bir kalori tahmin metodu önerilmiştir.

ABSTRACT In this study, ash and moisture content data of Turkish lignites from various locations were evaluated and their corresponding calorific values were scrutinized. Suitability of calorific values of lignite coals for combustion in power plants is the most important parameter. On the other hand, coal samples can have fluctuated calorific values does not matter if they are produced from a specific location. Calorific values of coals can be said to be directly proportional to carbon content basically while they are indirectly proportional to ash or moisture content. Studying the data under consideration, it was observed the fact that lower the ash and/or moisture content of the coal samples higher the calorific values are. This observation was taken as a basis of this research in fact. In the body of this study, ash content, moisture content and calorific values data obtained from various power plants are investigated and a calorific value prediction tool for the Turkish lignites on the basis of statistical methods was proposed. Statistical evaluations were carried out either with single linear regression or multiple linear regression and effect of each parameter was aimed to understand. Finally, statistically obtained results were considered in detail and a calorific value prediction tool for Turkish lignites was proposed.

* mehmetubilen@yandex.com

1. INTRODUCTION

Turkish lignites, when considered together with energy demand of Turkey and better technological achievements in terms of clean coal utilization, have an increasing significance along with increasing demand for the time being and for the close future. According to Akkaya 2020, in order to meet the challenge of sustainable development and increasing energy demand, coal consumption would be approximately twice by the year 2030 (Seervi 2015).

In terms of utilization of coals specifically lignites in a power plant, calorific value is one of the most addressed concern. According to Majumder et al. (2008) for example, common practices to assess the quality of coal is summarized as calorific value, proximate analysis and ultimate analysis. Akkaya (2020) has pointed out this fact as “heating value of the used coal is a critical parameter for the proper design and operation process of the coal fueled systems”. Akkaya (2020) has referred to one of the previous study of their selves (Akkaya 2013) and claimed the fact that measurement of heating value of coal is time consuming and expensive.

Rather referring to its complexity of coal calorific value measurement, the quick assessment of coal quality is a pre-requisite to run the boilers of power plants (Majumder et al. 2008). Due to availability of various types of coals from suppliers and due to the limitations in terms of boiler design and operational parameters, prediction requirements of calorific values gets more significant day by day. Not only because of the reasons abovementioned but also calorific value fluctuations either in a specific pit of coal mine or in a coal stock, calorific value determination/prediction in the shortest time is one of the greatest obstacle to understand the boiler efficiency. In this context many researchers (Patel et al. 2007, Majumder et al. 2008, Mesroghli et al. 2009, Erik and Yilmaz 2011, Kavšek et al. 2013, Akkaya 2013, Feng et al. 2015, Tan et al. 2015, Alhtar et al. 2017, Ghugare and Tambe 2017, Wen et al. 2017, Acikkar and Sivrikaya 2018, Bui et al. 2019, Go et al. 2019, Kumari et al. 2019, Onifadea et al. 2019, Qi et al. 2019) have tried to predict coal calorific value based on the proximate analysis data (See Akkaya 2020 for detail).

In terms of calorific value prediction of Turkish lignites in specific, there is not a study after Kucukbayrak et al. 1991. Kucukbayrak et al. (1991) have proposed a new formulae for the estimation of calorific values of Turkish lignites by employing the proximate analysis data. They (Kucukbayrak et al. 1991) have analyzed 24 Turkish lignites in terms of calorific value and proximate analysis. The data of 26 other lignite sample (Turkish Lignite) was also employed in their (Kucukbayrak et al. 1991) own formulization. Unlike Kucukbayrak et al. 1991, many researchers (Akkaya 2020, Tan et al. 2015, Mesroghli et al. 2009, Ghugare and Tambe 2017, Wen et al. 2017, Acikkar and Sivrikaya 2018, Bui et al. 2019, Go et al. 2019, Qi et al 2019) have studied with the large number of samples (mostly obtained from literature). However in this context, any successful method to predict calorific value of coal samples from a specific location should address the geology (geological constraints) and the prediction

methodology should be location specific. Although aim for many researchers is to obtain a prediction method for calorific value of coals worldwide, mostly addressed methods are user friendly and location specific ones with desired success. Better pointing out this fact, any prediction method for coals (formed under totally different geological environment) could be non-applicable for the coal samples under investigation. Coal consumers desire a successful method which includes less number of parameters and the proposed method should be easily employed. So, present literature of the prediction models suffers either from the easiness of the models or the proper and successful methodology for the specific locations under interest. It should be noted in this context that, any prediction method worldwide would be less successful than the location specific prediction method. Not only this abovementioned claim can be raised up by coal consumers but also algorithms to predict calorific value should avoid artificial neural networks because of the complexity. Although artificial neural network (ANN) is the nowadays most popular prediction tool among researchers, user friendly methods (empirical equations) would always be an “old flame” not only for coal consumers in the field but also for the researchers.

In the context of this study, Turkish lignites data (ash, moisture and calorific value) were obtained from 8 different power plants. A prediction tool for the calorific value was proposed by employing ash content and moisture content data. This prediction tool was aimed to be employed for Turkish lignites in specific. In this study, a total of 521 lignite samples (data of corresponding) were evaluated. Linear regression methods were employed to figure out the corresponding proposed methodology. The purpose of this study is not only to propose a “region specific” (Turkish lignites) method for calorific value prediction but also a user friendly method (empirical) which can be better applicable (rather than ANN) for coal consumers in field.

2. DATA COLLECTION AND INITIAL EVALUATIONS

The data of each individual power plant includes a list of ash content, moisture content and calorific value for different times (years). In this context, this list of data can be regarded as lots of samples (data) from a specific region of power plant, i.e. the coal mine itself. The data addressed in this study is actually the corresponding data of coals of power plants (lignite fired) from the study of Elevation 2003. Elevation 2003 have investigated the coal prices of power plants and tried to develop pricing models. Although the main concern of Elevation 2003 is the coal pricing models, she has tabulated the corresponding calorific values, ash content and moisture content along with their prices in their study. Data set provided by Elevation 2003 for the aim of coal pricing can be attributed and employed in this study for the aim of calorific value prediction. The data of corresponding coals of different power plants for different times can be regarded as an individual sample data of each coal collected from that specific region. In the study of Elevation 2003, a total of 521 lignite coal sample data, 43 out of which belongs to “Orhaneli”, 45 out of which belongs to “Afşin-Elbistan”, 94 out of which belongs to “Kangal”, 47 out of which belongs to “Seyitömer”, 174 out of which belongs

to “Soma”, 48 out of which belongs to “Tunçbilek”, 34 out of which belongs to “Yatağan”, 36 out of which belongs to “Yeniköy” was evaluated.

In terms of initial evaluations along with data collection description, each individual lignite sample location with minimum and maximum (ash content, moisture content, calorific value) and the averages were tabulated in Table 1.

Table 1. Lignite sample location and minimum, maximum and average values of ash content, moisture content and calorific value.

	Maximum Ash content	Minimum Ash Content	Maximum Moisture content	Minimum Moisture Content	Maximum Calorific Value	Minimum Calorific Value	Average Ash Content	Average Moisture Content	Average Calorific Value
Orhaneli	32.00	23.00	35.30	24.00	2459	1955	28.12	30.01	2219
Afşin-Elbistan	20.00	16.00	52.60	48.30	1432	1127	18.67	50.36	1236
Kangal	23.00	16.00	53.40	47.50	1472	1219	20.23	49.82	1309
Seyitömer	36.40	32.50	34.01	30.23	1788	1587	34.32	32.43	1684
Soma	23.00	12.40	62.60	13.90	4101	1408	18.23	42.00	2473
Tunçbilek	17.00	14.70	52.37	40.37	2977	2129	15.91	49.14	2380
Yatağan	38.20	31.40	32.10	21.10	2098	1797	36.11	24.90	1977
Yeniköy	28.60	21.50	55.90	43.00	1739	1346	25.47	48.42	1564

*Ash content (%), Moisture content (%) and Calorific value (kcal/kg).

Referring back and forth to the Table 1, Soma lignite samples have the highest “Average Calorific Value” and lowest in terms of the sum of “Average Ash Content” and “Average Moisture Content”. This observation is still valid for the Tunçbilek coals which is the second highest in terms of average calorific values and second lowest in terms of the sum of average ash and moisture content. In terms of this observation, one can briefly claim the fact that calorific values of Turkish lignites (coals in general in fact) increase as the sum of ash content and moisture content decreases. The sum of ash content and moisture content is a clue for the carbon content of the specific coal, and increase in carbon content means better qualified coal sample and higher the calorific value. Accordingly as it is claimed previously, sum of average moisture and average ash content was tabulated with their corresponding calorific value in Table 2.

In this context, possible correlations can be observed by referring to each individual data of power plant (specific lignite) or the whole lignite samples under investigation. In this study, instead of specializing the each lignite sample for calorific value prediction method, all of the samples in the name of “Turkish lignites” were studied for the aim of prediction tool for calorific value proposal. One constraint in terms of this wider specializing is the limited number of the samples can be considered (from the data set of Elevli 2003). Secondly, generalizing the samples under investigation as

“Turkish lignite” was meaningful and successful enough in terms of prediction method. So in this context, right after initial evaluations (Table 1), a prediction methodology for calorific values of Turkish lignites based on ash and moisture content was propounded.

Table 2. Lignite sample location and minimum, maximum and average values of ash content, moisture content and calorific value.

	Average Ash Content	Average Moisture Content	Sum of Average Moisture Content and Average Ash Content	Average Calorific Value
Orhaneli	28.12	30.01	58.13	2219
Afşin-Elbistan	18.67	50.36	69.03	1236
Kangal	20.23	49.82	70.05	1309
Seyitömer	34.32	32.43	66.45	1684
Soma	18.23	42.00	60.23	2473
Tunçbilek	15.91	49.14	65.05	2380
Yatağan	36.11	24.90	61.01	1977
Yeniköy	25.47	48.42	73.89	1564

3. RESULTS and DISCUSSION

As presented earlier, it was aimed to find out successful prediction method for calorific values of Turkish lignites. For this purpose Multiple Linear Regression was employed and resulting from this employment an empirical equation (based on ash and moisture content) was proposed.

Initially at this stage, it is rather helpful to analyze the whole data. In order to perform this initial analysis, corresponding graphs of ash content vs calorific values and moisture content vs calorific values were plotted (See Figure 1 and Figure 2, respectively).

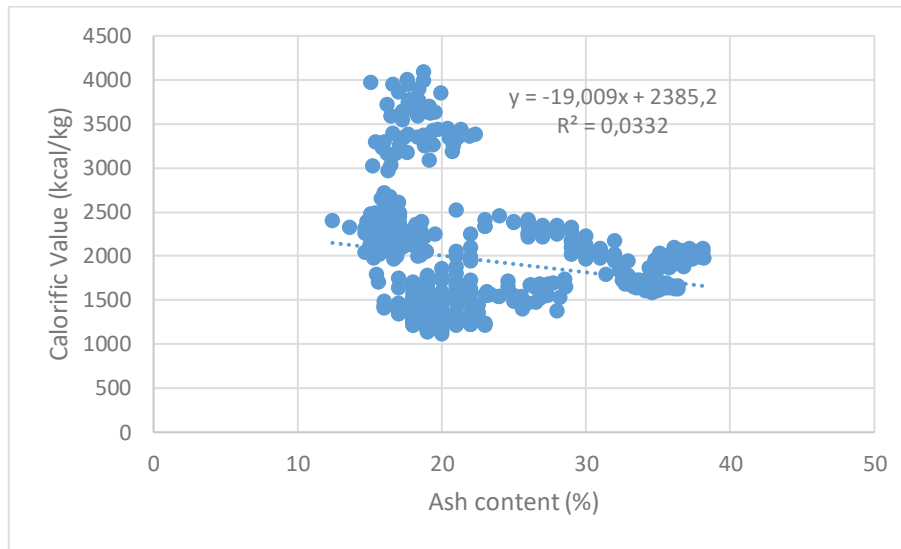


Figure 1. Ash content (%) of the samples versus the corresponding calorific values (kcal/kg) (corresponding data of calorific values and moisture content of Turkish lignites was adapted from the study of Eleveli 2003).

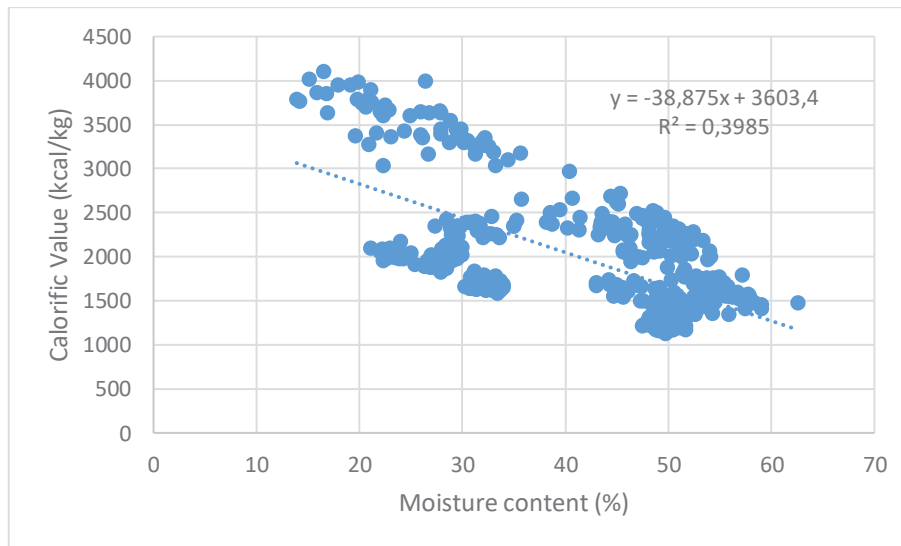


Figure 2. Moisture content (%) of the samples versus the corresponding calorific values (kcal/kg)(corresponding data of calorific values and moisture content of Turkish lignites was adapted from the study of Eleveli 2003).

Referring to Figure 1 and Figure 2, moisture content of Turkish lignites have better relationship with the calorific values. Although both of the plots resulted with no-meaningful statistics, still the difference between each may be interpreted to understand which parameter is more effective on calorific values of Turkish lignites. In this case referring to literature would be helpful to understand the problem better, which is explained in previous sections in detail. Kumari et al. 2019 have employed ash and moisture content data to predict calorific values of Indian coals. If calorific value prediction methodology of Kumari et al. (2019) is applicable to the data evaluated in this paper, then it would be no need to develop one another. However, initial observations once again clearly revealed the fact that calorific value prediction methodology should be location specific, not a worldwide methodology would be

applicable. In order to better evaluate Kumari et al. (2019) prediction methodology, Figure 3 was provided. Figure 3 briefly is the plot of calculated calorific values of Turkish lignites with the method suggested by Kumari et al. (2019) and real calorific values.

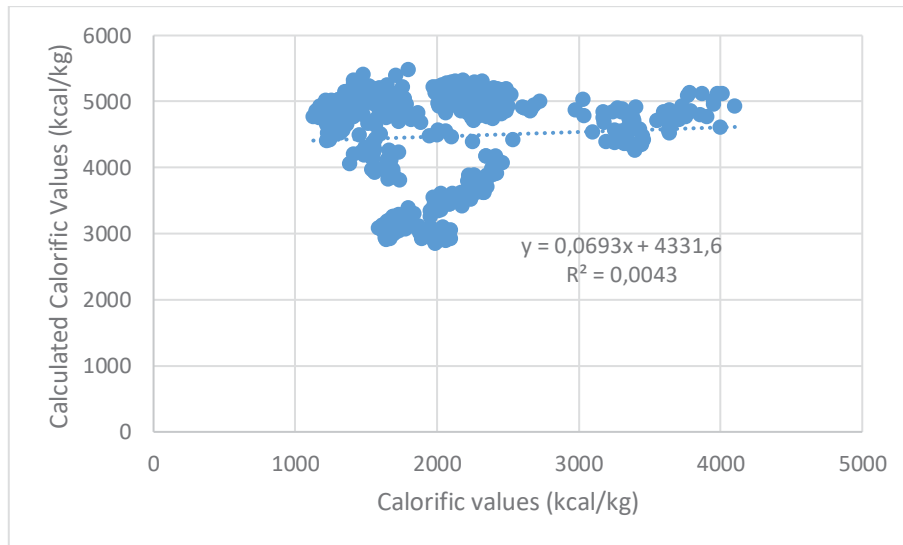


Figure 3. Graphical representation of calculated calorific values of Turkish lignites with the method suggested by Kumari et al. (2019) and data of calorific values of Turkish lignites (adapted from the study of Eevli 2003).

As regards to the graphical representation (Figure 3), Kumari et al. (2019) study was not even considerable for Turkish lignites in this case. It is obvious the fact that there is a need for calorific value prediction for Turkish lignites in specific because of the low degree of correlation, i.e. R^2 . As it is mentioned earlier, it is almost impossible to have a prediction methodology both user friendly (especially for coal consumers) and valid for the coal samples worldwide. So, in this case a prediction methodology considering the data of ash content, moisture content and calorific values (Eevli 2003) was proposed with the employment of multiple linear regressions. Employment of multiple linear regressions was carried out with the help of statistical software (XLSTAT). Multiple linear regressions resulted with an empirical formulae (Eqn. 1).

$$CV = -65.174x[AC(\%) + MC(\%)] + 6171.7 \quad (\text{Eqn.1})$$

where CV is for calorific value, AC is for ash content and MC is for moisture content, respectively.

Provided equation (Eqn. 1) is the method proposed in order to predict calorific values of Turkish lignites. In the body of this paper, a total of 8 Turkish lignite sample data was evaluated (See Eevli 2003). However still it was claimed that the proposed equation could be employed for the Turkish lignites in general. The method proposed is not only user friendly but it was achieved with a reasonable R^2 (Figure 4).

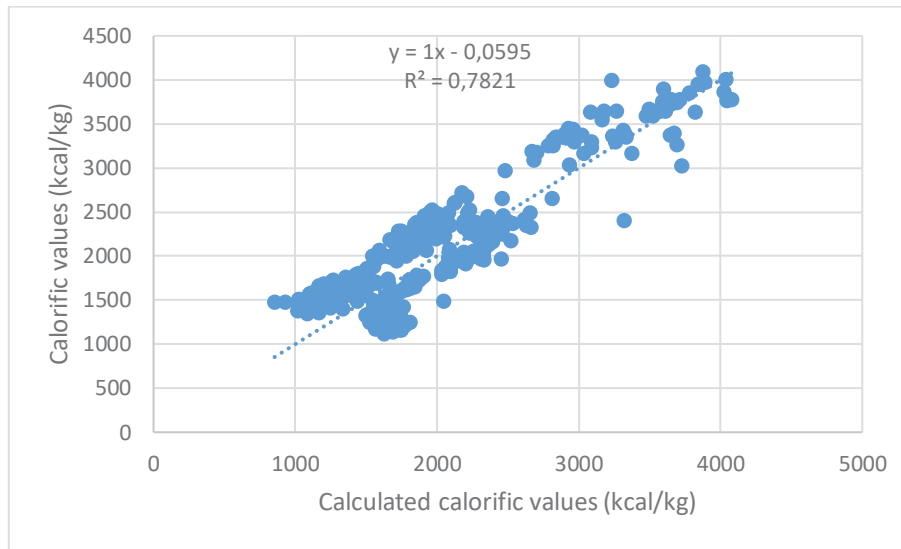


Figure 4. Graphical representation of calculated (with Eqn.1) calorific values of Turkish lignites and the data of calorific values of Turkish lignites (adapted from the study of Eleveli 2003).

Referring to Figure 4, in terms of calorific value prediction for Turkish lignites one can easily refer to the method provided in Eqn.1. As it is seen from the graphical representation and the corresponding R2 ($R^2=0.78$), prediction method could be employed for Turkish lignites in specific. Although Eleveli (2003) have tabulated only 8 samples of Turkish lignites, prediction method provided could be employed for all Turkish lignites. Here note this prediction method would be better successful if all “Turkish lignite” sample and their data were evaluated. Still, this method should be valid for Turkish lignites since the data evaluated is in a wide range (Table 1). Being more specific could result a better approaches in terms of prediction methodology success but in this context a general equation for Turkish lignites was intended to be proposed. For a specific region in Turkey and for a specific lignite sample in hand, the proposed method of prediction could be employed with some modifications (intercept and slope of the function can be changed) and it would yield higher R2 at the end.

Kucukbayrak et al. (1991) have tried to estimate calorific values of Turkish lignites and recently no any other researcher have proposed a methodology for calorific value prediction in this context. However, although some researchers (Akkaya 2020 for example) have been focusing on this aim of calorific value prediction, they suffer from the lack of coal consumers desires in this context. Although previously claimed, coal consumers would be more comfortable with a user friendly methodology (preferred primarily as empirical) based on the easily obtained parameters such as proximate analysis data. And literature researchers in this context may disregard the role of fluctuated calorific values and proximate analysis data of a same sample from a same pit. In addition, the studies conducted as regards to calorific value prediction have always an aim to reveal a method valid for coal samples worldwide, which is actually impossible in this regard. Successful methods for regions specific would help coal consumers and researchers better.

4. CONCLUSION

In this study, employing the data of coal ash and moisture content, a new method for the prediction of Turkish lignites' calorific values was proposed. A literature data of Turkish lignites was reviewed and ash content, moisture content and calorific values were adapted in this context. Calorific values of Turkish lignites was found out to be in relation with ash content (%) and moisture content (%). However this relations abovementioned are not that meaningful as for the initial observations. Rather meaningful one is moisture content in term of calorific value interrelations.

There is this need for this research since no researcher recently has interested in Turkish lignites calorific values prediction. Although literature has bunch of methodology proposed in this regard, not a user friendly method applicable for Turkish lignites (employing ash and moisture content) was suggested in any of these researches. In this context, a study based on ash content and moisture content for Indian coals was taken into consideration and the suggested methodology is employed for the data in hand. However, it was latterly understood that this suggested method for Indian coals is not applicable for Turkish lignites. And in this context, it was suggested that any models or methods should be region specific. So it was emphasized that for calorific value prediction any method both user friendly and applicable worldwide coals is impossible to be proposed.

The proposed method in this study is a linear function, consists of slope and intercept. The main function proposed takes the sum of ash content and moisture content into account and it yielded a R2 about 0.8 ($R^2=0.78$). The abovementioned methodology is proposed by employing a total of 8 Turkish lignites. In this context, fluctuations of calorific value, ash content, moisture content for the same region and same coal type were also taken into consideration. So this study differs from the other studies by employing 521 data corresponding to 8 different Turkish lignites. Since the data evaluated is in a wide range, it can be claimed that the method proposed can be employed for other types of Turkish lignites, i.e. other than 8 samples studied.

This study and the method proposed would be helpful for future researches in terms of characterization and valorization studies of Turkish lignites. Since high number of coal samples' data is evaluated, the prediction methodology is validated and updated to understand the Turkish lignites different properties. This study is not only novel in terms of the considering the fluctuated data of same coal mine, but also it includes a comparison of literature and current methodology, and it emphasizes the necessity of region specific prediction methods/models.

REFERENCES

- Acikkar, M. , and O.Sivrikaya . 2018. Prediction of gross calorific value of coal based on proximate analysis using multiple linear regression and artificial neural networks. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences 26:2541–52. doi:10.3906/elk-1802-50.

- Akkaya, A. V. 2020. Coal higher heating value prediction using constituents of proximate analysis: Gaussian process regression model, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, DOI: 10.1080/19392699.2020.1786374
- Akkaya, A. V. 2013. Predicting coal heating values using proximate analysis via a neural network approach. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 35 (3):253–60. doi:10.1080/15567036.2010.509090.
- Akhtar, J. , N.Sheikh, and S.Munir . 2017. Linear regression based correlations for estimation of high heating values of Pakistani lignite coals. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 39 (10):1063–70. doi:10.1080/15567036.2017.1289283.
- Bui, H. B. , H.Nguyen, Y.Choi, X. N.Bui, T.Nguyen-Thoi, and Y.Zandi . 2019. A novel artificial intelligence technique to estimate the gross calorific value of coal based on meta-heuristic and support vector regression algorithms. *Applied Science* 9:4868. doi:10.3390/app9224868.
- Elevli, S. 2003. Analysis of coal prices in thermal power plants and development of pricing models. PhD. Thesis, Department of Mining Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Cumhuriyet University, Sivas, TURKEY.
- Erik, N. Y. , and I.Yilmaz . 2011. On the use of conventional and soft computing models for prediction of gross calorific value (GCV) of coal. *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 31:32–59. doi:10.1080/19392699.2010.534683.
- Feng, Q. , J.Zhang, X.Zhang, and S.Wen . 2015. Proximate analysis based prediction of gross calorific value of coals: A comparison of support vector machine, alternating conditional expectation and artificial neural network. *Fuel Process Technology* 129:120–29. doi:10.1016/j.fuproc.2014.09.001.
- Ghugare, S. B. , and S. S.Tambe . 2017. Genetic programming based high performing correlations for prediction of higher heating value of coals of different ranks and from diverse geographies. *Journal of the Energy Institute* 90:476–84. doi:10.1016/j.joei.2016.03.002.
- Go, A. W. , R. C.Agapay, Y. H.Ju, and A. T.Conag . 2019. Unified semi-Empirical models for predicting or estimating the heating value of coal and related properties – Theoretical basis and thermochemical implications. *Combustion Science and Technology* 1–26. doi:10.1080/00102202.2019.1617705.
- Kavšek, D. , A.Bednárová, M.Biro, R.Kranvogel, D.Vončina, and E.Beinrohr . 2013. Characterization of Slovenian coal and estimation of coal heating value based on proximate analysis using regression and artificial neural networks. *Central European Journal of Chemistry* 11 (9):1481–91.
- Kucukbayrak S., Durus B., Mericboyu A.E., Kadioglu E. 1991. Estimation of calorific values of Turkish lignites. *Fuel* Volume 70, Issue 8, August 1991, Pages 979-981.
- Kumari, P. , A. K.Singh, D. A.Wood, and B.Hazra . 2019. Predictions of gross calorific value of Indian coals from their moisture and ash content. *Journal Geological Society of India* 93:437–42. doi:10.1007/s12594-019-1198-5.
- Majumder, A. , R.Jain, P.Banerjee, and J.Barnwal . 2008. Development of a new proximate analysis based correlation to predict calorific value of coal. *Fuel* 87:3077–81. doi:10.1016/j.fuel.2008.04.008.
- Mesroghli, S. , E.Jorjani, and S. C.Chelgani . 2009. Estimation of gross calorific value based on coal analysis using regression and artificial neural networks. *International Journal of Coal Geology* 79:49–54. doi:10.1016/j.coal.2009.04.002.
- Onifadea, M. , A. I.Lawal, A. E.Aladejare, S.Bada, and M. A.Idris . 2019. Prediction of gross calorific value of solid fuels from their proximate analysis using soft computing and regression analysis. *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 1–15. doi:10.1080/19392699.2019.1695605.
- Patel, S. U. , B. J.Kumar, Y. P.Badhe, B.Sharma, S.Saha, S.Biswas, A.Chaudhury, S. S.Tambe, and B. D.Kulkarni . 2007. Estimation of gross calorific value of coals using artificial neural networks. *Fuel* 86:334–44. doi:10.1016/j.fuel.2006.07.036.

- Qi, M. , H.Luo, P.Weib, and Z.Fu . 2019. Estimation of low calorific value of blended coals based on support vector regression and sensitivity analysis in coal-fired power plants. *Fuel* 236:1400–07. doi:10.1016/j.fuel.2018.09.117.
- Seervi, K. 2015. Prediction of calorific value of Indian coals by artificial neural network. BSc Thesis, Department of mining engineering national institute of technology, Rourkela.
- Tan, P. , C.Zhang, J.Xia, Q.-Y.Fang, and G.Chen . 2015. Estimation of higher heating value of coal based on proximate analysis using support vector regression. *Fuel Process Technology* 138:298–304. doi:10.1016/j.fuproc.2015.06.013
- Wen, X. , S.Jian, and J.Wang . 2017. Prediction models of calorific value of coal based on wavelet neural networks. *Fuel* 199:512–22. doi:10.1016/j.fuel.2017.03.012.

KÖMÜR HAZIRLAMADA KULLANILAN AĞIR ORTAM SİKLONLARI

HEAVY MEDIUM CYCLONES USED FOR COAL WASHING

Özcan Öney*, Selçuk Samanlı

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 64200, Uşak

ÖZET Ağır ortam siklonları, yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme yapan gravite esaslı ayırım cihazlarıdır. Ağır ortam siklonları (AOS) kömür hazırlama endüstrisinde iyi ayırım ve yüksek kapasitelere erişebilmesinden dolayı yaygın şekilde kullanılmaktadır. Efektif uygulama boyut aralığı -50+0,5 mm'dir. Ağır ortam siklon performansında verimliliği etkileyen başlıca faktörler; tüvenan kömürün özellikleri, siklon çalışma koşulları ve ağır ortam özellikleridir. Bu çalışmada, ağır ortam siklonunun çalışma prensibi ve ayırma verimliliğini etkileyen parametreler incelenmiştir.

ABSTRACT The dense medium cyclones are gravity-based separation equipment that particles with different densities are enriched. Dense medium cyclones (DMC) are widely used in coal cleaning industry because of their ability to achieve of the separation efficiently with their high capacities. The application size ranges are between 50 mm and 0.5 mm. The main factors affecting efficiency of heavy-medium cyclone performance are the characteristics of the feeding material, operating conditions and the properties of heavy-medium. In this study, it was focused on the main working principles of the heavy medium cyclones and the parameters affecting separation efficiency.

* ozcan.oney@usak.edu.tr

1. GİRİŞ

Ağır ortamda ayırma işlemi oldukça eski bir teknoloji olup cevher hazırlama ve kömürlerin yıkanması işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ağır ortam siklonu (AOS) ağır ortam ayırıcılarının içinde en yaygın kullanım alanına sahip olanıdır. Uygun çalışma koşullarında, iri ve ince tanelerin yıkanmasında verimli bir şekilde kullanılabilir ve oldukça küçük bir alan gereksinimi gösterir. Diğer özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme cihazlarının aksine, yoğunluğu kolayca kontrol edilebilen bir ortam içerisinde, istenilen ayırım yoğunluğunda başarılı bir ayırım yapar (Napier-Munn, 2018). Özellikle -50+0,5 mm boyut aralığındaki kömürlerin yıkanmasında kullanılır (Chen vd. 2014; Aketi vd. 2017). Günümüzde, Güney Afrika ve Çin'de -1+0,1 mm ve -0,25 mm boyutlu ince kömürlerin yıkanmasında da uygulanmaktadır (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

AOS, ilk olarak 1939'da Hollanda'da kömürün yıkanmasında kullanılmaya başlanmıştır (Napier-Munn, 2018). Günümüzde, AOS boyutları artmış, siklon yapıları modifiye edilmiş (poliüretan ve seramik karo kaplama) ve giriş kısmında geometrik değişiklikler yapılmıştır (Bosman, 2003; Napier-Munn, 2018). Orijinal AOS tasarımları McNally, Krebs, Multotec ve Minco vb. farklı üreticiler tarafından çoğunlukla siklondaki aşınmayı azaltmak ve kapasiteyi arttırmak için değiştirilmiştir. Yeni AOS tasarım özellikleri; sarmal besleme girişi, daha uzun gövde bölümü ve silindirik gövdeden koni şeklindeki düzgün bir geçişi içerir (Wang vd. 2011). Ağır ortam siklonunun yapısı çeşitlidir ve farklı yapısal özelliklere göre farklı ayırma işlemleri geliştirilmiştir. AOS ürün sayısına göre iki ürünlü ve üçlü ürünlü, gövde yapısına ve şekline göre konik ve silindirik gövdeli, besleme şekline göre gravite veya basınçlı olarak ayrılabilir (Fu, 2020). Dyna Whirlpool, Tri-Flo, Vorsyl ve Larcodems ayırıcıları vb. siklon tipi ayırıcılar kömür yıkama endüstrisinde uygulama alanları bulmuş olsalar da orijinal ağır ortam siklonları günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Mathewson ve Ryan, 2013; Napier-Munn, 2018).

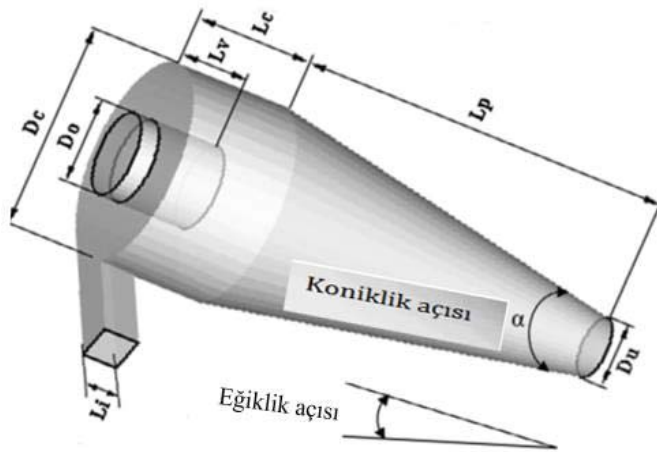
Kempnich (2003) tarafından yapılan bir araştırmada, dünya çapındaki kömür hazırlama tesislerinde yıkanan kömürün yaklaşık %55'inin AOS üniteleri ile zenginleştirildiği belirtilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yılda 413 milyon ton kömür (üretim %65'i) ağır ortam teknelerinde ve AOS'larında yıkanmaktadır (Honaker ve Patwardian, 2006). Ayrıca demir cevheri, manyetit, dolomit, elmas ve kurşun-çinko minerallerinin zenginleştirilmesinde de AOS'ları kullanılmaktadır (Chen vd. 2012). Türkiye'de kapasiteleri 50 ile 1000 ton/saat arasında değişen yaklaşık olarak 45 adet kömür hazırlama tesisi vardır. Bu tesislerden 12 adedi taşkömürünü yıkamak için kullanılırken, geri kalanları ülkemiz linyit üretiminin yaklaşık %40'ının yıkandığı tesislerde kullanılmaktadır (Ozbayoglu, 2013). Taşkömürü yıkama tesislerinin kapasiteleri 60 ila 300 ton/saat arasında değişmektedir (Mills, 2014). Taşkömürü yıkama tesisleri Türkiye Taşkömürü Kurumuna ait olup değişik kapasitelerde faaliyet göstermektedirler; Armutçuk (210 ton/saat), Amasra (220 ton/saat), Kozlu-Üzülmez (250 ton/saat) ve Çatalağzı (350 ton/saat). Taşkömürü yıkama tesislerinin çoğunda ağır ortam teknesi ve ağır ortam siklonları kullanılmaktadır. Linyit kömür hazırlama

tesislerinin çoğu ise ağır ortam ayırımına dayalıdır. +18 mm iri kömürün yıkanmasında ağır ortam teknesi kullanılırken -18+0,5 mm kömürlerin yıkanmasında ağır ortam siklonları kullanılmaktadır (Özbayoğlu, 2013). Türkiye Kömür İşletmelerine ait tesislerde yaklaşık olarak 24,8 milyon ton kömür yıkanmaktadır (Mills, 2014).

2. AĞIR ORTAM SİKLONU

2.1 Ağır Ortam Siklonunun (AOS) Geometrisi ve Kapasitesi

Ağır ortam siklonun yapısı oldukça basittir, hareketli parçaları yoktur ve en ucuz kömür hazırlama cihazıdır. Tipik bir AOS geometrik gösterimi Şekil 1’de sunulmuştur.



Burada;

D_c : Siklon çapı

L_i : Giriş çapı

D_o : Üst çıkış çapı

D_u : Alt çıkış çapı

L_c : Silindirik kısmın uzunluğu

L_p : Konik kısmın uzunluğu

α : Koniklik açısı

Şekil 1. AOS geometrik gösterimi (Chen vd. 2014).

AOS’ları, siklon içerisindeki merkezkaç kuvveti ile karşılaştırıldığında yerçekimi kuvvetinin etkisi önemsiz olduğu için herhangi bir açıyla çalıştırılabilirler. Bununla birlikte, kapatma sırasında boşaltmayı kolaylaştırmak ve ortam ayırımını giriş basıncındaki dalgalanmaları da içeren işletme değişkenlerine karşı daha az duyarlı yapmak için, uzunlamasına yatay açıyla monte edilirler (Amini, 2014; Osborne, 2013). AOS için standart boyutlar Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Standart AOS boyutları (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

Siklonun Kısımları	Siklonun Boyutu
Giriş çapı	0,20 x siklon çapı
Üst çıkış çapı	0,43 x siklon çapı
Silindirik kısmın uzunluğu	0,50 x siklon çapı
Alt çıkış çapı	0,30 x siklon çapı

AOS’larının boyut ve kapasitelerinde 1975 yılından günümüze kadar önemli artış olmuş ve 500 mm çaplı ünitelerden 1000 mm’yi aşan (1500 mm’ye kadar) siklonlar üretilmiştir (Holtham, 2006; Wang vd. 2011). Günümüzde AOS, 1100 ton/saat kapasite ile 1450 mm’ye kadar çaplara sahiptir (Anupam vd. 2017; De Korte ve Engelbrecht,

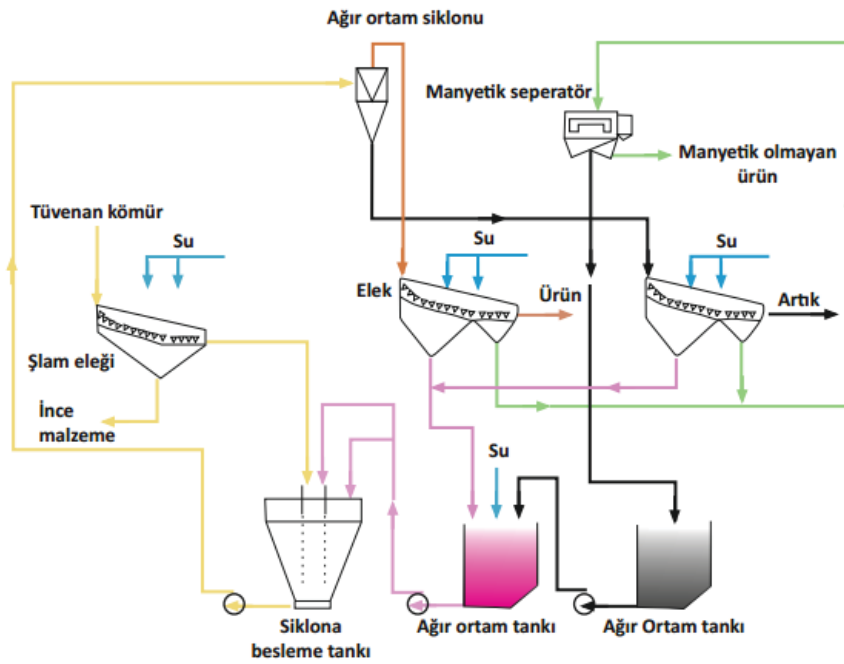
2014). Çizelge 2’de Multotec üretimi iki siklon tipi için maksimum tüvenan kömür tane boyutu ve besleme miktarları gösterilmektedir. Çizelgedeki veriler nominal siklon çapının dokuz katı besleme yüksekliğinde, hacimsel olarak 3,5/1 (ortam/kömür) oranında ve 1,6 g/cm³ besleme malı bağıl yoğunluğundaki değerlerdir.

Çizelge 2. Multotec siklonlarının boyutları ve kapasiteleri (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

Multotec standart kapasiteli siklonlar			Multotec yüksek kapasiteli siklonlar		
Siklon çapı (mm)	Maksimum tane boyutu (mm)	Kömür besleme miktarı (ton/saat)	Siklon çapı (mm)	Maksimum tane boyutu (mm)	Kömür besleme miktarı (ton/saat)
510	34	54	510	51	99
610	41	81	610	61	145
660	44	97	660	66	175
710	47	114	710	71	207
800	53	149	800	80	270
900	60	196	900	94	355
1000	67	249	1000	100	454
1150	77	351	1150	115	638
1300	87	468	1300	130	854
1450	97	608	1450	145	1108

2.2 Ağır Ortam Siklonunun Çalışma Prensibi

Tipik bir AOS, silindirik-konik bir tekne olup, bir besleme girişi ve iki çıkışı (üst ve alt çıkış) bulunmaktadır. AOS, kömür tanelerini ağır bir ortam (süper ince/ultra ince manyetit ve su süspansiyonu) kullanarak ayırır. Kömür hazırlama tesisleri için süspansiyonun özgül ağırlığı temiz kömür ve mineral madde arasında olacak şekilde ayarlanır (Aketi vd. 2017). Elde edilecek kömür tanelerinin yoğunluğu, genellikle 1500 kg/m³ iken gang taneleri bu yoğunluktan fazladır. Şekil 2’de genel bir AOS devresi verilmektedir. Tüvenan kömür, şlam eleğinden elendikten sonra ağır ortam ile karıştırılarak bir pompa vasıtasıyla AOS’na beslenmektedir. Siklonda yüksek ve düşük yoğunluklu parçacıkların ayrılmasından sonra, kömür boşaltma ve durulama süzgecinden geçirilir ve daha sonra nihai ürün susuzlandırılarak temiz kömür elde edilir. Aynı işlem artık için de uygulanır.

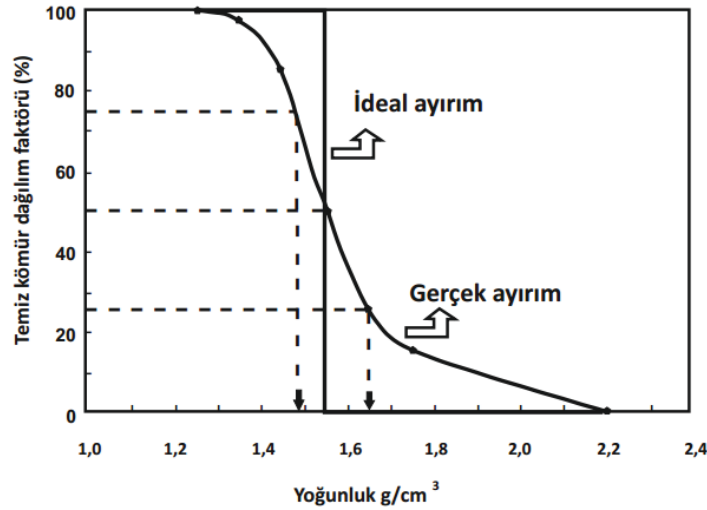


Şekil 2. Bir kömür hazırlama tesisinde ağır ortam siklonu devresi (Sanders, 2007; Amini, 2014, Chen vd. 2017).

AOS'na besleme, yoğun bir madde (manyetit) içinde askıda kalan kömürden oluşan bir bulamaç biçiminde yapılır (Anupam vd. 2017; Mengellers 1982). Ağır ortam, AOS ünitesine tesisin tabanından genellikle 30-80 m yüksekliğe pompalanır (Zhang vd. 2015). Siklon içerisindeki akış çok karmaşıktır; hava, su, kömür ve farklı ebatlarda, yoğunluklarda ve diğer özelliklerde manyetik/manyetik olmayan parçacıkları içeren fazlar söz konusudur (Chen vd. 2017). AOS'u çalışırken, tüvenan kömür ve süspansiyon sıvısı karışımı besleme borusundan siklonun teğetsel yönü boyunca silindirik bölüme beslenir ve bu da güçlü dönme akışı oluşturur (Chen vd. 2016; Fu, 2017). Böylece, bulamaç merkezkaç kuvveti genellikle yer çekiminin 30 katından daha fazla etkiye maruz kalır (Anupam vd. 2017; Mengellers, 1982). Basınç gradyan kuvveti ve radyal akışkan sürtünme kuvveti tarafından yönlendirilen daha hafif kömür taneleri AOS'nun merkezi eksenine doğru hareket eder. Buradaki baskın aksenal hız yukarı doğrudur ve temiz kömür vorteksten (üst çıkış) çıkar. Santrifüj kuvvetleri, yüksek küllü tanelerin veya artığın aksenal hızın esas olarak aşağıya doğru olduğu koni iç duvarına doğru hareket etmesine ve apeks boyunca (alt çıkış) boşalmasına neden olur (Chu vd. 2017).

2.3 Ağır Ortam Siklonunun Ayırma Performansının Değerlendirilmesi

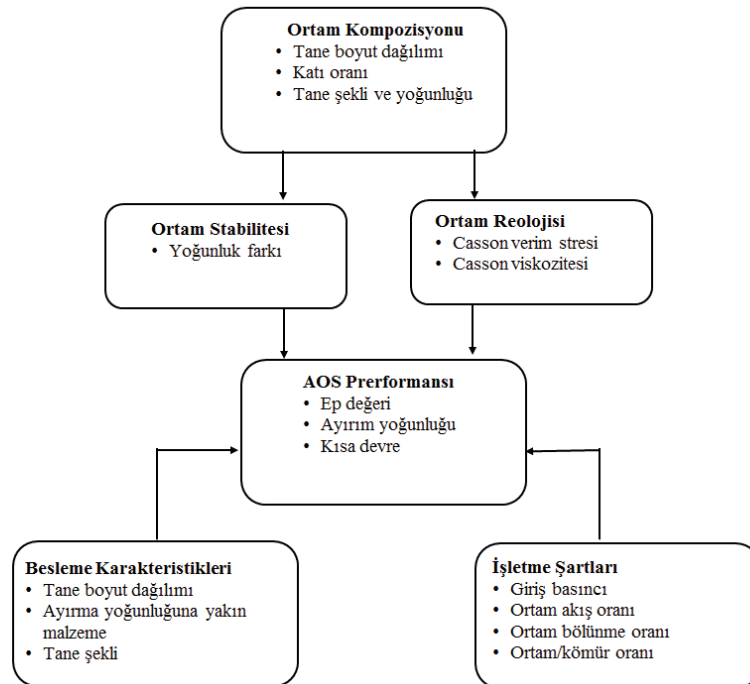
Herhangi bir özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme ünitesinin performansı, dağılım eğrileri kullanılarak değerlendirilebilir. Her bir test için dağılım eğrisi, üst çıkış ve alt çıkış ürünlerinin yüzdürme-batırma verilerini kullanarak elde edilebilir. Bu eğriden ayırım yoğunluğu (d_{50}) ve hata faktörü (E_p) olmak üzere iki önemli performans faktörü ölçülür. Ayırım yoğunluğu, bu yoğunluktaki tüvenan kömürün %50'sinin üst akıma gideceğini belirten yoğunluk değeridir. Hata faktörü, gerçek eğrinin ideal eğriden sapmasını ölçer ve $E_p = (d_{25} - d_{75})/2$ formülü ile hesaplanır (Rao, 2000).



Şekil 3. Tipik bir dağılım eğrisi (Rao, 2000).

3. AĞIR ORTAM SIKLONLARINDA AYIRMA VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ağır ortam siklon performansının verimliliği, beslenen tüvenan kömürün özellikleri, siklon çalışma koşulları ve ağır ortam özellikleri tarafından etkilenir ve kontrol edilir. Ortam bileşiminden etkilenen ortam reolojisi ve kararlılığı, AOS ayrılmasında tamamlayıcı bir rol oynamaktadır (Amini, 2014). Besleme malı tane iriliği ile ağır ortam reolojisi arasındaki ilişki özellikle önemlidir (Laskowski, 2003). Şekil 4'te, ağır ortam ayırma performansını etkileyen faktörler gösterilmektedir.



Şekil 4. AOS ayırma performansını etkileyen faktörler (Amini, 2014).

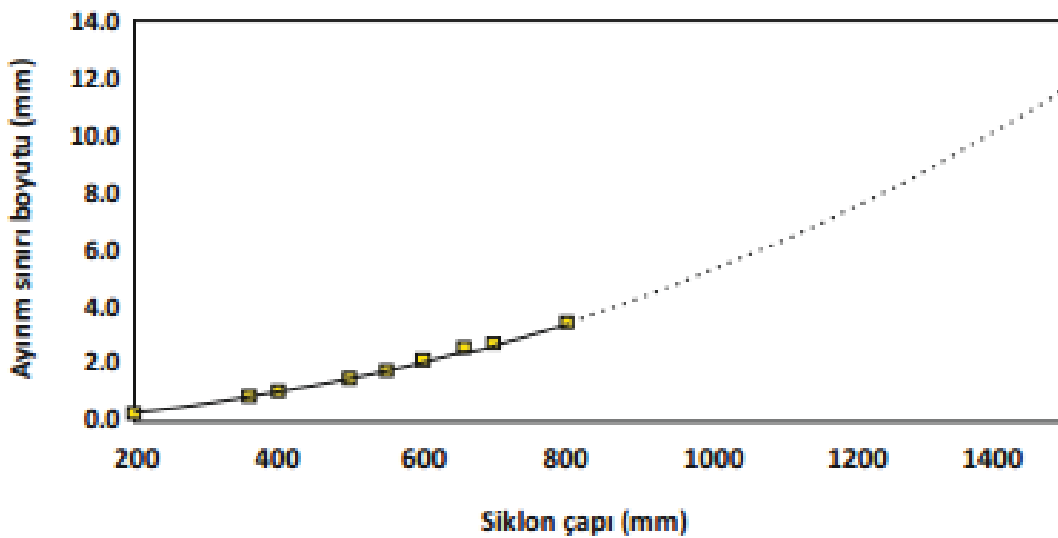
AOS'larında karşılaşılan başlıca sorunlar; sık olarak oluşan ve kömürün büyük bir kısmının artığa karıştığı "dalgalanma" durumu, üst çıkışta aşırı yüklenme, AOS iç duvarlarının aşınması, ölçek büyütülmesinde karşılaşılan güçlükler, besleme malındaki ince fraksiyon artışına paralel ayırma veriminin düşmesi, ortamın stabilitesinin ve akış rejiminin kontrolüdür (Chu vd. 2017).

3.1 Besleme Malı Özellikleri

Besleme malı özelliklerinin rolü AOS'unda ayırırda pratikte oldukça önem arz eder. Çoğunlukla, söz konusu özellikler; tane boyutu veya yoğunluğu, tane şekli ve ayırma yoğunluğuna yakın besleme malı miktarı vb. olarak sayılabilir. Siklon ayırma performansını etkileyen en önemli parametre tane boyutudur (Chen vd. 2016). Küresel veya pürüzsüz taneler açısız veya kaba şekilli tanelere göre daha düşük viskozite ve kararlılık üretir (Amini, 2014).

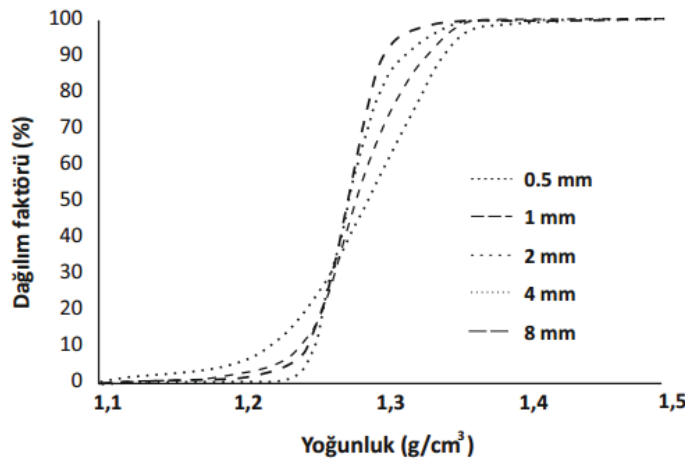
3.1.1 Besleme malı tane boyut dağılımı

Tüm sıvı akışkan bazlı mineral ayırma işlemlerinde olduğu gibi AOS prosesi, besleme malı tane boyutuna duyarlıdır. Siklona beslenen maksimum tane boyutu, siklon giriş çapına bağlı olup, tıkanmalardan kaçınmak amacıyla bu çapın en fazla üçte biri olacak şekilde yaygın olarak uygulanmaktadır. Standart bir AOS tasarımında giriş çapı siklon çapının 0,2 katı kadardır. Bu nedenle bir siklona beslenecek maksimum tane boyutu siklon çapının yaklaşık 0.067 katıdır (610 mm çaplı siklon için 40 mm'dir). Bu sınır değerden daha iri malzeme ağır ortam teknesi vb. diğer ağır ortam ayırıcılarında zenginleştirilmelidir (Napier-Munn, 2018). Tane boyutu siklon çapının belirlenmesinde de önemli bir faktördür (Chen vd. 2016). Şekil 5'de ayırım boyutunun siklon çapına bağlı olarak değişimi gösterilmektedir.



Şekil 5. Ayırım boyutunun siklon çapına bağlı olarak değişimi (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

AOS'ları oldukça geniş bir boyut aralığında verimlidir. Ancak ince taneler için yüksek ayırım yoğunluğu gerekir ve bu nedenle daha iri boyutlu tanelerden daha az verimlidir (Napier-Munn, 2018). 4 mm'nin üstündeki iri besleme malı taneleri, stabilite durumu hariç ortam ve besleme malı özelliklerinde meydana gelen değişikliklere karşı çok hassas değildir (Chen vd. 2016). Tane boyutu 2 mm'nin altına düştüğünde, AOS performansı ortam ve besleme malı özelliklerinin ve siklon çalışma koşullarının etkisine duyarlı hale gelmektedir (Davies vd. 1963; Chen vd. 2016). Çeşitli çalışmalar, ayırım eğrilerinin azalan tane boyutu ile birlikte düzleşmeye meyilli olduğunu göstermiştir. Boyuta göre Tromp eğrilerinin düzleştirilmesi, eğrilerin orta bölümünün eğri olması ve/veya eğrilerin uçlarının ordinatın uçlarından (0 ve 100) sapması ile karakterize edilir (Anupam vd. 2017).

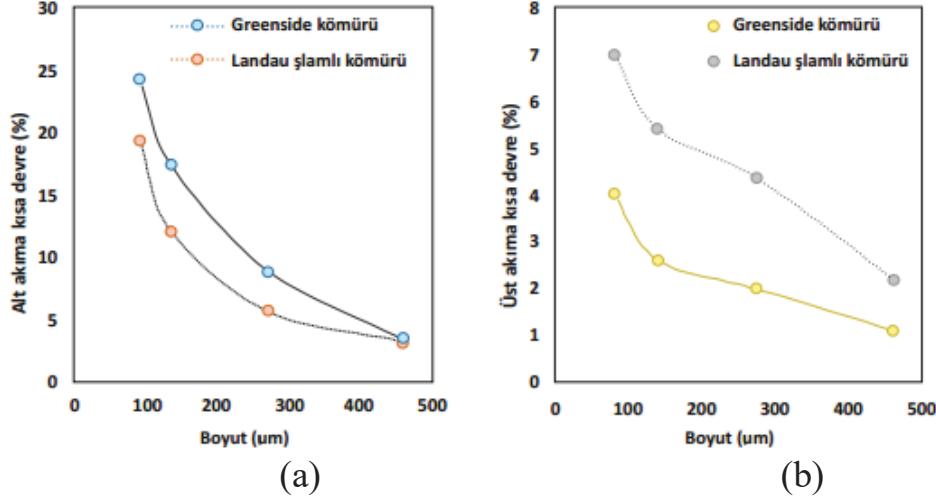


Şekil 6. Belirli bir bağıl yoğunlukta (1,3 g/cm³) tane boyutu dağılım eğrileri (Aketi vd. 2016).

Davis (1994) kömür tane boyutunun azaltılması ile ayırım verimliliğinin (E_p) belirgin olarak bozulduğunu ve ayırım yoğunluğunun (d_{50}), büyük oranda arttığını belirtmiştir. Ayrıca, kırma işlemi tamamı şlamdan uzaklaştırma aşamasında uzaklaştırılmayan şlam (-0,5 mm) oluşmasına neden olur. Bunun sonucu olarak da kömür yıkama tesislerinde genelde suyun sirküle edilmesi nedeniyle (manyetik ayırıcı atıkları elekler üzerinde durulama suyu olarak geri dönüştürülür) ağır ortam devresinde şlamların biriktiği tespit edilmiştir (Anupam vd. 2017).

İnce boyutlu taneler iri boyutlu tanelere nazaran daha yavaş hareket ettiğinden ve daha düşük momentuma sahip olduğundan dolayı birçoğu uygun deşarj akımına ulaşmadan önce yanlış deşarj akımında süpürülür, diğer bir deyişle hatalı ayırım oluşur (Anupam vd. 2017; Scott ve Napier-Munn 1992). Böylece, incelik arttıkça Tromp eğrisinin düzleşmesine yol açar. Daha ince parçacıkların yetersiz hareketi ve bunun sonucu olarak hatalı ayırım King ve Jukes (1988) tarafından kısa devre olarak adlandırılmıştır. Bir AOS'un ayırma işleminin, yalnızca besleme malındaki bir kısım için geçerli olduğunu ve besleme malının geri kalan kısmının üst akım veya alt akıma kısa devre yapması ve AOS'da ayırım verimliliğinin yetersizliği anlamına geldiğini

gözlemlenmişlerdir. Kısa devrenin ağırlıklı olarak tanelerin boyutundan etkilendiğini ve 0,6 mm boyutun altındaki taneler için önemli olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 7). King ve Juckes tarafından Güney Afrika Greenside kömürleri ve Landau kömürleri üzerinde yapılan bir çalışmada, alt akımdaki kısa devre, üst akımdaki kısa devreye göre daha belirgindir (Anupam vd. 2017).



Şekil 7. Alt akıma (a) ve üst akıma (b) kısa devrenin tane boyutuna göre değişimi (King ve Juckes, 1982; Anupam vd. 2017).

3.1.2 Ayırma yoğunluğuna yakın malzeme miktarı

Ayırma yoğunluğuna yakın malzeme, seçilen ayırma yoğunluğuna $\pm 0,1$ yoğunluk aralığındaki malzeme olarak tanımlanır. Bu malzemenin varlığı ve hareketleri ayırma mekanizmasını etkiler ve kömür tanelerinin yanlış ürüne gitmesine neden olur (Aketi vd. 2017). Besleme malındaki ince boyutlu taneler ile birlikte ayırma yoğunluğuna yakın tanelerin fazla olması cihazın ayırma performansının önemli ölçüde bozulmasına neden olabilir (Anupam vd. 2017). Tane boyutu azaldıkça ayırma yoğunluğuna yakın taneler daha uzun süre siklon içerisinde kalmaktadır (Aketi vd. 2016).

3.2 İşletme Şartları

Ağır ortam siklon performansını etkileyen en önemli işletme değişkenlerinden biri, siklon üst akış oranının (ÜAO) alt akış oranına (AAO) bölümüdür (ÜAO/AAO). ÜAO/AAO oranının temel özelliği, ortam stabilitesi, ayırma verimliliği ve ayırma yoğunluğu ile yakın ilişki içerisinde olmasıdır. İdeal koşullar altında, ortam-kömür oranı çok yüksek olduğunda, daha yüksek bir ÜAO/AAO oranı daha düşük bir E_p değeri elde edilmesine yol açar. Kömür hazırlamada, AOS proseslerinde daha düşük E_p değerine ulaşmak için en uygun ÜAO /AAO oranı, yaklaşık 2 olarak önerilir (Amini, 2014).

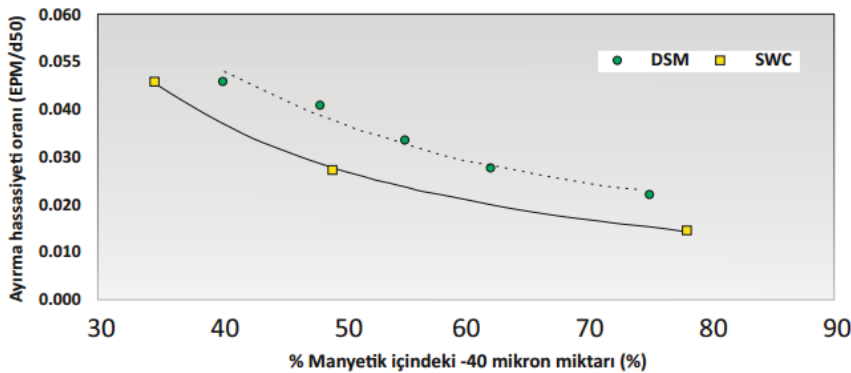
3.2.1 Besleme basıncı

Besleme basıncı, siklonun performansı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (De Korte ve Engelbrecht, 2014). Siklona gravite ile besleme yapılan sistemlerde uygun besleme giriş basıncını temin etmek için gerekli olan yükseklik, siklon çapının 9 katı olmalıdır. Çizelge 3’de gravite ile besleme yapılan ağır ortam siklonlarında çapa bağlı olarak ortam akışları ve yaklaşık olarak gravite besleme yükseklikleri sunulmaktadır.

Çizelge 3. Gravite ile beslemeli ağır ortam siklon kapasiteleri (Osborne,1988).

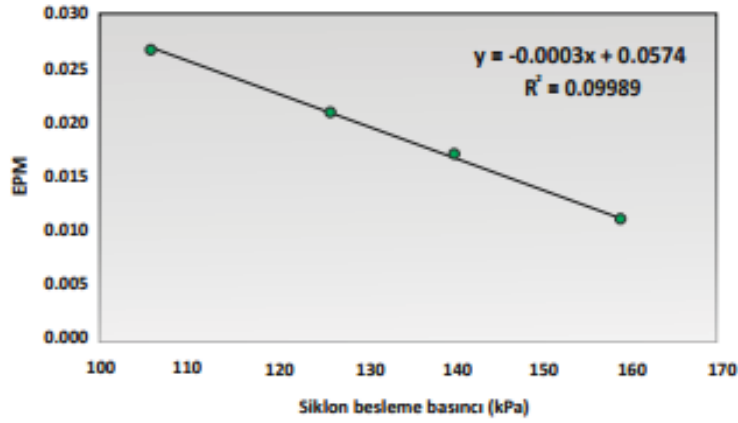
Siklon çapı (mm)	Ortam akışı (m ³ /saat)	Ürün akışı		Ortalama yükseklik (mm)	Önerilen ortalama yükseklik (mm)
		Besleme (m ³ /saat)	Artık (m ³ /saat)		
200	15	6,5	4	1800	2000
350	50	20	12,5	3150	3500
500	125	50	30	4500	5500
600	185	75	45	5400	6500
700	270	105	65	6300	7500
750	300	120	75	6750	9000

Gravite besleme yüksekliği arttıkça, hata faktörü azalmaktadır. Şekil 8’de 900 mm çapındaki bir siklon için ortalama tane boyutuna bağlı olarak besleme yüksekliğine göre hata faktörü değerleri sunulmaktadır.



Şekil 8. 900 mm çapındaki bir siklon için gravite besleme yüksekliğine göre hata faktörü değerleri (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

Besleme basıncının artırılması aynı zamanda siklonun kapasitesini artırır. Ancak, bu durum siklondaki aşınmayı artırır ve dolayısıyla siklonun kullanım ömrünü azaltır. Şekil 9’da siklon besleme basıncına bağlı hata faktörü sunulmaktadır.



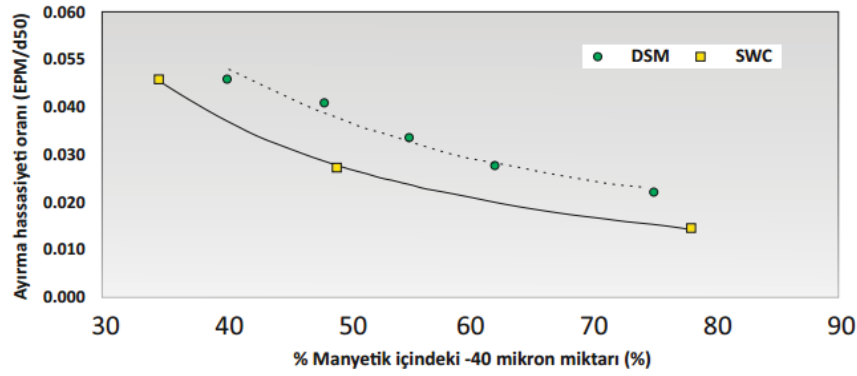
Şekil 9. 900 mm çapındaki bir siklon için değişik besleme basıncına göre hata faktörü değerleri (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

3.2.2 Ortam akışı

Siklonda, ortam akış modelinin kömür tanelerinin akışını etkin olarak belirlediğinden dolayı çok önemli olduğu bilinmektedir (Chu vd. 2009). Ortam akışını karakterize etmek için; gravite akışlı besleme mesafesi, ağır ortam yoğunluk değişimi ve ortam bölünmesi olmak üzere üç parametre yaygın olarak kullanılır. Ağır ortam yoğunluk değişimi, manyetit ayırımını temsil eden üst akım ve alt akım arasındaki ortam yoğunluğu farkıdır. Ortam bölünmesi, üst akıma giden ortamın oranını gösterir. Bu oran, üst akım çıkışındaki ortamın kütle akış oranının AOS girişindeki kütle akış oranına bölümü olarak ifade edilir (Chen vd. 2017).

3.3 Ağır Ortam Kompozisyonu

Doğru ortamın belirlenmesi, ortamın viskozitesine ve siklondaki merkezkaç kuvvetine bağlıdır. Bu özellikleri belirleyecek değişkenler; kullanılan manyetitin boyut dağılımı, besleme yoğunluğu, ortamdaki şlam yüzdesi, siklon boyutları ve işletme basıncıdır. Ortam yoğunluğu 1,25-1,40 g/cm³ arasında ise tane boyutu %95'i 40 mikron olan manyetit kullanılırken, 1,40-1,90 g/cm³ ortam yoğunluğu için tane boyutu %95'i 50 mikron altında olan manyetit kullanılır. Kullanılan manyetitin tane boyutu arttıkça siklon performansı (Şekil 10) bozulmaktadır (De Korte ve Engelbrecht, 2014).



Şekil 10. Manyetit tane boyutunun imperfeksiyon üzerindeki etkisi (De Korte ve Engelbrecht, 2014).

Ağır ortam siklonunda; ortam kompozisyonu, ağır ortamın stabilitesi ve reoloji özellikleri değişiminden ayırma performansını etkilenir. Siklon ayırımı ve pompa verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için ideal bir ortam düşük viskoziteli ve yüksek stabiliteli olmalıdır (Amini, 2014).

AOS'nda çalışma ortamı yoğunluğu uygulamaya bağlı olarak değişmektedir. Bağlı yoğunluk kömürde genel olarak $1,65 \text{ g/cm}^3$ 'den azdır ve minerallerde genellikle $2,5 \text{ g/cm}^3$ 'den fazladır. Kömür uygulamalarında $4,5-5,2 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğa sahip doğal manyetit ortam kullanılırken, mineral uygulamalarında daha pahalı olan ve yaklaşık $6,7 \text{ g/cm}^3$ yoğunluktaki yapay olarak elde edilen ferrosilikon (FeSi) kullanılmaktadır (Napier-Munn, 2018). Manyetitin artan maliyeti, termik santral yakıtı uçucu külünden geri kazanımı gibi alternatif kaynaklardan manyetit elde edilmesinde gittikçe artan bir ilgiye yol açmıştır (Birlingmar vd. 1983; Sripriya vd. 2003).

Ağır ortam ayırmada en büyük işletme maliyeti, katı ortamın kaybı ile oluşur. Bu nedenle ortam kayıpları herhangi bir hazırlama işleminin ekonomisini belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır. Ağır-ortam siklonu kullanılan kömür hazırlama tesislerinde çoğunlukla çıkış çapı ve besleme bağıl yoğunluğunu değiştirilerek işlemlerin optimizasyonuna çalışılır. Bu değişiklikler, ayırma işleminin daha yakından kontrol edilmesine yardımcı olurken, ortam ayırma oranındaki (üst akımdaki ortam akış oranının, alt akımdaki ortam akışına oranı) değişiklikler nedeniyle ortam kayıplarına neden olur. Ortam katıları, ürünlere ve manyetik ayırıcı atığına yapışma yoluyla kaybedildiğinden, ortam ayırma oranındaki değişimin boşaltma ve durulama elekleri üzerindeki etkisi ve dolayısıyla manyetik ayırma devresinin incelenmesi gerekmektedir (Sripriya vd. 2006).

4. SONUÇLAR

Kömür hazırlama endüstrisinde, hassas ayırma ve yüksek kapasitelere erişebilmesinden dolayı ağır ortam siklonları farklı yoğunluk ve boyuttaki tanelerin zenginleştirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ağır ortam siklonlarında; Besleme malı özellikleri (Besleme malı tane boyut dağılımı ve Ayırma yoğunluğuna

yakın malzeme miktarı) ile işletme şartları (Besleme basıncı, Ortam akışı, Ağır ortam kompozisyonu) ayırmada önemli ana parametrelerdir. Ayırım verimliliğinde; Tüvenan kömür özellikleri, siklon çalışma koşulları ve ağır ortam özellikleri özellikle etkilidir. Besleme malı tane iriliği ile ağır ortam reolojisi arasındaki ilişki de ayırım verimliliğinde önem arz eder ve ayrıca incelenmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- Aketi, V.A.K., Vakamalla, T.R., Narasimha, M., Sreedhar, G.E., Shivakumar, R., Kumar, R. (2017). Computational fluid dynamic study on the effect of near gravity material on dense medium cyclone treating coal using discrete phase model and algebraic slip mixture multiphase model. *The Journal of Computational Multiphase Flows*, 9 (2), 58–70.
- Amini, S.H. (2014). Ultra-clean coal production using dense medium separation for the silicon market. Master Thesis, Kentucky University, Lexington, 116 p.
- Anupam, A., Bhattacharya, S., De Korte, G. J. (Online basım tarihi: 2017). Effect of feed size and size distribution on the performance of dense medium cyclones: A Critical Review. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, <http://dx.doi.org/10.1080/19392699.2017.1390457>
- Birlingmar, D., Murtha, M., Killmeyer, R. (1983). Characterization and Performance of Fly Ash-Derived Heavy Medium Material. DOE Report, IS-4839, March.
- Bosman, J. (2003). Latest developments in cyclone technology. *Mineral Proc. & Extr. Met.*, 112, 1, 10–12.
- Chen, J., Chu, K., Zou, R., Yu, A.B., Vince, A., Barnett, G.D., Barnett, P.J. (2017). Systematic study of the effect of particle density distribution on the flow and performance of a dense medium cyclone. *Powder Technology*, 314, 510–523.
- Chen, J., Chu, K.W., Zou, R.P., Yu, A.B., Vince, A. (2012). Prediction of the performance of dense medium cyclones in coal preparation. *Minerals Engineering* 31, 59–70.
- Chen, J., Chu, K.W., Zou, R.P., Yu, A.B., Vince, A., Barnett, G.D., Barnett, P.J. (2014). How to optimize design and operation of dense medium cyclones in coal preparation. *Minerals Engineering* 62, 55–65.
- Chen, J., Kaiwei, K., Zou, R., Yu, A., Vince, A., Barnett, G.D., Barnett, P.J. (2016). Systematic study of effect of particle size distribution in a dense medium cyclone by Johnson's S_B function. *Minerals Engineering* 91, 16–33.
- Chu, K.W., Chen, J., Wang, B., Yu, A.B., Vince, A., Barnett, G.D., Barnett, P.J. (2017). Understand solids loading effects in a dense medium cyclone: effect of particle size by a CFD-DEM method. *Powder Technology* 320, 594–609.
- Chu, K.W., Wang, B., Yu, A.B., Vince, A. (2009). CFD-DEM modelling of multiphase flow in dense medium cyclones. *Powder Technol.* 193, 235–247.
- Davies, D.S., Driessen, H.H., Oliver, R.H. (1963). Advances in hydro cyclone heavy media sep. technology for fine ores. In: Proc. 6th Int. Min. Processing Congress, Cannes, pp. 301–321.
- Davis, J.J. (1994). Cleaning coarse and small coal–dense medium process. In: Swanson, A.R., Partridge, A.C. (Eds.), *Advanced Coal Preparation Monograph Series*. Australian Coal Preparation Society, Australia.
- De Korte, G. J., and Engelbrecht, J. (2014). Dense medium cyclones. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 34 (1), 49–58.
- Fu, S. (2020). Coal Preparation Process of Dense Medium Cyclone, <https://www.linkedin.com/pulse/study-coal-preparation-process-dense-medium-cyclone-serena-fu/> (Son Erişim Tarihi: Ocak 2020).
- Holtham, P.N. (2006). Dense medium cyclones for coal washing – a review, *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 59, 521–533.
- Honaker R.O., Patwardian, A. (2006). In-plant evaluation of dense medium process performances. *Coal Preparation*, 26, 149–164.

- Kempnich, R. J. (2003). Coal preparation – a World view, Proceedings of the International Coal Preparation Conference, Lexington, Kentucky, pp. 17–39.
- King, R.P., Juckes, A.H. (1988). Performance of a dense-medium cyclone when beneficiating fine coal. *Coal Prep.* 5, 185–210.
- Laskowski, J.S. (2003). Dense medium rheology and its effect on dense medium separation, Advances in Gravity Concentration, SME, USA, pp.55-70.
- Mathewson, D., Ryan, G. (2013). ACARP dense medium cyclone handbook, Australian Coal Prep. Soc., 321p.
- Mengellers, J. (1982). The Influence of cyclone diameter on separating performance and economy, in: IX Int. Coal Prep. Cong., New Delhi, pp. B4-1.
- Napier-Munn, T. (2018). The dense medium cyclone – past, present and future. *Minerals Engineering*, 116, pp.107-113.
- Mills, S. (2014). Prospects for coal and clean coal technologies in Turkey, IEA Clean Coal Centre London, United Kingdom.109 p.
- Osborne, D. (2013). The Coal Handbook: towards Cleaner Production: Coal Production (Vol. 1): Elsevier.
- Osborne, D. G. (1988). Coal preparation technology. Graham & Trotman, London.
- Ozbayoglu, G. (2013). Removal of hazardous air pollutants based on commercial coal preparation plant data. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 49 (2), pp. 621–629.
- Rao, T.C. (2000). Dense medium cyclone, <http://eprints.nmlindia.org/2906/1/127-140.PDF>, (Aralık 2017).
- Sanders, G. J. (2007). The principles of coal preparation: Australian Coal Preparation Society Dangar, New South Wales.
- Scott, I.A., T.J. Napier-Munn, T.J. (1992). Dense-medium cyclone model based on the pivot phenomenon. *Trans. Inst. Min. Metall. Sect. C Miner. Process. Extr. Metall.* 10, 61–76.
- Sripriya, R., Dutta, A., Dhall, P.K., Narasimha, M., Kumar, V., Tiwari, B.S. (2006). An analysis of medium losses in coal washing plants. *Int. J. Miner. Process.* 80, 177–188.
- Sripriya, R., Rao, P.V.T. Bapat, J.P., Singh, N.P., Das, P. (2003). Development of an alternative to magnetite for use as heavy media in coal washeries. *Int. J. Miner. Process.* 71, 55–71.
- Wang, B., Chu, K.W., Yu, A.B., Vince, A., Barnett, G.D., Barnet, P.J. (2011). Computational study of the multiphase flow and performance of dense medium cyclones: effect of body dimensions. *Minerals Engineering*, 24, 19–34.
- Zhang, L., Xia, X., Zhang, J. (2015). Medium density control for coal washing dense medium cyclone circuits. *Ieee Transactions On Control Systems Technology*, 23 (3), 1117-1122.

TTK'DA KULLANILAN ELEKTRO HİDROLİK YÜKLEYİCİLERİN ANALİZİ

ANALYSIS OF ELECTRO HYDRAULIC LOADERS DRIVEN IN TTK

Okan Su*, **Beytullah Erdoğan**, **Utku Sakız**, **Hamit Aydın**, **Bülent Ekmekçi**, **Ahmet Özarslan**, **Adnan Topuz**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Muharrem Kiraz

Türkiye Taşkömürü Kurumu, Zonguldak

Kadir Çelik

TTK Maden Makinaları Fabrika İşletmesi, Zonguldak

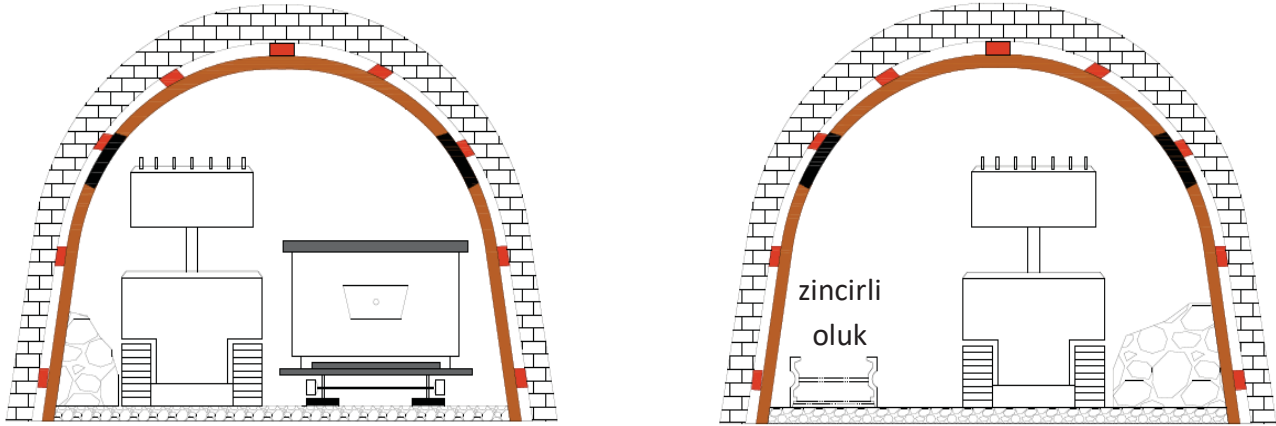
ÖZET Bu çalışmada TTK'da kullanılan elektro hidrolik yükleyicilerle ilgili temel teknik bilgiler verilerek, kurum bünyesinde kullanılan yükleyicilerle ilgili eksikliklerin ve sorunların tespiti için yürütülen ihtiyaç analizi sonuçları sunulmuştur. Ayrıca, yükleyiciler üzerinde performans testleri yapılarak iş-döngü süreleri irdelenmiştir. İhtiyaç analizi ve performans testlerinden elde edilen bilgiler ışığında kurum ihtiyacını karşılaması için prototip imalatı düşünülen bir elektro hidrolik tahrikli yükleyici için birincil özelliklerinin tahminleri verilmiştir.

ABSTRACT In this study, basic technical information about the electro hydraulic loaders driven in TTK and the results of the needs analysis to determine the deficiencies and problems of the loaders are given. In addition, the work-cycle times were examined by conducting performance tests on the loaders. In the light of the information obtained from the needs analysis and performance tests, the estimations of the primary features were given for a prototype electro-hydraulic driven loader which is considered to meet the needs of the organization.

* okansu@beun.edu.tr

1. GİRİŞ

Zonguldak Taşkömürü Havzası jeolojik yapısı ve topoğrafyası antiklinal ve senklinal yapılardan oluşmaktadır. Havzada yüksek sayıda faylar, ondülasyonların varlığı, yüksek damar eğimleri ve damar kalınlılarının değişkenlik göstermesi yeraltında ekonomik üretim yapılmasını güçleştirerek, istenilen boyutta ayak ve panoların oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Zor çalışılır bir tektonizmaya sahip havzada mekanize üretim güçleşmektedir. İşçilik maliyetlerini yükselten koşullar altında ancak son 10 yılda elde edilen tecrübeler ve gelişmeler doğrultusunda TTK'na bağlı bazı müesseselerde ve özel sektör firmalarında yarı mekanize üretim yapmaya başlanabilmektedir. Madencilikte üretimde artış sağlayabilmek hazırlık faaliyetleriyle de yakından ilişkilidir. TTK'ya bağlı müesseselerde B10, B14 ve B18 kesitlerde galeri, lağım ve tabanyolları sürülmektedir. Ancak havzada kömür çevre kayaçların (kumtaşı, konglomera, vd.) aşındırıcılığının yüksek olması, kazı makinesi kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle havzada hazırlık işleri ve galeri ilerlemeleri ağırlıklı olarak delme-patlatma yöntemiyle sağlanmaktadır. Bu yöntemde randımanların yüksek olması; delik delme hızı, yükleme hızı ve nakliyatın devamlılığı ile ilişkilidir. Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) galeri ilerlemelerinde çoğunluğu martoperfaratör olmak üzere elektro hidrolik deliciler de kullanılmaktadır. Patlatma sonrası ortaya çıkan posta elektro hidrolik yükleyicilerle bir taşıma aracına yüklenmektedir. Yükleme işleri müesseselerdeki nakliyat sistemi ve çalışma koşullarına göre vagonlara veya zincirli oluklara yapılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. E-H yükleyici ile vagona ve zincirli oluğa yükleme işleri.

TTK'da kullanılan yükleyiciler 1993 yılında satın alınarak hizmete sunulmuştur. Halen çeşitli bakım ve onarım faaliyetleri ile çalıştırılmaya devam eden yükleyiciler verimli ekonomik ömürlerini tamamlamışlardır. Ülkemizde kömür madenlerinde çalışabilecek yükleyici üreticisi firma bulunmamaktadır. Çünkü yükleyici ve ekskavatör tarzı makina üreticileri daha çok metalik madenlere uygun yükleyiciler üretmektedirler. Yurt dışında ise kömür madenciliğinde kullanılmak üzere İsveç, Polonya, Almanya ve Çek Cumhuriyeti gibi Avrupa menşeli firmalar yükleyici satmakta, fakat maliyetleri kabul edilebilir seviyelerde değildir. Bu gerekçelerden dolayı Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Genel Müdürlüğü ile Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden

Makinaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, TTK'nın büyük bir önemle ihtiyaç duyduğu ATEX (Atmospheres Explosives – Patlayıcı Ortam) sertifikalı elektro-hidrolik yükleyicilerin tasarlanması ve yerli ve milli imkanlarla TTK Maden Makinaları Fabrikaları bünyesinde imalatlarının gerçekleştirilmesi için ortak işbirliği çerçevesinde faaliyetlerine başlamışlardır. Bu kapsamda çalışmamızda ilk olarak TTK'da kullanılan E-H yükleyicileri yakından tanıyabilmek için teknik özellikleri incelenmiştir. Makinelerdeki eksiklikler ve sorunların tespit edilmesi için kuruma bağlı müesseselerde ihtiyaç analizleri yapılmıştır. Ayrıca, Karadon ve Üzülmüş müesseselerinde performans testleri yapılarak iş-döngü süreleri irdelenmiştir. İhtiyaç analizi sonuçları ve performans testleri ışığında prototip imalatı gerçekleştirilecek bir elektro hidrolik tahrikli yükleyicinin geometrik ve teknik özellikleri ile ilgili bazı ön tahminler verilmiştir.

2. MADENCİLİKTE KULLANILAN YÜKLEYİCİLER

Yükleyiciler madencilikte daha çok klasik kazı, galeri tarama ve yol onarım işlerinde ortaya çıkan postayı yüklemek için kullanılmaktadır. Yeraltı kömür madenciliğinde genellikle elektro-hidrolik tahrikli yükleyiciler güvenli olarak kullanılabilir (Şekil 2). Elektro-hidrolik yükleyiciler yeraltında kullanılabilmesi için ATEX 94/9 rumuzu ile anılan “Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler” ile ilgili yönetmeliğe uyma zorunluluğu vardır (Sarı, 2014). ATEX sertifikalı bu yükleyiciler Grup I ve Kategori M2 koruma düzeyine sahip olmak durumundadır.



Şekil 2. Elektro hidrolik yükleyiciler (solda: Sandvik LS610, sağda Duvas).

Ancak dizel yükleyiciler de zaman zaman tercih edilmektedir. Örneğin, Soma havzasında özel bir şirket bünyesinde 1,5 ton'luk 7 adet lastik paletli CASE CX-15 ve CX-17 model yükleyiciler, ATEX direktiflerine uygun hale getirilmiş, sertifikaları alınmış ve halen taban kabarması sonucu oluşan pasayı yüklemek için linyit madeninde işletilmektedir.

İşletme koşulları, ocağın boyutları, formasyonun özellikleri, yükleme yapılacak yoldaki (galeri veya desandre) eğim gibi faktörler yükleyici ekipman seçiminde etkili

olmaktadır. Yeraltı kömür madenlerinde çalışma koşulları gereği ağırlıklı olarak paletli yükleyiciler, yerüstü madenlerinde ise lastik tekerlekli yükleyiciler tercih edilmektedir. Lastik tekerlekli yükleyiciler paletlilere göre çok daha hızlı hareket edebilme ve yüksek manevra kabiliyetine sahiptirler. Ancak, yüksek eğimlerde verimli olarak çalışamazlar. Ayrıca, sert zeminlerde lastik tekerleklerin aşınması ve maliyetin artması da en önemli dezavantajlarından. Paletli yükleyicilerin dezavantajı ise kepçe hacimlerinin küçük olması ve döngü sürelerinin fazla olmasıdır.

3. TTK MAKİNA PARKINDA BULUNAN ELEKTRO-HİDROLİK YÜKLEYİCİLER

3.1. TTK'da Kullanılan Yükleyiciler

1991 yılında üretimi arttırmaya yönelik Dünya Bankası kredisiyle TTK'da 68,5 milyon dolarlık yatırım yapılmış ve kuruma birçok makine ve ekipmanlar satın alınmıştır. Yapılan yatırımlardan en önemlileri 1993 yılında alınan Alman yapımı Deilman Haniel L513 (25 adet) ve L513T (1 adet) E-H yükleyiciler olmuştur. Bu makinelerin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deilmann-Haniel L513 ve L513T yükleyicilerinin teknik özellikleri.

Teknik Özellikler	L513	L513T
Boyutlar (mm)	4800	5160
Yükseklik (mm)	1250	1950
Genişlik (mm)	1060	1020
Max. boşaltma yüksekliği (mm)	2000	1610
Kovanın kalktığı en yüksek nokta (mm)	3100	3100
Kovanın ağırlıkla kalktığı en yüksek nokta (mm)	2150	1810
Dönme genişliği (mm)	2100	3700
Bom uzama (mm)	Rijit	600
Kova hacmi (l)	400-500	500-600
Hız (m/s)	0,9	1,2
Motor gücü (kW)	30	55
Ağırlık (kg)	5400	6400
Zemin basıncı (N/cm ²)	9	9
Yükleme performansı (m ³ /h)	15-30	20-40

Ayrıca, 2016 yılında 1 adet ve 2018 yılında 3 adet Duvas 1PNSU yükleyici satın alınmıştır (Çizelge 2). Dolayısıyla kurum genelinde 30 civarı yükleyici bulunmaktadır. Bu yükleyicilerden Duvas sahip olduğu teleskobik bom ve yandan boşaltmalı kovanın yanı sıra kaya kırma, delik delme, taşıyıcı platform taban kazıcı kovalı yükleme gibi çok amaçlı işler için de kullanılabilir. Ancak, L513 rijit bir bomla birlikte sadece yükleme işlerinde kullanılmaktadır.

Çizelge 2. Duvas NSU 1E P1 yükleyici teknik özellikleri.

Kurulu güç (kW)	55 / 65
Toplam ağırlık (kg)	11.090
Taşıma durumundaki boyutlar (mm) (uzunluk x genişlik × yükseklik)	7900×1180×1320
Kova kapasitesi m ³	0,8
Palet genişliği (mm)	300
Zemin basıncı (MPa)	0,01
Yürüme hızı (m/s)	1
Eğim (°)	±20

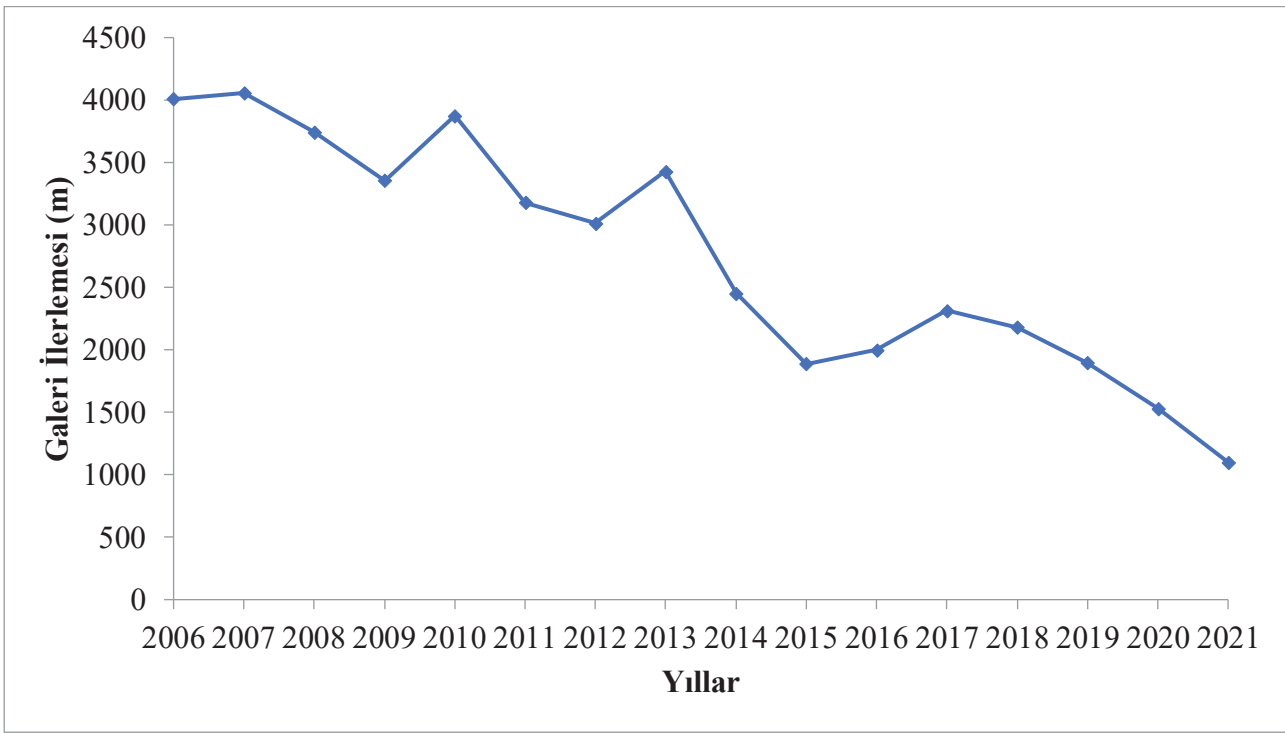
TTK bünyesinde halen aktif olarak kullanılmakta olan yükleyicilerden Kozlu müessesesinde 4 adet L513, Karadon'da 3 adet Duvas ve 8 adet L513, Armutçuk müessesesinde 1 adet L513 ve 1 adet Duvas, Üzülmez müessesesinde 8 adet L513, Amasra müessesesinde ise 3 adet L513 bulunmaktadır.

3.2. TTK'da Son 15 yılda Yapılan İlerlemeler

Avrupa standartlarında bir iş makinesinin ömrü ortalama 7 yıl olarak kabul edilmektedir. Gelişmiş ülkelerde 0-7 yaş arasında kullanılan iş, inşaat ve maden makineleri sayısı, Almanya'da 400 bin, Fransa'da 300 bin, İtalya'da ise 290 bin olmasına rağmen, Türkiye'de yaklaşık 47 bin'dir (Sanayi Genel Müdürlüğü, 2010).

Türkiye koşullarında iş, inşaat ve maden makinelerinin kullanım sürelerine baktığımızda, 20'li ve 30'lu yaşlarda çok sayıda makinenin kullanımına devam edildiği görülmektedir. TTK'da kullanılmakta olan L513 yükleyiciler 30 yılını geride bırakmış ve artık ekonomik ömürlerini tamamlamıştır. Bu makineler çok sık arıza yapmakta, sürekli bakım ve onarım ihtiyaçları oluşmaktadır. Bu da işletme masraflarını arttırmaktadır. Bu bağlamda Şekil 3'te görüldüğü üzere TTK'daki galeri ilerlemeleri her geçen yıl düşme eğilimi göstermektedir. Dolayısıyla ömrünü yitirmiş makine teçhizatların yenilenme gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

2019 yılından sonraki ilerlemelerde görülen düşüşler küresel salgının yarattığı olumsuz etkiler de sebep olmuştur. Salgın süresince işçilerin hastalığa yakalanması, zaman zaman evde kalmaya teşvik edilmesi ilerlemelerde zaman zaman işgücü eksikliğine yol açmıştır.



Şekil 3. TTK’da son 15 yılda fiili olarak gerçekleşen galeri ilerlemeleri.

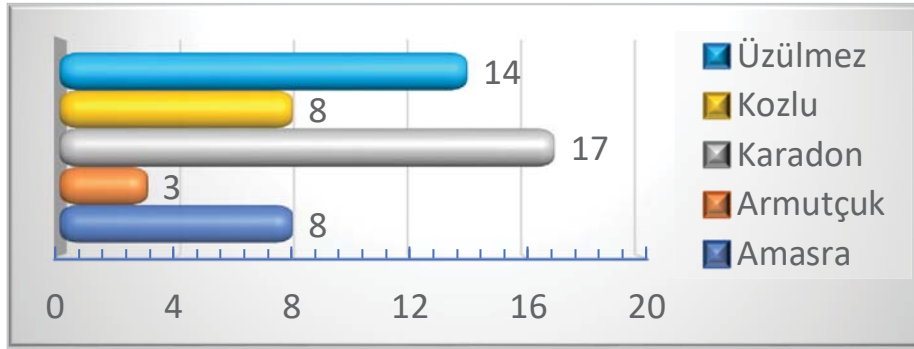
4. İHTİYAÇ ANALİZİ

TTK Maden Makinaları Fabrikası’nda kömür madenlerinde çalışabilecek bir elektro-hidrolik yükleyicinin yerli ve milli imkanlarla tasarlanarak bir prototipinin üretilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla öncelikle tasarımı yapılacak makinanın genel özellikleri ve boyutlarını belirlemek, halen müesseselerde kullanılan yükleyicilerde karşılaşılan sorun ve gereksinimleri tespit etmek, tasarımı yapılacak yükleyicilerde mevcut sorunların aşılması ve çözüm önerilerinin sunulması amacıyla ihtiyaç analizi yapılmıştır. İhtiyaç analizi için TTK’ya bağlı müesseselerde yükleyici makineyi kullanan operatörler, uzmanlar ve yöneticilere anketler gönderilerek görüşleri alınmış, elde edilen geri bildirimler doğrultusunda sorunlar, gereksinimler ve öneriler irdelenmiştir. Sonuç olarak, tasarımı planlanan yükleyici için bazı temel teknik özellikler belirlenmiştir.

4.1. Verilerin Toplanması

İhtiyaç analizinde öncelikle müesseselerde yükleyici makine ile çalışan işçi, operatör, mühendis ve yöneticilerle odak görüşmeleri yapılmıştır. Yükleyici makinelerin çalıştığı galerilerde yeraltı saha ziyaretleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, işletmelerdeki Karadon Hidrolik Atölyesi, Üzülmaz Hidrolik ve Elektrik Atölyeleri, Amasra Hidrolik Atölyesi ziyaret edilerek yükleyici makine bakım onarımlarını gerçekleştiren teknik personellerle bireysel görüşmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler ışığında başlıklar ve sorular belirlenerek anket hazırlanmıştır. Hazırlanan anket elektronik ortamda müesseselere gönderilmiştir. Anketler, TTK’ya bağlı Kozlu, Karadon, Üzülmaz, Armutçuk ve Amasra Müesseselerinde elektro-hidrolik yükleyiciler

konusunda bilgisi olan (mühendis, şef, operatör, tamir bakım işçisi vb.) toplam 50 katılımcı tarafından doldurulmuştur. Katılımcıların müesseselere göre dağılımı Şekil 4'te verilmiştir.

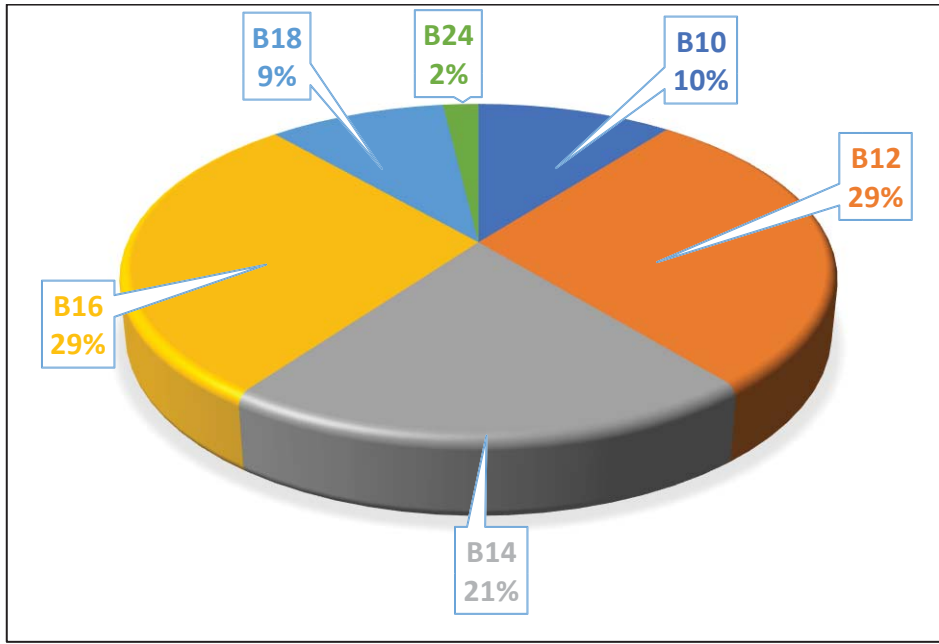


Şekil 4. Anketlere katılan kişi sayılarının müesseselere göre dağılımları.

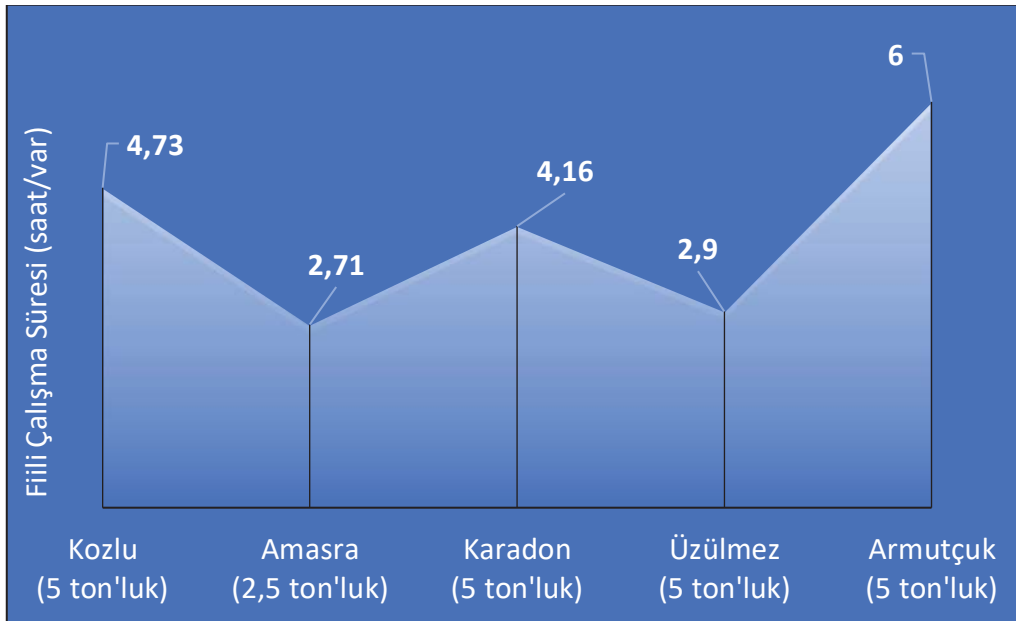
4.2. Analizlerden Elde Edilen Bulgular

Ankette verileri toplamak için toplam 16 adet soru hazırlanmıştır. Sorularda genel olarak galerilerde çalışma ortam ve koşulları, elektriksel ve hidrolik açıdan yükleyicilerin eksiklikleri, çalışması sırasında karşılaşılan zorluklar, yükleyicilerin olumlu/olumsuz yönleri hakkında bilgi toplanmaya çalışılmıştır. Katılımcılardan ayrıca daha iyi bir yükleyici geliştirebilmek amacıyla hidrolik, soğutma ve mekanik özellikler bakımından sorunlara karşı olası çözüm önerileri, stratejileri ve düşünceleri sorulmuştur. Anketlerden elde edilen sonuçlar daha sonra derlenerek frekans analizine tabi tutulmuştur. Mevcut sorunlar, talepler ve ihtiyaçlar doğrultusunda tasarım ve prototip imalatla ilgili bir yol haritasının oluşturulması hedeflenmiştir. Buna göre analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- TTK bünyesinde kullanılmakta olan elektro-hidrolik yükleyicilerde oldukça tecrübeli bir personelin çalıştığı görülmüştür. Buna göre katılımcılardan %70'inin en az 6-15 yıl tecrübesi olduğu belirlenmiştir.
- Mevcut çalışan elektro-hidrolik yükleyicilerin çoğunluğunun B12, B14 ve B16 kesitlerinde kullanıldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 5).
- Yükleme esnasında arında en az 2-3 kişinin çalıştığı
- Müesseselerin tamamında kovanın kullanıldığı, bazılarında ise kırıcı ve delici ataşmanlarına ihtiyaç duyulduğu,
- Yükleyicilerin kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, konglomera vb. birimlerinde, tarama, posta kaldırma ve ağır malzeme işlerinde kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Ankete katılanların %47'si yükleyicinin vardiyadaki fiili çalışma sürelerinin 3-4 saat olduğunu, kalan %53'lük kesim ise çalışma süresinin 4-6 saat olduğunu belirtmiştir. Fiili çalışma sürelerinin müesseselere göre dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir.

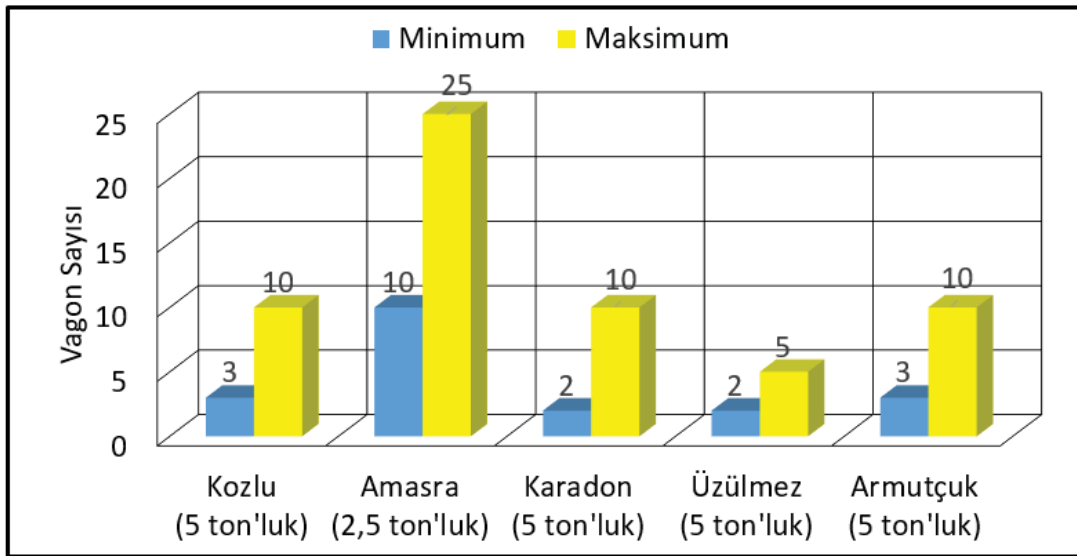


Şekil 5. TTK’da E-H yükleyicilerin çalıştığı kesitlerin yüzde dağılımı.



Şekil 6. Yükleyicilerin müesseselere göre ortalama çalışma süreleri.

- g. TTK bünyesinde Kozlu, Üzülmöz, Armutçuk ve Karadon müesseselerinde yükleyiciler 5 tonluk vagonlara, Amasra müessesesinde ise 2,5 tonluk vagonlara döküm yapmaktadır. Taşıma işinin 5 ton'luk vagonlarla yapıldığı müesseselerde vardiyada en az 2-3, en fazla 10 vagon yüklenmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Bir vardiyada yüklenen minimum ve maksimum vagon sayıları.

- h.** Yükleyicilerin kova kapasitelerinin genel olarak yeterli olduğu (katılımcıların %60'ı),
- i.** Ağırlıklı olarak operatör kabini, kırıcı, kablo sarma, delici, taşıyıcı platform ve bağ kaldırma ataşmanlarının istendiği,
- j.** Yükleyicinin hafif, hızlı, hidrolik sisteminin güçlü olması, manevra kabiliyetinin seri, sorunsuz olması, sağlam bir yürüyüş takımı ile zemine batmaması, çeşitli ataşmanların eklenebilmesi, teleskobik bomunun olması, aydınlatmasının olması, tavan muhafazasının olması, rahat bir koltuğunun olması, yürüyüşün joystick kol ile sağlanabilmesi, hortumların muhafazaya alınması ve gizli olması, devrilmeyi önleyici sistem gibi makine özelliklerinin olması gerektiği,
- k.** Özellikle Duvas yükleyicilerin paletlerinin bakım ve montajının daha kolay olması, yükleyiciler üzerinde arıza göstergesinin bulunması, dikiz aynası, sesli ve ışıklı uyarı sistemlerinin ilave edilmesi, elektrik panosunun sıcaklık, yağ seviye, filtre kirlilik, izolasyon hatası gibi hataları ledli bir panoda göstermesi, demonte yapabilen bir vinç olması, toz önlemek için sulama sisteminin olması, yürüyüşlerin pedal sistemli (ileri-geri) olması, hidrolik güçle çalışan ekipmanlara bağlantı yapılabilecek çıkışların olması, makina arkasında acil durdurma butonunun olması gibi aksam ve sistemlerin yükleyici üzerinde olmasının faydalı olacağı,
- l.** Elektrik kablusunun otomatik toplanması ve böylece kablo kontrolünün kolaylaşması, kablo toplama aparatı olarak makara ya da monoray hattının tüm ocaklarda yaygınlaştırılması, operatör kabini üstünün kapatılması, kumanda kollarının muhafazalı olması gibi konuların yükleyicilerde ihtiyaç olarak görüldüğü,
- m.** Hidromotorların daha güçlü olması, soğutma sisteminin güçlü olması, hidrolik yağın çabuk ısınmaması, daha güçlü pompaların olması, paletlerin ve tahrik dişlisinin kolay aşınmayan malzemeden yapılması, güç problemlerinin çözülmesi, hidrolik ve yürüyüş takımının verimli olması, tahrik ve güç aktarım sistemleri güçlendirilmeli, elektrik pano içi ekipmanların yerleşim düzeni anlaşılır ve rahat müdahale edilebilir olması gibi bilgiler yeni tasarlanacak yükleyicinin için elektrik, hidrolik, tahrik veya güç aktarım aksamaları açısından öneri olarak sunulmuştur.

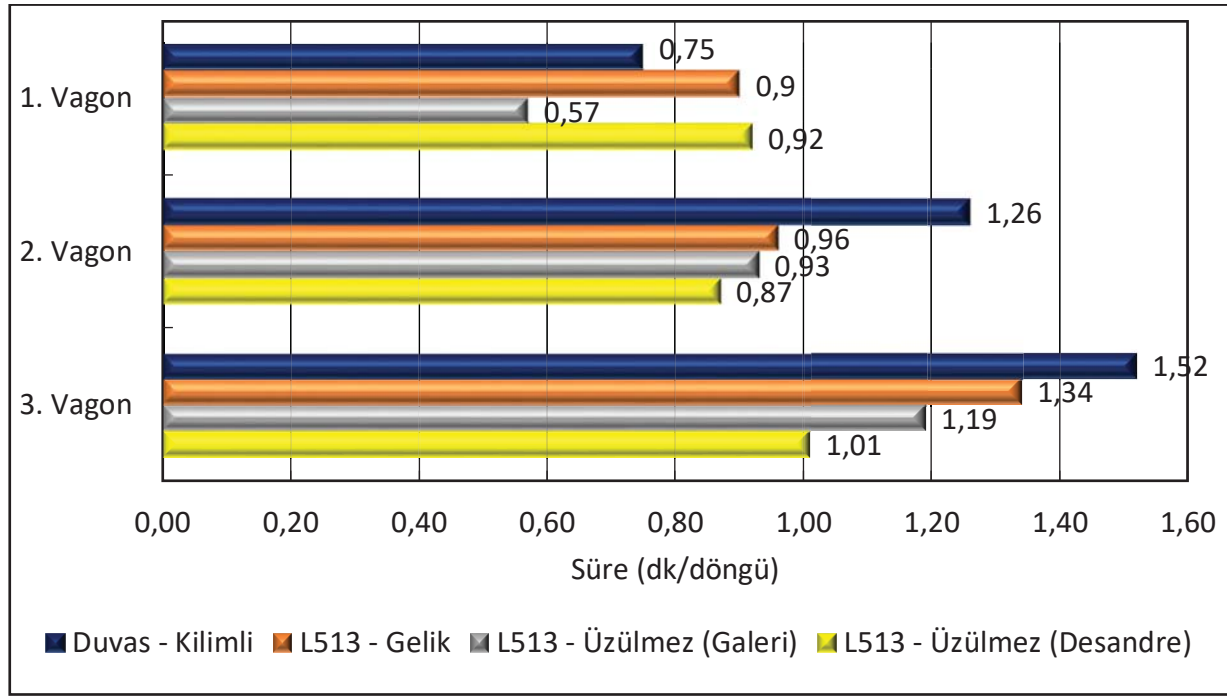
n. Makina durduğunda ısınmaya bağlı ek soğutucu olması, fanlı olması, yağ soğutma sisteminin güçlü olması, su soğutmalı olabileceği, radyatörün yeterli büyüklük ve kapasitede olması, radyatör fanında hidromotor yerine elektrik motorunun kullanılması, ekstra soğutma fanlarının eklenmesi, fan hızı ve motor gücünün artırılması, çift soğutma sistemi olması, radyatör ve pervane sisteminin büyük olması, radyatör fanı darbe almayacak ve toz tutmayacak şekilde tasarlanması, soğutma sıvısının ısınmayı önceleyecek soğutma kapasitesinin olması gibi bilgiler; Tasarlanacak yükleyicinin soğutma sistemi açısından öneri olarak sunulmuştur.

4. YERALTI PERFORMANS TESTLERİ

Müesseselerde yapılan ihtiyaç analizlerinden yanı sıra yeraltı saha ziyaretleri yürütülmüştür. Bu kapsamda TTK'da Karadon ve Üzülmez müesseselerinde kullanılan yükleyicilerden bazılarının performans testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler öncelikle Duvas, sonrasında ise L513 yükleyicilerde yapılmıştır. Bu makinelerin çalıştığı galeri ve desandrelerde, postanın tane boyutunda ve taşıma araçları arasında değişkenlik bulunmaktadır. Makine özellikleri açısından iki yükleyicinin geometrik boyutları, ağırlıkları, motor güçleri, kova hacimleri ve diğer birçok teknik özellikleri de birbirinden farklıdır. Duvas yükleyicinin kova hacmi 0,8 m³ iken L513 yükleyicilerin 0,4-0,5 m³'tür.

Performans testlerinde yükleyicilerin postayı arından kaldırdıktan sonra 1. vagon, 2. vagon ve 3. vagondaki iş-döngü süreleri ölçülmüş ve daha sonra mukayese edilmiştir (Şekil 8). Döngü sürelerinde; her iki yükleyicinin taşıyıcı araç ile arındaki posta arasında boş ve dolu halde gidip-gelme ve kovayı doldurma-boşaltma süreleri kayıt altına alınmıştır.

Testlerden ilki Karadon müessesesi Kilimli İşletmesinin -540 katında Kilimli-Gelik işletmesi arasında B14 kesitteki bağlantı galerisinde yapılmıştır. Bu amaçla yol üzerinde döşenmiş raylar sökülümekte, ortaya çıkan gevşek ve ince taneli toprak yığını Duvas yükleyicilerle vagonlara aktarılmaktadır. İkinci test Gelik İşletmesi -360 katında B18'den B16 ya geçiş lağımında kumtaşı formasyonundaki galeri ilerleme işlerinde kullanılan L513 yükleyicide gerçekleştirilmiştir. Burada patlatma sonrası ortaya çıkan parçalanmış kumtaşı vagonlara yüklenmektedir. Üçüncü performans testi Üzülmez müessesesinde -320 Piriç geçiş lağımında (B16 kesitte) yapılmıştır. Arında ince bir kömür damarının olması nedeniyle, patlatma sonrası ortaya çıkan postanın (yaklaşık 1/3'ü kömür, 2/3 ü ise ince boyutlu kumtaşı) vagonlara yüklenmektedir. Son test ise yine Üzülmez müessesesinde -265/-320 kotları arasında 16° lik eğimde sürülümekte olan bant desandresinde yürütülmüştür. Eğimin yüksek olması nedeniyle kumtaşında yapılan yükleme işlerinde nakliyat aracı olarak zincirli oluk kullanılmakta, fakat posta oluktan vagonlara taşınmaktadır.



Şekil 8. Yükleyici performanslarının karşılaştırılması.

Yükleyicilerin kapasitesi (m^3/h); iş-döngü süreleri, kepçe dolun faktörü, vagonların taşıma mesafesi, patlatma sonrası ortaya çıkan postanın tane boyutu, gibi birçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Şekil 10'a göre Duvas yükleyicinin bir döngü süresinin 0,75 dk - 1,5 dk arasında değiştiği, L513 yükleyicinin ise 0,60 dk -1,3 dk arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre Duvas bir vagonu (5 ton'luk) 6 kovada, L513 ise düz galeride 9-13 kovada, 16°'lik eğimli desandrede ise 15-16 kova ile doldurduğu görülmüştür. Bu farklılığın temel nedeni malzeme yapısına bağlı olarak değişen kepçe dolun faktöründen kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla her ne kadar yükleme sırasında farklı yapıda malzeme taşınmış olsa da, kepçe dolun faktörünün desandrede en düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre hareket ve manevra kabiliyeti açısından vagona döküm yapan yükleyiciler açısından Üzülmez'de düz galeride kullanılan L513'ün performanslarının Duvas'a göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Diğer taraftan yükleyici ile zincirli oluğa döküm yapmanın 2. ve 3. vagonlardan sonra daha faydalı olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu grafikteki çarpıcı bir diğer özellik ise her döngüde benzer mesafe ve konumda döküm yapıldığı için L513 yükleyicilerin 16° eğimli bir desandredeki performansının bile Gelik'te düz galeride kullanılan L513'ten daha yüksek ve etkin olduğudur.

5. SONUÇLAR

TTK'da çalışmakta olan yükleyicilerin hem var olan çalışma koşullarını ve sorunlarını, hem de tasarlanacak bir yükleyiciden olan beklentileri belirlemek üzere tüm müesseselerde ihtiyaç analizleri yürütülmüştür. Anketlerden ortaya çıkan geri dönüşler

yukarıda detaylı olarak sunulmuştur. Verilerin yakın zaman içerisinde başlayacak olan tasarım ve imalat sürecinde yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

İhtiyaç analizlerinin yanı sıra yükleyicilerin performansları yeraltında gözlemlenmiştir. Bu bağlamda L513 ve Duvas yükleyicilerin hareket etme, manevra kabiliyetleri denetlenmiş, iş-döngü sürelerine göre saatlik yükleme kapasiteleri incelenmiştir. Tasarlanacak yükleyicinin mevcut koşullardan daha iyi performans sergilemesi arzu edilmektedir.

Gerek yapılan ihtiyaç analizlerinden gerekse de yeraltında yürütülen performans testlerinden, TTK'nın sahip olduğu L513 yükleyicilerin ekonomik ömrünü artık tamamladığı görülmektedir. Yurt içi pazarda kömür madenlerine yönelik yükleyici üretimi gerçekleştiren işletme bulunmamaktadır. Yurt dışı menşeli ürünlerin fiyatları ise 300.000 €'dan başlamaktadır. Bu nedenle yurt dışına tamamen bağımlı olduğumuz yükleyicilerin yerli imkanlar ile üretilebilmesi uzun vadede yeraltı kömür madenleri için önemli bir ihtiyaca cevap verecektir.

Sonuç olarak, yerli ve milli imkanlar doğrultusunda yüksek katma değere sahip yükleyicilerin TTK Maden Makinaları Fabrikası bünyesinde tasarımı üretimi planlanmaktadır. Elde edilen tüm veriler derlendiğinde, Grup I ve M2 kategorisine uygun ATEX sertifikalı elektro hidrolik tahrikli yükleyicinin ilk aşamada prototip imalatı yapılacaktır. Bu amaçla yükleyicinin motor gücünün 37 kW ya da 45 kW olacağı tahmin edilmekle birlikte, 0,6 m³ kova kapasiteli, B14 kesitte çalışabilecek ebatlarda ve ağırlığının yaklaşık 7.000-8.500 kg civarlarında olması planlanmaktadır. Yükleyici üzerinde ilave bir ataşman tasarımı şu an için düşünülmemektedir. Bunun yerine verimli bir yükleme yapabilecek kova ve üzerinde çeşitli sensörler, acil durum butonu, aydınlatma, ses ikaz, ledli uyarı üniteleri ve çeşitli göstergelerin tasarlanması ön planda tutulmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, TTK Genel Müdürlüğü ve Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Makinaları Uygulama ve Araştırma Merkezi arasında yürütülen “Yeraltı Kömür Madenleri için Elektro-Hidrolik Yükleyici Tasarımı ve Prototip İmalatı İşbirliği Projesi” nde destek ve katkıları koyan tüm çalışanlara, tasarım ve imalatını gerçekleştirecek olan TTK Maden Makinaları Fabrikası İşletme Müdürlüğüne teşekkürü borç bilirlir.

KAYNAKLAR

- Sanayi Genel Müdürlüğü (2010) Türkiye iş ve inşaat makinaları alt sektörü, Teknik Rapor, Ankara, 12 s.
- Sarı, K (2014) Grizulu madenlerde elektrik şebekesi ve elektrik teçhizatı, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, s. 9-14.

TRAKYA HAVZASINDA TAM MEKANİZE AYAKLARDA SÖKÜM ÇALIŞMALARI

FACE DISASSEMBLY MINING WORKS IN FULLY MECHANIZED LONGWALL UNDERGROUND COAL MINE IN THE TRAKYA BASIN

Oktay Yazıcı, Suha Keskin, Burcu Ağaoğlu*

Özşen Madencilik, Edirne

ÖZET Bu çalışmada, Trakya havzasındaki Kiremitçiler Grup Özşen Maden İşletmeleri yeraltı kömür ocağında 16.09.2021 tarihinde üretime geçen ve 16.03.2022 tarihinde üretimi bitirilen ilk tam mekanize ayakta yapılan söküm ve montaj hazırlıkları anlatılmıştır. Trakya bölgesindeki tam mekanize sistemler diğer yeraltı işletmelerine ışık tutacaktır. Özşen Maden İşletmeleri çalışmalar sonucunda istenen verime ulaştığı için örnek bir yeraltı işletmesi olmuştur. Kiremitçiler grup sahalarında Özşen Madencilik bünyesi altında ilk defa gerçekleştirilen yeraltı tam mekanize sistemlerinin A01 panosundaki söküm çalışmalarına örnek olmuştur.

ABSTRACT In this study, on the first fully mechanized face in Kiremitçiler Grup Özşen Mining Operations underground coal mine in the Trakya basin which started production on 16.09.2021 and finished on 16.03.2022, disassembly and assembly operations have been explained. Özşen Mining Operations has become an exemplary underground operation as it has achieved the desired efficiency as a result of the studies. We hope that these mining operations, which we will describe, will shed light on in the Thrace region underground coal mines which operating with fully mechanized systems.

*burcu.agaoglu@hotmail.com

1.GİRİŞ

Ülkemizde kömür madenciliği zaman içerisinde gelişmiştir. Yeraltı mekanize sistemleri de bu gelişmeler ışığında eskiye oranla artış göstermektedir. Açık işletme maliyetleri ve üretim miktarları göz önüne alındığında yeraltı tam mekanize sistemlere geçilmesi avantaj sağlamaktadır. Kömür madenciliğinde yapılan klasik üretim yöntemleri yerine yeraltı mekanize sistemlerine geçişler günden güne artmaktadır. Bunun nedeni ise üretim hızının yüksek olması, üretim miktarının fazla olması ve maliyetlerin düşük olmasıdır.

Trakya havzasında faaliyet gösteren Özşen Madencilik 1987'den beri kömür madenciliği yapmaktadır. 2021 yılında Kırköy'de yer altı tam mekanize sistemine geçmiştir. Özşen Madencilik yer altı tam mekanize sistemine geçilmesiyle beraber 2020 yılında hazırlık çalışmalarına başlamıştır. A01 panosunun hazırlık çalışması bittikten sonra A01 panosunun üretimi yeni kurulan ekiplerle yapılmıştır. Üretim çalışmaları sonrasında Trakya Bölgesindeki ilk söküm ve montaj çalışmaları 4 ekip, 3 vardiya ,148 personel, 7 gün üzerinden olacak şekilde 51 günde Özşen Madencilik' te gerçekleştirilmiştir.

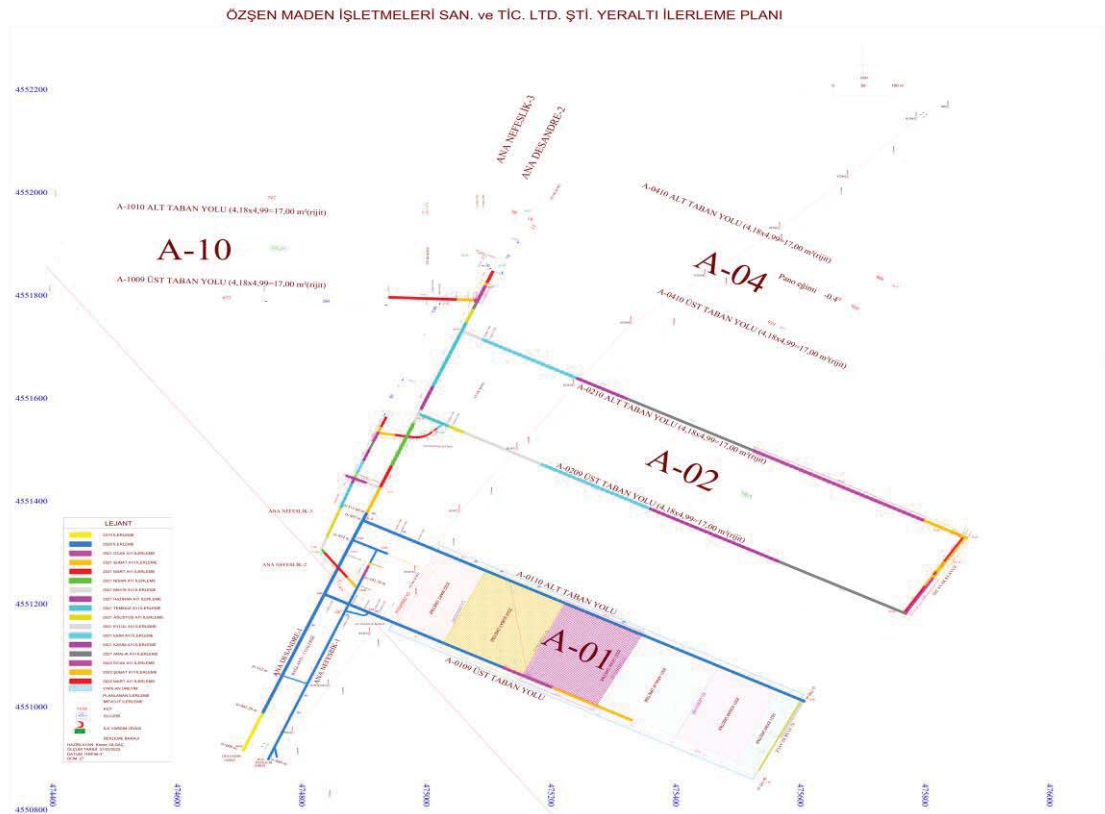
Firmamızda gerçekleştirilen söküm ve montaj çalışmaları öncesinde ve çalışma süresince kömürün süreksizlikleri, faylanma, gaz durumu vb. birçok parametre gözlemlenmiştir. Bu veriler ışığında söküm ve montaj çalışmaları planlı ve programlı bir şekilde yürütülmüştür.

Bu çalışmada, Özşen Madencilik işletmesinin ilk defa yaptığı söküm faaliyetlerinin süreci anlatılmıştır. Konuyla ilgili olarak gelişmekte olan madencilik sektörüne ekiplerin tecrübesinin ışığında bildiri sunulmuştur.

2. A-01 PANOSU SÖKÜM TERMİNİ

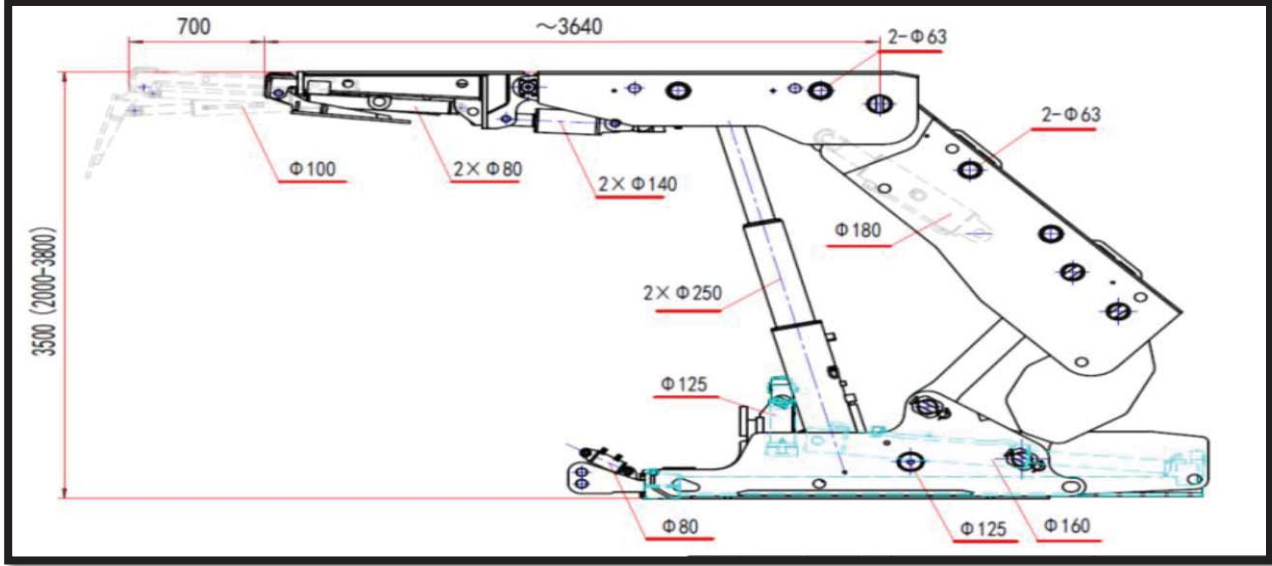


Şekil 1. A01 Panosu söküm ve montaj aşamaları.



2.1. A01 Panosu Söküm Ayak İçinin Kesim Yüksekliğinin Sağlanması ve Telleme Yapılabilmesi İçin Tavan Formasyonunun Güçlendirilmesi

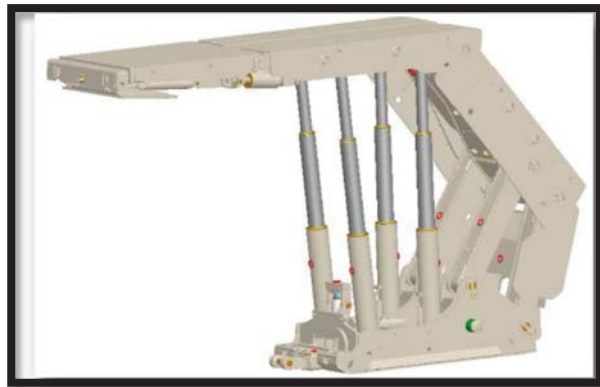
A-01 ayak içi şilt yüksekliklerinin optimum piston açıklığını 3,80 m olacak şekilde çalışılmıştır. (Şekil 3.) Mevcut yükseklikler sağlanırken ayak içi pasa temizliği tamamlanmıştır. Şiltlerin pozisyonu ve konveyörün pozisyonu telleme aşaması bitene kadar değiştirilmeyeceği için mevcut düzenlemeye azami özen gösterilmiştir.



Şekil 3. Ayak içi şilt görseli.

Bölgenin tavan formasyonunun akıcı olmasından dolayı tellemenin emniyetli bir şekilde başlayabilmesi için önden tavan taşına ve tavan kömürüne güçlendirici enjeksiyon yapılmıştır.

Ayak içerisinde; ayak başında 3 ad özel şilt, ayak içinde 97 normal ayak içi şilt ve kuyrukta 3 ad özel şilt olmak üzere ayak genelinde 103 adet şilt bulunmaktadır.

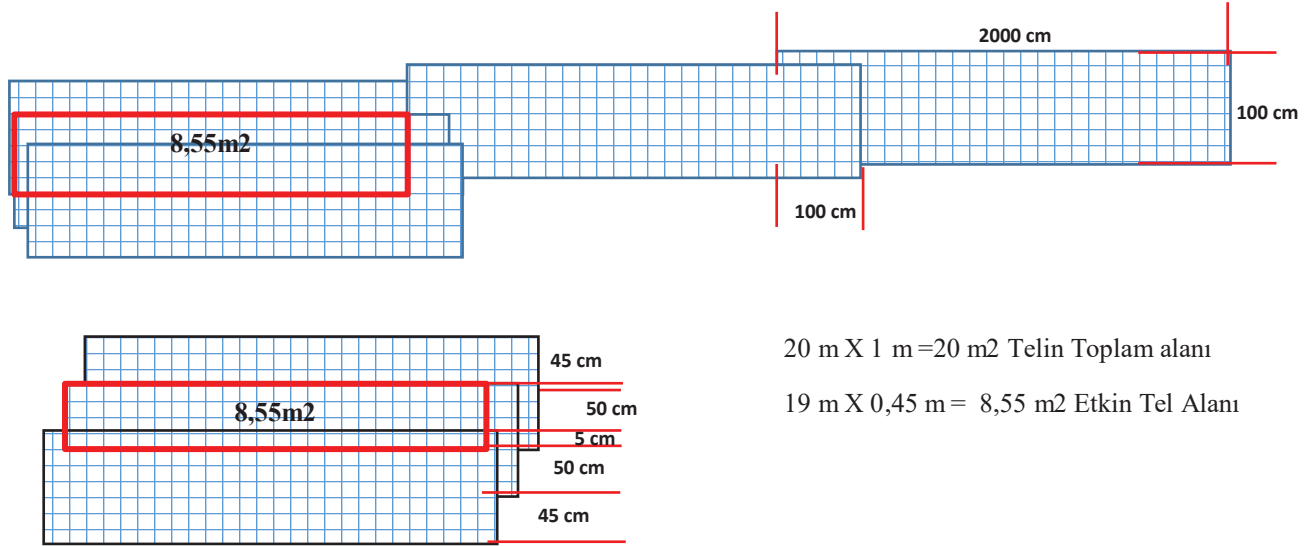


Şekil 4. Ayak içi normal şilt görseli.

Şekil 5. Ayak başı ve kuyruk özel şilt görseli.

2.2. Söküm Ayak İçi Telleme, Ayak Başı ve Kuyruk Tahkimatları

A01 Söküm ayak içi tellemesini, 0,65m/kesimden 17 kesim toplam 11,0 metre ilerleme ve +4 metre arın tellemesi olmak üzere 15 metre ayak tellemesi yapılmıştır. Tellemede çift sıra tel çekilerek, her tel uzun kenarda 100 cm ve kısa kenarda 55 cm üst üste bindirilmiştir. Her bir boy telin etkin telleme alanı 8,55 m² olarak gerçekleştirilmiştir. Toplamda 280 top rabis tel kullanılmıştır.



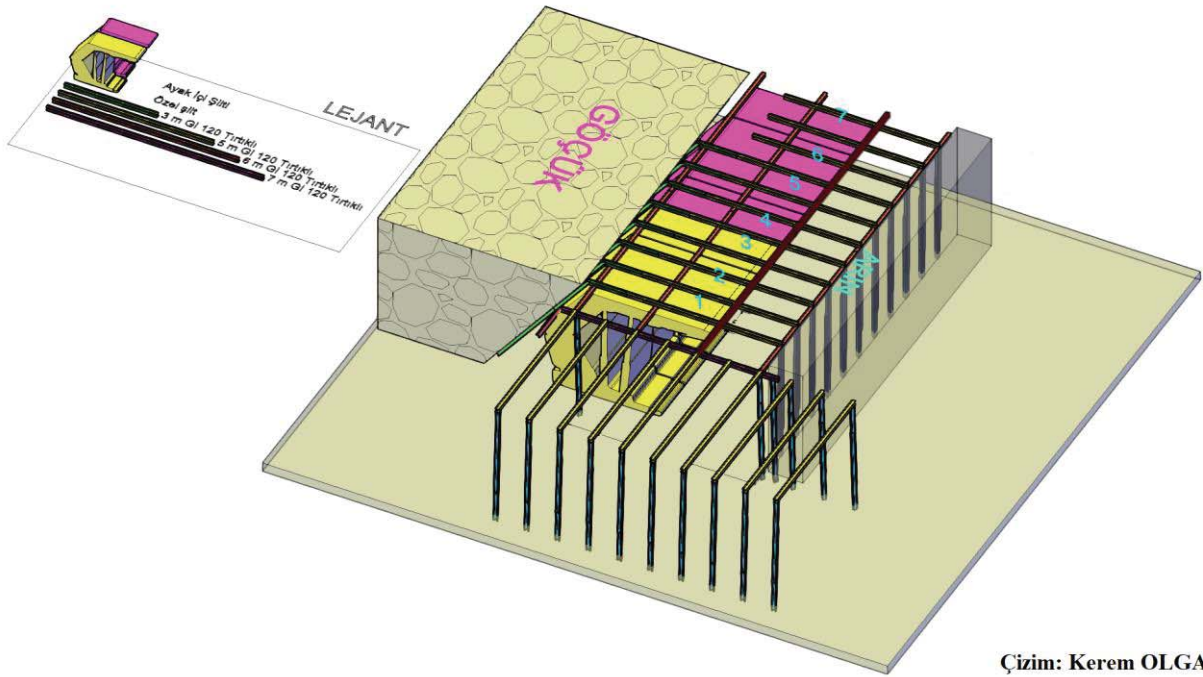
Arında yapılan tellemenin üzerine halat çekilerek halat örgü sistemine birleştirilmiştir. Her 30 cm.' de 1 tane olmak üzere (170 metre uzunlukta) min. 18'lik halat kullanılmıştır. 15 metrelik kısımda telleme yapılırken 30 cm aralıklarla her biri 170 metre olacak şekilde toplam 8500 metre halat kullanılmıştır.



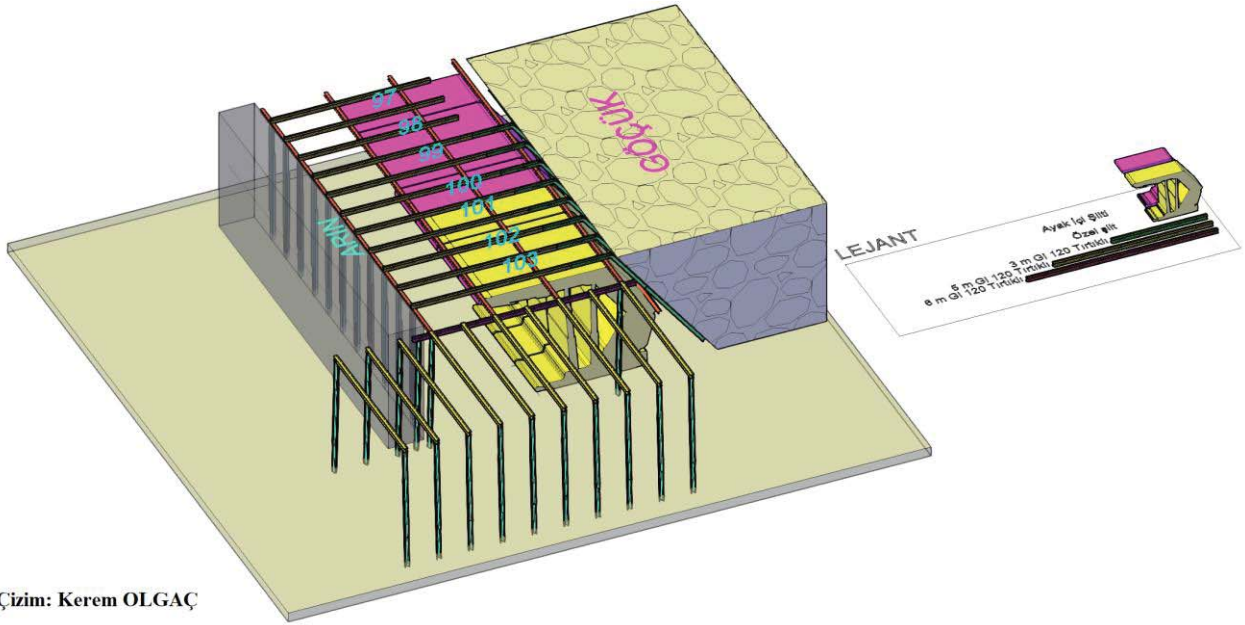


Şekil 6. Telleme çalışmaları.

Ayak başında bulunan 6 şilt ve kuyrukta bulunan 6 şilt üzerinde tellemeye paralel kilit tahkimat uygulaması yapılmıştır. Bu özel şiltlerin üzerine kilit çekilerek söküm aşamasında olası göçüklerin önüne geçilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7. Ayak başı söküm tahkimatı üst görünümü.



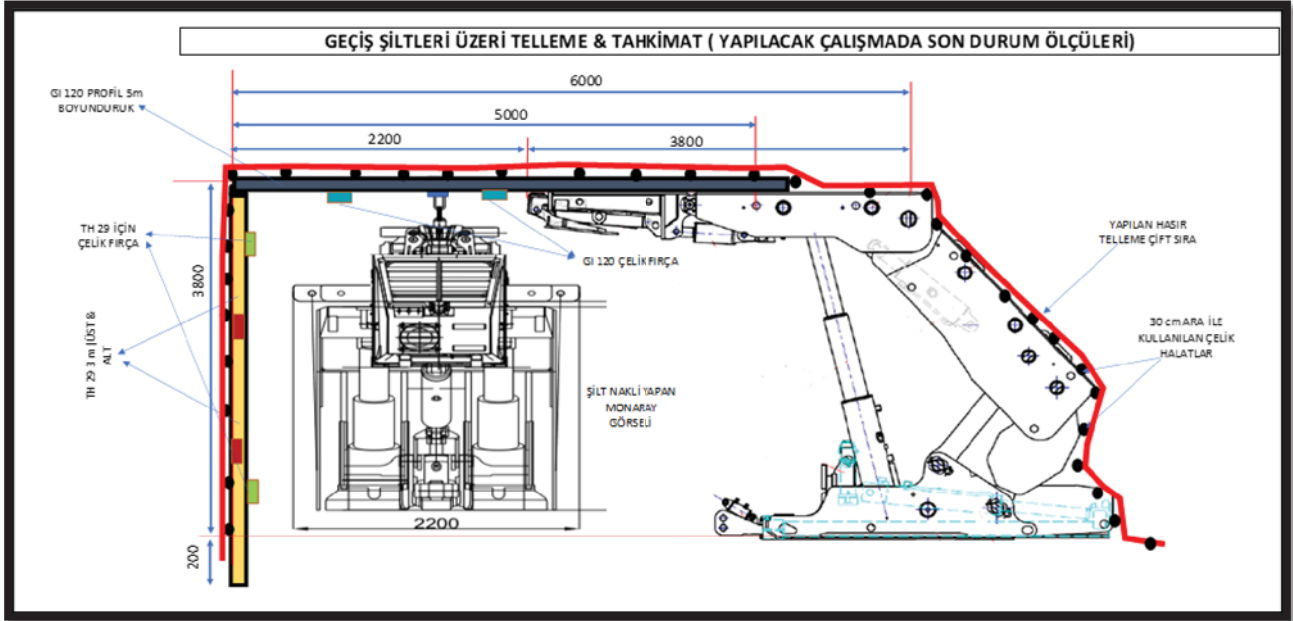
Şekil 8. Kuyruk söküm tahkimatı üst görünümü.

2.3. Tavan Profillemesi ve Arın Tahkimatı

Telleme işlemi bitirildikten sonra ayak içinde şilt sökümü için kuyruktan başlayıp ayak başına doğru şilt üzerine 5metrelik profiller kaldırılıp direkleri vurulmuştur. Tahkimatlar arası mesafe 1 m ve şilt önündeki profillerde 3 adet çelik fırça ve TH direklerde 2 adet profil fırça kullanıldı. Toplam 93 şilt tavan profillemesi ve 103 şiltin arın tahkimatı (140 adet GI120 5 m tırtıllı profil, 300 adet 3 m'lik TH29) yapılmıştır.



Şekil 9. Tavan profillemesi ve arın tahkimatı.



Şekil 10. Ayak İçi Normal Şilt Üzeri Tahkimat Görünüm.

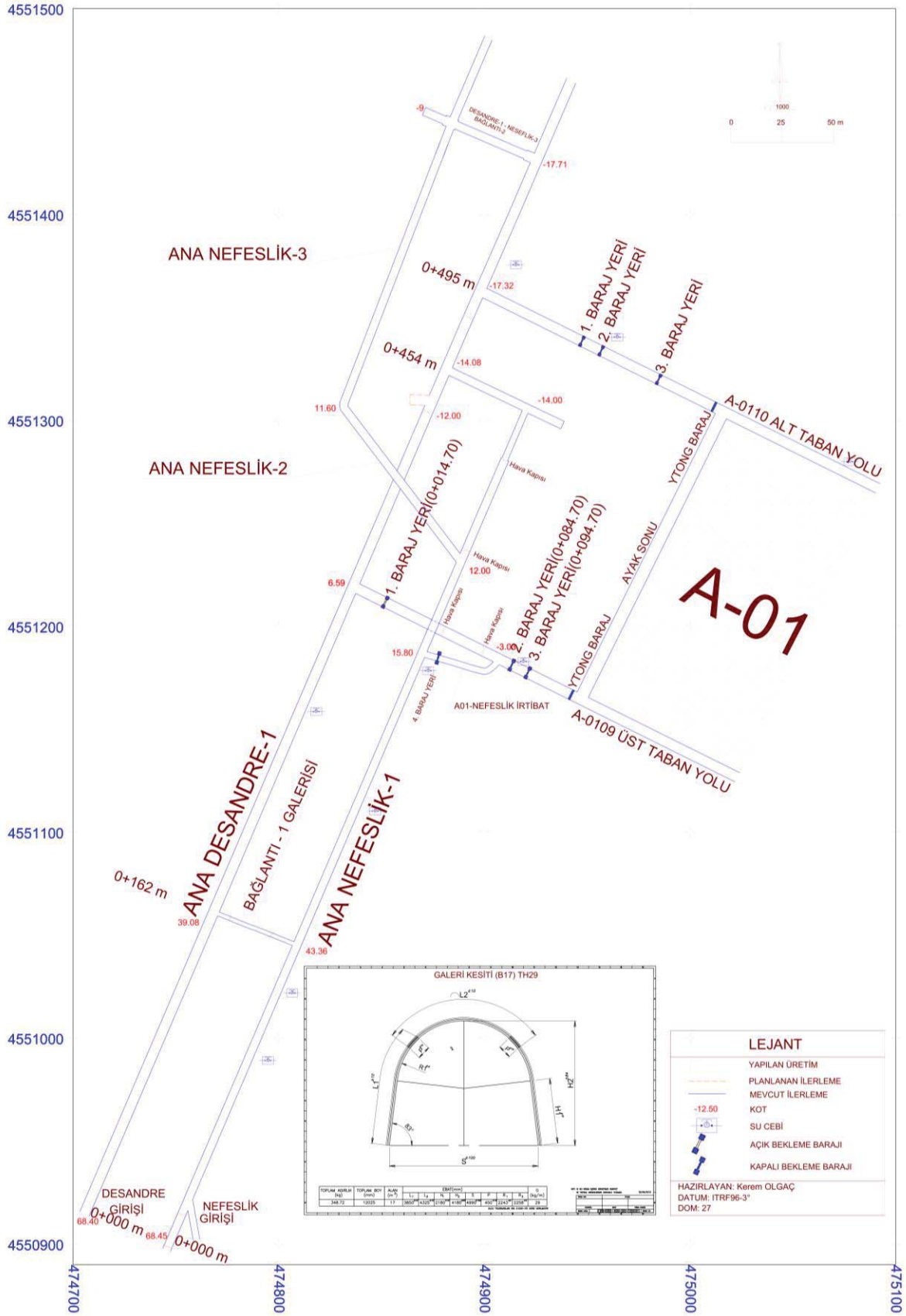
2.4. Emniyet Aparatlarının Montajı ve Şilt Sökümü

Şilt sökümü için, ayak kuyruğundan iki adet şilt ayak içine çevrilerek emniyet aparatlarının montajı yapılmıştır. Şilt sökümü esnasında tavandan ve yan taraflardan gelen yükler hidrolik direk desteğiyle kontrol altına alınarak emniyetli bir şekilde şilt sökümü yapılması sağlanmıştır.



Şekil 11. Emniyet aparatlarının montaj fotoğrafı.

2.5. Barajların Yapılması



Şekil 12. A01 ayak sonu görseli.

3.SONUÇLAR

Kiremitçiler grup sahalarında Özşen Madencilik bünyesi altında ilk defa gerçekleştirilen yeraltı tam mekanize sistemlerinin A01 panosundaki söküm ve montaj çalışmaları az tecrübeli personellerle, zayıf formasyonda akma ve çökmenin fazla olduğu bir ortamda ilk defa gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Telleme öncesi ayak yüksekliğinin mutlaka sağlanması gerekmektedir. (3,8 m. Olacak şekilde)
- Ayak içi konveyörün söküme uygun ayak içi şiltlerin konveyörle aynı hizada söküme uygun olması sağlanmalıdır.
- Tellemede kullanılan tellerin üst üste 2 sıra olacak şekilde bindirilmesi, torbalama yapmayacak şekilde gergin olması ve halatların düz, arına paralel, 30 cm aralıklarla (kesinlikle bu aralık değiştirilmeden bu aralık düşürülebilir) tellerle bağlantısı yapılması sağlanmalıdır.
- Ayak başı ve kuyruk tahkimatlarının (ayak başı ve kuyruk ileri tahkimat-kilit tahkimat) düzgün ve söküm esnasında göçmeyecek şekilde yapılması sağlanmalıdır.
- Şiltlerin sökülebileceği genişlikte arının açılarak (şilt kapeleri ve kalkanları 90 derece açılacak şekilde arında boşluk oluşturulmalı ve tahkimatlar bu boşluk sağlandıktan sonra gerçekleştirilmelidir.
- Söküm emniyet şiltlerinin ve söküm aparatlarının düzgün çalışabilmesi için bu ekipmanların bulunduğu kısımlarda belli aralıklarla temizlik yapılmalıdır.
- Olası bir kömür kızışmasına karşılık ayak içerisinde soğutma işlemleri için su hattının her zaman bulunması sağlanmalıdır.
- Kızışmaya sebebiyet olmayacak şekilde ayak içi havalandırmanın tali fanlarla gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.
- İşin hızlandırılması için tüm ekipler standart bir iş programına uygun olarak, acele etmeden ve bir sonraki söküm ekibinin işini hızlandıracak şekilde standart bir söküm şekli belirlemeli ve tüm çalışanlar buna uymalıdır.
- Ayak kapatılmasındaki barajlar söküm öncesinde ön hazırlıklar bitirilmeli ve sökümden kısa bir süre sonra tekniğine uygun olarak kapatılmalıdır. (max. 10 gün)
- Barajların kapatılmasından sonra rutin kontroller için söküm ayağının üst ve alt taban yollarında son şekil verilmelidir. Yalnızca baraj kontrolleri için isg ekiplerinin girmesine müsaade edilmelidir.
- Mekanize ayak ekipmanlarının söküm, montaj ve nakliyat çalışmaları maden, mekanik ve elektrik ekipleriyle birlikte termin planına göre yapılmıştır.
- Tavan formasyonunun akıcı olmasından dolayı söküm çalışmalarının emniyetli olması için tavan taşı ve arın, enjeksiyon ve dolgu köpük uygulamalarıyla sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Kahraman, E., Erarslan, O., Çavuşoğlu, İ., Yılmaz, A. 2011. Mekanize Uzun Ayaklarda Kömür Damar Eğiminin Ayak Söküm Süresine Etkisi, Madencilik Dergisi, 50, 4, s. 29-37.

ÇAYIRHAN YERALTI İŞLETMELERİNDE YÜKSEK ARINLI MEKANİZE UZUNAYAKLARIN PROJELENDİRİLMESİ

PROJECTING HIGH FACED MECHANIZED LONGWALL PANELS AT ÇAYIRHAN UNDERGROUND MINES

Faik Ustabaş

KİAŞ Çayırhan Linyit İşletmesi Maden İşletmeler Müdürü

Murat Kumru, Umut Ramis Ünal^{*}, Doğan Bayer

KİAŞ Çayırhan Linyit İşletmesi

ÖZET Uzunayak madenciliği, yeraltı üretimi için yüksek verimliliğe sahip bir yöntem olarak bilinmektedir. Uzunayak madenciliğinde üretimin ve randımanın yüksek olması büyük ölçüde pano tasarımı ile bağlantılıdır. Pano tasarımında sondaj verileri, jeolojik ve hidrojeolojik raporlar, kömürün damar yapısı büyük önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışmada, tam mekanize kazı sisteminin kullanıldığı Kömür İşletmeleri A.Ş. Çayırhan Yer Altı Linyit İşletmesi'nde K sahasına ait panoların planlama ve tasarım aşamaları incelenmiştir.

ABSTRACT Longwall mining is known as a highly profitable method for underground production. In longwall mining, high production and efficiency are closely related to panel design. In panel design; bore hole data, geological-hydrogeological reports and vein structure of the coal are very important. In this study, planning and designing processes of panels in K site of KİAŞ Çayırhan Underground Coal Mine are examined.

* umutramisunal@kiaskomur.com.tr

1. GİRİŞ

Kömür madenciliğinin en yaygın üretim yöntemlerinden birisi uzunayak işletme yöntemidir. 17.yy sonlarına kadar uzanan uzunayak madenciliği, 1950’lerde tam mekanize sisteme geçişle kömür üretiminde hız ve verimliliği de beraberinde getirmiştir (Anon, 1995; Peng, 2006). Uzunayak kömür işletme yöntemi, Batı Avrupa orijinli olmasına rağmen, Dünya’daki uygulamaları bu coğrafi sınırların ötesine taşarak, giderek daha yaygın bir üretim sistemi olarak gelişmektedir. Özellikle ABD ve Avustralya’da 1980’li yıllardan sonra önem kazanan bu yöntem kömür madenciliğinde verimliliği önemli ölçüde geliştirmiştir. Yöntemin yaygınlaşmasındaki en önemli sebeplerden bir tanesi de 1980’lerden günümüze kadar teknolojiye de bağlı olarak geliştirilen makine-ekipmanların bu sisteme uyarlanması ile birlikte verimliliği iki kat arttırmasıdır (Ünver, 1996).

Günümüzde kalın kömür damarlarına uygulanacak üretim yöntemiyle ilgili olarak yoğun insan gücü gerektiren operasyonların azaltılarak daha emniyetli ve daha randımanlı çalışma ortamı yaratacak kazı ve tahkimat yöntemlerinin tercih edildiği bilinmektedir (Demirbilek, 1987). Bu tip damarlarda kömür üretimi için üç ayrı mekanize yöntem uygulanmaktadır (Myszkowski, 2004):

- Çok dilimli uzunayak
- Tek ayak yöntemi (bütün damar kazısı)
- Arkadan göçertmeli uzunayak

Ülkemizde, Orta Anadolu Linyit Projesi ile yeraltı “Tam Mekanize” linyit üretimi ilk defa Çayırhan kömür havzasında gerçekleştirilmiştir. Bu projenin mali kaynaklarını, Avrupa Ekonomik Topluluğu’ndan (AET) sağlanan kredi ve öz kaynaklarımız oluşturmuş, bu kaynaklardan yararlanılarak ocak için gerekli olan makine ve ekipmanlar ithal edilmiştir. Ekipmanların uyum içinde çalışması ve üretimin en yüksek seviyede tutulması için gerekli kontrol ve sinyalizasyon ağı kurularak, sistemin tek merkezden idaresi sağlanmıştır.

Çayırhan Linyit İşletmesi, Ankara İlinin Nallıhan İlçesine bağlı Çayırhan Mahallesi’nde faaliyet göstermektedir. İşletme, Ankara’ya 122 km mesafede olup Ankara-Nallıhan yolu üzerinde bulunmaktadır. Yer altından tam mekanize üretim yöntemi ile yılda ortalama 2,7 milyon ton kömür üretimi yapılmaktadır. Üretilen linyit kalitesindeki kömür 620 MW gücündeki Çayırhan Termik Santrali’nin kömür ihtiyacını karşılamaktadır. Dört ünite olarak faaliyet gösteren termik santral ortalama 6.000.000 ton kömür tüketimine göre projelendirilmiş olup, KİAŞ tarafından yıllık ortalama 2.700.000 ton kapasite ile üretime devam etmektedir. Bu çalışmada K sahasının yeraltı projelendirilmesi ve ocak tasarımı incelenecektir.

2. ÇAYIRHAN HAVZASI REZERV VE JEOLJİK DURUM

Yaklaşık 400 milyon ton kömür bulunan Çayırhan havzasında kömür, bir ara kesmeyle ayrılarak iki damar halinde konumlanmıştır. Bu iki damarın 150 m altında henüz işletmeye alınmamış ve kalınlığı 2–11 m arasında değişen üçüncü bir kömür damarı daha mevcuttur. Üst kömür için sahanın batısında iki damar arasındaki ara kesme kalınlığı 1,2–1,8 m kalınlığında iken sahanın doğu kesiminde ara kesmenin kalınlığı 0,5–1 m arasında değişmektedir. Bu nedenle sahanın batısında iki damar ayrı ayrı çalışılacak şekilde planlanırken, sahanın doğusunda ise tek ayak çalışılacak şekilde planlanmıştır ve bütün makine-ekipman buna göre seçilmiştir (Aydın ve Kaygusuz, 2000).

2.1. Faylar ve Damar Şartları

Bölgedeki kömürün yaşı alt miyosen (yaklaşık 30 milyon yıl) olarak tespit edilmiştir. Tektonik bakımdan sakin olan bu bölgede genel olarak, kuzeydoğu–güneybatı yönlü Davutoğlan ve Kuzey fayları ile bunlara dik küçük faylar bulunmaktadır. Kömür damarı düzgün kalınlıkta olup, mekanize panoların oluşumunu etkileyecek faylanmalar mevcut değildir. Çayırhan Bölgesi’nde engebeli yüzey şartlarına sahip bir alanda bulunan kömür yatakları, 3 damar halinde oluşmuştur. Marn tabakaları arasında yer alan iki ayrı kömür damarının üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı 150–300 metredir.

2.2. Bölgenin Kömürleşme Jeolojisi

Stratigrafik kesitte yer alan formasyonlarla ilgili tanımlayıcı bilgiler aşağıdaki gibidir:

- **M4 Serisi:** Büyük bölümü formasyonla kaplı olan saha gri, yeşil, kırmızı ve bej renkli tüfitlerden meydana gelmektedir. İstifin kalınlığı yaklaşık olarak 80 m’dir.
- **M3 Serisi:** Silis kalkerlerinden oluşan en sert formasyon M3 serisidir. Kalınlığı 30 – 35m arasında değişmektedir. Alt seviyelerde yer alan çok sayıda çatlakta su depolanmıştır.
- **M2 Serisi:** Kil ve marnlardan oluşan tabakanın kalınlığı 80 – 120 m’dir. Alt ve üst seviyelerde 20 şer metre kalınlığında iki adet bitümlü şist tabakası yer almaktadır.
- **M1 Serisi:** Kömür formasyonu, bu tabakada bulunmaktadır. Üst kısımlarda yer alan ve kalınlığı yaklaşık olarak 5–6 m olan silisli kalker tabakasından sonra, ara kesme ile birbirinden ayrılan iki adet kömür damarı bulunmaktadır.

Kömürleşme serisinin havza tabanında metamorfik şistlerden oluşmuştur.

3. K SEKTÖRÜ OCAK TASARIMI

3.1. Beypazarı Havzası Fizibilite Çalışmaları

Çayırhan yeraltı işletmelerinde kömür üretimi dönümlü göçertmeli uzun ayak şeklinde tam mekanize olarak gerçekleştirilmektedir. Yöntemde taban yolu ihtiyacını en aza indirmek, rezervlerin daha iyi kullanılmasını sağlamak, kömürün kendiliğinden yanma riskini azaltmak için her sahada panoların alt taban yolları bir sonraki pano için üst taban yolu olacak şekilde planlanmıştır. Bu panolarda ayak başlarına yapılan dolgu taban yollarında bulunan mevcut tahkimat sistemine destek olarak bir sonraki panoda kullanımı için yardımcı olmaktadır (Aydın ve Kaygusuz, 2000; Çavuşoğlu, 2008).

Beypazarı kömür havzasında 250 m aralıklarla yapılan 731 adet rezerv belirleme ve geliştirme sondajı ile 26 adet fay belirleme sondajı gerçekleştirilmiştir. Rezerv hesaplamalarında ise değerlendirmeye 727 adet sondaj alınmıştır.

Gerçekleştirilen rezerv belirleme ve geliştirme sondajlarından 37 adedi, kömür kesmemesi, kesilen kömür kalınlığının ve/veya kömür ısıl değerinin düşük olması nedeniyle değerlendirmeye alınmamıştır. Faylanma nedeniyle kömür kesmeyen veya olağan dışı kalınlıklarda kömür kesen 12 adet rezerv belirleme sondajının yerine, fay sondajlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Sahada, rezerv araştırmaları amacıyla önceki yıllarda yapılmış 18 adet sondajın verisi rezerv hesaplamalarında kullanılmış, 13 adet sondaj ise tekrarlanmıştır. Alt damar araştırmaları kapsamında önceki yıllarda yapılmış 3 adet sondajın verileri de değerlendirilmiştir.

MTA' nın yapmış olduğu: "II. saha" olarak tanımlanan alan içindeki kömürün yayılım sınırı dikkate alınmış ve bu sınır içindeki kömürün görünür rezerv verilmiştir. Çalışma alanında, başlıca iki kömür damarı bulunmakta ve bu damarlar birbirinden ortalama kalınlığı 0,75 m. olan bir arakesme ile ayrılmaktadır. Kömür ve arakesme kalınlıklarının değerlendirilmesi sonucunda, kömürün tek damar şeklinde işletilmesinin olanaklı olduğu görülmüştür. Bu durumda ortaya çıkacak arakesme dekapajı ise 34.744.908 m³ dür. Kömür damarının ortalama üretilebilir kalınlığının **3,08 m** olarak belirlendiği sahada; kömür rezervi **212.942.345 ton** olarak hesaplanmıştır. Bu rezervin analiz ortalamaları aşağıda verilmiştir (MTA, 2014).

Çizelge 1 Rezerv Analiz Değerleri.

		Orijinal Kömürde	Havada Kuru Kömürde	Kuru Kömürde
Su	% :	27,32	5,50	
Kül	% :	26,66	34,10	36,00
Uçucu madde	% :	27,84	36,34	
Sabit karbon	% :	18,18	24,06	
Yanar kükürt	% :	1,66	2,17	
Külde kükürt	% :	1,35	1,75	
Alt ısıl değer	kcal/kg :	2640	3658	

3.2. Beypazarı Havzası Hidrojeolojik Yapısı

Hidrojeoloji etüdü kapsamında 345 km² lik alanda jeolojik-hidrojeolojik inceleme yapılmıştır. Sahada hidrojeolojik amaçlı 22 farklı lokasyonda pompaj kuyusu (geniş çaplı), 24 farklı lokasyonda gözlem kuyusu (dar çaplı) açılmıştır.

Pompaj kuyularında pompa testleri 4" lik DKT (Dalgıç Tipi Kuyu Tulumbası) kullanılarak yapılmıştır. Açılan gözlem ve pompaj kuyularından daha önceki çalışmalar kapsamında hidrojeolojik amaca yönelik olarak açılmış kuyulardan yeraltı suyu seviye değişimlerinin gözlenmesi amacıyla seviye ölçümleri yapılmıştır. Pompa testleri sonucunda; Transmisivite katsayısı; 1,62 m²/gün-217,50 m²/gün değerleri arasında, Hidrolik iletkenlik katsayısı; 0,01 m/gün-4,35 m/gün değerleri arasında bulunmuştur. Düşüm konisi oldukça derin ve dar olarak görülmektedir.

Su bütçesi hesaplamalarına temel oluşturan yağış, buharlaşma, sıcaklık verilerinin güvenilir bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla Kaş Sırtı bölgesinde 1300 metre yüksekliğe bir adet meteoroloji; Aladağ Çayı üzerine 1 adet akım gözlem istasyonu kurulmuştur. İnceleme alanında bulunan sürekli akıma sahip en önemli akarsu, ortalama debisi 13,3 m³/sn olan (47 yıllık ortalama; 1959-2005) Aladağ Çayı'dır.

Çalışma süresi boyunca, Aladağ Çayı'nın havzaya giriş ve çıkış noktaları üzerinde yapılan akım ölçümlerinde herhangi bir debi farkı gözlenmemiştir. Bu durum Aladağ Çayının kömürlü seviyelere etkisinin olmayacağını göstermektedir.

İnceleme alanında Beypazarı Meteoroloji istasyonunda ölçülen uzun yıllar ortalaması toplam yağış 405,83mm, ortalama sıcaklık 12,9 °C ve gerçek buharlaşma-terleme 364mm dir (1963-2001).

Hidrokimyasal analizler sonucunda B-199B kuyusu ile HJP-23 kuyusundaki yeraltı suları yüksek olasılıkla Soğukçam kireçtaşı akiferinden beslenmektedir. HJP kodlu kuyuların hemen hemen hepsinde katyon değişim süreci etkilidir.

Birbirinden 5 farklı hidrokimyasal grup oluşturan yer altı sularının, iki farklı hidrojeokimyasal evrim geçirdiği gözlenmiştir. Çalışma alanı içinde bulunan kaynaklar güncel yağışlardan beslenmektedir. Ancak HJP kodlu kuyular 1953 yılı öncesi yağışlardan beslenmiştir.

MTA jeotermal kuyularından alınan yeraltı suları "brine" tipindeki aşırı tuzlu sulardır. Bu kuyulardan alınan örneklerin izotop içerikleri; bu suların, magmatik kayalarla yoğun su-kayaç etkileşimine girmiş sular olduğunu göstermektedir.

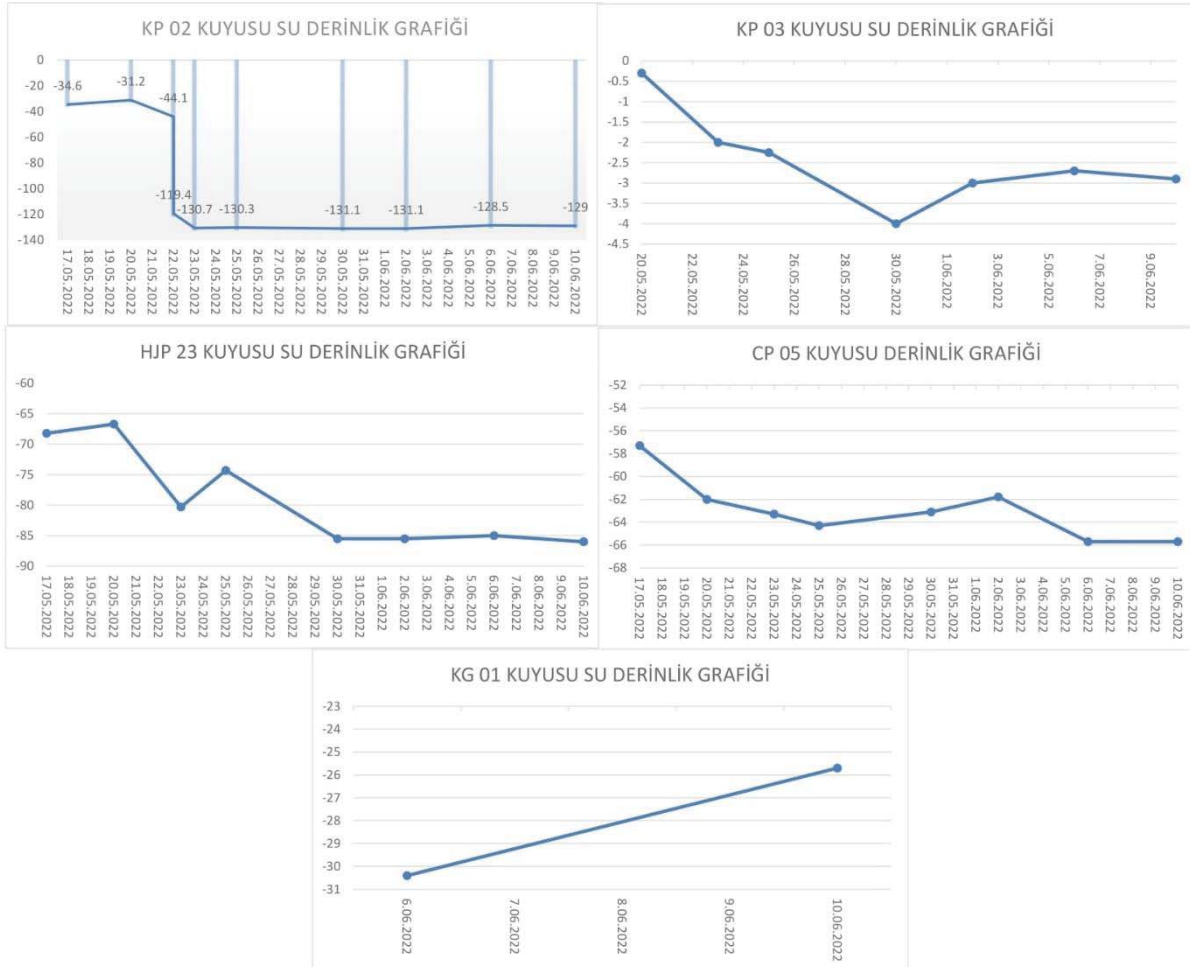
Beypazarı Havzasında belirgin bir yeraltı suyu varlığı saptanmıştır. Su bilançosu hesaplamalarının güvenilir olması açısından alınan yağış değeri, Beypazarı ve yakın dolayında gerçekleşen yağışların maksimum değerleri kullanılarak yapılmıştır (MTA, 2014).

3.2.1. K Sektörü Susuzlandırma Çalışmaları

Gerek su bilançosu hesaplamaları açısından bakıldığında gerekse pompa testlerinden elde edilen etki yarıçapı dikkate alındığında (düşüm konileri dar ve derin olmaktadır), yeraltı suyu drenajı için fazla sayıda pompaj kuyusuna gereksinim olduğu görülmektedir. Yapılan hidrojeoloji çalışması kapsamında açılan pompaj kuyularından drenaja başlanması ve seviye gözlemleri yapılması ile birlikte, elde edilecek yeni veriler değerlendirilerek, bir sonraki aşama için gerekli olabilecek drenaj kuyusu sayısı planlanabilecektir.

İnceleme alanında Hırkatepe köyü yakın dolayında açılan kömür arama/rezerv kuyuları (B-191, B-191-B) ile hidrojeoloji kuyularında (HJP-23) oldukça yüksek debili verimler elde edilmiştir. Özellikle bu bölgelerde bulunan kuyulardan ve/veya yeni açılacak kuyularla bölgenin drenajına başlanmalıdır (MTA, 2014).

MTA verilerine dayanarak yapılan çalışmalarda MTA kuyularına ek olarak 2 adet pompaj kuyusu, 1 adet gözlem kuyusu açılmıştır. Bu kuyularda toplamda 3 Adet pompa (6“ DKT) kullanılmıştır. Her bir kuyudan ortalama 50 – 60 m³/sa miktarda su atımı yapılmaktadır. Pompaj ve gözlem kuyularında düzenli olarak seviye ölçümleri yapılarak su seviyeleri izlenmektedir.



Şekil 2 Su Seviye Ölçümleri.

3.3. K Sektörü Rezerv Hesabı Çalışmaları

Rezerv hesapları için, madencilik yazılımlarından biri olan Micromine Programından yararlanılmıştır. Genel olarak program kullanılırken, sondaj verilerinden yüzeiden kuyu sonuna kadar tüm formasyonlar tanımlanarak (kömürde mevcut ekipmanların dizaynına göre belirlenen), formasyonların tavan ve taban yüzeyleri oluşturulmuştur. Bu yüzeylerden katı modeller elde edilerek formasyonların katı modelleri oluşturulmuştur. Mekanize kazı üretim yöntemine göre sondaj verileri ayrıca değerlendirilip, yeni bir katı model oluşturulur. Oluşturulan katı modelden işletme projesinde dizayn edilmiş üretim panoları kesilip işletme rezervleri hesaplanmıştır. Kömürün katı modeli 5 m x 50 m x 0,5 m boyutlarında bloklara ayrılıp, kalori, kül, kükürt değerleri için kestirim yapılmıştır. Kestirimde jeostatistiksel yöntem kullanılmıştır. Blokların ortalama kalite değerlerine Inverse Distance Weighting yöntemiyle ulaşılmıştır.

Yaklaşık 400 milyon ton jeolojik kömür rezervine sahip havzada, K sektöründe yapılan çalışmalar sonucunda ~13.000.000 ton üretilebilir rezerv hesaplanmıştır.

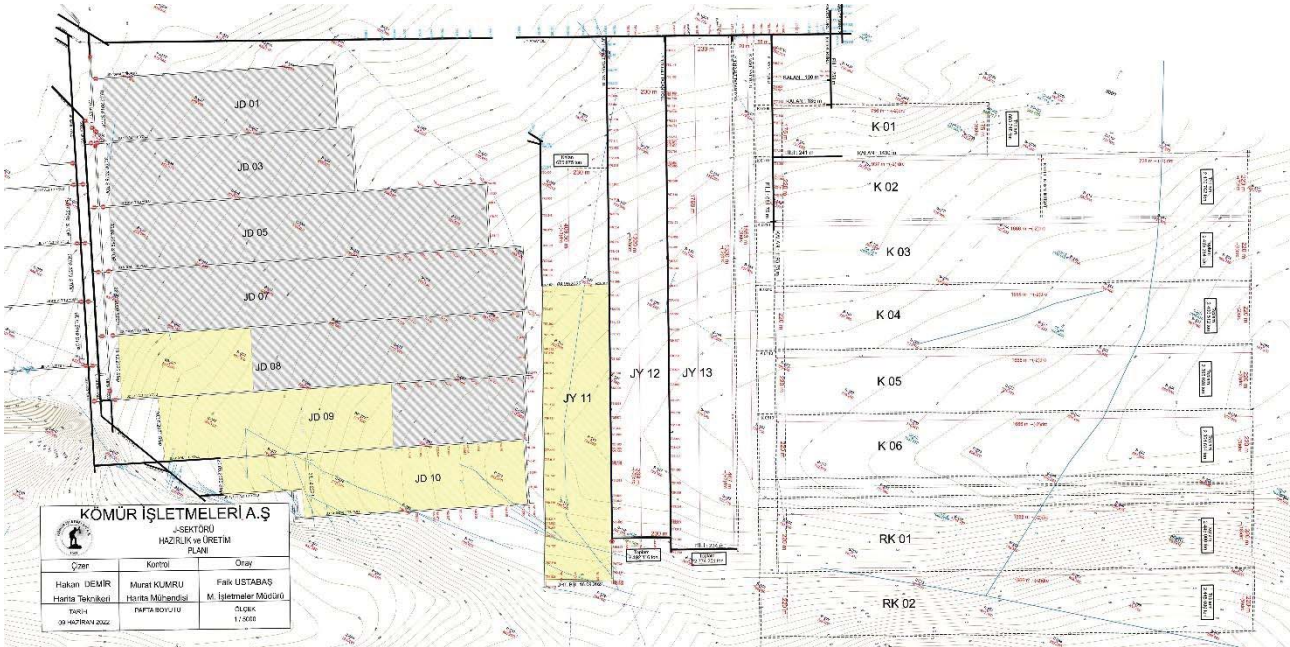
Çizelge 2 K Sahası Rezerv Hesabı

		ALAN (m ²)	HACİM (m ³)	ORTALAMA YÜKSEKLİK (m)	YOGUNLUK (ton/m ³)	REZERV (ton)	TÜVENAN REZERV (ton)
K 01	TOP	125,725.76	12,572.58	0.10	2.20	27,659.67	883,647.67
	COAL1	125,725.76	215,906.45	1.72	1.49	321,700.62	
	INTER	125,725.76	81,424.11	0.65	2.20	179,133.04	
	COAL2	125,725.76	219,795.09	1.75	1.49	327,494.68	
	BOTTOM	125,725.76	12,572.58	0.10	2.20	27,659.67	
K 02	TOP	358,335.32	35,833.53	0.10	2.20	78,833.77	2,436,761.96
	COAL1	358,335.32	587,613.96	1.64	1.49	875,544.80	
	INTER	358,335.32	207,334.58	0.58	2.20	456,136.07	
	COAL2	358,335.32	635,848.02	1.77	1.49	947,413.55	
	BOTTOM	358,335.32	35,833.53	0.10	2.20	78,833.77	
K 03	TOP	358,335.01	35,833.50	0.10	2.20	78,833.70	2,435,364.23
	COAL1	358,335.01	612,691.67	1.71	1.49	912,910.59	
	INTER	358,335.01	192,261.65	0.54	2.20	422,975.62	
	COAL2	358,335.01	632,087.66	1.76	1.49	941,810.62	
	BOTTOM	358,335.01	35,833.50	0.10	2.20	78,833.70	
K 04	TOP	358,334.71	35,833.47	0.10	2.20	78,833.64	2,400,511.58
	COAL1	358,334.71	617,655.44	1.72	1.49	920,306.60	
	INTER	358,334.71	190,881.65	0.53	2.20	419,939.63	
	COAL2	358,334.71	605,770.52	1.69	1.49	902,598.08	
	BOTTOM	358,334.71	35,833.47	0.10	2.20	78,833.64	
K 05	TOP	358,334.40	35,833.44	0.10	2.20	78,833.57	2,395,027.93
	COAL1	358,334.40	635,294.49	1.77	1.49	946,588.78	
	INTER	358,334.40	173,223.70	0.48	2.20	381,092.14	
	COAL2	358,334.40	610,523.40	1.70	1.49	909,679.87	
	BOTTOM	358,334.40	35,833.44	0.10	2.20	78,833.57	
K 06	TOP	358,334.09	35,833.41	0.10	2.20	78,833.50	2,364,614.32
	COAL1	358,334.09	625,421.77	1.75	1.49	931,878.44	
	INTER	358,334.09	185,525.22	0.52	2.20	408,155.49	
	COAL2	358,334.09	581,821.06	1.62	1.49	866,913.39	
	BOTTOM	358,334.09	35,833.41	0.10	2.20	78,833.50	
TOPLAM							12,915,927.69

3.4. K Sektöründe Kullanılacak Makine ve Teçhizatlar

Hazırlık çalışmalarında 3 vardiya sistemi ile 13 ayda ~6,000 m. hazırlık galerisi açılarak üretim panoları oluşturulacaktır. Hazırlık safhasında 230,000 ton kömür üretilmesi planlanmaktadır. Üretim safhasında ise 3 vardiya sistemi ile 9 ayda 1,420,000 ton tüvenan kömür üretilmesi hedeflenmektedir.

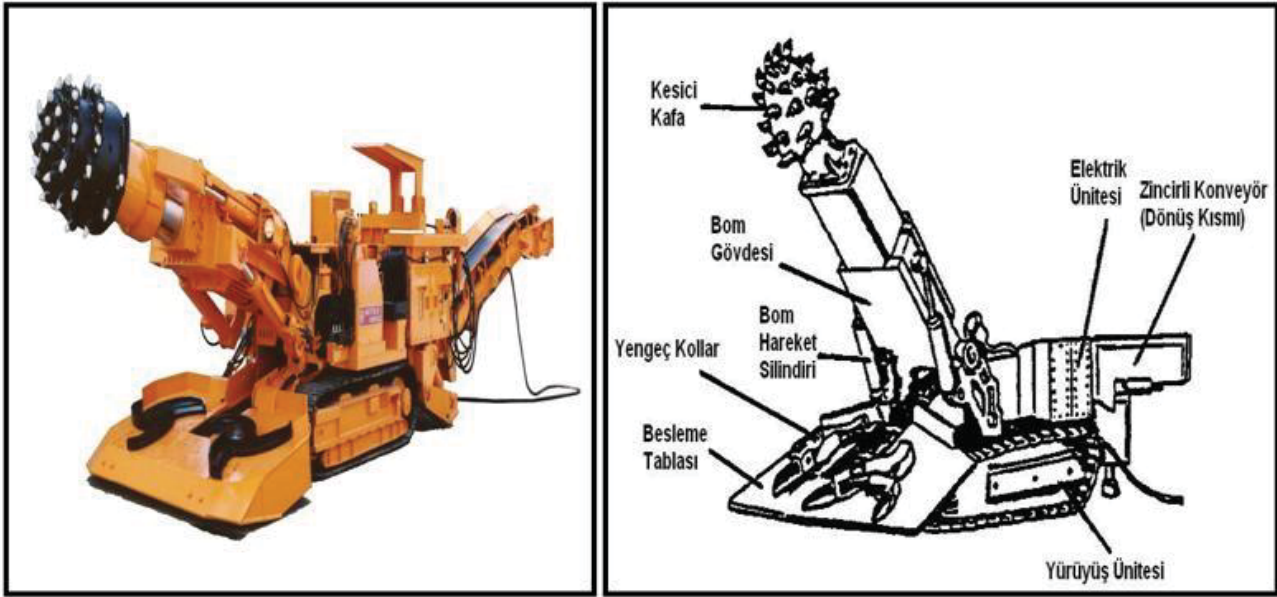
KİAŞ Çayırhan Linyit İşletmesi K Sektörü için yapılan proje çalışmasında fizibilite, jeolojik – hidrojeolojik veriler, kullanılacak ekipmanlar göz önünde bulundurularak micromine programı marifetiyle rezerv kaybı minimuma indirilerek pano tasarımı yapılmıştır. Sektörde hazırlık çalışmaları kapsamında 7 taban yolu, 2 anayol olmak üzere toplam ~17.700 m galeri sürülerek 6 pano oluşturulması planlanmıştır. Pano tasarımı yapıldıktan sonra ventsim havalandırma programı marifetiyle sektör havalandırma projeleri çizilmiştir. Havalandırmada temel amaç; JY ve K panolarının havalandırmalarının ayrı tutularak sağlanmasıdır.



Şekil 3 J ve K Sektörlerinin Plan Görünümü.

3.4.1. Galeri Açma Makinesi

İşletmede gerçekleştirilen hazırlık çalışmalarında üç farklı tipte, 8 adet GAM (2 adet Dosko Mk2A, 5 adet Dosko Mk2B ve 1 adet Pk9r) kullanılmaktadır. Bu makineler kömürde ve basınç dayanımı düşük olan (50 MPa' dan küçük) kayalarda verimli çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır.



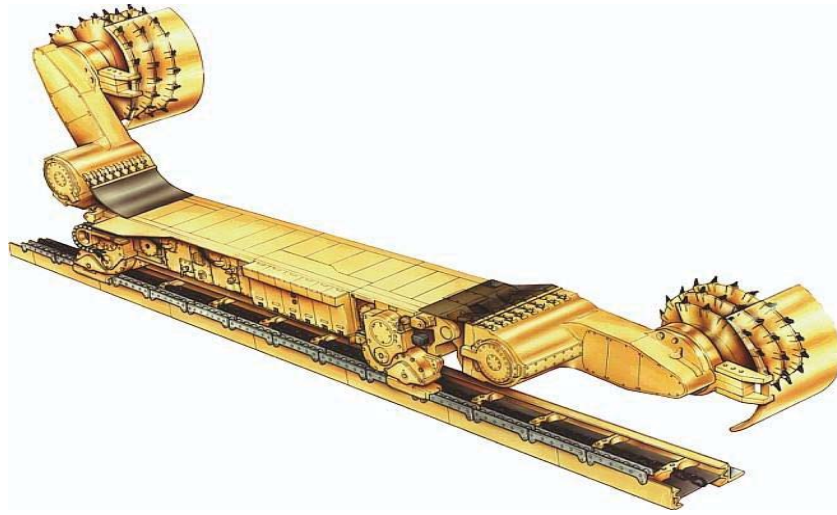
Şekil 4 Hazırlık Çalışmalarında Kullanılan GAM.

Çizelge 3 Galeri açma makinelerinin özellikleri.

MAKİNANIN ÖZELLİĞİ	Hafif ağırlıktaki makineler		Orta ağırlıktaki makina
	PK9r	DOSCO MK2A	DOSCO MK2B
Ağırlık (ton)	33	21	43
Toplam Güç (Kw)	186	150	224
Kesici Kafa Motoru (Kw)	93	67	112
Yükleme Sistemi	Toplayıcı kol	Sıyrıcı konveyör	Toplayıcı kol/ yıldız
Çalışma Eğimi (derece)	14	14	14
Zemin Basıncı (kg/cm ²)	0,96	1,5	1,19
Maksimum Kazı Kesiti (YukxGen) (m)	3,9x6,2,8	4,09x5,76	5,4x5,76
Makina Boyutları (UzYukxEn) (m)	7,2x1,85x2,8	7,17x1,64x2,8	10,2x2x3

3.4.2. Kesici Yükleyici

Üretim ayağında Eickhoff SL500 tipi çift tamburlu kesici yükleyici makine kullanılacaktır. Kesici tamburların her biri 500 kW'lık elektrik motoru ile tahrik edilmekte olup toplam kurulu güç 1148 kW, kesici kafa çalışma voltajı 3300 volt'tur. 2300 mm çaplı 900 mm dalma derinliğine sahip kesici tamburların her biri 76 adet kesici uç ile donatılmış olup; tambur devri 23 d/dk'dır. Makine 14,27 m uzunluktadır ve en fazla kesme yüksekliği 5,16 m'dir. HB-track yürüyüş sistemine sahip makinenin (en düşük çekme kuvvetinde) en fazla yürüyüş hızı 10,7 m/dk'dır. Makinenin ağırlığı yaklaşık 75 ton'dur.



Şekil 5 Kesici Yükleyici Makine.

Çizelge 4 Kesici Yükleyici Makine Özellikleri.

Özellik	Tanım
Tip	Double-Ended Ranging Drum Shearer SL500
Tambur Sayısı	2
Tambur Çapı	2.300 mm
Tambur Hızı	23 rpm
Gövde Yüksekliği	2.2 m
Kesme Derinliği	0,9 m
Maksimum Kesme Yüksekliği	5,16 m
Kesme Hızı (En Büyük)	10,7 m/dk.
Kesici Kol Uzunluğu	2,285 m
Motor	2 x 500 kW
Motor Voltajı	3300 V
Ağırlık	~ 75 ton

3.4.3. Personel ve Malzeme Nakliyat Sistemleri

Malzeme ve personel nakli tabana monteli, raylı ve sonsuz halat sistemi ile çalışan kulikar (coolie-car) ve tavana monteli raylı ve sonsuz halat sistemi ile çalışan monoraylar ile yapılacaktır. Kulikar ve Monoray sistemleri sonuna kısa mesafeli malzeme taşımak için tavana monteli, raylı ve basınçlı hava ile çalışan shunting-trolleyler kullanılacaktır. Kulikar taşıma sisteminde; tahrik istasyonu (hidrolik aggregated ve hidrolik tahrikli vinç), gerdirme silindirleri, raylar, taşıma arabaları, fren arabası, halat, kılavuz makaraları, kurve raylar ve dönüş istasyonundan oluşmaktadır. Kulikar sisteminde minimum 28 mm çapında halatlar kullanılacak ve taşınacak malzemenin ağırlığına göre sistemin hızı ayarlanabilecektir. Monoray sisteminde 3 ton, 5 ton, 12

ton ağırlığındaki yüklerin taşınabileceği kirişler bulunacaktır. Halat çapı minimum 18 mm olacaktır.

Hat boyunca sesli megafon, sinyalizasyon ve acil durdurma switchleri (şalter/anahtar) kurulacaktır. Tahrik istasyonundaki operatör ile taşıma arabaları üzerinde bulunan personel haberleşme ve sinyalizasyon sistemi sayesinde emniyetli bir şekilde nakliyat işlemini gerçekleştirebileceklerdir.

Kulıkar veya monoray taşıma sistemi ile getirilen malzemeler hazırlık döneminde galeri arınına, üretim döneminde ise ayak başı ve ayak kuyruğuna nakledilmek üzere kısa mesafelerde shunting trolleyler kullanılacaktır.

Shunting trolley tahrik sistemi hava hortumları ile basınçlı hava hattından alınan hava kullanılacaktır. 6 - 9 kw gücünde hava motoru ile tahrik edilen shunting trolleyler tavana monteli ray sistemi üzerinde hareket edecektir.

Sistem üzerinde tahrik motoru, taşıyıcı kiriş ve emniyet fren arabası mevcuttur.

3.4.3. Kömür Nakliyat Sistemleri

Yer altı üretim panoları ve hazırlık galerilerinden üretilecek kömür bant konveyörler vasıtasıyla yerüstüne çıkarılacaktır

Bant konveyörler iki ana grupta toplanacaktır.

- Taban yolu Bant Konveyörleri
- Ana Nakliye Bant Konveyörleri

3.4.3.1. Taban yolu bant konveyörleri

Ayak içinde kazılan kömürün, aktarma konveyörü vasıtasıyla yüklendiği ve tüm taban yolu boyunca kurulacak bantlı konveyörlerdir. Bant uzunluğu her pano için değişik olup J Sahasında 1500- 2000 ton/saat kapasiteli, 1200 mm eninde, yer altı tipi TS-EN-14973 –C1 emniyet normuna uygun DIN 22109- T1 -T2 özelliklerinde ve solid woven kayış tipinde olacaktır. H Sahasında 800 ton/saat kapasiteli, 1000 mm eninde yer altı tipi TS-EN- 14973 –C1 emniyet normuna uygun, DIN 22109- T1 -T2 özelliklerinde ve solid woven kayış tipinde olacaktır. Pano başlangıcında komple kurulacak olan taban yolu bant konveyörleri, ayak ilerlemesini takiben sökülecek ve pano sonunda tamamen demontajı yapılarak 2. panoya taşınacaktır.

3.4.3.2. Ana nakliye bant konveyörleri

Panoların anayollarında, taban yolu bant konveyörünün önüne kurulacak, üretim ve hazırlık kömürünü yerüstüne çıkaracak bant konveyörlerdir. Tüm sahalar için ana nakliye bantları 1200 mm eninde, yer altı tipi, TS-EN 14973-C1 emniyet normuna uygun çelik veya solid woven karkaslı kayış tipinde, 1500-1800 ton/saat kapasiteli olacaktır.

Her iki tip bant konveyörler (Taban yolu ve Ana nakliye yolu) yapı elemanları bakımından birbiriyle aynı özelliklerde olması planlanmaktadır. Bant konveyör güzergâhları, halat stoplu durdurma sistemleri ile teçhiz edilecektir.

Bant konveyör yapı elemanları:

- ✓ Uzatma şaseleri; alt ve üst ayaklar
- ✓ Teleskop sistemi
- ✓ Tahrik sistemi
- ✓ Kuyruk sistemi
- ✓ Bant kayışı
- ✓ Sistem boyunca acil durdurma halat stoplu
- ✓

Yukarıda yazılı yapı elemanları modüler sistemde olacak, bant boyunun uzatılması veya kısaltılması, bu modüllerin eklenip, çıkarılmasıyla sağlanacaktır.

4. SONUÇ

Çayırhan yeraltı linyit işletmelerinde tam mekanize üretim yapılması hedeflenen K sahasında kömür kalınlığı ortalama 4,1 m'dir. Tek ayak şeklinde üretim yapılan sahada bütün makine-ekipman bu özelliğe bağlı olarak seçilmiştir. Üretim hızı, damar kalınlığı, ayak eğimi, pano eğimi, su varlığı, kömürün ve yan kayacın yapısı vb. gibi koşullardan etkilenmesine rağmen 6,70 m/gün seviyelerine çıkması hedeflenmektedir. Üretim hızının ve randımanın yüksek olduğu bu sahada yıllık üretim 2-2,5 milyon ton seviyelerinde olacağı öngörülmektedir.

Ülkemizin önemli enerji kaynaklarından bir tanesi kömürdür. Kömür rezervlerimizin büyük bir bölümünü ise düşük kalori linyit oluşturmaktadır. Düşük kalorili bu rezervlerin ileri teknoloji kullanımı ve düşük maliyetlerle üretilerek enerji elde etme amaçlı değerlendirilmesi ile ülke menfaati bakımından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Anon (1995) *Longwall Mining*, Energy Information Administration Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels U.S. Department of Energy Washington DC, 63 p.
- Aydın, Y. ve Kaygusuz, Y. (2000) Modern Teknolojiyle Donatılan Park Teknik Çayırhan Kömür İşletmesinin Tanıtılması, *Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, Zonguldak, sayfa: 117-128.
- Çavuşoğlu, İ. (2008) Uçucu Küllerin Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılması; Örnek Bir Uygulama (Çayırhan). *Madencilik Dergisi*, cilt: 47, sayı:3, sayfa: 3-13.
- Demirbilek, S. (1987). Kalın Kömür Damarlarında Yeraltı Üretim Yöntemi Tasarımına Genel Bir Yaklaşım. *Madencilik Dergisi*, cilt: XXVI, sayı:4, sayfa: 23-30.
- Myszkowski, M. (2004) Overview of Longwall Technologies for Extraction of Thick Seams, *Round Table "Mining"*, Moscow.
- MTA (2014) Beypazarı Kömür Havzası II. Saha Jeoloji ve Hidrojeoloji Raporu, Ankara
- Peng, S. S. (2006) *Longwall Mining*, Department of Mining Engineering College of Engineering and Mineral Resources West Virginia University, Second Edition, 621 p.
- Ünver, Ö. (1996). Çayırhan Kömür İşletmesinde Süper Uzunayak. *Madencilik Dergisi*, cilt: XXXV, sayı:2, sayfa: 27-39.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE İLİŞKİN MEVZUAT VE UYGULAMALARI

LEGISLATION AND PRACTICES REGARDING OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Erdinç Günay*

AKEL İSG Yönetim Kurulu Başkanı

ÖZET Ülkemizde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği ile ilgili ilk yazılı belge 8 Mayıs 1867 tarihinde ilan edilen Dilaverpaşa Nizamnamesidir. Aslında, EKİ havzası için geçerli olan bu maden yönetmeliği ile, Osmanlı İmparatorluğundaki madenlerde çalışanlara yönelik bazı düzenlemeler getirilmiştir. 10 Eylül 1921'e kadar yürürlükte kalan Dilaverpaşa Nizamnamesi ile, maden ocaklarında çalışan işçilerin sağlığını koruma ve çalışma koşullarını düzenleme amacını taşıyan ilk hukuksal metindir.

1869 yılında kabul edilen Maden Nizamnamesi ile, Osmanlı imparatorluğu madenlerinde, rıza dışı çalışma zorunluluğu giderilmiş, maden mühendislerine, madenlerdeki tehlikeyi tespit ve maden sahiplerine tehlikeleri bildirme görevi verilmiş, kaza meydana geldiğinde durumu hükümete bildirme ve madenlerde hekim ve eczane bulundurma, kazaya uğrayan işçilere tazminat ödeme zorunluluğu getirilmiştir.

ABSTRACT

The first written document on Occupational Health and Safety in our country is the Dilaverpaşa Regulation, which was announced on May 8, 1867. In fact, with this mining regulation valid for the EKİ basin, some regulations were introduced for those working in the mines of the Ottoman Empire. With the Dilaverpaşa Regulation, which remained in force until September 10, 1921, it is the first legal text that aims to protect the health of workers working in mines and regulate their working conditions.

With the Mining Regulations adopted in 1869, the obligation to work in the mines of the Ottoman Empire without consent was abolished, mining engineers were given the task of detecting the danger in the mines and notifying the mine owners of the dangers mandatory has been made.

* egunay@akelisg.com

1. GİRİŞ

TBMM' nin ilk çıkardığı yasalardan biri olan 10.09.1921 tarih ve 151 sayılı **“Ereğli Havzai Fahmiyesi Maden Amelesinin Hukukuna Müteallik Kanun”**. Sadece Ereğli havzasında çalışan işçilere uygulanan yasa ile ilk kez çalışma süresi 8 saat/gün'e indirilmiş, sağlık ve güvenliğin sağlanmasına ilişkin maddelere yer verilmiştir.

22 Mayıs 2003 tarihinde kabul edilen 4857 sayılı İş Sağliğı ve Güvenliği Kanununun 77 ile 89. Maddeleri İş Sağliğı ve Güvenliği ile ilgili maddeleri kapsamakta iken, Avrupa Birliği Müktesebatı kapsamında, 30.06.2012 tarihinde yayınlanan ve 38 maddeden oluşan 6331 sayılı İş Sağliğı ve Güvenliği Kanunu ile, ilk defa iş sağliğı ve güvenliği bağımsız bir kanun olarak çalışma hayatına dahil olmuştur.

6331 sayılı İş Sağliğı ve Güvenliği Kanununu, İş Sağliğı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliği, İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkındaki Yönetmelik, İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personellerinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkındaki Yönetmelik, İşyerlerinde Risk Değerlendirme Yönetmeliği, İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkındaki Yönetmelik, Çalışanların İş Sağliğı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkındaki Yönetmelik olmak üzere, 40'ın üstünde yönetmelik ile desteklenmiş bulunmaktadır.

2012 yılından bugüne yaklaşık 10 yıldır yürürlükte olan 6331 sayılı İş Sağliğı ve Güvenliği Kanununun, özellikle 50'den az çalışanı bulunan, az tehlikeli işyerleri ile kamu kurum ve kuruluşlarında İSG hizmetlerinin yürürlüğe girmesi en son 31.12.2023 tarihine kadar ötelenirken, hizmetin sunumunda uyulması gereken yönetmeliklere ait birçok madde sahanın gerçekleriyle örtüşmediği için sistem açmaza girmiş bulunmaktadır.

2. ÇALIŞMA MEVZUATI

Çalışma hayatını düzenleyen kaynaklar, Uluslararası ve Ulusal olmak üzere iki başlıkta toplanmaktadır.

ULUSLARARASI KAYNAKLAR

- BM Antlaşması (1945)
- İnsan Hakları Evrensel Beyannamesi (10.10.1948)
- Avrupa Sosyal Şartı (18.10.1961)
- ILO Sözleşmeleri (1919)
- AB Yönergeleri (24.07.2003 \ 25178 Bakanlar Kurulu Kararı)

ULUSAL KAYNAKLAR

- T.C. Anayasası
- 4857 Sayılı İş Kanunu
- 6331 Sayılı İş Sağliğı ve Güvenliği Kanunu
- 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu
- 6098 Sayılı Borçlar Kanunu

- 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu
- Umumi Hıfzıssıhha Kanunu
- 2872 Sayılı Çevre Kanunu
- Deniz İş Kanunu
- Mesleki Yeterlilik Kanunu
- Yönetmelikler
- İç Yönerge
- Tebliğ ve Listeler

3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE TARAFLARIN HAK VE SORUMLULUKLARI

6331 Sayılı İş sağlığı ve güvenliği kanunu ile 4857 sayılı iş kanundan gelen “işçi” kelimesi “**çalışan**” olarak değiştirilirken, bir önemli hususta, işyerlerinde “**Çalışan Temsilcisi**” zorunluluğu getirilmiştir.

İş Sağlığı ve Güvenliğinin sacayakları “**Devlet, İşveren ve Çalışan**” üçgeni ile oluşturulurken, işyerlerinde alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin belirtilen yasal mevzuat hükümlerine uygun olarak, gerçekleştirilmesi, kontrol ve denetimi ile rehberlik ve danışmanlık hizmetlerini, ya işverenin kendi bünyesinde oluşturacağı, İşyeri Sağlık Güvenlik Birimi (İSGB) veya ÇSGB tarafından yetkilendirilen Ortak Sağlık Güvenlik Birimi üzerinden alınması zorunluluğu getirilmiştir. Böylece, çalışma iş hayatında artık İşyeri Hekimi, İş Güvenliği Uzmanı ve Diğer Sağlık Personellerinin görev alması sağlanmış bulunmaktadır.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun;

MADDE 4 – (1) İşveren, çalışanların işle ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamakla yükümlü olup bu çerçevede;

a) Mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dâhil her türlü tedbirin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar.

b) İşyerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uyulup uyulmadığını izler, denetler ve uygunsuzlukların giderilmesini sağlar.

c) Risk değerlendirmesi yapar veya yaptırır.

ç) Çalışana görev verirken, çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu göz önüne alır.

d) Yeterli bilgi ve talimat verilenler dışındaki çalışanların hayati ve özel tehlike bulunan yerlere girmemesi için gerekli tedbirleri alır.

(2) İşyeri dışındaki uzman kişi ve kuruluşlardan hizmet alınması, işverenin sorumluluklarını ortadan kaldırmaz.

(3) Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği alanındaki yükümlülükleri, işverenin sorumluluklarını etkilemez.

(4) İşveren, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin maliyetini çalışanlara yansıtamaz.

• İŞVERENİN SORUMLULUKLARI

- İş Sağlığı ve Güvenliği organizasyonunu oluşturmak, araç gereç sağlamak
- Çalışana görev verirken sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu dikkate almak
- Risk Değerlendirmesi yapmak/yaptırmak
- Denetlemek, uygunsuzlukları gidermek, mevcut çalışma koşullarını iyileştirmek
- Eğitim ve bilgi vermek
- Sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesini sağlamak
- Yetkili kişiler dışındaki çalışanların hayati tehlike bulunan yerlere girişini engellemek

• ÇALIŞANIN SORUMLULUKLARI

- Kendi görev alanında İş Sağlığı ve Güvenliğinin sağlanması için işveren ve çalışan temsilcisiyle işbirliği yapmak
- Alınan eğitim ve işverenin ilettiği talimatlara uymak
- Kendilerinin ve hareketlerinden ya da yaptıkları işten etkilenen diğer çalışanların sağlık ve güvenliklerini tehlikeye düşürmemek
- İşyerindeki cihaz, araç, gereç, tehlikeli madde, taşıma ekipmanı gibi ekipmanları uygun şekilde kullanmak, güvenlik donanımlarını devre dışı bırakmamak
- Kendilerine sağlanan Kişisel Koruyucu Donanımları uygun şekilde kullanmak
- Sağlık ve güvenlik yönünden ciddi bir tehlike ile karşılaştıklarında derhal işverene veya çalışan temsilcisine haber vermek
- Resmi makamlar tarafından tespit edilen eksikliklerin giderilmesi konusunda işveren ve çalışan temsilcisiyle işbirliği yapmak

• HİZMET ALINMAMASI DURUMUNDA İŞVERENİN SORUMLULUĞU NEDİR?

6331 SAYILI İSG KANUNUNA GÖRE 2022 YILINDA UYGULANACAK İDARİ PARA CEZALARI												
Kanun Maddesi	Ceza Mad.	Kanun Maddesinde Sözü Edilen Fiil	2022 Yılında Uygulanacak Ceza Miktarı (TL) (Yeniden Değerleme Oranı %36,20)									Açıklamalar
			10 dan Az Çalışanı Olan İşyerleri			10-49 Çalışanı Olan İşyerleri			50-+ Çalışanı Olan İşyerleri			
			AZ TEHLİKELİ (Aynı miktarda)	TEHLİKELİ (%25 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (%50 artırılarak)	AZ TEHLİKELİ (Aynı miktarda)	TEHLİKELİ (%50 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (%100 artırılarak)	AZ TEHLİKELİ (%50 artırılarak)	TEHLİKELİ (%100 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (%200 artırılarak)	
MADDE 6 - İş sağlığı ve güvenliği hizmetleri	26/1-b	6/1-a İş güvenliği uzmanı görevlendirmemek.	17.439	21.798	26.158	17.439	26.158	34.878	26.158	34.878	52.317	TL / Aykırılığın devamı halinde her ay
		6/1-a İşyeri hekimi görevlendirmemek.	17.439	21.798	26.158	17.439	26.158	34.878	26.158	34.878	52.317	TL / Aykırılığın devamı halinde her ay
		6/1-a On ve daha fazla çalışanı olan çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde diğer sağlık personeli görevlendirmemek.	...	...	...	...	...	17.428	...	...	26.142	TL / Aykırılığın devamı halinde her ay

İşverenin İSG Hizmetini almamasının, idari para cezasının dışında, taşıdığı risk ve sorumluluk; olası iş kazası ve meslek hastalığı sonucunda bilinçli taksirle ile yargılanmasıdır.

KAÇ İŞYERİ İSG HİZMETİ ALMAKTADIR?

2014 yılında 680 000 tehlikeli ve çok tehlikeli işyerinden 205 000 tanesi İSG hizmeti almakta iken, 2020 yılında, İş sağlığı ve güvenliği hizmeti alan iş yeri sayısı 269 bin 752'ye ulaşmış bulunmaktadır. Halen hizmet almayan yaklaşık 400 000 işyeri olduğu görülmektedir.

İllere Göre Esnaf, İşyeri, Nüfus Bilgileri (31/08/2022).

İL	Esnaf Sayısı	İşyeri Sayısı	İlin Nüfusu	Esnaf/Nüfus
İSTANBUL	259.656	270.712	15.840.900	1,64%
ANKARA	111.570	118.562	5.747.325	1,94%
İZMİR	127.951	141.415	4.425.789	2,89%
TOPLAM :	2.094.753	2.284.922	84.680.273	%2,47

Sosyal Güvenlik Kurumu 2022 yılı verilerine göre Türkiye’de 2022 yılında **22.9 milyon** kişi, İstanbul’da ise 6.127.638 aktif sigortalı çalışan (4/a, 4/b, 4/c) bulunmaktadır. Sigortalılar 589.855 kayıtlı işyerinde çalışmaktadır.

Kayıt dışı istihdamın toplam çalışanlara oranının %30 civarında olduğu öngörüsü ile İstanbul’da 8 800 000 çalışan olduğu tahmin edilmektedir.

İşyerlerinde verilmesi gereken İSG hizmetleri;

- 1) İşyeri Sağlık Güvenlik Birimi (İSGB),
- 2) Ortak Sağlık Güvenlik Birimi (OSGB) üzerinden sağlanabilmektedir.

4. ÇALIŞMA HAYATINA İLİŞKİN VERİLER

İş Güvenliği Uzmanı Sayısı	108.267
İşyeri Hekimi Sayısı	33.284
Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimi Sayısı	2.485
İş Güvenliği Uzmanlığı Sözleşme Sayısı	377.989
İşyeri Hekimliği Sözleşme Sayısı	358.117
Sözleşme Yapan İş Güvenliği Uzmanı Sayısı	33.184
Sözleşme Yapan İşyeri Hekimi Sayısı	13.955
Eğitim Kurumu Sayısı	113
OSGB ile İşyeri Arasındaki İş Güvenliği Uzmanlığı Sözleşme Sayısı	309.605
OSGB ile İşyeri Arasındaki İşyeri Hekimliği Sözleşme Sayısı	312.345
İşveren / İşveren Vekili E-Sertifika Sayısı	51.807
İş Hijyeni Ölçüm Test ve Analiz Laboratuvarı Sayısı	127

Kaynak: ÇSGB

YILLAR	İŞ SAĞLIĞI VE GÜV. HİZMETİ ALAN İŞYERİ SAYISI
2013	29 129
2014	205 000
2020	269 752

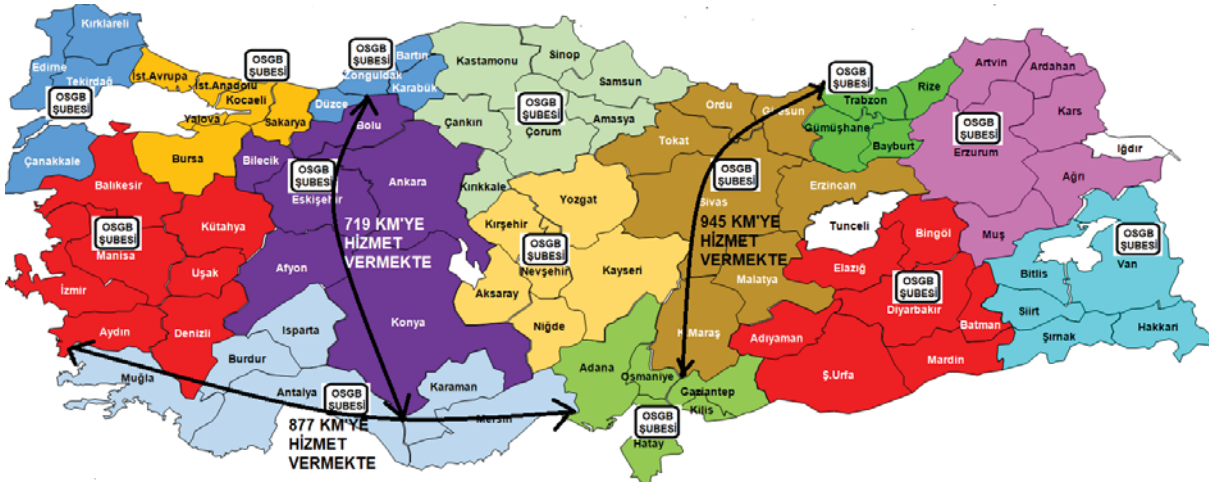
6331 sayılı İSG Kanununun yayınlandığı 10. Yılda, en iyimser yaklaşımla 340 000 civarında işyeri zorunlu olan İSG hizmetini almamaktadır.

25 Maddeden oluşan, 29.12.2012 tarih ve 28512 sayılı resmi gazete ile yayınlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliğinin 12. Maddesinin 5. Fıkrası, 31.01.2013 Tarih ve 28545 sayılı RG ile yapılan değişiklik ile, “OSGB’lerin kuruldukları il ve sınır komşusu illerde hizmet sunmaya yetkilidir.” Şeklinde değiştirilmiştir. OSGB Hizmetlerinin yaklaşık 10 yıldır komşu il kısıtlaması ile İSG hizmetlerine getirmiş olduğu olumsuzluklar ve içerdiği riskler şunlardır;

İstanbul – Ankara arası 450 km olup yönetmeliğe göre İstanbul’dan kesintisiz olarak Ankara’ya kadar İSG hizmeti verebilmeniz için en az 3 OSGB şubesi açmanız gerekirken, Sivas ilinde açılan bir OSGB Giresun’dan Kahramanmaraş’a 945 km’ye tek OSGB şubesi ile hizmet verebilmesi mümkün bulunmaktadır. ***(İstanbul’dan Ankara’ya 4 saat’e gidebilirken, Giresun’dan, Kahramanmaraş’a hiç mola vermezseniz bile 11 saatte ulaşabilmektesiniz).***

Bir Başka çarpıcı örnek, Antalya'da kurulan tek bir OSGB şubesi ile Muğla'dan Mersin'e 877 km mesafede, 10,30 Saat erişim ile hizmet verebilirken, İstanbul'a 92 km uzaklıkta bulunan ve 1 saatte ulaşabildiğiniz Yalova iline İstanbul'dan hizmet verememektesiniz.

Bolu Mengen'den, Konya Ermenek'e Eskişehir'deki OSGB şubesi ile 719 km'ye hizmet verebilmekte iken, Zonguldak'taki OSGB 200 Km uzaktaki Kastamonu'ya hizmet verememekte, veya Ordu'dan Trabzon'a 177 km mesafe olmasına karşı yine komsu il olmadığınız için hizmet verememektesiniz.



İSG Profesyonellerinin OSGB şubesi üzerinden hizmet verdikleri işyerlerine gitme imkanları söz konusu olmadığı gibi, hizmet verdikleri işyerlerinde çalışan personellerin de OSGB şubelerine gelmeleri mümkün değildir. Dolayısıyla, **İSG hizmetlerinin sunumunda Şube OSGB tamamen hayalet şube konumunda olup,** zaten İSG Katip atamaları da OSGB'nin Genel merkezinden (Merkez Şubeden) yapıldığından hizmet sunumunda **Şube OSGB'lere** hiçbir şekilde ihtiyaç bulunmamaktadır.

Bir Başka çarpıcı örnek, Antalya'da kurulan tek bir OSGB şubesi ile Muğla'dan Mersin'e 877 km mesafede, 10,30 Saat erişim ile hizmet verebilirken, İstanbul'a 92 km uzaklıkta bulunan ve 1 saatte ulaşabildiğiniz Yalova iline İstanbul'dan hizmet verilememektedir.



- dosyaları bakanlık tarafından göremeyecektir. Dolayısıyla şube OSGB denetimlerinde istenilen amaca ulaşamayacaktır.
- 4) Komşu il sınırları içinde birbirine temas eden birden fazla OSGB şubesi, Bakanlık denetimlerinde 300 ihtar puanından kurtulmak için **“kanunu arkadan dolanmak”** anlamında kötüye kullanılabilmeye müsaittir. Örneğin, İstanbul ve Kocaeli’nde şubeleri bulunan aynı OSGB’nin Kocaeli şubesinin ihtar puanı 300 puana yaklaştığında, Kocaeli şubeye bağlı tüm atamaları İstanbul şubeye kaydırarak yasaklı konuma gelmekten kurtula bilinmektedir. Halbuki tek OSGB şubesi ile tüm Türkiye’de hizmet sunmak mümkün olabilse, o zaman herkesin eşit 300 ihtar puan limiti olacağından, OSGB’LER İSG hizmetlerini daha dikkatli ve mevzuata uygun verebilmek için gerekli özeni göstereceklerdir. Şu anda 20 şubesi olan bir OSGB’nin en az 2-3 şubesinin karasal sınır nedeniyle birbiri ile kesişmesi sayesinde, İSG katip atamalarını şubeler arasında değiştirerek Ek-7 ihtar tabloya göre yapılan denetimlerden kaçınılabilmektedir.
 - 5) İSG Hizmetleri yönetmeliğinin 22. Maddesinin (5) fıkrası kapsamında, kendi isteği ile şubelerini kapatan OSGB’lerin başka ilde OSGB şubesi açmak istediklerinde idare tarafından kendilerine verilen ret cevabı üzerine konuyu yargıya taşıyarak yürütmeyi durdurma kararı almaları hususu da ortadan kalkmış olacaktır. Komşu il sınırının kalkması ile kendi rızası veya aldığı ceza puanları ile kapanan OSGB’lerin başvuruları iki yılın tamamlanmasına kadar askıya alınarak adalet sağlanmış olacaktır.
 - 6) OSGB’ler komşu illerde şubeleri olmadığı halde Türkiye genelinde nasıl hizmet sunmaktadırlar? Maalesef Türkiye’de **“çözüm ortağı”** OSGB kültürü oluşmuş bulunmaktadır. Hatta birçok hizmet alan firma OSGB’lere Anadolu’da çözüm ortağınız kim diye sormaktadırlar. Bu durum OSGB’lere çözüm ortağı veya taşeron OSGB olarak hizmet sunmanın yolunu açmış bulunmaktadır. Örneğin, 55 ilde OSGB hizmeti sunabilme yetkisi olan bir OSGB Türkiye genelinde 81 ilde OSGB hizmeti verilmesi gerektiğinde çözüm ortağı yerel OSGB’leri kullanarak hizmet sunmaktadırlar. Bu durum İSG hizmet kalitesini olumsuz etkilediği gibi, yasal mevzuat bakımından da uygunsuzluktur.
 - 7) Yine birçok şubeli büyük OSGB’de Anadolu’da tek çatı altında hizmet sunabilmek için, **“Franchise”** şekilde çalışmaktadırlar. Yani Anadolu’ki müteşebbis kişiler kendi isimleri ile OSGB’lerini açmak yerine, İstanbul merkezli büyük bir OSGB’nin ismi altında, aralarında özel protokol yaparak tek çatı altında, Türkiye genelinde birlikte hizmet sunmaya çalışmaktadırlar. Bu uygulama standart hizmet kalitesi yerine, sadece tedarikçi konumunda birçok küçük OSGB’nin aynı isim altında bir araya gelmesi ve işbirliği yaparak büyük zincir firmaların İSG hizmetlerini almayı amaçlamaktadır.
 - 8) Bugün 2000’in üstünde küçük OSGB komşu il sınırı nedeniyle, kendi kabuklarını kırıp, bölgesel veya Türkiye genelinde İSG hizmeti sunamadıkları için, tahsilat, vergi borcu ve müşteri bulamama üçgeni arasında sıkıştıkları için çözüm olarak günü kurtarabilmek için, çok düşük fiyatlarla iş almaya çalıştıkları görülmektedir. OSGB’lere Türkiye genelinde hizmet sunabilme

- yetkisinin açılması, Büyük OSGB'lerin birim maliyetlerini düşürürken, küçük OSGB'lerin de zincir firmalar tarafından tercih edilme şansı sağlayacaktır.
- 9) Zincir özellikte bulunan ve Türkiye Genelinde İSG hizmeti sunan çoklu şubeye sahip OSGB'ler için, şube OSGB'lerin getirmiş olduğu aylık sabit şarj maliyetleri, aslında Türkiye genelinde girmiş oldukları ihalelerde birim maliyet hesaplamada en önemli kalemdir.
 - 10) İSG hizmeti sunan OSGB'lerin üzerinde yük olan ve hizmet kalitesine hiçbir katma değeri bulunmayan şube OSGB'ler yerine Türkiye genelinde hizmet alınmasının önü açılırsa, kaliteli hizmet sunan büyük OSGB'ler yıllık ortalama 4 000 000 TL gereksiz ve boşa harcanan masraftan kurtulacakları için, bu kazancı alt yapı, yazılım ve İSG Profesyoneli yetiştirmeye harcaabileceklerdir.
 - 11) Komşu illerde OSGB şubesi açılması için tam süreli İGU, İYH ve DSP diplomaları gerektiğinden, Anadolu'da ki şube OSGB'lerde tam süreli İGU, İYH ve DSP ataması kadar iş hacmi olmadığı durumlarda, zincir OSGB'ler genel merkezlerindeki İSG profesyonellerinin diplomalarını kullanmakta veya kiralamaktadırlar. Halbuki Türkiye genelinde İSG hizmeti sunulabilmesine olanak sağlanması ile, OSGB'ler yasa dışı yollara başvurmamış olacaklar.
 - 12) Merkeze bağlı, şube OSGB'ler, sadece yasal mevzuat gereği hizmet verdikleri firmaların Anadolu'daki işyerlerine de hizmet verebilmek için kurulmuş olduklarından, Anadolu'da şehrin en uygun yerinde şube açtıkları görülmektedir.
 - 13) 30 Saat/Ay'a kadar aile hekimlerinin OSGB'lerde görev alabilmeleri nedeniyle, uzak ilçe veya komşu ilde hizmet verilen işyerlerinde çalışan aile hekimlerinin OSGB şubesine gidebilmeleri mümkün bulunmamaktadır.
 - 14) Tek OSGB Şubesi bulunan ve hizmet verdiği işyerinin komşu il dışındaki işyerleri içinde hizmet istemesi nedeniyle, ilgili OSGB hiç tanımadığı ve aynı standartlarda doküman veya yazılım kullanmayan bir başka OSGB ile anlaşarak, (yasal mevzuata aykırı olmakla birlikte) hizmet verebildikleri görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- 1) İSGB veya OSGB üzerinden İSG hizmeti verilen tüm işyerlerinde, İBYS sisteminin geliştirilerek verilen İSG hizmetlerinin, bakanlığa bağlı yazılım programı üzerinden standart, denetlenebilir, iş ve işyeri değişimlerinde de geçerli olabilecek, rapor ve istatistik alınabilir hale getirilmesi gerekir.
- 2) İSGB ve OSGB hizmetlerinde, komşu il sınırı aranmaksızın, Türkiye genelinde İSG hizmetlerinin sunulması sağlanmalıdır.
- 3) TSE Standartları, 6331 sayılı kanunun kapsamında yönetmelik statüsü kazanılarak uyulması zorunlu mevzuat haline getirilmelidir.
- 4) Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK)'ların belgelendirme sistemleri yeniden revize edilerek sınav öncesinde akredite kurum ve kuruluşlardan teorik ve uygulamalı eğitim alınması sağlanmalıdır.

- 5) Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı (TMGD) mevzuatı yeniden düzenlenerek aktif hale getirilmelidir.
- 6) Aylık İSG hizmetlerinin işyerlerinde İGU için minimum 2 Saat/Ay ve İYH için minimum 1 saat/ay olarak verilmesi şeklinde yönetmelik değişikliği yapılması gerekmektedir.
- 7) İGU, İYH ve DSP'ler, 100'den fazla SGK sicil numarası bulunan işyerleri ve 100'lerce km uzaklığa 195 Saat/Ay atama ile hizmet verebilmektedirler. Atama yapılacak SGK sicil numarası sayısı maksimum 20'yi geçmemeli ve tam süreli olunmayan yerlerde 180 Saat/Ay'dan fazla atama yapılamamalıdır.
- 8) Aynı lokasyonda hizmet veren asıl ve alt işverenlerin, asıl işverenin SGK sicil numarası ve tehlike sınıfı altında İSG hizmetini bir bütün olarak alması sağlanmalıdır.
- 9) İSG Eğitimleri 1 saat ve katları olarak verilmesi zorunlu olduğundan, İSG katip atamasında da minimum atama süreleri İGU ve İYH için minimum 1 Saat ve katları olması gerekmektedir.
- 10) Öneri ve tespit defterlerinin elektronik ve e-imza ile doldurulabilir olması sağlanmalıdır. Mevcut haliyle İGU, İYH ve İşveren arasında kullanılan bir defter olması nedeniyle, işyerinde İSG süreçlerinin yürütümünden asıl sorumlu olan İSG kurul üyelerinin, öneri tespit defterine müdahil olamamaları önemli bir eksiklik. Öneri tespit defterinin İSG kurul üyelerine tebliği önerilir.
- 11) 6331 sayılı Kanunun en önemli kazanımlarından biri çalışan temsilcisi olmasına karşın, çalışan temsilcisinin, öneri ve tespit defterindeki kararlardan haberi olmaması, çalışma ve eğitim planı ile yıllık değerlendirme raporunun dışında kalması, çalışan temsilcisi uygulamasından istenilen verim ve başarıya ulaşamadığı görülmektedir.
- 12) Çalışan temsilci sisteminin aktif hale getirilebilmesi için, haftalık çalışma süresinin minimum 2 Saat'ini İSG hizmetleri için ayırması yasal mevzuat ile sağlanmalıdır.
- 13) İşyeri hekimleri ile diğer sağlık personelinin görev, yetki, sorumluluk ve eğitimleri hakkındaki yönetmelikte, DSP'lerin, İYH'leri ile aynı sürelerde hizmet vermelerinin sağlanması hatta 250 kişi ve üzerinde çalışanı bulunan işyerlerinde tam süreli DSP bulundurulması önerilir.
- 14) İşyeri Sağlık Personellerinin, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda belirtildiği şekliyle, 20.7.2013 Tarih ve 28713 Sayılı RG ile yayınlanan, İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personellerinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkındaki yönetmelikte yeniden düzenlenerek, tanım olarak, "Diğer Sağlık Personelleri" yerine, "İşyeri Sağlık Personelleri" olarak isimlerinin değiştirilmesi önerilir.
- 15) 6331 Sayılı Kanunun Madde 8 (7) Kamu kurum ve kuruluşlarında ilgili mevzuata göre çalıştırılan işyeri hekimi veya iş güvenliği uzmanı olma niteliğini

- haiz personel, gerekli belgeye sahip olmaları şartıyla asli görevlerinin yanında, belirlenen çalışma süresine riayet ederek çalışmakta oldukları kurumda veya ilgili personelin muvafakati ve üst yöneticinin onayı ile diğer kamu kurum ve kuruluşlarında görevlendirilebilir. Maddesine diğer sağlık personelinin (işyeri sağlık personeli) de dahil edilmesi önerilir.
- 16) 506 Sayılı yasaya tabi çalışan özel bankaların İSG katip üzerinden atamalarının yapılabilmesi için, sanal SGK sicil numarası verilere tanımlarının yapılması ve İSG katip atamalarının kayıt altına alınmalarının sağlanması önem arz etmektedir.
 - 17) Asıl ve alt işverenin aynı adreste çalıştığı işyerlerinde İSG hizmetlerinin bir bütün olarak hepsini kapsayacak şekilde İSG Katip üzerinden tek atama ile hizmetin verilebilmesinin sağlanması önem arz etmektedir. Böylece aynı İGU ve İYH ile DSP'den asıl ve alt işverenler hizmet olarak standart hizmet kalitesi yakalanabilecektir.
 - 18) Ülkemizde, başta lojistik, sahne çalışanları vb iş kollarında gündelikçi personeller çalışabilmektedir. Bu işyerlerinde çalışan personeller sadece 1 gün çalışma yapacaklarından bu kişilerin, işe giriş muayenesi ve İSG eğitimlerini alabilmeleri fiili olarak mümkün dahi bulunmamaktadır. Bu nedenle 30 günün altında çalışma süresi bulunan iş kollarında görev alacak personellerin işe giriş evrakları tehlike sınıfı kapsamında geçerli olmalıdır.
 - 19) OSGB'lerin vize süresi içinde taşınma ve yer değiştirmesi durumunda ilk başvuru zamanındaki harç yerinde evraksal olarak yapılan işlemler aynı olduğu için, vize yenileme sürecindeki harç bedelinin alınmasını önerilir.
 - 20) İnşaat sektörünün tamamına yakınında C Sınıfı İGU'ları İSG Katipte kayıtları olmadan **kaçak konumda çalışmaktadırlar**. CSınıfı İGU'larının ve teknikerlerinin yardımcı personel olarak atanmasına olanak sağlanmalıdır.
 - 21) 30.06.2016 tarih ve 29758 sayılı RG ile yayınlanan İş sağlığı ve güvenliği hizmetleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik kapsamında 50'den az çalışanı olan ve az tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde; hizmet **“3 aylık periyotları geçmeyecek şekilde verilebilir”** şeklinde değiştirilmesi gerekmektedir.
 - 22) OSGB şirket ortakları arasında İGU veya İYH bulunması koşulu aranmalıdır.
 - 23) Firmalar, genellikle İSG ile ilgili tüm taleplerini tek elden almak istediklerinden, İSG ile ilgili konularla sınırlı kalmak üzere, OSGB'lere hizmet vermekte oldukları firmalarının İSG malzemelerini temin etmelerine izin verilmesi hizmet kalitesi bakımından doğru olacaktır.
 - 24) Sorumlu Müdürlerin, İSG Katip atamalarının en fazla 120 Saat/Ay olmasına izin verilmelidir.
 - 25) Bazı OSGB'lerin çok tehlikeli işyerleri ile çalışmaması nedeniyle DSP ihtiyaçları bulunmamaktadır. OSGB'lerin İSG Katip atamasına göre tam süreli İYH, İGU ve DSP bulundurmalarına izin verilmelidir.

TÜRKİYE’DE ÇED YÖNETMELİĞİ UYGULAMALARI VE KÖMÜR MADENCİLİĞİ AÇISINDAN ANALİZİ

EIA REGULATION APPLICATIONS AND ANALYSIS IN TERMS OF COAL MINING IN TURKEY

Hakan Ceylan*

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta

ÖZET Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), işletmelerdeki olası çevresel etkileri, önceden alınacak önlemlerle en aza indirmeyi veya tamamen önlemeyi amaçlayan bir çevre yönetim aracıdır. Dünyada 1970’li yıllarda uygulanmaya başlamıştır. Türkiye’de ise ilk olarak 7 Şubat 1993 tarihinde ÇED Yönetmeliği yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Birçok sektörde uygulanan ÇED süreci Madencilik sektörünü de yakından ilgilendirmektedir. Bu çalışmada, ÇED Yönetmeliği ile ilgili kısa bilgi verildikten sonra ÇED uygulamaları içerisinde madencilik faaliyetlerinin durumu ve madencilik faaliyetleri içerisinde de kömür madenciliğinin durumu incelenerek bir analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Türkiye’de ÇED Yönetmeliği’nin uygulanmaya başlandığı 1993 yılından 2020 yılına kadar ÇED uygulanan faaliyetler arasında madenciliğin %31 gibi önemli bir paya sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca madencilik faaliyetlerine ait başvuruların %5’nin kömürle ilgili tesisler olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT Environmental Impact Assessment (EIA) is an environmental management tool that aims to minimize or completely prevent possible environmental impacts in businesses with precautionary measures. It started to be implemented in the world in the 1970s. In Turkey, on 7 February 1993, the EIA Regulation was published and entered into force for the first time. The EIA process, which is applied in many sectors, is also closely related to the mining industry. In this study, after giving brief information about the EIA Regulation, an analysis was made by examining the status of mining activities within EIA applications and the status of coal mining within mining activities. As a result of the study, it has been determined that mining has a significant share of 31% among the activities in which EIA was applied from 1993, when the EIA Regulation started to be implemented in Turkey, until 2020. In addition, it has been determined that 5% of the applications related to mining activities are coal-related facilities.

* hakanceylan@isparta.edu.tr

1. GİRİŞ

Madencilik insanlık tarihinin en eski üretim alanlarından birisidir. Maden kaynakları geçmişte olduğu gibi günümüzde de önemini korumaktadır.

Madencilik işletme yatırımının yüksek, yatırım maliyetinin geri kazanımının riskli olduğu bir sektördür. Ayrıca yer seçim alternatifi olmayan yani bulunduğu yerde yapılması zorunlu olan bir faaliyettir. Bütün bu zorluklar dışında her üretim sürecinde olduğu gibi çevreye etkileri olabilen bir sanayi dalıdır. Ancak madencilikte çevresel etkilerin özellikle planlama aşamasında alınacak sistematik önlemlerle en aza indirilmesi veya bazen tamamen ortadan kaldırılması mümkündür. Böylelikle üretimin devam etmesi sağlanarak işletme açısından sürdürülebilirlik sağlanır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için de maden işletmelerinde çevresel etki değerlendirme süreci uygulanması gereklidir.

Günümüzde “kirleten öder” ilkesinin yürürlükte olması nedeniyle madencilik yapan şirketler, atık üretimini azaltma ve hatta sıfır atıklı üretim yapma konusunda zorlanacaklardır (Arol, 2005). Zira 2017 yılında Türkiye’de kaynakların verimli kullanımı, atık oluşumunun önlenmesi veya azaltılması, atıkların kaynağında ayrı toplanarak geri kazanımının sağlanması amacıyla sıfır atık projesi başlatılmıştır. Ayrıca, Türkiye’de geçtiğimiz son on yıl içinde, madencilik sektörünün karşılaştığı en büyük sorun olarak çevre koruma konularındaki izinlerin alınması gösterilmektedir (Zanbak, 2005). Bu nedenle, tüm çevresel etkilerin değerlendirildiği ÇED süreci özellikle yeni işletmeye alınacak tesisler için önem arz etmektedir.

Çevresel etki değerlendirmesinin amacı, öngörülen bir gelişmenin yol açabileceği olumsuz çevre ve sağlık etkilerinin önceden tespit edilip gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Böyle bir değerlendirme, bir faaliyetin fiziksel, ekolojik ve sosyo-ekonomik etkilerinin kapsam ve şiddetlerinin uzman kişilerce bilimsel yöntemler kullanılarak belirlenmesi ile gerçekleşir. Olumsuz etkilerin giderilmesi için gerekli önlemlerin ortaya konması gibi çeşitli bileşenlerden oluşur (Uslu, 1994).

ÇED kavramı, yapılacak faaliyetlerde olası çevresel etkileri önceden belirleyerek bu etkilerin alınacak önlemlerle en aza indirilmesini veya tamamen ortadan kaldırılmasını amaçlayan bir çevre koruma yöntemini ifade etmektedir. ÇED, işletmeye başlamadan önce faaliyet hakkında alınacak önlemleri kapsadığı için madencilik açısından aynı zamanda bir maden işletme planlaması çalışmasıdır. Bu nedenle maden mühendisliği açısından maden işletme konularından birini oluşturmaktadır. Maden işletmecisinin, çevresel etki değerlendirme işlerini, işletme planlamasının bir parçası olarak görmesi ve işletme aşamasına gelmeden çevresel planlama çalışmalarını yapması gerekmektedir (Ceylan ve Özkahraman, 2000).

Madencilik faaliyetlerine ait ÇED uygulamalarında üretim süreçlerini bilen maden mühendislerinin de bulunması gereklidir. Çünkü madencilik faaliyetlerinde oluşabilecek çevresel etkileri, hangi aşamada ne kadar etki oluşacağını, ne kadar atık çıkacağını ancak üretimi iyi bilen maden mühendisliği eğitimi almış aynı zamanda çevre farkındalığı olan bir maden mühendisi bilebilir. Bu nedenle ÇED sürecini yönlendiren ve denetleyen Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve ÇED uygulanan maden işletmelerinin, madenlere ait ÇED süreçlerinde maden mühendisi hizmeti almaları uygun olacaktır (Ceylan, 2007).

ÇED sürecinde her türlü çevresel etkinin önceden değerlendirmesi yapıldığı için işletmeler için çevresel açıdan topluca bir gözden geçirme yapılmaktadır. Bu değerlendirme sonucunda madencilik faaliyetinin durumuna göre, oluşabilecek değişik çevresel etkiler belirlenir. Bunun sonucu olarak da maden işletmesi için hem teknik hem de hukuki olarak birçok yükümlülük yerine getirilmiş olmaktadır.

ÇED, gerçekleştirilecek faaliyetlerle ilgili bütün tarafların bir araya geldiği, görüş, itiraz ve önerilerini ortaya koyabildikleri demokratik ve şeffaf bir süreç oluşturur. Özellikle halkın katılımı sürecinde konu ile ilgili tüm tarafların ilgili faaliyet hakkında görüş bildirme hakkı söz konusudur. Bu sürecin iyi değerlendirilmesi, faaliyetin uygulanması aşamasında oluşabilecek olumsuz tepkilerin önlenmesi açısından önemlidir. Çünkü faaliyete başlamadan önce, konu ile ilgili taraflar bilgilendirilmekte ve projeye katılımı sağlanmaktadır. Bu bilgilendirmeye işletme aşamasına geldikten sonra oluşabilecek şikayetler de önlenmiş olacaktır.

Çevresel açıdan zarar görmüş bir ortamın eski haline getirilmesi maliyetinin, kirlenmeye sebep olmadan alınacak önlemlerle korumanın getirdiği maliyetten çok daha yüksek olduğu, yapılacak bir faaliyetin çevreyi tahrip etmeden ve kirlenmeden yerine getirilmesinin daha akılcı bir yaklaşım olacağı, üzerinde durulması gereken bir husustur. Bu doğrultuda özellikle ÇED süreçlerinin yalnızca yasal zorunluluk olduğu algısının ortadan kaldırılması, ÇED'in gelecek nesillere yaşanmaya değer sağlıklı bir çevre bırakmak için etkin bir araç olarak kullanılması söz konusudur (Turan ve Güner, 2017).

Çevresel etki değerlendirmesi dünyada ilk olarak 1970 yılında ABD'nde yürürlüğe girmiş, bunu Kanada, Batı Almanya, Fransa gibi gelişmiş ülkeler izlemiştir. Türkiye'de ise 1993 yılında Çevre Kanunu'nun 10. maddesine dayanılarak çıkarılan bir yönetmelikle uygulanmaya başlanmış ve uygulanması yasal bir zorunluluk haline gelmiştir. ÇED Yönetmeliği'nin ülkeler bazında yürürlüğe girdiği yıllar Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı ülkelerde ÇED Yönetmeliği'nin yürürlük yılları (Türkman, 1994).

Ülke	Yıl
ABD	1970
Kanada	1973
Batı Almanya	1975
Fransa	1976
Lüksemburg	1978
Avrupa Top. Talimatı	1985
İtalya	1985
Portekiz	1987
İngiltere	1988
İspanya	1988
Flanders	1989
Polonya	1990
Yunanistan	1990
Çek Cumhuriyeti	1991
Belçika	1992
Türkiye	1993

Çevresel etki değerlendirmesi uygulanacak faaliyetler yönetmelik ekinde EK-I ve EK-II olarak verilmektedir. EK-I'de genel olarak çevresel etkileri fazla olan, kapasiteleri yüksek faaliyetler yer almaktadır. Bu faaliyetler için ÇED raporu hazırlanması gerekmekte olup Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sonucunda Bakanlıkça “Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu” veya “Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumsuz” kararı verilmektedir. EK-II'de ise EK-I'de yer alan faaliyetlere göre çevresel etkileri daha az olan ve kapasitesi daha küçük işletmeler yer almakta olup bu tür işletmelerden kapasite, kullanılan teknoloji, oluşacak atıkların türü ve miktarı, atıkların bertaraf şekli, faaliyet alanına ilişkin çevresel özellik ve bilgilerin verildiği bir proje tanıtım dosyası istenmektedir. EK-II'deki faaliyetlerle ilgili olarak proje tanıtım dosyasının incelenmesi sonucunda, “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir” veya “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” kararı verilmektedir. Bu karar da yönetmeliğe göre Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca verilmektedir. Ancak Bakanlıkça bu yetki Valiliklere devredilebilmektedir.

ÇED sürecinin genel olarak çevresel etkisi olabilecek her türlü faaliyete uygulanması gerekmektedir. Ülkemizde hangi faaliyetlere ÇED sürecinin uygulanacağı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenerek ÇED Yönetmeliği

ekinde verilmiştir. Ayrıca hangi faaliyetlere ne tür bir süreç uygulanacağı da belirtilmektedir (Anonim, 2014).

ÇED sürecine tabi faaliyetler yönetmelikte EK-I ve EK-II olarak iki ayrı grupta verilmiştir. EK-I ve EK-II listesinde yer alan madencilikle ilgili faaliyetler aşağıda verilmiştir.

EK-I'de Yer Alan Madencilik Faaliyetleri:

- 25 hektar ve üzeri arazi yüzeyinde (Kazı ve döküm alanı dahil) planlanan açık işletmeler,
- 150 hektarı aşan (Kazı ve döküm alanı toplamı olarak) çalışma alanında açık işletme yöntemi ile kömür çıkarma,
- Biyolojik, kimyasal, elektrolitik ya da ısıl işlem yöntemleri uygulanan cevher zenginleştirme tesisleri ve/veya bu zenginleştirme tesislerine ilişkin atık tesisleri,
- 400.000 ton/yıl ve üzeri kırma, eleme, yıkama ve cevher hazırlama işlemlerinden en az birini yapan tesisler.
- Termik güç santralleri:
 - a) Toplam ısıl gücü 300 MWt ve daha fazla olan termik güç santralleri ile diğer yakma sistemleri,
 - Patlayıcı ve/veya parlayıcı maddelerin üretildiği tesisler,
 - Çimento fabrikaları,

EK-II'de Yer Alan Madencilik Faaliyetleri:

- Madenlerin çıkarılması (Ek-1 listesinde yer almayanlar),
- Yıllık 5.000 m³ ve/veya 250.000 m² ve üzeri kapasiteli mermer ve dekoratif taşların kesme, işleme ve sayalama tesisleri,
- 1.000.000 m³/yıl ve üzerinde metan gazının çıkartılması ve depolanması,
- Karbondioksit, kaya gazı ve diğer gazların çıkartıldığı, depolandığı veya işlendiği tesisler, (Atölye tipi dolun tesisleri hariç)
- Kırma, eleme, yıkama ve cevher hazırlama işlemlerinden en az birini yapan tesisler, (Ek-1 listesinde yer almayanlar)
- Cevher zenginleştirme tesisleri ve/veya bu zenginleştirme tesislerine ilişkin atık tesisleri, (Ek-1 listesinde yer almayanlar)
- Kömür işleme tesisleri:
 - a) Havagazı ve kok fabrikaları,
 - b) Kömür briketleme tesisleri,
 - c) Lavvar tesisleri,

- Petrokok, kömür ve diğer katı yakıtların depolama, sınıflama ve ambalajlama tesisleri, (Perakende satış birimleri hariç)
- Kireç fabrikaları ve/veya alçı fabrikaları,
- Manyezit işleme tesisleri,
- Perlit ve benzeri maden genleştirme tesisleri,
- Maden, petrol ve jeotermal kaynak arama projeleri, (Sismik, elektrik, manyetik, elektromanyetik, jeofizik vb. yöntemle yapılan aramalar hariç)
- Hazır beton tesisleri, çimento veya diğer bağlayıcı maddeler kullanılarak şekillendirilmiş malzeme üreten tesisler, ön gerilimli beton elemanı, gaz beton, betopan ve benzeri üretim yapan tesisler, (Üretim kapasitesi 100 m³/saat ve üzeri)
- Tuğla veya kiremit üretimi yapan tesisler, [Hammadde kapasitesi (çamur hazırlamaya esas malzemeler)] (1.000 ton/yıl ve üzeri)
- Seramik veya porselen üretimi yapan tesisler, [Hammadde kapasitesi (çamur hazırlama, astarlama, sırlama vb. işlemlerde kullanılan malzemeler)] (1.000 ton/yıl ve üzeri)
- Klinker öğütme tesisleri,
- Anfo üretimi,
- Tuzun çıkarıldığı ve/veya işlendiği tesisler, (Eleme, paketleme hariç)

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada 1993-2020 yılları arasında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na Çevresel Etki Değerlendirmesi için başvuru yapan işletmeler arasında madencilik ile ilgili olanlar ve ÇED başvurularının sonuçlarına ait sayısal veriler istatistiki olarak analiz edilmiştir. Söz konusu 26 yıllık dönemde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na 6310 ÇED başvurusu yapıldığı belirlenmiştir. Bu başvurulardan 559'u olumsuz sonuçlanmıştır. Bu olumsuz sonuçlanan başvuruların büyük bölümü ise mevzuata aykırı olmasından kaynaklanmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'ndan elde edilen genel veriler arasından madencilikle ilgili olanlar ayıklanarak madencilik sektörü açısından analiz edilmiş ve aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır (Anonim, 2020).

ÇED başvuruları arasında madenciliğin oranı, olumlu sonuçlanan ÇED başvurularının türü, dağılımı, olumsuz sonuçlanan ve iptal edilen ÇED başvurularında madenciliğin oranı, en çok olumsuz sonuçlanan veya iptal edilen madencilik faaliyeti, madencilik başvuruları arasında kömür ve diğer madenlerin dağılım oranları istatistiki olarak analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

Doğal kaynakların değerlendirilmesi amacına yönelik üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği madencilik sektöründe doğa ile iç içe çalışılması nedeniyle çevre faktörü önem arz etmektedir. Bu nedenle çevresel etki değerlendirmesi çalışmaları arasında madencilik faaliyetleri de geniş ölçüde yer almaktadır. ÇED Yönetmeliği'nin Türkiye'de yürürlüğe girdiği 1993 yılından 01.01.2020 tarihine kadar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na başvuru yapan girişimcilerin sektöre göre sayı ve oranları Çizelge 2'de sunulmuştur (Anonim, 2020).

Çizelge 2. ÇED başvurularında madenciliğin yeri.

Sektör	ÇED Başvuru Sayısı	Oranı (%)
Madencilik	1961	31
Diğer Sektörler	4349	69
TOPLAM	6310	100

Çizelge 2'de görüldüğü üzere, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın verilerine göre, 01.01.2020 tarihine kadar toplam 6310 adet ÇED başvurusu yapılmış olup, bu başvurular arasında %31 oranı ile madencilik sektörü ÇED süreci uygulanan sektörler arasında ön sıralarda yerini almaktadır. %31'lik dilime sahip madencilik sektörü içerisindeki dağılım ise Çizelge 3'deki gibidir.

Çizelge 3. ÇED başvurularında madencilik sektörü içindeki dağılım.

Sektör İçi Dağılım Durumu	Sayısı	Oranı (%)
Endüstriyel Hammaddeler	1537	78
Metalik Madenler	296	16
Kömür ve İlgili Tesisler	97	5
Patlayıcı Maddeler	31	1
TOPLAM	1961	100

Çizelge 3'e göre Türkiye'de madencilik sektörüne ait ÇED başvurularının büyük oranda endüstriyel hammaddelerden oluştuğu anlaşılmaktadır. İkinci sırada metalik madenler, daha sonra kömür ve ilgili tesisler ve patlayıcı maddeler ile ilgili tesisler gelmektedir.

Çizelge 4’de ise kömür ve ilgili tesislerin ÇED başvuruları görülmektedir. Kömür ve kömürle ilgili tesislerin % 68.04’ünü termik santral ve ilgili tesisleri, % 19.59’u kömür hazırlama ve zenginleştirme tesisleri, % 9.28 kömür ocağı, % 3.09’u da 202lotasyon tesislerinden oluştuğu verilerden anlaşılmaktadır.

Elde edilen verilerden Türkiye madenciliği içerisinde, kömür ve ilgili tesislerinin % 5 gibi düşük bir orana sahip olduğu belirlenmiş bu başvurular arasında da kömür ocağı başvuru sayısının 26 yıllık süre zarfında sadece 9 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. ÇED uygulanan kömür ile ilgili tesislerin tür dağılımı ve ÇED olumsuz oranları.

Kömür Başvurularının Türü	Toplam Başvuru Sayısı	Tür Oranı (%)	ÇED Olumsuz Sayısı	ÇED Olumsuz ve İptal Oranı (%)
Termik Santral ve İlgili Tesisler	66	68.04	17	25.7
Kömür Kırma Eleme Zenginleştirme	19	19.59	3	15.8
Kömür Ocağı	9	9.28	1	11.1
Kömür Flotasyon	3	3.09	-	-
Toplam	97		21	21.45

Kömür ve ilgili tesislerine ait ÇED başvurularının % 21.45’i olumsuz sonuçlandığı veya başvurunun iptal edildiği tespit edilmiştir. ÇED Olumsuz ve başvuru iptal oranının % 21.45’le en büyük olduğu madencilik faaliyetinin kömür ve ilgili tesislerinde olduğu belirlenmiştir.

ÇED başvurularında % 1 oranına sahip patlayıcı maddeler sektöründe ise 31 adet başvuru yapılmıştır. Bu başvuruların tamamı patlayıcı madde depolama üniteleri kurulması ile ilgilidir. Bu başvurulardan sadece 1’i olumsuz sonuçlanmıştır

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Türkiye’deki ÇED Yönetmeliği hükümlerine göre, bütün madencilik faaliyetlerine ÇED sürecinin uygulanması zorunludur. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre, Türkiye’de 07.02.1993 ile 01.01.2020 tarihleri arasındaki 26 yıl boyunca 6310 adet faaliyet için ÇED başvurusu yapılmıştır. Bunlardan 1961’i madencilik ile ilgili olup toplam başvuruların % 31’ini oluşturmaktadır. ÇED uygulanan madencilik faaliyetlerinde en büyük pay % 78 ile endüstriyel

hammaddelere aittir. Daha sonra % 16 metalik madenler, % 5 kömür ve ilgili tesisler ve % 1 ile patlayıcı madde depolama tesisleri gelmektedir.

1993-2020 yılları arasında ÇED süreci uygulanan 1961 adet madencilik başvurusundan 320 tanesine, çevresel etkileri önemli bulunarak veya mevzuattan dolayı iptal edilerek Bakanlık tarafından faaliyete geçme izin verilmemiştir. Madencilik başvurularının % 16'sına ÇED Olumsuz veya iptal kararı verilmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın verilerine göre, ÇED Olumsuz veya iptal kararı verilme oranı, kömür başvurularında % 21.45'e tekabül etmektedir. Bu oranlara göre, çevresel gerekçeler veya mevzuata uygun olmaması nedeniyle maden işletmecilerinin sınırlandırıldığı ve çevresel etki değerlendirmesi sürecinin amacına uygun şekilde işlediği söylenebilir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın ÇED başvuru verilerine göre, Türkiye'deki son 26 yılda ÇED uygulanan madencilik faaliyetlerinin genel bir profilini çıkarmak mümkün görünmektedir. Hemen hemen tüm madencilik faaliyetlerine ÇED uygulanması nedeniyle elde edilen verilerden Türkiye'deki madencilik sektörünün durumu ve yönelimi hakkında çıkarımlar yapmak yanlış olmayacaktır. Bakanlıktan verilerinden elde edilen sonuçlara göre, son 26 yıldaki ÇED başvuruları göz önüne alındığında, Türkiye'de madenciliğin büyük oranda endüstriyel hammaddelerle ilgili olduğu görülmektedir.

ÇED başvuruları ile ilgili 1999 yılında yapılan bir çalışmada, endüstriyel hammaddelere ait başvurular % 90, metalik madenler % 5, enerji madenleri (kömür vb.) % 5 olarak belirlenmiştir (Özkahraman ve Ceylan, 1999). 2007 yılında yapılan benzer bir çalışmada ise endüstriyel hammaddelere ait başvurular % 77, metalik madenler % 16, kömür % 4 olarak belirlenmiştir (Ceylan, 2007). Bu çalışmanın sonuçlarına göre ise endüstriyel hammaddeler ile ilgili başvuruların 1999 yılına göre oransal olarak azaldığı, 2007 yılına yakın oranlarda kaldığı anlaşılmaktadır. Metalik madenlerin ise % 5'ten 2007 yılında % 16'ya yükseldiği ve 2020 yılında da bunu koruduğu belirlenmiştir. Kömür ile ilgili başvurular ise aynı seviyelerde kalmıştır.

Bir faaliyetin çevresel etkilerini en aza indirmeyi hedefleyen ÇED, dünyada kabul görmüş ve uzun yıllardır uygulanan bir çevre koruma yöntemidir. Aslında teknik bir çalışma olan ÇED, Türkiye'de yanlış algılamalar nedeniyle işletmeciler tarafından bürokratik bir engel olarak görülmektedir. Oysa ÇED çalışması, faaliyetin türüne göre değişik disiplinlerden uzman kişilerin çalıştığı, disiplinler arası bir çalışma gerektiren ve çevresel etkileri olan her işletme için gerekli teknik bir işittir. Türkiye'de ÇED konusunda gerek akademik düzeyde yeterince çalışma olmaması gerekse

üniversitelerde mühendislik eğitiminde konu ile ilgili yeterli düzeyde eğitim verilmemesi nedeniyle mesleki formasyon olarak eksiklik söz konusudur. Bu nedenle her mühendislik dalında eğitimin bu açıdan gözden geçirilmesi uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2014. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- Anonim, 2020. Çevresel Etki Değerlendirmesi Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, <https://ced.csb.gov.tr/> (Ocak 2020).
- Arol, A.İ. 2005. Madencilikte Sıfır Atıklı Üretim, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara, s. 83-91.
- Ceylan, H., Özkahraman H.T. 2000. Madencilik Faaliyetlerinde Çevresel Planlama ve Uygulanabilecek Doğaya Yeniden Kazandırma Alternatifleri, Türkiye 12. Kömür Kongresi, Zonguldak, s. 91-100.
- Ceylan, H. 2007. Türkiye’de ÇED Yönetmeliği Uygulamaları ve Endüstriyel Hammaddeler Açısından Değerlendirilmesi, 6. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 10-16.
- Turan, E.S., Güner, E.D. 2017. Türkiye’de Çevresel Etki Değerlendirme Mevzuatındaki Değişimler, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 3, 1, s. 39-47.
- Türkman, A. 1994. ÇED Eğitimi, Çeşitli Ülkelerde ÇED Yönetmeliğinin Çıkış Tarihleri, Türkiye Çevre Vakfı, Önder Matbaası, Ankara, Türkiye, 252 s.
- Özkahraman, H.T., Ceylan, H. 1999. ÇED Yönetmeliğinin Türk Madenciliğine Etkisi, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 10-15.
- Uslu, O. 1994. ÇED Eğitimi, Çevre Kavramına Genel Bakış, Türkiye Çevre Vakfı, Önder Matbaası, Ankara, Türkiye, 252 s.
- Zanbak, C. 2005. Kalkınmanın Sürdürülebilirliği Işığında Madencilik, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara, s. 31-39.

KÖMÜR MADENCİLERİ İÇİN DOĞRU VE PRATİK KULAK KORUYUCU SEÇİMİ

PRACTICAL SELECTION OF THE RIGHT HEARING PROTECTOR FOR COAL MINERS

İlknur Erol^{*}, K. Kaan Soylu

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ADANA

ÖZET Uzun süre yüksek düzeyde gürültü maruziyeti çalışanların işitme sistemine zarar vermekte, bu durum da işitme kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca gürültü, çalışanlarda yüksek kan basıncı, dikkatsizlik, uykusuzluk, isteksizlik, endişe gibi etkiler oluşturmakta, çalışanların yaşam kalitesini bozmaktadır. Gürültü maruziyetinden kaynaklanan risklerden korunmak için doğru kulak koruyucu donanım kullanımı oldukça önemlidir. Çalışanların kulak koruyucu kullanma isteği büyük ölçüde, kulak koruyucuların maruz kaldıkları gürültüyü etkin sönümlemelerine ve kullanım rahatlıklarına bağlıdır. Bu çalışmada, bir kömür işletmesinde çalışanların sanat bazında maruz kaldıkları gürültü düzeyleri gürültü dozimetre cihazı ile tespit edilmiştir. Gürültü ölçümü yapılan dozimetreye ait yazılım programından (Supervisor), çalışanlar için en uygun, kabul edilebilir ve aşırı koruma özelliği gösteren kulak koruyucu donanım seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu esasa bir kömür işletmesindeki gürültü kaynakları araştırılmış, kulak koruyucu donanım kullanması gereken sanat dalları ve etkin sönümleme değerine sahip kulak koruyucu modelleri pratik ve hızlı biçimde belirlenmiştir.

ABSTRACT Long-term exposure to high levels of noise damages the hearing system of the workers, which causes hearing loss. In addition, noise creates effects such as high blood pressure, inattention, insomnia, reluctance and anxiety in employees, and impairs the quality of life of employees. It is very important to use the right ear protection equipment in order to be protected from the risks caused by noise exposure. Employees' desire to use ear protection is largely dependent on the effective damping of the noise they are exposed to and their wearing comfort. In this study, the noise levels that workers in a coal plant are exposed to on the basis of art were determined with a noise dosimeter device. From the software program (Supervisor) of the dosimeter for which noise measurement was made, the most suitable, acceptable and overprotective hearing protection equipment was selected for the employees. Based on this, the sources of noise in a coal plant were investigated, the occupational group that should use ear protection equipment and ear protection models with effective damping value were determined practically and quickly.

^{*}ierol@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin asıl amacı, çalışanların sağlık ve güvenliğinde sürekli iyileştirmeler meydana getirmektir. Bu nedenle teknolojik gelişmeler, çalışma koşulları, çalışma ortamındaki riskler dikkate alınarak risk değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. İş yerlerindeki sağlık ve güvenlik koşulları güncellenmeli, koruyucu ve önleyici önlemler alınmalıdır. Bu kapsamda çalışanlara uygun kişisel donanım seçimi oldukça önemlidir.

Kişisel koruyucu donanımlar, çalışanların sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sürdürülebilmesi için, ayrıca kontrol altına alınamayan risklere karşı koruyucu olarak kullanılan ürünlerdir. Tüm tedbirler alınmış olmasına rağmen, riskin yüksek olduğu işyerlerinde KKD kullanımı çok önemlidir. KKD çalışana, çalışılan işe ve riske uygun seçilmelidir. Çalışana yarar yerine zarar vermemelidir.

Sürekli gürültülü işyeri ortamında çalışanlarda, dikkat dağınıklığı, performansta düşme, farkında olmadan yüksek sesle konuşma, işitme kaybı ve kaza ihtimali artmaktadır (Aghilone et al., 2013). İş yerlerinde iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için risk faktörleri alınacak önlemler ile kabul edilebilir risk seviyelerine indirilemiyor ise KKD kullanılması gerekmektedir (Sviech et al., 2013). Kömür madenciliğinde çalışma koşullarından dolayı risk faktörlerinin kaynağında yok edilmesi zordur. Bu sebeple bu işyerlerinde çalışanlar muhakkak KKD kullanımı konusunda bilinçlendirilmelidirler.

İş yeri ortamında gürültünün bulunması işitme ile ilgili problemler meydana getirmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybı, gürültüye aşırı maruz kalmaktan kaçınarak, kulak tıkaçları ve kulaklıklar gibi kulak koruyucu donanım kullanılarak önlenabilir (Phoon and Lee, 1993; Rabinowitz, 2000). Ancak kulak koruyucu takmanın verdiği rahatsızlıktan dolayı çalışanlar onları kullanmayı tercih etmemektedir. Sergio ve Miguels (1996) çalışanlara verilen eğitim ve motivasyonunun yanı sıra doğru kulak koruyucu seçiminin ve kulak koruyucunun rahatlığının, çalışanları kulak koruyucu kullanım konusunda teşviklendiğini vurgulamışlardır. Kulak koruyucuların seçiminde çalışanın kullanacağı iş yeri ortamı ve kişisel durumu değerlendirilmelidir. Uyarı ve diğer duyulması gereken seslerin de duyulabilirliğini azaltma riski de değerlendirilerek belirlenmeli ve kullanımı sağlanmalıdır.

Bu çalışmanın amacı bir kömür işletmesinde çalışanların gürültüye bağlı işitme kaybına yakalanmaması için kullanmaları gereken en uygun kulak koruyucu donanımın, maruz kalınan gürültü seviyelerine göre en etkin ve en pratik yöntemle belirlenmesidir.

2. KULAK KORUYUCU DONANIM SEÇİMİ

Kulak koruyucuları; kulak tıkaçları, kulak kapatıcılar (manşonlu kulaklıklar) ve kafa koruyucu veya yüz koruyucu donanımlara takılmış kulak dışı kulaklıklar olmak üzere üç çeşittir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Kulak koruyucu çeşitleri

			
Tek kullanımlık kulak tıkaçları	Tekrar kullanılabilir kulak tıkaçları	Kulak kapatıcı (Kulaklık)	Kafa koruyucu donanıma takılmış kulak dışı kulaklık

İşveren, gürültü yönetmeliğinde tanımlanan en düşük maruziyet eylem değeri aşıldığında ($L_{EX,8h}$: 80 dBA) kulak koruyucu donanımları hazır halde bulundurmalıdır. En yüksek maruziyet eylem değerine ulaşıldığında ($L_{EX,8h}$: 85 dBA) ya da bu değer aşıldığında ise, kulak koruyucu donanımların kullanılmasını sağlaması ve bu durumu denetlemesi gerekmektedir. Maruziyet sınır değeri ($L_{EX,8h}$: 87 dBA) aşıldığında işveren, sınır değer altına inmek için önlem almak, sınır değer aşılma nedenlerini belirlemek ve bu durumu önlemek için, koruyucu tedbirler almak zorundadır. Ayrıca işveren, yapılacak risk değerlendirmesi sonucu alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri ile çalışanların kullanması gereken kişisel koruyucu donanımı belirlemekle de sorumludur (Gürültü Yönetmeliği, 2013).

Kulak koruyucu seçimi yaparken ortam gürültü seviyesine uygun olan kulak koruyucuların tercih edilmesi gerekmektedir. Doğru seçilmiş ve kullanılmış işitme koruyucuları ancak tam koruma sağlayabilir. Kulak koruyucuları işyeri ortamında yapılan A ağırlıklı ve C ağırlıklı ses seviyesinin ölçüm sonuçlarına bağlı olarak belirlenmektedir. Her model kulak koruyucunun farklı ses zayıflatma değerleri vardır. Kulak koruyucuların ses zayıflatma değerleri laboratuvar koşullarında belirlenerek, üretici firmalar tarafından kullanım kılavuzunda gösterilmiştir.

Kulak koruyucu seçiminde önem verilmesi gereken faktörler, CE işareti, ses zayıflatma özeliği (SNR değeri), kullanıcı konforu, ortam ve aktivite, diğer kişisel koruyucu donanımla uyumluluktur. Kulak koruyucu seçiminden önce, çalışanların çalışma alanı, maruz kaldıkları gürültü düzeyi ve maruz kaldıkları sürenin mutlaka bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca kulaklık veya kulak tıkacının koruyuculuk düzeyleri arasında fark incelenmeli, seçilen kulak koruyucusunun çalışana uyup uymadığı ve uzun süreli kullanım için ergonomikliğine dikkat edilmelidir.

3. MATERYAL ve METOD

Gürültü çalışanların sağlığını ve verimliliğini etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Çalışanların maruz kaldığı gürültünün ölçülmesi, gürültü sorunu olan işyerlerinin, risk altında olabilecek çalışanların belirlenmesi ve gürültüye bağlı işitme kaybını azaltmak için alınması gereken önlemler açısından oldukça önemlidir (Berger, 2003).

Uzun süre gürültülü ortamlarda çalışanlarda gürültüye bağlı işitme kaybı meydana gelmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybı, en yaygın kalıcı ve önlenemez meslek hastalığı olarak adlandırılmaktadır. İş yerlerinde gürültülü ile mücadele kapsamında çeşitli önlemler alınmaktadır. Önlemlerin yetersiz kaldığı durumlarda çalışanların uygun kulak koruyucu kullanıp kullanmadığına dikkat etmek gerekmektedir. Bu esasa çalışanların maruz kaldıkları gürültü değerlerine göre kullanmaları gereken en uygun, kabul edilebilir ve aşırı koruma sağlayan kulak koruyucular gürültü dozimetresine ait yazılım programı ile analiz edilmiştir.

3.1. Gürültü Ölçümü

Bu çalışmada bir kömür işletmesinde madencilik işlemleri sırasında çalışanların maruz kaldıkları gürültü değerleri kişisel gürültü dozimetre cihazı ile tespit edilmiştir (Şekil 1.). Çalışanların gürültü maruziyet ölçümleri TS EN ISO 9612 (2009) standardı esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 1. Kişisel gürültü dozimetre cihazı (Svantek, 2021).

Gürültü ölçümleri, A ve C ağırlıklı ses düzeyinde ve yavaş modda gerçekleştirilmiştir. Eşitlik ve 1 ve 2’de sunulan formüller kullanılarak, ölçüm sonucu elde edilen veriler eşdeğer gürültü seviyesine dönüştürülmüştür.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right] \quad (1)$$

L_{Aeq} : Eşdeğer gürültü seviyesi (dBA)

n : Ölçüm sayısı

L_i : Ölçüm değerleri (dBA)

$$L_{Ceq} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right] \quad (2)$$

L_{Ceq} : Eşdeğer gürültü seviyesi (dBC)

n : Ölçüm sayısı

L_i : Ölçüm değerleri (dBC)

Gürültü ölçümleri bittikten sonra dozimetre cihazı bilgisayara bağlanmaktadır. Dozimetre cihazına ait yazılım programından gürültü ölçüm sonuçlarına (L_{Aeq} , L_{Ceq}) kolaylıkla erişmek mümkündür.

3.2. Kulak Koruyucu Seçim Yöntemleri

En iyi kulak koruyucuyu seçmek için üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar;

- SNR metodu,
- HML metodu,
- Oktav bandı metodu.

3.2.1. SNR Metodu

Bu yöntem işyeri gürültüsünün A-ağırlıklı ve C-ağırlıklı ses basınç seviyesine ilaveten, kulak koruyucusunun tek sayı değerlendirmesine (Single Number Rating) dayanmaktadır. SNR değeri, işyerinde ölçülmesi gereken C' ağırlıklı ses basınç seviyesine göre hesaplanmaktadır. Kulaktaki dBA değeri ($L_{A'}$) Eşitlik 3'teki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$L_{A'} = L_C - SNR \quad (3)$$

$L_{A'}$ = Kulaktaki dBA değeri

L_C = İşyerinde ölçülen gürültü değeri (dBC)

SNR = Kulak koruyucusunun sönümleme değeri

Seçilen kulak koruyucusunun yeterli olup olmadığı Çizelge 2'ye göre değerlendirilmektedir.

Çizelge 2. Kulakta etkili gürültü seviyesi (Sound Advice, 2017).

Kulak koruyucuyu kullanırken kulaktaki ses seviyesi ($L_{A'}$, dBA)	Koruma Durumu
>85	Yetersiz
80-85	Kabul Edilebilir
75-80	En Uygun
70-75	Kabul Edilebilir
<70	Aşırı Koruma

3.2.2. HML Metodu

Bu yöntem işyeri gürültüsünün A ve C ağırlıklı ses basınç seviyelerine ek olarak, kulak koruyucuların yüksek (H), orta, (M) ve düşük (L) frekans yalıtımına göre değerlendirme yapmaktadır. HML yöntemi ile ilgili hesaplamalardaki düşük frekanslı sesler (L) 63, 125, 250 ve 500 Hz, orta frekanslı sesler 500, 1000 ve 2000 Hz ve yüksek frekanslı sesler (H) 2000, 4000 ve 8000 Hz ISO 4869-2 standardında açıklanmaktadır. Ayrıca KKD kataloğu tarafından da sağlanabilir.

Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’de verilen formüller ile hesaplamalar yapılır ve ardından seçilen kulak koruyucu ekipmanın uygun olup olmadığı Çizelge 3.’e göre değerlendirilmektedir.

İşitme koruyucuların ($L_{A'}$) altındaki A ağırlıklı ses basıncı seviyesi Eşitlik 5’deki denklem ile belirlenir.

$$L_{A'} = L_A - PNR \quad (4)$$

Burada L_A , gürültünün A ağırlıklı ses basıncı seviyesidir; PNR, işitme koruyucusu tarafından sağlanan tahmini gürültü seviyesi azaltımıdır.

$L_C - L_A \leq 2$ ise PNR Eşitlik 5’deki denklem ile hesaplanır. Ancak $L_C - L_A > 2$ ise Eşitlik 6’daki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$PNR = M - ((H - M)/4) \cdot (L_C - L_A - 2) \quad (5)$$

$$PNR = M - ((M - L)/8) \cdot (L_C - L_A - 2) \quad (6)$$

3.2.3. Oktav bandı Metodu

Oktav bant yöntemi, kulakta L_{Aeq} hesaplamasının en karmaşık yöntemini içermektedir. Kulaktaki A ağırlıklı değer Eşitlik 7'deki denklem ile hesaplanabilir.

$$L_{Aeq} = (10 \log \sum_{f=63}^{8000} 10^{(L_f + A_f - APV_f)/10}) \quad (7)$$

L_{Aeq} : Kulaktaki etkili A ağırlıklı ses seviyesidir.

f: Hz cinsinden oktav bant merkez frekansıdır.

L_f : f bandında ölçülen oktav bandı ses seviyesidir

A_f : f oktav bandı için frekans ağırlığıdır

APV_f : f oktav bandı için işitme koruyucusunun varsayılan koruma değeridir.

3.3 Dozimetre Cihazına Ait Yazılım Programı ile Kulak Koruyucu Seçimi

Günümüzde günlük gürültü maruziyeti 85 dBA ve üzeri olan çalışanlar için en uygun kulak koruyucu modeli, bir gürültü dozimetre cihazının yazılım programında bulunan kulak koruyucu seçim menüsü (Supervisor) yardımıyla hızlıca belirlenebilmektedir. Yazılım programının kütüphanesinde 110 adet kulak koruyucu modeli bulunmaktadır (Çizelge 3.). Bu yazılım programı gürültü ölçüm sonuçlarını hem SNR ve hem de HML yöntemine göre değerlendirmektedir. Ayrıca yazılım programı her iki yöntem ile ölçülen L_{Aeq} ve L_{Ceq} değerlerini esas alarak koruma durumu en uygun, kabul edilebilir ve aşırı koruyucu olan kulak koruyucu modellerini belirlemektedir (Çizelge 4.).

Çizelge 4. Her iki yöntemle göre en iyi kulak koruyucu seçimi.

Mode	Summary results	
File	Channel	
L38	Ch1	
Protector	3M E-A-R CAPS	
Method:		
SNR (ISO 4869-2)		
LC [dB]	99.0	
SNR [dB]	23	
Current L'A [dB]	76	Good
HML (ISO 4869-2)		
LA [dB]	97.9	
LC [dB]	99.0	
H [dB]	27	
M [dB]	19	
L [dB]	17	
Current L'A [dB]	77	Good

Çizelge 4.'de gürültü maruziyet değeri L_{Aeq} 97,9 dBA ve L_{Ceq} 99 dBA olan bir çalışan için pratik olarak 3M E-A-R CAPS model kulak koruyucunun (SNR değeri 23 dBA ve H:27, M:19 L:17 dBA) koruma durumunun ($L_{A'}$) hem SNR hem de HML yöntemine göre en uygun model olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Gürültü dozimetre cihazının yazılım programında bulunan kulaklık modelleri (Supervisor, 2021).

No	Model	No	Model	No	Model
1)	3M 1100	42)	EAR Tracer 20	83)	Moldex Rockets (6400)
2)	3M 1110	43)	EAR Ultrafit	84)	Moldex Rockets Cord (6401)
3)	3M 1261	44)	EAR Ultrafit 14	85)	Moldex Rockets Detect (6409)
4)	3M 1271	45)	EAR Ultrafit 20	86)	Moldex Spark Plugs (7800)
5)	3M 1310	46)	EAR Ultrafit X	87)	Moldex Spark Plugs Cord (7801)
6)	3M 1440	47)	EAR Ultratech	88)	Moldex Spark Plugs Detect (7809)
7)	3M 1445	48)	JSP Big Blue	89)	Moldex Spark Plugs PocketPak (7802)
8)	3M E-A-R CAPS	49)	JSP Classic Extreme	90)	Peltor Alert Headband
9)	3M E-A-R EARsoft	50)	JSP Classic GP	91)	Peltor Alert Helmet
10)	3M E-A-R EARsoft Metal Detectable	51)	JSP Economuff	92)	Peltor Bulls Eye
11)	3M E-A-R Reflex (behind-the-head)	52)	JSP Goodwood	93)	Peltor Bulls Eye I (H515)
12)	3M E-A-R Reflex (over-the-head)	53)	JSP J Muff	94)	Peltor Bulls Eye II (H520F)
13)	3M E-A-R Reflex (under-the-chin)	54)	JSP Midiplug	95)	Peltor Bulls Eye III (H540A)
14)	3M E-A-R Ultratech	55)	JSP Monaco	96)	Peltor H31A 300
15)	3M No-touch	56)	JSP Soundstopper Foldamuff	97)	Peltor H31B 300
16)	3M Pulsar	57)	JSP Supamuff	98)	Peltor Opime I Foldable (H510F)
17)	3M Solar	58)	JSP Thruyton	99)	Peltor Opime I Headband (H510A)
18)	3M Torque	59)	Leight Laser-Lite	100)	Peltor Opime I helmet (H510P3)
19)	3M Tri-Flange	60)	Leight Laser-Lite Corded	101)	Peltor Opime I Neckband (H510B)
20)	3M Ultra 9000	61)	Leight Laser-Trak	102)	Peltor Opime II Foldable (H520F)
21)	EAR 5000	62)	Leight Max	103)	Peltor Opime II Headband (H520A)
22)	EAR CLEARE-A-R 20	63)	Leight Max Corded	104)	Peltor Opime II Helmet (H520P3)
23)	EAR Caps	64)	Leight Max-Lite	105)	Peltor Opime II Neckband (H520B)
24)	EAR Carboflex	65)	Leight QB2	106)	Peltor Opime III Headband (H540A)
25)	EAR Classic Corded	66)	Leight QB3	107)	Peltor Opime III Helmet (H540P3)
26)	EAR Classic Superfit 33	67)	Leight QB3HYG	108)	Peltor Opime III Neckband (H540B)
27)	EAR Classic Superfit 36	68)	Leight Quiet	109)	Peltor WS Workstyle Headband
28)	EAR Classic Uncorded	69)	Moldex Comets (6420)	110)	Peltor WS Workstyle Helmet
29)	EAR E-A-RBAND	70)	Moldex Comets Cord (6421)		
30)	EAR E-A-RFLEX 14	71)	Moldex Contours (7400)		
31)	EAR E-A-RFLEX 20	72)	Moldex Contours small (7403)		
32)	EAR E-A-RSOFT 21	73)	Moldex Jazz-Band 2 (6700)		
33)	EAR Express Earplugs	74)	Moldex M4 (6110)		
34)	EAR Express Earplugs Corded	75)	Moldex M5 (6120)		
35)	EAR Flexicap	76)	Moldex M6 (6130)		
36)	EAR Pro-Seals	77)	Moldex MX-7 (6140)		
37)	EAR Push-Ins	78)	Moldex Mellows (7600)		
38)	EAR Superfit 33	79)	Moldex Orange (7500)		
39)	EAR Superfit 36	80)	Moldex Pura-Band (6600)		
40)	EAR Swerve	81)	Moldex Pura-Fit (7700)		
41)	EAR Tracer	82)	Moldex Pura-Fit Cord (6900)		

Aynı gürültüye maruz kalan çalışan için 3M 1100 model kulak koruyucunun (SNR değeri 37 dBA ve H:37, M:34 L:31 dBA) koruma durumunun (L_{A1}) hem SNR hem de HML yöntemine göre aşırı koruma sağlayan model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.).

Çizelge 5. Her iki yönteme göre aşırı koruma sağlayan kulak koruyucu seçimi.

Mode	Summary results	
File	Channel	
L38	Ch1	
Protector	3M 1100	
Method:		
SNR (ISO 4869-2)		
LC [dB]	99.0	
SNR [dB]	37	
Current L'A [dB]	62	Risk of overprotection
HML (ISO 4869-2)		
LA [dB]	97.9	
LC [dB]	99.0	
H [dB]	37	
M [dB]	34	
L [dB]	31	
Current L'A [dB]	63	Risk of overprotection

Çizelge 6. Her iki yönteme göre kabul edilebilir kulak koruyucu seçimi.

Mode	Summary results	
File	Channel	
L38	Ch1	
Protector	3M 1261	
Method:		
SNR (ISO 4869-2)		
LC [dB]	99.0	
SNR [dB]	25	
Current L'A [dB]	74	Acceptable
HML (ISO 4869-2)		
LA [dB]	97.9	
LC [dB]	99.0	
H [dB]	27	
M [dB]	22	
L [dB]	20	
Current L'A [dB]	75	Acceptable

Çizelge 7. Her iki yönteme göre farklı koruma özelliği gösteren kulak koruyucu seçimi.

Mode	Summary results	
File	Channel	
L38	Ch1	
Protector	EAR Classic Corded	
Method:		
SNR (ISO 4869-2)		
LC [dB]	99.0	
SNR [dB]	29	
Current L'A [dB]	70	Risk of overprotection
HML (ISO 4869-2)		
LA [dB]	97.9	
LC [dB]	99.0	
H [dB]	30	
M [dB]	26	
L [dB]	23	
Current L'A [dB]	71	Acceptable

3M 1261 model kulak koruyucunun (SNR değeri 25 dBA ve H:27, M:22 L:20 dBA) koruma durumunun ($L_{A'}$) hem SNR hem de HML yöntemine göre kabul edilebilir bir model olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 6.). EAR Classic Corded model kulak koruyucunun (SNR değeri 29 dBA ve H:30, M:26 L:23 dBA) koruma durumu ($L_{A'}$) SNR yöntemine göre aşırı koruyucu, HML yöntemine göre kabul edilebilir bir model olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 7.).

4. BULGULAR

4.1 Gürültü Ölçüm Sonuçları

Bu çalışma kapsamında bir kömür işletmesinde kişisel gürültü dozimetre cihazı ile çalışanların sanat bazında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Dozimetre cihazı çalışanın kıyafetine kulak hizasına yakın olacak şekilde takılmıştır. Elde edilen gürültü ölçüm sonuçları Çizelge 8.'de sunulmaktadır.

Çizelge 8. Sanat kolları bazında kişisel gürültü ölçüm sonuçları.









Sanat Kolları		L_{Aeq} (dBA)	L_{Ceq} (dBC)
Hazırlık	E-H Delici Operatörü	101,9	100,8
	E-H Yükleyici Operatörü	94,1	97
	Sondör	103,6	103,7
	Martoperfaratör Operatörü	103,2	106,7
Üretim	Martopikör Operatörü	100,3	100,7
Nakliyat	Nakliyatçı (45 HP motorlu zincirli konveyörde)	90,3	92,5
	Nakliyatçı (15 HP motorlu zincirli konveyörde)	88,5	89,6
	Mekanizasyon Pres	92,3	92,5
	Kaynakçı (Kaynak İşi)	80,7	79,7
	Kaynakçı (Spiral Taşlama)	92,8	91,3
Su Atımı	Tulumbacı	93,7	94,7
	Kompresör ve Ana pervane	91,5	94,5

4.2 Bir Kömür İşletmesinde Çalışanlar İçin Doğru Kulak Koruyucu Seçimi









Kulak koruyucu donanımın amacı, kabul edilebilir veya optimum koruma elde etmektir. Kulak koruyucu donanım seçerken çalışanların gürültü maruziyeti göz önünde bulundurulmalıdır. Belirlenecek kulak koruyucu donanımlar, çalışanların maruziyetini 85dBA'nın altına düşürmeli, ancak 70'in altına düşürmemelidir. Eğer

maruz kalma 70'in altına düşürülürse, çalışanlar aşırı korunmuş olur. Aşırı koruma konuşmayı, makine seslerini veya uyarı sinyallerini önemli ölçüde değiştirebilir ayrıca üretkenliği veya güvenliği de etkileyebilir. Çalışanlar, kulak koruyucu donanımların, tahkimattan veya arından gelecek seslere, ikaz veya uyarı gibi duyulması gereken seslere engel olabileceği kaygısını taşımaktadırlar. Bu sebeple kulak koruyucu seçimi yapılırken aşırı koruyucu olmayan işitme koruyucuların seçilmesi hususu oldukça önemlidir. (Smeatham and Wheeler, 1998). Bu çalışmada bir kömür işletmesinde sanat grubuna göre çalışanların maruz kaldıkları gürültü değeri esas alınarak gürültü dozimetresinin yazılım programı (Supervisor) yardımıyla hem SNR hem de HML yöntemine göre en uygun, kabul edilebilir, aşırı koruma durumu olan kulak koruyucu modelleri belirlenmiş ve birkaç örnek sunulmuştur (Çizelge 9-14.).

Çizelge 9. E-H delici ve E-H yükleyici operatörü için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _{Aeq} (dBA)	L _{Ceq} (dBC)	SNR			HML				Kulak Koruyucu		
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'	Koruma Durumu	Marka	Model
E-H Delici Operatörü	101,9	100,8	SNR 37	64	Aşırı Koruma	37	34	31	66	Aşırı Koruma	3M No Touch	
			SNR 23	78	En Uygun	27	19	17	77	En Uygun	3M E-A-R CAPS	
			SNR 29	72	Kabul Edilebilir	29	27	24	73	Kabul Edilebilir	3M Tri-Flange	
			SNR 14	87	Yetersiz	22	10	5	83	Kabul Edilebilir	EAR E-A-RFLEX 14	
E-H Yükleyici Operatörü	94,1	97	SNR 37	60	Aşırı Koruma	37	34	31	60	Aşırı Koruma	3M 1100	
			SNR 25	72	Kabul Edilebilir	27	22	20	72	Kabul Edilebilir	3M 1261	
			SNR 21	76	En Uygun	21	18	16	76	En Uygun	3M E-A-R Ultratech	
			SNR 27	70	Aşırı Koruma	31	24	17	71	Kabul Edilebilir	JSP ThruXton	

Çizelge 10. Sondör ve martoperfaratör operatörü için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _{Aeq} (dBA)	L _{Ceq} (dBC)	SNR			HML				Kulak Koruyucu		
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'	Koruma Durumu	Marka	Model
Sondör	103,6	103,7	SNR 37	67	Aşırı Koruma	37	34	31	68	Aşırı Koruma	3M E-A-R EARsoft	
			SNR 26	78	En Uygun	29	23	19	78	En Uygun	Peltor WS Workstyle Helmet	
			SNR 23	81	Kabul Edilebilir	27	19	17	81	Kabul Edilebilir	3M Torque	
			SNR 14	90	Yetersiz	22	10	5	88	Yetersiz	EAR E-A-RFLEX 14	
Martoperfaratör Operatörü	103,2	106,7	SNR 37	70	Aşırı Koruma	37	34	31	70	Aşırı Koruma	3M 1100	
			SNR 34	75	Kabul Edilebilir	40	32	22	73	Kabul Edilebilir	Peltor Opime III Helmet (H540P3)	
			SNR 29	78	En Uygun	29	27	24	77	En Uygun	3M Classic Corded	
			SNR 21	86	Yetersiz	21	18	16	86	Yetersiz	EAR Carboflex	

Çizelge 11. Martopikör operatörü ve nakliyat işçisi için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _{Aeq} (dBA)	L _{Ceq} (dBC)	SNR			HML				Kulak Koruyucu Marka	Model	
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'			Koruma Durumu
Martopikör Operatörü	100,3	100,7	SNR 36	65	Aşırı Koruma	34	34	31	66	Aşırı Koruma	Peltor Opime III Neckband (H540B)	
			SNR 23	78	En Uygun	26	19	17	79	En Uygun	EAR Flexicap	
			SNR 27	74	Kabul Edilebilir	31	24	16	74	Kabul Edilebilir	3M 1440	
			SNR 14	87	Yetersiz	22	10	5	86	Yetersiz	EAR RFLEX 14 E-A-	
Nakliyatçı (45 HP motorlu zincirli konveyörde)	90,3	92,5	SNR 30	63	Aşırı Koruma	34	28	19	63	Aşırı Koruma	Peltor Opime II Helmet (H520P3)	
			SNR 21	72	Kabul Edilebilir	21	18	16	72	Kabul Edilebilir	EAR Tracer 20	
			SNR 14	79	En Uygun	22	10	5	80	En Uygun	EAR RFLEX 14 E-A-	
			SNR 23	70	Aşırı Koruma	27	19	17	71	Kabul Edilebilir	3M E-A-R Caps	









Çizelge 12. Nakliyat ve mekanizasyon pres işçisi için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _{Aeq} (dBA)	L _{Ceq} (dBC)	SNR			HML				Kulak Koruyucu Marka	Model	
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'			Koruma Durumu
Nakliyatçı (15 HP motorlu zincirli konveyörde)	88,5	89,6	SNR 30	60	Aşırı Koruma	34	28	19	59	Aşırı Koruma	Peltor Opime II Helmet (H520P3)	
			SNR 14	76	En Uygun	22	10	5	76	En Uygun	EAR RFLEX 14 E-A-	
			SNR 19	71	Kabul Edilebilir	20	16	15	72	Kabul Edilebilir	JSP Midiplug	
Mekanizasyon ve Pres İşçisi	92,3	92,5	SNR 28	65	Aşırı Koruma	30	24	22	66	Aşırı Koruma	EAR Express Earplugs	
			SNR 21	72	Kabul Edilebilir	21	18	16	73	Kabul Edilebilir	3M E-A-R Ultratech	
			SNR 14	79	En Uygun	22	10	5	77	En Uygun	EAR RFLEX 14 E-A-	
			SNR 23	70	Aşırı Koruma	25	19	17	71	Kabul Edilebilir	Leight QB3HYG	

Çizelge 13. Kaynak işçileri için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _{Aeq} (dBA)	L _{Ceq} (dBC)	SNR			HML				Kulak Koruyucu Marka	Model	
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'			Koruma Durumu
Kaynakçı (Kaynak işlemi yaparken)	80,7	79,7	SNR 26	54	Aşırı Koruma	32	23	15	51	Aşırı Koruma	Tüm Modeller	
Kaynakçı (Spiral taslama yaparken)	92,8	91,3	SNR 28	63	Aşırı Koruma	30	24	22	64	Aşırı Koruma	EAR Express Earplugs	
			SNR 20	72	Kabul Edilebilir	20	16	15	73	Kabul Edilebilir	JSP Midiplug	
			SNR 14	77	En Uygun	22	10	5	72	Kabul Edilebilir	EAR RFLEX 14 E-A-	
			SNR 21	70	Aşırı Koruma	21	18	16	72	Kabul Edilebilir	3M E-A-R Ultratech	

Çizelge 14. Tulumbacı ve kompresör ana pervane işçisi için kulak koruyucu seçimi.

Sanat Grubu	L _A ses (dBA)	L _C ses (dBC)	SNR			HML					Kulak Koruyucu	
			Kulaklık	LA'	Koruma Durumu	H	M	L	LA'	Koruma Durumu	Marka	Model
Tulumbacı	93,7	94,7	SNR 29	66	Aşırı Koruma	30	26	23	67	Aşırı Koruma	EAR Corded Classic	
			SNR 19	76	En Uygun	20	16	15	77	En Uygun	JSP Midiplug	
			SNR 23	72	Kabul Edilebilir	27	19	17	73	Kabul Edilebilir	3M E-A-R CAPS	
			SNR 25	70	Aşırı Koruma	26	22	21	71	Kabul Edilebilir	Moldex Comets (6420)	
Kompresör ve Ana Pervane	91,5	94,5	SNR 29	66	Aşırı Koruma	30	26	23	66	Aşırı Koruma	E-A-R Pro-Seals	
			SNR 23	72	Kabul Edilebilir	26	19	17	73	Kabul Edilebilir	EAR Flexicap	
			SNR 19	76	En Uygun	20	16	15	76	En Uygun	JSP Midiplug	
			SNR 25	70	Aşırı Koruma	28	21	18	71	Kabul Edilebilir	3M E-A-R Reflex (behind-the-head)	

Bu çalışmada kapsamında elde edilen sonuçlar, E-H delici, E-H yükleyici, martoperfaratör ve martopikör operatörünün, sondörün; nakliyat işçisi, mekanizasyon ve pres işçisinin, tulumbacının, kompresör ve ana pervane işçisinin kesinlikle kulak koruyucu donanım kullanmasının gerekliliğini göstermektedir. Ayrıca bu tür sanat gruplarında çalışanların gürültü ile mücadele kapsamında kullanabilecekleri kulak koruyucu modellerinden birkaç örnek verilmiştir. Kaynak işi yapan çalışanın kulak koruyucu donanım kullanma zorunluluğunun olmadığı kulak koruyucu model seçiminden de anlaşılmaktadır. Yazılım bu sanat grubu için tüm kulak koruyucu modellerin aşırı koruma sağladığını göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kulak koruyucuların amacı aşırı ve rahatsız edici gürültü ile oluşabilecek hasar risklerine karşı çalışanların kulaklarını korumaktır. Gürültü maruziyeti limit değerlerin altına düşürülemediğinde kulak koruyucu kullanımı, gürültüye maruziyetini azaltmada etkin bir yol olabilir. Yapılan risk değerlendirmesine göre gürültü maruziyeti olduğu düşünülen iş yerlerinde çalışanlara kişisel gürültü maruziyet ölçümü yapılmalıdır. Gürültü ölçüm sonuçlarına göre çalışanlara kulak koruyucu donanım kullanımı önerilmelidir.

Birden fazla kulak koruyucu çeşidi mevcuttur. Her kulak koruyucuların ses zayıflatma değerleri farklılık göstermektedir. Çok az ses zayıflatma özelliği olan pahalı kulaklık almanın bir anlamı bulunmamaktadır. Aşırı koruma sağlayan kulak koruyucular ise çalışanlar arasında iletişim bozukluğuna hatta iş kazalarının neden olabilmektedir. En önemlisi çalışanların ne kadar gürültü azaltımına ihtiyacı olduğunun bilinmesi ve rahat kullanabilecekleri doğru işitme koruyucusunun seçimidir.

Bu çalışmada bir gürültü dozimetresinin yazılım programı sayesinde pratik ve doğru bir şekilde çalışanların kullanabilecekleri en uygun, kabul edilebilir ve aşırı koruma sağlayan kulak koruyucu modelleri belirlenmiştir. Bünyesinde kulak koruyucu seçim menüsü bulunduran gürültü dozimetreleri işveren'e çalışanlarına nitelikli kulak koruyucu modelleri belirlemede büyük kolaylık sağlamaktadır.

İş kazaları ve meslek hastalıkları, ölüm, yaralanma ve maddi kayıplar, işletmelerde sağlıklı ve güvenli koşulların sağlanması sadece mevzuatların çıkarılmasıyla mümkün değildir. Eğitimler de tek başlarına problemin çözümü için yeterli değildir. Burada önemli olan eğitimlerin gerçekten inanarak ve özel zaman ayrılarak çalışanlara verilmesi ve çalışanların ön yargılarının giderilmesi, bilinçlendirilmesidir.

KAYNAKLAR

- Aghilone, G., Annesi, D., Cavacece, M. 2013. Noise Control at the Ear by Hearing Protectors, Progress in Vibration and Acoustics 1, 1, 21-30. DOI:10.12866/J.PIVAA.2013.09.003
- Berger, E.H., 2003. The Noise Manual, American Industrial Hygiene Association
- Gürültü Yönetmeliği, 2013. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Resmi Gazete, 28.07.2013 Tarih, Sayı 28721, Ankara.
- Phoon, W.H., Lee, H.S. 1993. Hearing Protection Plans Require Proper Ear Plug Selection, Usage, Occupational Health and Safety 62 (5), 98–100.
- Rabinowitz, P.M. 2000. Noise-Induced Hearing Loss, American Family Physician 61 (9), 2749–2756.
- Sergio, A., Miguel, S.R., 1996. Personal Hearing Protection, Safety Science, 23 (2–3), 183–184.
- Smeatham, D., Wheeler, P.D. 1998. On the Performance of Hearing Protectors in Impulsive Noise, Applied Acoustics, 54:165–181.
- Sound Advice, 2017. A Guide to Hearing Conservation Programs, R12/17, 51 s., Canada, www.worksafebc.com
- Supervisor, 2021. <https://svantek.com/software/supervisor-software> (Temmuz 2022).
- Svantek, 2021. Kişisel Gürültü Ölçüm Cihazı, <https://svantek.com/products/sv-104a-personal-noise-dosimeter> (Ekim 2021).
- Sviech, P. S., Gonçalves, C. G. D. O., Morata, T. C., & Marques, J. M. 2013. The Evaluation of Comfort of the Personal Hearing Protection Devices as an Intervention for Hearing Loss Prevention, Revista CEFAC., Vol. 15, No. 5, pp.1325-1337.
- TS EN ISO 9612, 2009. Akustik-Çalışma Ortamında Maruz Kalınan Gürültünün Belirlenmesi-Mühendislik Yöntemi.

YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE KULLANILAN FENOL BAZLI DOLGU MALZEMELERİNİN OLUŞTURULMASI SIRASINDA AÇIĞA ÇIKAN KANSEROJEN FORMALDEHİD GAZI ÜZERİNE BİR İNCELEME

AN INVESTIGATION ON THE CANCEROGEN FORMALDEHYDE GAS RELEASED DURING THE FORMATION OF PHENOL-BASED FILLING MATERIALS USED IN UNDERGROUND COAL MINES

Mehmet Bilen*, **Serdar Yılmaz**, **Özgür Yılmaz**, **Alaaddin Çakır**,
Erdoğan Kaymakçı, **İhsan Toroğlu**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

ÖZET Ülkemizde her ne kadar fenol bazlı dolgu malzemelerinin hammaddesinde/reçinesinde bulunan serbest formaldehit maddesi ölçümleniyor olsa da, yeraltı uygulamalarına benzeştirilebilecek şekilde reaksiyon sırasında herhangi bir ölçüm yapılmamaktadır. Kullanım alanı olarak dolgu ve izolasyon çalışmalarında çalışanlar uygulama esnasında bu açığa çıkan kanserojen formaldehit gazına maruz kalmaktadır. Bu çalışma kapsamında da, yeraltını simülasyonu olarak laboratuvar ortamı oluşturulup, fenol bazlı dolgu malzemelerinin reaksiyonu sırasında açığa çıkan formaldehit gazı miktarları ölçülmüştür. Bu amaçla ülkemiz madenciliğinde önemli yeri olan iki madencilik firmasından (Zonguldak Havzası ve Soma Havzası olmak üzere) kullanmakta oldukları fenol bazlı dolgu köpükleri (reçine ve katalizör) tedarik edilmiş ve reaksiyon sırasında çıkan formaldehit gazı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlere göre, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından da gerekli değerlendirmeler yapılmış olup, alınması gereken önlemler belirtilmiştir.

ABSTRACT In our country, although the free formaldehyde substance in the raw material/resin of phenol-based filling materials is being measured, there are not any measurement during the reaction between resin and the catalyst which simulates underground foam applications. Employees working in filling and gas sealing applications are generally exposed to this carcinogenic formaldehyde gas released during the formation of phenolic foams. Within the scope of this study, a laboratory environment which simulates underground working conditions was established and the amount of formaldehyde gas released during the reaction of phenolic foams was measured. For this purpose, phenolic foams (resin and catalyst component) were supplied from two mining companies that have an important place in our country's mining (Zonguldak Coal Basin and Soma Coal Basin) and formaldehyde gas measurements were made. According to the measurements carried out, necessary evaluations were made in terms of occupational health and safety, and the precautions to be taken were specified.

* mehmetubilen@yandex.com.

1. GİRİŞ

Ülkemizde fenol bazlı dolgu malzemelerinin yeraltı uygulamalarında önemi ve potansiyeli gün geçtikçe fazlalaşmaktadır. Fenol bazlı dolgu malzemelerinin gaz izolasyonu, boşluk dolgusu, yangın barajları yapımı, havalandırma yönetimi gibi birçok amaçla kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, yakın geçmişte kullanılan polüretan bazlı köpüklerden sonra mevcudiyeti ve arzı oldukça fazlalaşan bu fenol bazlı köpüklerin insan sağlığı açısından risklerinin olduğu da yadsınamaz bir gerçektir. Bu bahsi geçen risklerin arasında en önemlisini oluşturanın da, fenol bazlı köpüklere ait reçinelerin bünyesinde bulunan veya daha sonra reaksiyon sırasında açığa çıkan kanserojen formaldehit gazı olduğu güncel çalışmalarla da vurgulanmaktadır.

Fenol esaslı dolgu malzemeleri, kömürün kendiliğinden yanmasını ve gaz deşarjını önlemekte olup yeraltı kömür madenciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ni ve Pereira 2000, Bichler ve Simon 1996, Woodfin 1997, Hu vd. 2013, Gray vd. 2006, Hu vd. 2014). Fenol esaslı dolgu malzemeleri, ısıya dayanıklılık, alev geciktirme, düşük duman, iyi sızdırmazlık ve inşaat kolaylığı gibi uygulanabilirlik özellikleri ile havayı bloke etme yeteneğine sahiptir (Bichler ve Simon 1996, Hu vd. 2014).

2019 ve 2020 yıllarında Türkiye'de fenol bazlı dolgu malzemelerinin kullanımı incelendiğinde bölgelere göre dağılımda en büyük pay Soma bölgesindedir ve kullanılan miktar 2019 yılında 1650 ton iken 2020 yılında 2880 tona kadar yükselmiştir. Ülkemiz genelinde kullanılan fenol bazlı dolgu malzemesi kullanımı ise 2019 yılında 2140 ton iken 2020 yılında bu miktar yaklaşık %75 artarak 3535 tona yükselmiştir (Yılmaz vd. 2021).

Formaldehit, yeraltı kömür madenlerinde yaygın olarak fenol bazlı dolgu malzemelerinin ihtiva ettiği en tehlikeli maddelerden biridir. Olası formaldehit maruziyetini, maruz kalma durumlarını ve sonuçlarını anlamak için ilk etapta AWES (2014) tarafından hazırlanan raporun yol gösterici olması önerilebilir. Formaldehit maddesiyle çalışanlar üzerinde gerçekleştirilen güncel çalışmalarda, çalışanlarda kan kanseri, nazofarinks kanseri, beyin kanseri, akciğer kanseri ve kolon kanseri gibi kanser türlerinin görülme sıklığının fazla olduğu raporlanmıştır (Shaham vd., 1996; Schlink vd. 1999; Ünsaldı vd., 2009, Yılmaz vd. 2021). Yılmaz vd. (2021) çalışma şartlarından dolayı formaldehite maruz kalan çalışanlar üzerinde yapılan diğer araştırmalarda akciğer kanseri nedeniyle ölüm oranının %30 daha yüksek olduğuna işaret etmiştir (Halperin vd. 1983; Hayes vd. 1986, Ünsaldı vd., 2009).

Kanserojen formaldehit maddesine solunum yolu ile maruz kalma sonucunda, yapısı itibarıyla irite edici ve toksik olması sebebiyle burun ve boğazda yanma hissi oluşmaktadır ve bunun yanında öksürük, nefes darlığı, hırıltılı solunum, baş ağrısı, baş dönmesi, keyifsizlik, uykusuzluk ve iştahsızlık gibi semptomların görüldüğü bilinmektedir. Ortam konsantrasyonun yüksek olduğu durumlarda maruziyetle birlikte akciğerde ödemlerin oluşabilmekte ve akciğer kanserinin ilk bulguları

gözlemlenebilmektedir (Balir vd., 1990; Smith, 1992; Heck vd., 1999; Kriebel vd., 2001; Kuş vd. 2007, Ünsaldı vd., 2009, Yılmaz vd. 2021).

Sağlık açısından çok tehlikeli olan formaldehit maddesinin yeraltı ortam koşullarındaki gaz konsantrasyonunun bilinmesi son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada fenol bazlı dolgu malzemelerinin (köpük) oluşumu sırasında açığa çıkan formaldehit gazı ölçümlerinde standart olarak kullanılan NIOSH 3500 yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemin uygulanması için, ülkemiz madenciliğinde önemli yeri olan Zonguldak ve Soma havzasına ait iki madencilik firmasından kullanmakta oldukları fenol bazlı dolgu köpükleri (reçine ve katalizör) tedarik edilmiştir. Pnömatik tabanca ile fenol bazlı dolgu köpükleri laboratuvar ortamında oluşturulmuş ve reaksiyon sırasında açığa çıkan formaldehit gazı NIOSH 3500 yöntemi uygulanarak analiz edilmiştir. Ayrıca elde edilen analiz bulguları ilgili İSG yönetmelikleriyle birlikte değerlendirilerek önerilerde bulunulmuştur.

2. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

Ülkemiz madenciliğinde önemli yeri olan biri Zonguldak havzası bir diğeri Soma havzası olmak üzere iki madencilik firmasından yeraltı kömür madenlerinde kullanmakta oldukları fenol bazlı dolgu köpüklerine ait reçine ve katalizör örnekleri, satın alınan firmalardan sağlanan ürün özellikleri ve diğer bilgilerle birlikte tedarik edilmiştir. Zonguldak havzasında kullanılan köpük numunesi kamu iktisadi teşebbüsü olan bir kurumdan (Türkiye Taşkömürü Kurumu, TTK), Soma havzasında kullanılan köpük numunesi ise havzada benzer nitelikte kamu iktisadi teşebbüsünün aktif olarak çalıştırdığı yeraltı kömür ocağı olmadığı için bölgenin istihdam ve üretim açısından en geniş yelpazesine sahip madencilik firmasından (İmbat Madencilik Enerji Turizm San.Tic.A.Ş.) tedarik edilmiştir. Soma havzasında kullanılan köpük örnekleri “S” ile kodlanmış ve oluşturulan köpükler “S1”, “S2” ve “S3” şeklinde isimlendirilmiştir. Benzer şekliyle Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpük örnekleri de “Z” ile kodlanmış ve oluşturulan köpükler de “Z1”, “Z2” ve “Z3” olarak isimlendirilmiştir. Bu aşamada anlaşılacağı üzere madencilik firmalarından tedarik edilen köpüklerin bileşenleri üzerinde üçer kez deney yapılmıştır.

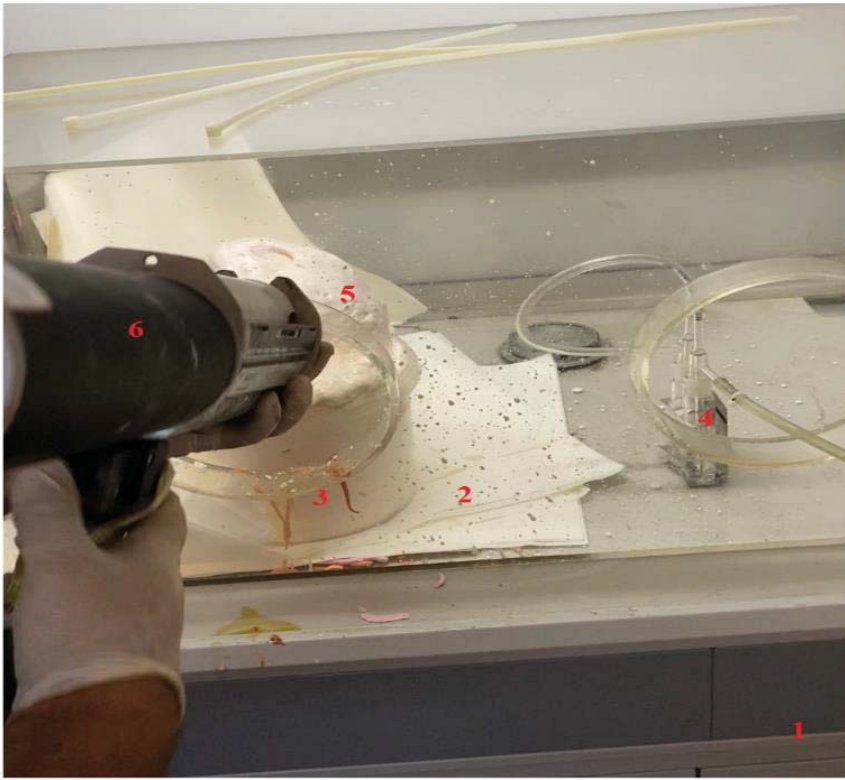
Her iki fenol bazlı dolgu köpüklerinin bileşimi olan reçine ve katalizör örnekleri uygun laboratuvar şartlarında (ZBEÜ MADEN Köpük Analiz Laboratuvarı-Şekil 1) reaksiyonunun gerçekleştirilmesi için kapalı bir ortam (Glove box) kullanılmıştır.



- (1) Çeker ocak
- (2) Glove box
- (3) Köpüğün hazırlanacağı kova
- (4) Akış kalibratörü
- (5) Akış kalibratör pompası

Şekil 1. Reçine ve katalizör arasında açığa çıkan formaldehit gazınının sodyum bisülfid çözeltisine adsorbe edilmesi amacıyla kullanılan ZBEÜ MADEN Köpük Analiz Laboratuvarı'nda kurulu deney düzeneği.

NIOSH 3500 standartlarında da belirtildiği gibi laboratuvar ortamında her iki havzada kullanılan köpüklerden oluşturulan toplamda 6 adet köpük numunesinin her biri için 15 dakikalık periyotlarda reçine ve katalizörleri arasında gerçekleşen reaksiyon sonrası oluşan gaz sodyum bisülfid çözeltisine adsorbe ettirilmiştir. Bahsi geçen bu işleme ait reaksiyon yeraltında uygulandığı gibi pompa aracılığıyla yapılmış ve işlemin yapıldığı çeker ocak havalandırması çalıştırılmamıştır. Yine benzer şekliyle, yeraltı ocak açıklığını daha fazla sembolize etmesi açısından “glove box” isimli kapalı ortam çeker ocağın içine gömülü olarak yerleştirilmiştir. Çeker ocak kapağı açık vaziyette iken hazırlanan kartuşlar (reçine ve katalizör) glove box'ın bir açıklığından pompa vasıtasıyla içeri doğru basılarak köpük oluşumu gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Köpük oluşumunun başlangıcıyla eş zamanlı olarak çıkan gazın, ortamdaki akış kalibratörü vasıtasıyla çekilerek sodyum bisülfid çözeltisine adsorbe olması sağlanmıştır. Pompayla basılan köpük işlemi bittikten sonra çeker ocağın kapağı kapatılmıştır. Madencilik firmalarından tedarik edilen her bir köpük örneği 3'er kez benzer işlemlerden geçirilmiştir. Bahsi geçen bütün bu işlemlere ait ilgili görseller Şekil 3 ve Şekil 4'te sunulmuştur.



- (1) Çeker ocak
- (2) Glove box
- (3) Köpüğün hazırlanacağı kova
- (4) Akış kalibratörü
- (5) Hazırlanana köpük
- (6) Köpük hazırlama pompası

Şekil 2. Laboratuvar ortamında köpük oluşumunun gerçekleştirilmesi.



(a)

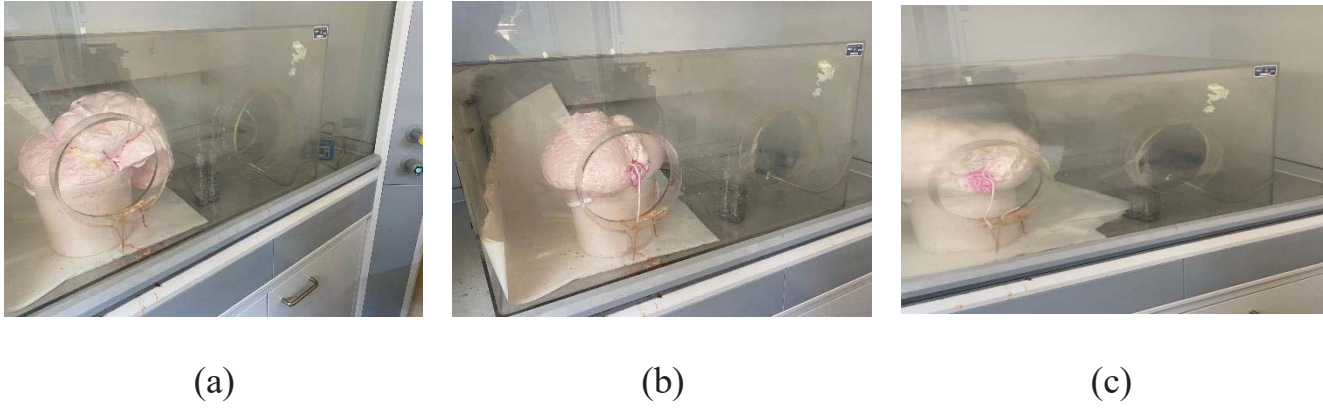


(b)



(c)

Şekil 3. Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpük numunesinde (reçine ve katalizör) yapılan deney sırasında alınan kamera kayıtlarına ait görseller, (a) Z1 kodlu numune, (b) Z2 kodlu numune, (c) Z3 kodlu numune.



Şekil 4. Soma havzasında kullanılmakta olan köpük numunesinde (reçine ve katalizör) yapılan deney sırasında alınan kamera kayıtlarına ait görseller, (a) S1 kodlu numune, (b) S2 kodlu numune, (c) S3 kodlu numune.

Yukarıda bahsedildiği üzere, her numuneye ait reçine ve katalizör arasında gerçekleştirilen reaksiyon sonrası çıkan formaldehit gazının sodyum bisülfid çözeltilerine tutturulmasının ardından akredite bir laboratuvarında bulunan spektrofotometre aracılığıyla analiz edilmiştir. Bütün bu bahsi geçen örnekleme işlemleri ve analizlerde NIOSH 3500 standardı uygulanmıştır.

3. ANALİZ SONUÇLARI

Bu kapsamda, her bir numuneye ait reçine ve katalizör arasında gerçekleştirilen reaksiyon sırasında açığa çıkan formaldehit gazı örneklemesinden sonra örnekler NIOSH 3500 standardı uyarınca UV Spektrofotometre ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Formaldehit analiz sonuçları.

Test No	Numune	Ortam Şartları		Ölçülen Değer (mg/m ³)	Ölçülen Değer (ppm)	Ölçüm Belirsizliği (%)
		Sıcaklık (°C)	Basınc (mbar)			
1	Z1	25,8	1004,0	4,71	3,51	17,65
2	Z2	25,8	1004,0	6,92	5,16	17,65
3	Z3	25,8	1004,0	7,52	5,55	17,65
4	S1	25,8	1004,0	0,48	0,36	17,65
5	S2	25,8	1004,0	0,51	0,38	17,65
6	S3	25,8	1004,0	0,54	0,40	17,65

***Not: Kişisel maruziyet formaldehit sınır değeri USA-OSHA (Occupational Safety and Health Administration)’da 2 ppm olarak belirtilmektedir.

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde Zonguldak havzasında kullanılan köpük numunesinin reçine ve katalizörlerine ait reaksiyon sırasında ortama yayılan formaldehit gazı konsantrasyonları sırasıyla Z1 örneği için 4,71 mg/m³ (3,51 ppm), Z2 örneği için 6,92 mg/m³ (5,16 ppm) ve Z3 örneği için ise 7,52 mg/m³ (5,55 ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu değerler oldukça yüksek değerlerdir. Soma havzasında kullanılmakta olan köpük numunesinin reçinesi ve katalizörü arasında gerçekleştirilen benzer deneylerin sonuçları tekrar gözden geçirildiğinde, ortama yayılan formaldehit gazı konsantrasyonlarının ise sırasıyla S1 örneği için 0,48 mg/m³ (0,36 ppm), S2 örneği için 0,51 mg/m³ (0,38 ppm) ve S3 örneği için ise 0,54 mg/m³ (0,40 ppm) olarak tespit edildiği görülmektedir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Yapılan bu çalışma, fenolik köpük reçine ve katalizörü arasında gerçekleşen köpük oluşumu sırasında açığa çıkan gazdaki serbest formaldehit maddesi miktarının ölçümlenmesi ile ilgilidir ve bu anlamda ülkemizdeki öncü çalışmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Serbest formaldehit ölçümleri köpük dolgu malzemelerinin reçineleri üzerinde (sıvı ölçümleri) hali hazırda yapılmaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2013 yılında yayımlanan Maddelerin ve Karışımlarının Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik uyarınca madde ve karışımların içerisinde yer alan formaldehit konsantrasyonunun %0,1 veya üzerinde olması durumunda ürünlerin “Kansere Yol Açabilir” zararlılık ifadesiyle etiketlenmesi zorunludur. 5 Haziran 2014 tarih ve 605/2014 sayılı Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yapılan yasal düzenleme ile formaldehit maddesi birinci sınıf kanserojen kategorisine alınmıştır. Almanya gibi Avrupa ülkelerinin bazılarında yapılan bu yasal düzenleme ile yeraltı kömür madenciliğinin de dahil olduğu kapalı ortamlarda kanserojen sınır değerinin (%0,1) üzerinde formaldehit içerikli ürünlerin kullanımı yasaklanmıştır (Umwelt Bundesamt, 2015, Yılmaz vd. 2022).

Bahsi geçen sıvı ölçümlerine ve ilgili yönetmeliklere ek olarak, reaksiyon sırasında açığa çıkan formaldehit gazı miktarı ile ilgili olarak OSHA Standartları uyarınca 2 ppm’lik kısa süreli maruziyet sınır değeri aşılmamalıdır. OSHA Standartları incelendiğinde 2 ppm’lik maruziyet sınır değerinin STEL (Short Term Exposure Limit) olarak yani 15 dakikalık kısa süreli maruziyet olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca OSHA standartlarında uzun süreli (8 saat) maruziyet sınır değeri 0,75 ppm olarak belirtilmektedir. Bunların yanı sıra; OSHA Standartları 1910.1048 (m) (2) (i) maddesi uyarınca 0,5 ppm ve üzeri formaldehit gazı yayılımına sahip bütün maddelerin “Tehlikeli” olduğu ibaresinin ve “Kansere Yol Açabilir” işaretinin işveren tarafından ürünlerde belirtilmesi zorunludur. Bu çalışma kapsamında laboratuvarında gerçekleştirilen deneyler sırasında açığa çıkan formaldehit gazı ölçüm sonuçları incelendiğinde Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpük ürünlerinin 0,5 ppm’in çok üzeri sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durumda, kullanıcıların uygulama bölgelerine “Kansere Yol Açabilir” etiketinin zorunlu olarak koyulması gerektiği OSHA Standartlarında vurgulanmaktadır. Ayrıca, adı geçen standartlarda formaldehit

için kişisel maruziyet sınır değeri 2 ppm olarak belirtilmekte ve bu değerin STEL değeri olarak kısa dönem (15 dakikalık) maruziyette bile kanserojen olduğunu ifade edilmektedir. Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpük numuneleri reçine ve katalizörleri ile yapılan deneylerde OSHA tarafından belirtilen formaldehit maruziyet sınır değerinin 2-3 kat aşıldığı gözlemlenmektedir. Soma havzasında kullanılmakta olan köpük numunelerinin ise OSHA kişisel maruziyet formaldehit sınır değerinin (2 ppm) çok altında sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda "kimyasal kullanımlarında daha az zararlı olanla ikame edilmesinin" mecburiyet arz ettiği açıkça belirtilmiştir. Bu anlamda her iki madencilik firmasında kullanılan köpüklere ait örnekler kıyaslandığında, Soma havzasında kullanılmakta olan köpüklerin Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpüklerden yaklaşık 15 kat daha düşük formaldehit gazı yayılımı gerçekleştirdiği görülmektedir. Yine benzer şekilde yeraltı kömür ocaklarındaki köpük uygulamaları miktarsal olarak düşünüldüğünde Zonguldak havzasında kullanılmakta olan köpük malzemesinin Soma havzasında kullanılmakta olan köpük malzemesine kıyasla çok fazla risk barındırdığı ve çalışan sağlığını önemli ölçüde tehdit eder boyutta olduğu söylenebilir. Yeraltı uygulamalarında kesit, kullanım ve havalandırma faktörleri birlikte düşünüldüğünde, formaldehit konsantrasyonundaki 15 katlık farkın bahsi geçen bu faktörlerle birlikte çok daha yüksek katsayılarla risk ihtiva edeceği düşünülmelidir.

Bu kapsamda yeraltı ocaklarında köpük kullanımı esnasında çalışanların formaldehit gazına maruziyetinin önlenmesi ile ilgili gerekli adımların atılmasının ivedilik arz edeceği ve köpük üretici firmalarının önce çalışanların sağlığını düşünmeleri gerektiği bilinciyle ürettikleri/pazarladıkları köpüklerin formaldehit gazı yayılımlarını/ölçümlerini belli periyotlarla akredite laboratuvarlar aracılığıyla yaptırmaları gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ni, X and Pereira, N.E. *AIChE. J.*, 46, 37 (2000).
- Bichler, W. & Simon, L. *Fuel Energy Abstr.*, 37, 251 (1996).
- Woodfin, R.L. "Rigid Polyurethane Foam (RPF) Technology for Countermine (Sea) Program-Phase 1," SandiaReport, SAND96-2841, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, January (1997).
- Hu, X.M., Wang, D.M. & Wang, S.L., *Int. J. Min. Sci. Technol.*, 23, 13 (2013).
- Gray, T.A., Trevits, M.A., Crayne, L.M. & Glogowski, P. *Trans. Soc. Mining Metallurgy Exploration*, 320, 31 (2006).
- Liu Yifang Analysis and Suggestions on the Use of Polymer Materials for Coal Mines, *International Journal of Materials Science and Applications* 2021; 10(2): 30-34 <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijmsa> doi: 10.11648/j.ijmsa.20211002.12 ISSN: 2327-2635 (Print); ISSN: 2327-2643 (Online)
- AWES (2014) Safe Work Australia The Australian Work Exposures Study (AWES): Formaldehyde, ISBN 978-1-74361-929-2 (pdf) 978-1-74361-902-5 (docx)
- IARC, 2012, Chemical Agents and Related Occupations Volume 100 F A Review of Human Carcinogens, sf: 401-435

- Shaham J, Bomstein Y, vd., 1996, DNA-protein crosslinks, a biomarker of exposure to formaldehyde in vitro and in vivo studies
- Ünsaldı E, Çiftçi MK, 2009, Formaldehit Kullanım Alanları, Risk Grubu, Zararlı Etkileri ve Koruyucu Önlemler, YYU Veteriner Fakültesi Dergisi, sf: 71-75
- Halperin WE, Goodman M, Stayner L, Elliot LJ, Keenlyside RA, Landrigan PJ (1983). Nasal cancer in a worker exposed to formaldehyde, JAMA, 249, 510- 512.
- Hayes RB, Raatgever JW, de Bruyn A, Gerin M (1986). Cancer of the nasal cavity and paranasal sinuses and formaldehyde exposure, Int J Cancer, 37, 487-492.
- Kuş İ, Zararsız İ, Ögetürk M, Yılmaz HR, Formaldehit Nörotoksitesine Bağlı Hipokampusta Gelişen Oksidatif Hasar ve Melatonin Hormonunun Koruyucu Etkisi: Deneysel Bir Çalışma, Fırat Tıp Dergisi, Sayı 4, Sf: 256-260
- Yılmaz S. vd. (2022) Yeraltı Kömür Madenlerinde Kullanılan Fenol Bazlı Dolgu Malzemelerinin Kanserojen Formaldehit İçeriği Ve İsg Açısından Değerlendirilmesi, IMCET 2022, Antalya TURKEY
- İş Sağlığı Güvenliği Kanunu. "6331" Sayılı İş Sağlığı Güvenliği Kanunu." (2012).
- OSHA: Occupational Safety and Health Standards 1910 Part Number Subpart: 1910 Subpart Z, Subpart Title: Toxic and Hazardous Substances Standard Number: 1910.1048 Title: Formaldehyde.
- NIOSH 3500 METODU İLE FORMALDEHİT TAYİNİ: <https://silo.tips/download/tc-alima-ve-sosyal-gvenlk-bakanlii-salii-ve-gvenl-genel-mdrl-niosh-3500-metodu-lmunawer>, M.E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. J. Sustain. Min. 2018, 17, 87–96.

TTK ÜZÜLMEZ MÜESSESESİ PNÖMOKONYOZ PREVELANS ÇALIŞMASI 2019

THE PNEUMOCONIOSIS PREVELANCE OF TURKISH HARD COAL ENTERPRISE ÜZÜLMEZ COLLIERY MANAGEMENT WORKERS IN 2019

Metin Çelikiz*

Karaelmas Ortak Sağlık Güvenlik Birimi

M. Murat Köseoğlu, Müjdat Birol

Üzülmez T.İ.M

Okan Özyurt, Nazan Kırdar Alican

TTK Sağlık İşleri Müdürlüğü

ÖZET Zonguldak TTK Üzülmez taşkömürü yaklaşık % 2 oranında silis ihtiva etmektedir. Bu durum kömür işçisi pnömokonyozuna (KİP) yol açmaktadır. Hastalık sıklığını incelemek için TTK Üzülmez’de işçilerin 2019 yılı verilerini sunmayı amaçladık. TTK Üzülmez’de yeraltında çalışan madenciler (n:1246) dahil edilmiştir. Filmler analog olarak çekilmiştir. Pnömokonyoz olgularının toplamı 50’dir. Pnömokonyoz Prevalansı %4,01’dir. 1980 sonrası alınan toza mücadele önlemleri, sulu çalışmaya önem verilmesi (fiskete, kartuş, Paker uygulaması), K.K.D. kullanımına önem verilmesi ve sigara kullanımının azaltılması etkili olmuştur. Prevalans değerlerimiz Dünya’da saptanan prevalans değerleri olan %3-5 ile uyumludur.

ABSTRACT Zonguldak TTK Üzülmez hard coal contains approximately 2% silica. This leads to coal worker's pneumoconiosis (CWP). In order to examine the frequency of the disease, we aimed to present the 2019 data of the workers at TTK Üzülmez. Miners working underground in TTK Üzülmez (n:1246) are included. The films were shot in analogue. The total number of pneumoconiosis cases is 50. The prevalence of pneumoconiosis is 4.01%. Dust control measures taken after 1980, giving importance to wet working (fixture, cartridge, Paker application), K.K.D. It has been effective in giving importance to the use of cigarettes and reducing the use of cigarettes. Our prevalence values are compatible with the prevalence values of 3-5% in the world.

*mcelikiz@hotmail.com

1. GENEL BİLGİLER

Zonguldak havzasında üretilen taşkömürü, demir çelik fabrikalarında ve termik santrallerde kullanılmaktadır. Türkiye'de ulusal enerji üretiminin %25,7'si mevcut kömür madenciliğine dayalı olarak sağlanmaktadır.

Zonguldak TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu) Üzülmez taşkömürü yaklaşık % 2 oranında silis ihtiva etmektedir. Bu durum kömür işçisi pnömokonyozuna (KİP) yol açmaktadır. Yunanca bir kelime olan Pnömokonyoz; akciğer toz hastalığı anlamına gelmektedir. Silikozis ve kömür işçisi pnömokonyozu inorganik 0,5-5 mikron çapındaki tozların inhalasyonu ile oluşan bir meslek hastalığıdır. Kömür işçisi pnömokonyozu inorganik kömür tozlarının inhale edilip depolanmaları ve doku reaksiyonu sonucu oluşan parankimal akciğer hastalığıdır.

2. GİRİŞ VE AMAÇ

1986 yılından beri Zonguldak kömür havzasında çalışan işçiler ile ilgili prevelans çalışmaları yayınlanmakta olup bu veriler dünya verilerinin sürekli üstünde bulunmuştur. 1980 sonrası toz kontrolünde sağlanan iyileştirmeler, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları sayesinde hastalık sıklığında azalma görülmüştür. Hastalık sıklığını değerlendirmek amacıyla TTK Üzülmez Müessesesinde çalışan işçilerin 2019 yılı verilerini sunmayı amaçladık.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya TTK Üzülmez Müessesesinde çalışan tüm teknik eleman ve yeraltında çalışan tüm madencileri (n:1246) dahil edilmiştir. 2019 yılında işe alınan 331 kişi toplam sayıya dahil değildir. Bunların ILO standartlarına uygun posteroanterior akciğer grafileri önce ILO sertifikalı iki okuyucuya ayrı ayrı ILO akciğer standart pnömokonyoz grafileriyle beraber karşılaştırılarak okutuldu.

İhtilaf durumunda üçüncü ILO sertifikalı okuyucu ile tekrar toplanarak karar verildi. Çekilen periyodik Akciğer Grafileri ILO standartlarına uygun olup (35x35cm) ebadında ve analog olarak çekilmiştir.

4 BULGULAR

Filmlerin %75'i kalite 2, %20'si kalite 3 ,%5'i de kalite 1'dir.

Eski olgu sayısı 46 yeni olgu sayısı 4 dür.

Pnömokonyoz olgularının toplamı 50'dir. Eski ve yeni olgularının toplamına göre Pnömokonyoz Prevalansı %4,01'dir.

Yeni ve eski vakaların ILO sınıflandırmasına göre Pnömonyoz kategori 1 düzeyinde olduğu (mikronodüler tip) görülmüştür, büyük opasiteli Pnömonyozlara rastlanılmamıştır.

2018 yılına göre Progresyon(İlerleme) gösteren olgu yoktur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

TTK Ü.T.İ.M. TOZ ORANLARININ YILLARA GÖRE DAĞILIMI	
Yıllar	Toz Konstrasyonu
2015	1,86 mg/m ³
2016	1,12 mg/m ³
2017	0,99 mg/m ³
2018	1,33 mg/m ³

1980 sonrası alınan toza mücadele önlemleri, sulu çalışmaya önem verilmesi (fiskete,kartuş, Paker uygulaması), K.K.D. kullanımına önem verilmesi ve sigara kullanımının azaltılması etkili olmuştur. Sigara dumanı trakeadaki silier aktivetinin oluşumunda etkindir.

TTK Üzülmez Müessese çalışanlarında 2015-2016 yılları arasında çalışanlarımızda sigara içenlerin sayısı % 4 azalmıştır.

ILO pnömonyoz radyografilerinin uluslar arası sınıflandırılması kullanım rehberi TTK İş Sağlığı Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı verileri

Çalışma sonuçlarına bakıldığında prevelans değerlerimizin Dünya’da saptanan ortalama prevelans değerleri olan %3-5 ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ancak benzer bir zaman diliminde Çin’de %6.0’lık KİP prevalansı saptanırken, ABD’de %3.2 ve Birleşik Krallık’ta %0.8 olduğu bulunmuştur.

Gelişmekte olan ülkelerde sıklığın gelişmiş ülkelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Hall NB, Blackley DJ, Halldin CN, Laney AS. Current Review of Pneumoconiosis Among US Coal Miners. Curr Environ Health Rep. 2019 Sep;6(3):137-147.

Mo J, et al. Prevalence of coal workers' pneumoconiosis in China: a systematic analysis of 2001–2011 studies. *Int.J. Hyg. Environ. Health* 2014; 217: 46–51.

YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA GAZ PATLAMALARI RİSK DEĞERLENDİRMESİ

RISK ASSESSMENT OF GAS EXPLOSIONS IN UNDERGROUND COAL MINES

Nilüfer Kurşunoğlu*

Batman Üniversitesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü

ÖZET Bu çalışmada, yeraltı kömür ocaklarında meydana gelebilecek gaz patlamaları bir risk değerlendirme yöntemiyle incelenmiştir. L-Tipi Matris risk analizi yöntemi, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmakta olan sistematik yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, bir riskin gerçekleşme olasılığı ile gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak şiddet derecesi olarak iki faktör değerlendirilerek bir risk değeri elde edilir. Günümüz madenciliğinde maden kazalarının değerlendirilmesinde risk analizi büyük oranda uygulama alanı bulmaktadır. Çalışma kapsamında gaz patlamaları için yapılan risk değerlendirme işlemi; tehlike kaynağı, bu kaynağın oluşturduğu risk ve bu riski gidermek için alınacak önlemleri kapsamaktadır. Çalışma sonucunda yüksek risk derecesine sahip patlama sebepleri belirlenmiştir. Yeraltı kömür ocaklarında, iş sağlığı ve güvenliği yönünden çalışanları ve çalışma ortamını etkileyebilecek tehlikeler ve bu tehlikelerden kaynaklanabilecek riskler derecelendirilmiştir. Havalandırma kaynaklı sebeplerin önemli risk seviyesine sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği ve İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği gereği alınabilecek önlemler sunulmuştur.

ABSTRACT In this study, gas explosions that may occur in underground coal mines are investigated with a risk assessment method. L-Type Matrix risk analysis method is one of the systematic methods that are widely used in occupational health and safety risk assessment studies. In this method, a risk value is obtained by evaluating two factors as the probability of occurrence of a risk and the degree of severity that will arise when it occurs. In today's mining, risk analysis is widely used in the assessment of mining accidents. Risk assessment process for gas explosions within the scope of the study comprises the source of danger, the risk revealed by this source and measures to eliminate this risk. As a result of the study, the causes of explosion with the high risk degree were determined. In underground coal mines, hazards that may affect the occupational health and safety, the working environment and the risks that may arise from these hazards were rated. It is concluded that the reasons caused by ventilation have significant risk level. The measures that can be taken in accordance with Occupational Health and Safety Regulation in Mining Establishments and Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation were presented.

* nilufer.kursunoglu@batman.edu.tr

1. GİRİŞ

Metan veya genellikle kullanıldığı gibi grizu (metan-hava karışımı) ocak havasında bulunan en tehlikeli gazlardandır. Maden havası içerisinde; karbondioksit, azot, hidrojen ve ağır hidrokarbonlar (başlıca etan, C₂H₆), hidrojen sülfür, kükürtdioksit ve karbonmonoksit olmak üzere çeşitli gazlar mevcuttur. Metan gazı çalışılan ayağın veya hava yollarının üst kısımlarında tabaka halinde asılacak şekilde yukarıya doğru hareket etme eğilimindedir. Bu tabakanın uzunluğu emisyon oranının ve çalışılan damarın eğiminin artmasıyla artar (Önce ve Saraç, 2001).

Kömür madenlerinde metan gazının bulunması kömürleşme olayının doğal bir sonucudur. Özgül ağırlığı 0,55 g/cm³ olduğu için havaya göre daha hafif bir gaz olan metan aslında zehirli olmamakla birlikte, maden havasında oksijen oranını % 12'nin altına düşürecek kadar artması durumunda boğucu özellik göstermektedir. Grizu, metanla havanın karışımını ifade etmektedir ve yeraltı çalışmalarında patlayıcı ortam oluşması riski yaratacak miktarda metan gazı çıkma ihtimalinin olduğu yerler grizulu kabul edilir (Y.Y.M.İ.S.G.Ş.Y, 2004). Metan (grizu) patlaması, maden havasında % 4 – 15 oranında metan bulunduğu durumlarda ve bir tutuşturucu kaynağıyla karşılaştığında gerçekleşebilir. En güçlü patlama ise metan oranı % 9,5 seviyesinde bulunduğu meydana gelir. Patlama limit değerleri dışında metan yanıcı özellik gösterir (Yalçın, 2012).

Metan patlaması yeterli miktarda oksijenin (%12 den yüksek), patlayıcı gazın CH₄ (%4–15) bir araya gelmesi ve bir tutuşturucu kaynağı ile teması sonucunda gerçekleşir. Metan patlamasına sebep olabilecek faktörler aşağıda verilmiştir (Cheng, 2018) :

- Açık alev,
- Fazla ısınan yüzeyler,
- Sürtünme veya elektrik ile oluşan kıvılcımlar,
- Patlayıcı madde kullanımı,
- Yangınlar,
- Dizel araçların eksoz çıktıları,
- Havalandırma şekli (Doğal – Mekanik),
- Havalandırma yönü,
- Üretim yöntemi,
- Elektrikli ekipmanlar,
- Terkedilmiş ocaklar ve ocak kısımları.

Patlama sırasında ortamın genişliğine göre sıcaklık 1850–2650 °C'ye ulaşırken patlama sonrasında basınçlı hava dalgası ve alev dalgası etkili olur. Alev dalgası ikincil ve üçüncül patlamalara neden olabilir. Metan patladıktan sonra patlama noktasında 10 kg/cm² yi bulan yüksek bir basınç kuvveti ile “ileri şok” olarak adlandırılan hava dalgası meydana getirir. Patlama noktasındaki gazların soğuması ve su buharının yoğunlaşması sonucunda düşen basınç etkisi ile “ters şok” isimli ikincil bir etki oluşur.

Ters şok ileri şoktan daha düşük kuvvette olmasına rağmen daha fazla yıkıcı güce sahiptir. Ayrıca bir grizu patlaması sonucunda karbondioksit ve su buharı da oluşabilmektedir ve su buharı kendisinden daha az ısı gösteren ocak havasından su damlacıkları halinde etrafa yayılmaktadır (Ergun, 2007).

Bu çalışmada, kömür ocaklarında meydana gelebilecek gaz patlamalarına neden olan tehlike kaynakları ve riskler belirlenmiş, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının görüş ve düşünceleri doğrultusunda L-Tipi Matris yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek risk derecesine sahip patlama sebepleri ve alınabilecek önlemler belirlenmiştir.

2. L-TİPİ MATRİS YÖNTEMİ

Bütün dünyada 150'den fazla risk değerlendirme metodunun varlığından söz edilmektedir. Bu metotlar (Kahya ve Özkar, 2018):

- Nitel risk değerlendirme metotları
- Nicel risk değerlendirme metotları
- Karma risk değerlendirme metotları

olarak sınıflandırılabilir. Nitel risk değerlendirme metotları,

- Kontrol listeleri (Check-List)
- Olursa ne olur (What If..?)
- Tehlike ve çalışabilirlik analizi (HAZOP)
- Hata ağacı analizi (Fault Tree Analysis-FTA)

Nicel risk değerlendirme metotları,

- Matris
- Fine-Kinney
- Olay ağacı analizi (Event Tree Analysis-ETA)
- Hata modu ve etkileri analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA)

Nicel risk değerlendirme yöntemlerinin çoğunda subjektif değerlendirme de olduğundan Karma risk değerlendirme metotları olarak da kullanılabilir. Diğer bazı metotlar,

- Ön tehlike analizi
- İş güvenlik analizi
- Tehlike derecelendirme indeksi
- Hızlı derecelendirme metodu
- Olası hata türleri ve etkileri analizi metodolojisi
- Güvenlik denetimi

Çalışma kapsamında yukarıda belirtilen yöntemlerden Matris (L-Tipi Matris) yöntemi tercih edilmiştir. Uygulama kolaylığına sahip ve tek analistle uygulanabilen bir yöntemdir. İstenmeyen bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi durumunda sonucun nasıl değerlendirileceğine ilişkin bir metottur. Yani sebep-sonuç ilişkileri değerlendirilirken kullanılmaktadır. Bu yöntemde risk puanı hesaplanır. Risk değerlendirmesi risk puanından elde edilecek sonuca göre incelenir. Risk puanı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$R = O \times \text{Ş} \quad (1)$$

Burada; R: Risk Puanı, O: Olasılık, Ş: Şiddet olarak tanımlanmıştır. Olasılığın belirlenmesinde, tehlikenin ortaya çıkma sıklığı belirlenen sınıflardan hangisine giriyorsa o basamak seçilir (Özkılıç, 2012). Basmaklar ve sıklık değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Olasılık değerleri (Kahya ve Özkar, 2018).

Olasılık	Derecelendirme
1-ÇOK KÜÇÜK	Yılda bir
2-KÜÇÜK	Üç ayda bir
3-ORTA	Ayda bir
4-YÜKSEK	Haftada bir
5-ÇOK YÜKSEK	Her gün

Tehlikenin şiddetinin belirlenmesi için derecelendirme sınıfı tespit edilir. Bu amaçla Çizelge 2’deki skala kullanılır.

Çizelge 2. Şiddet değerleri (Kahya ve Özkar, 2018).

Şiddet	Derecelendirme
1- ÇOK HAFİF	İş saati kaybı yok
2-HAFİF	İş günü kaybı yok
3-ORTA	Hafif yaralanma
4-CİDDİ	Ölüm, uzuv kaybı
5-ÇOK CİDDİ	Birden çok ölüm

Çizelge 1 ve 2’deki değerler birbirleriyle çarpılarak sonuçların değerlendirilebilmesi için Çizelge 3’deki risk matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 3. 5x5 Matris (Kahya ve Özkar, 2018).

OLASILIK	ŞİDDET				
	ÇOK HAFİF (1)	HAFİF (2)	ORTA (3)	CİDDİ (4)	ÇOK CİDDİ (5)
ÇOK KÜÇÜK (1)	Çok hafif seviye risk (1)	Düşük seviye risk (2)	Düşük seviye risk (3)	Düşük seviye risk (4)	Düşük seviye risk (5)
KÜÇÜK (2)	Düşük seviye risk (2)	Düşük seviye risk (4)	Düşük seviye risk (6)	Orta seviye risk (8)	Orta seviye risk (10)
ORTA (3)	Düşük seviye risk (3)	Düşük seviye risk (6)	Orta seviye risk (9)	Orta seviye risk (12)	Orta seviye risk (15)
YÜKSEK (4)	Düşük seviye risk (4)	Orta seviye risk (8)	Orta seviye risk (12)	Yüksek seviye risk (16)	Yüksek seviye risk (20)
ÇOK YÜKSEK (5)	Düşük seviye risk (5)	Orta seviye risk (10)	Orta seviye risk (15)	Yüksek seviye risk (20)	Çok yüksek seviye risk (25)

Oluşturulan risk matrisine göre kabul edilebilirlik, yasal şartlar, yerel özellikleri ve işyeri şartları dikkate alınarak Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Risk analizi sonuçları (Kahya ve Özkar, 2018).

SONUÇ	EYLEM
Katlanılamaz Riskler (25)	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15, 16, 20)	Belirlenen risk azaltılınca kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8, 9, 10, 12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir.
Katlanılabilir Riskler (2, 3, 4, 5, 6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz Riskler (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

3. UYGULAMA

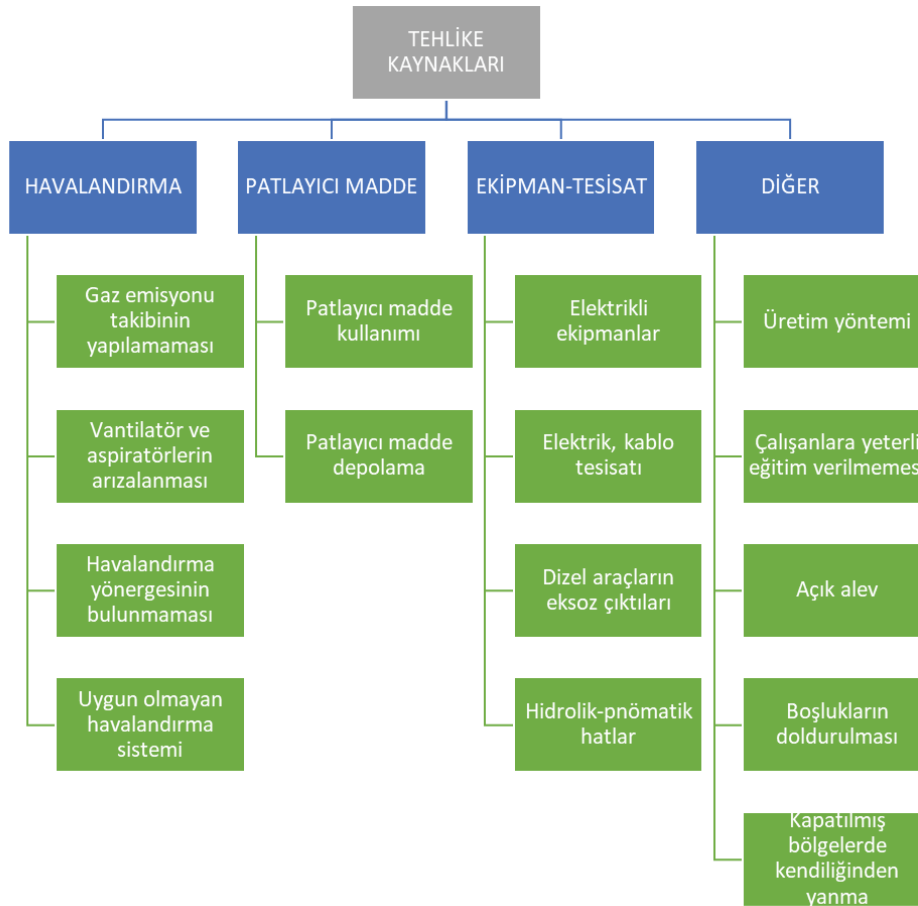
Çalışma kapsamında öncelikle; kömür ocaklarında meydana gelen gaz patlamalarına sebep olan tehlike kaynakları ve riskler belirlenecektir. Sonraki aşamada bu tehlike ve risklere bağlı olarak elde edilen risk dereceleri doğrultusunda alınabilecek önlemler sıralanacaktır. İş sağlığı ve güvenliği konusunda deneyime sahip olan maden mühendislerinin görüşleri doğrultusunda belirlenen riskler 5x5 L-Tipi Matris yöntemi ile değerlendirilecektir. Risk değerlendirmesi; tüm işyerleri için tasarım veya kuruluş aşamasından başlayarak tehlikelerin tanımlanması, risklerin belirlenmesi ve analizi, risklerin kontrolü, dokümantasyonu, risk değerlendirmesinin güncellenmesi ve gerektiğinde yenilenmesi aşamaları izlenerek gerçekleştirilir (İ.S.G.R.D.Y, 2012). Yeraltı kömür ocaklarının hazırlık aşamaları ile üretim süreçlerindeki tüm aşamalarda, çalışmaya başlamadan önce ve çalışmanın devamı sürecinde riskler sürekli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu risklerin belirlenerek sağlıklı ve gerçekçi bir yaklaşımla analiz edilmesi; kişisel görüş, bilgi ve tecrübenin yanı sıra daha önce var olan istatistiksel kayıtların kullanımı ile mümkündür. Fakat birçok kez ülke genelinde ya da maden ocakları kapsamında geçmiş iş kazası kayıtları, meslek hastalıkları kayıtları, ramak kala olaylar, çalışma ortamında oluşan ancak yaralanma veya ölüme sebep olmadığı halde işyeri veya ekipmanların zarara uğramasına neden olan olaylar gibi durumlara ilişkin kayıtlar için yeterli bir arşiv kaydı bulunmamaktadır. Dolayısıyla olasılık,

frekans ve şiddet puanlamalarında çoğu kez uygulayıcıların ve çalışanların kişisel görüş, tecrübe ve düşüncelerine göre, daha çok subjektif değerlendirmeler yapılmaktadır (Özkılıç, 2012).

Çalışma kapsamında; yeraltı kömür ocaklarında genel olarak karşılaşılabilecek olan toplam 15 adet gaz patlama tehlike kaynakları ve bunlardan kaynaklanabilecek riskler 5×5 L-Tipi Matris yöntemi ile analiz edilmiş, risk dereceleri belirlenmiş ve yönetmelikler temel alınarak düzeltici-önleyici faaliyetler önerilmiştir. Yapılan risk değerlendirmesi yeraltı kömür ocakları için genel bir durum sunmaktadır ve belirlenen tehlike kaynakları ve bu tehlike kaynaklarından doğabilecek riskler yönetmelik (M.İ.İ.S.G.Y, 2013) çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan değerlendirmede özellikle ana problemlere dikkat çekilmek istenmiş, uygulamadaki ve yönetmelikteki önlemler birleştirilerek sunulmuştur. Uygulama adımları aşağıda verilmiştir:

1. Adım: Tehlikelerin belirlenmesi

Gaz patlama tehlike kaynakları 4 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar; havalandırma, patlayıcı madde, ekipman-tesisat ve diğer olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gaz patlama tehlike kaynakları

2. Adım: Risklerin derecelendirilmesi

Belirlenen 15 adet risk için uygulayıcılar tarafından verilen olasılık ve şiddet puanlamalarına göre hesaplanan risk dereceleri ve sınıfı Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. 5×5 L-tipi matris risk analiz sonuçları.

SIR A	TEHLİKE KAYNAĞI	RİSK	OLASILIK	ŞİDDE T	RİSK SKOR U	SONUÇ
1	Gaz emisyonu takibinin yapılamaması	Parlama, patlama, yangın kalitesinin bozulması	5	5	25	Katlanılamaz
2	Vantilatör ve aspiratörlerin arızalanması	Patlama, yangın	3	5	15	Önemli
3	Havalandırma yönergesinin bulunmaması	Patlama, yangın	4	4	16	Önemli
4	Uygun olmayan havalandırma sistemi	Gaz konsantrasyonların da artış, patlama, yangın	3	5	15	Önemli
5	Patlayıcı madde kullanımı	Patlama, yangın, göçük, degaj	3	4	12	Orta
6	Patlayıcı Madde depolama	Patlama	3	3	9	Orta
7	Elektrikli ekipmanlar	Yangın, patlama	3	5	15	Önemli
8	Elektrik, kablo tesisatı	Patlama, yangın, elektrik çarpması	4	4	16	Önemli
9	Dizel araçların eksoz çıktıları	Patlama, ortam havasının ısınması, zehirlenme	4	3	12	Orta
10	Hidrolik-pnömatik hatlar	Patlama, sızıntı-kaçak	3	3	9	Orta
11	Üretim yöntemi	Patlama, kendiliğinden yanma	2	5	10	Orta
12	Çalışanlara yeterli eğitim verilmemesi	İş sağlığı ve güvenliği farkındalığının oluşmaması	2	5	10	Orta
13	Açık alev	Patlama, yangın	3	4	12	Orta
14	Boşlukların doldurulması	Patlama, yangın	2	3	6	Düşük
15	Kapatılmış bölgelerde kendiliğinden yanma	Patlama, yangın	2	3	6	Düşük

3. Adım: Alınacak önlemleri belirlenmesi

Tehlike kaynaklarının değerlendirildiği bu aşamada alınması gereken önlemler belirlenir. Alınacak önlemler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Tehlike kaynaklarına göre alınabilecek önlemler.

TEHLİKE	ÖNLEM
1	Gaz detektörleri ve gaz izleme monitör sistemi ile emisyon değerleri takip edilmelidir. Periyodik olarak hava örnekleri alınmalı ve analizleri yapılmalıdır. Havalandırma ve gaz ölçümleri için kayıt defterleri ve sistematik planlar hazırlanmalı ve güncellenmelidir. Üretim bölümlerinden dönüş havası içinde ve üretim kısımlarındaki gazların birikebileceği yerlerde metan gazı seviyesi sürekli olarak izlenmelidir.
2	Ana vantilatör ve aspiratörler birbirinden bağımsız iki ayrı enerji kaynağına bağlanmalıdır. Vantilatör ve aspiratörlerin arızalanması durumunda, durum hemen fenni nezaretçiye ya da görev başında bulunan sorumlu nezaretçiye bildirilmelidir. Bütün grizulu ocaklarda, her biri tek başına ocağın havalandırılmasını sağlayacak güçte, birinin herhangi bir nedenle durması halinde, diğeri derhal çalışacak durumda, iki havalandırma grubu bulundurulmalıdır.
3	Maden ocaklarının havalandırma planlarını içeren bir yönerge madenin tamamını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır. Havalandırma ile ilgili; hava dağılım şebekesini, akımın yönünü, ana kapıların ve ölçme istasyonlarının yer ve durumlarını, buna ilişkin diğer bilgileri kapsayan ve ilgili mevzuat hükümleri temelinde bir yönerge hazırlanmalı. Bu yönerge çalışanların görebileceği bir yerlere asılmalıdır.
4	Grizulu madenlerde doğal havalandırma yerine mekanik havalandırma yapılmalı, emici ve üfleyici fanlar kullanılmalıdır. Ayrıca bu ocaklar için her fanın mutlaka yedekleri olmalı ve bir aksaklık durumunda devreye girmeleri sağlanmalıdır. Maden ocağında tasarlanan havalandırma sistemi basit olmalı, karmaşık havalandırma şebekelerinden kaçınılmalı ve yapılan planlarda gereken havalandırma miktarları her zaman göz önüne alınmalıdır.
5	Kullanılan patlayıcılar anti-grizu türü olmalı ve patlatmaları gerçekleştiren ateşçiler deneyimli ve işi konusunda eğitimli olmalıdır. Yapılan ölçümler sonucu %1 veya daha fazla metan bulunan kısımlarda, muhtemel grizu bölgelerinde ya da grizu kontrolü yapılamayan eski veya yeni imalat boşlukları veya çatlakları olan yerlerde, tıkanmış kömür, bür ve siloların açılmasında ve kapatılmış yangın barajlarının açılmasında patlayıcı madde kullanılmamalıdır.

Çizelge 6. (devam ediyor).

TEHLİKE	ÖNLEM
6	Patlayıcı madde depolarının yakınında yapılan çalışmalarda hiçbir tutuşturucu kaynağın bulunmaması, yangın ve patlamaya sebep olmaması için sağlık ve güvenlik tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Patlayıcı madde miktarının ve bu maddelerin tüketim kayıtlarının patlayıcı madde depolarında tutulması gerekmektedir. Patlayıcı maddelerin depolama ve taşınması ile ilgili bir yönerge hazırlanmalıdır.
7	Yüksek ölçüde metan çıkışı olan ocaklarda, elektrikli ekipmanlar yerine basınçlı hava ile çalışan (pnomatik) ekipmanlar kullanılmalıdır. Elektrikli ekipmanlar doğru kullanılmalı, aşırı yüklemekten, uygunsuz kablo kullanılmasından, doğru topraklama yapılmamasından, izolasyon hatalarından ve yanlış voltaj seçiminden kaçınılmalı, alev-almaz malzeme kullanılmalıdır.
8	Yeraltı ocaklarının aydınlatmasında kullanılan elektrik tesisatı ve aydınlatma ekipmanları grizu patlamasına neden olmayacak özellikte ve şekilde seçilmelidir.
9	Bu tür ekipmanlarda katalitik konvertör, gaz tutucu, filtreleme vb. kullanılmalı. Dizel araçların açığa çıkaracağı egzoz gazları da düzenli bir gaz izleme sistemi yok ise hava akış hızı belirlenirken göz önüne alınmalıdır.
10	Deforme olmuş malzemeler en kısa zamanda yenileri ile değiştirilmelidir. Arızalı, hasarlı, ezik ve çatlak hortum-boru kullanılmamalıdır. Boru hatları uygun şekilde tanımlanmalıdır (içerik, akış yönü, sıcak-soğuk, renk vb. işaretlenmelidir).
11	Çalışma yöntemi seçilirken, ayakların kolayca havalandırmasına olanak verecek, ocak şartlarına en uygun üretim yöntemi belirlenerek ayak arkasında mümkün olan en az miktarda kömür bırakılması, ayak arkasına çeşitli oranlardaki kül-su veya kül-su-çimento karışımı ya da azot gazı verilerek kalan kömürün hava ile olan temasının engellenmelidir.
12	Herhangi bir iş ekipmanını kullanmakla görevli çalışanlara; bu ekipmanların kullanımından kaynaklanabilecek tehlikeler, riskler ve bu tehlikelerden kaçınma yollarına ilişkin eğitim almaları sağlanmalıdır. Yapılacak olan işin tehlikelerine göre kullanılacak kişisel koruyucu donanımların kullanılması, korunması ve saklanması ile ilgili olarak çalışanlara uygulamalı eğitimler verilmelidir.
13	Yeraltında açık alev kaynakları kullanılmamalı, sigara, kibrit, çakmak kesinlikle bulundurulmamalıdır.

Çizelge 6. (devam ediyor).

TEHLİKE	ÖNLEM
14	Dolgu uygulanan ayak gerilerinde boşluk bırakılmamasına dikkat edilir. Dolgular iyice sıkıştırılmalı, olabildiğince hava sızdırmayacak biçimde yapılmalı, tavandaki bütün boşluklar doldurulmalı. Göçertme metodu uygulanan durumlarda, tavanın hızlı ve tamamen göçertilmesi sağlanır. Tavan düşürülünceye kadar üretim durdurulmalıdır.
15	Havalandırılmayan eski çalışma yerlerinin girişlerine yapılan barajlar patlamalara karşı dayanıklı olmalıdır. Barajlar hava sızdırmaz olmalı, sağlam zemine kurulmuş olmalı, tabaka hareketleri nedeniyle yıkılmayacak şekilde yapılmalıdır.

4. Adım: Son aşama, alınacak önlemlerin etkinliğinin izlenmesi ve gözden geçirilmesidir. Tedbirlerin alınması sonrası yeniden risk derecelendirmesi yapılarak elde edilen yeni risk skorlarına göre sistemin etkinliği izlenir. Çalışma yerinde önemli bir değişiklik olması durumuna göre risk değerlendirmesi tekrarlanır.

SONUÇLAR

Kömür ocaklarında güvenli çalışma koşullarının sağlanabilmesi amacıyla oluşan ya da muhtemel patlayıcı ortamın oluşmasına neden olan parametrelerin sebep olacağı patlama potansiyelini detaylı olarak tüm ocak için risk değerlendirmesi kapsamı içinde analiz etmek gerekmektedir. Belirli tehlikeler için risk değerlendirme çalışmalarının standartlaştırılması önemlidir. Bu amaçla, yeraltı kömür madenlerinde patlama, yangın gibi tehlikelerin risk değerlendirme yöntemi ile analizi standart hale getirilmelidir. Çalışma kapsamında gaz patlamalarına neden olabilecek tehlike kaynakları ve riskler belirlenmiştir. Belirlenen riskler 5x5 L-Tipi Matris yöntemi uygulanarak risk dereceleri ve sınıfları belirlenmiştir. Yapılan analizlerde havalandırma ve elektrik kaynaklı tehlikelerin önemli derecede riskli olduğu sonucu elde edilmiştir. Madencilikte gaz patlamaları ile doğru biçimde mücadelenin temel yapı taşlarından biri doğru tasarlanmış bir havalandırma sistemidir. Genellikle tozlar ve gazlar, havalandırma ile seyreltilerek kontrol altına alınabilen kirleticilerdir. Bir ocakta kirleticilerin kabul edilebilir sınırlara seyreltilmesi için gereken hava miktarı kirletici kaynağının gücüne veya metan drenaj sistemleri gibi kontrol önlemlerine bağlıdır. Kömürden, yan kayacıtan ve göçükten sızan metan gazını kontrol edebilmek için metan drenaj uygulaması, sürtünmenin sebep olduğu patlama riskinin en aza indirilmesi, patlama riskini en aza indiren uygun iş makinelerinin sağlanması, anti-grizu ekipmanların kullanılması, havalandırma sisteminin gaz seviyesini kontrol edebilecek şekilde planlanması, güvenlikle ilgili ölçüm aletlerinin test ve bakımlarının izlenmesi patlamayı önleyebilecek nitelikteki uygulamalardır. Havalandırma, yeraltı çalışmalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından en önemli unsurlarından biridir. Özellikle yeraltı çalışmalarının sürdürülebilmesi, maden gaz patlamalarının önüne geçilmesi ve cevherin zarar görmemesi yeraltı maden işletmelerinde doğru ve verimli

planlanmış bir havalandırma sistemi şarttır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda gaz patlamalarının yine de meydana gelme ihtimaline karşı ikincil önlemler de alınmalıdır. Bu önlemler, oluşan bir patlamanın doğuracağı sonuçları mümkün olduğunca en az seviyede tutmayı hedeflemelidir.

KAYNAKLAR

- Cheng, J. 2018. Explosions in Underground Coal Mines. Risk Assessment and Control. (pp.1-13). Springer International Publishing, Switzerland.
- Ergun, A.R. Yeraltı maden işletmelerinde gaz ve toz patlamaları ve önlemler, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara, s. 36-72.
- İ.S.G.R.D.Y, 2012. İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yönetmeliği, 19 Aralık 2012, Sayı: 28512.
- Kahya, E., Özkar, D., 2018. İş güvenliği, Dorlion Yayınları, Eskişehir, s. 117-149.
- M.İ.İ.S.G.Y, 2013. Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği, 19.09.2013, Sayı: 28770.
- Önce, G., Saraç, S. 2001. Madenlerde Havalandırma. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Eskişehir. s.1-71.
- Özkılıç, Ö., 2012, İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, e-kitap, s.100-115. http://egitim.druz.com.tr/upload/docs/26042012105841_vAq1THf-6-105841_risk-analizi-ozlem-ozkilig-kitabi.pdf, erişim tarihi: 01.05.2019.
- Yalçın, E. 2012. Yeraltı Havalandırması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, s. 279-283.
- Y.Y.M.İ.S.G.Ş.Y, 2004. Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 21 Şubat 2004, Sayı: 25380.

DAVRANIŞ ODAKLI İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARININ İŞ GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNE ETKİSİ

THE EFFECTS OF BEHAVIOR-ORIENTED SAFETY PRACTICES ON OCCUPATIONAL SAFETY CULTURE

Jülide Kaymak Demirören

Gülport A.Ş., Türkiye

Mehmet Ali Demirören

Güllük Mandalya Turizm ve Liman Hizmetleri A.Ş

Zehra Nuray Nişancı*

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye

ÖZET Bu çalışmanın amacı, işletmelerdeki davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının iş güvenliği kültürüne etkisini ve işletmelerde pozitif güvenlik kültürü oluşturmadaki rolünü, daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanarak ortaya koymaktır. Bu kapsamda, davranış, davranış odaklı iş güvenliği, güvenlik kültürü, negatif/pozitif güvenlik kültürü, davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının güvenlik kültürüne etkisi, yerli/yabancı, offline/online literatür tarama ve derleme yöntemi ile ele alınmaktadır. Teknolojinin baş döndürücü bir hızla ilerlemesi başta olmak üzere, her an yeni işkollarının ortaya çıkması, yeni makine/teçhizatlara ihtiyaç duyulması ve edinilmesi, yeni kimyasalların üretilmesi, iş yerlerinde yeni sorunlarla karşı karşıya kalınmasına ve devam eden proseslerde iş güvenliği konusunun her geçen gün daha da önemli hale gelmesine neden olmuştur. Günümüzde kendi kendini yenileyen, evrilen bir iş güvenliği sistemine sahip işletmelerin hayatta kalmayı başaracağına vurgu yapılmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği küresel boyutta bir sorun ve çözümler üretilmesi gereken bir alandır.

ABSTRACT: The aim of this study is to reveal the effect of behavior-oriented occupational safety practices on the safety culture in enterprises and its role in creating a positive safety culture in enterprises by making use of previous studies. In this context, behavior, behavior-oriented occupational safety, security culture, negative/positive safety culture, behavior-oriented occupational safety practices and their impact on safety culture are handled through the method of domestic and foreign, offline / online literature reviews and compilation. The progress of technology at a dizzying speed, the emergence of a new line of business every moment, purchase of new machinery and equipment for enterprises and production of new chemicals have caused new problems in the workplaces and the issue of occupational safety and have become more and more important in the ongoing processes. It is emphasized that today's enterprises with a self-renewing, evolving / changing occupational safety system will only survive. Occupational health and safety is a global problem and an issue that needs the solution to be produced. Each year more than three million people die as a result of work-related accidents and illnesses.

* zehranuray.nisanici@ikc.edu.tr

1.GİRİŞ

İş kazaları ve meslek hastalıkları, doğrudan ve dolaylı maliyetleri ile birlikte değerlendirildiğinde işletmeler için önemli bir maliyet unsurudur. Gerçekleşen iş kazası sonucunda yaralanan veya hayatını kaybeden kişilerin vicdani yükü ise hiçbir metrik sistemle ölçülemeyecek niteliktedir. Türkiye’deki genel durum göz önüne alındığında 2020 yılı Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiki verilerine göre 4-1/a ve 4-1/b kapsamında, **384.262 iş kazası meydana geldi, toplam 1.245 çalışmamız, iş cinayetlerinde/meslek hastalıklarında yaşamını yitirdi.** 908 çalışmamız meslek hastalığına yakalandı. 3.492.824 gün geçici iş göremezlik yaşandı. İş Sağlığı ve İş Güvenliği ile ilgili verilere göre 2019 yılında ise iş kazalarında en az 1.149 kişi; 2018 yılında da en az 1542 kişi hayatını kaybetmiştir (<https://sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>). 2007 yılı verilerine göre dünyada her saniyede üç işçi iş kazası sonucu yaralanmakta, her üç dakikada bir işçi, iş kazası veya meslek hastalığı sonucu hayatını kaybetmektedir (ILO, 2007; Kuru, 2000: 5). 1990 yılında yaşanan dünya ölümlerinin % 6-7’sinden kazaların sorumlu olduğu, kaza kaynaklı yaralanmaların ise ülke sağlığı açısından bir tehdit oluşturduğu ifade edilmektedir (Murray ve Lopez, 1997; akt. Lund & Aarø, 2004:271). Son verilere göre, yaklaşık 2,3 milyon çalışan işle ilgili kaza ve hastalıklardan ölmekte; 474 milyondan fazla insan meslek hastalıkları ve ölümcül olmayan kazalardan muzdarip olmaktadır. Bunların maliyeti 2.8 trilyon ABD dolarını veya gayri safi yurtiçi hasılanın %4’ünü aşmaktadır. Bu oranların, on yıl öncesine göre en az yüzde on arttığı (Takala, 2014, 2005; Akt. Pillay, 2015:1839); daha da artacağı (Leveson, 2004:239) ifade edilmektedir. Yine Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre, her 15 saniye içerisinde 160 işçi iş kazası geçirmekte; her gün yaklaşık olarak 6.400 kişi iş kazası ya da meslek hastalığı sebebiyle hayatını kaybetmektedir. Her yıl yaklaşık üçyüzelli bin kişi iş kazası, iki milyon kişi meslek hastalıkları sebebiyle yaşamını yitirmektedir. Her yıl 270 milyon iş kazası meydana gelmekte, 313 milyonu aşkın işgören ölümcül olmayan iş kazası geçirmekte; bu, bir günde sekizyüzaltmış bin işgörenin iş kazasına maruz kaldığı anlamına gelmektedir”(Türkiye Makine Mühendisleri Odası İş Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu, 2018:1). Birleşmiş Milletlerin yetmiş yılı; Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)’nün 90 yılı aşan yoğun çabalarına rağmen iş kazaları ve meslek hastalıkları önlenememiştir (Türkiye Makine Mühendisleri Odası İş Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu, 2018:2). Kazaları azaltmak, iş kazaları ve meslek hastalıklarının artan ekonomik ve sosyal maliyetlerini minimuma indirmek, akademisyenler, politika yapıcılar, uygulayıcılar ve araştırmacılar için bir sorun olmaya devam etmektedir (Pillay,2015:1839). Bu veriler, iş sağlığı ve güvenliğinin, önemli olduğu kadar, küresel ve evrensel bir sorun olduğunu; hem ülkemiz hem dünya açısından acilen çözüm üretilmesi gereken bir alan olduğunu göstermek adına anlamlıdır.

Türkiye’de çalışan insanların büyük çoğunluğunun güvenlik kültürü konusuna bakış açıları ve risk algıları, diğer doğu toplumlarında olduğu gibi sorunludur. “Daha önce

defalarca yaptım bir şey olmadı”; “Biz Türk’üz bize bir şey olmaz”; “Atın ölümü arpadan olsun”; “Eski köye yeni adet getirme”; “Adı üstünde kaza işte olacağı varmış”; Kaderde varsa elden ne gelir” gibi atasözleri ve vecizeler dillere pelesenk olmuştur. Bu bakış açısı, doğal olarak bireyin bilinçaltına yerleşmekte ve bireyde patolojik düzeyde bir güvenlik kültürü algısı oluşmaktadır. Bunun sonucunda, toplumda kendi hayatlarını ve sağlıklarını hiç düşünmeden riske atma veya çok kısa bir zaman kazanmak için güvensiz hareketlerde ve davranışlarda bulunma eğilimine sahip çalışanlar, iş örgütleri için problem teşkil etmektedir. Bilinmelidir ki, öncelikle çalışanların psikolojik olarak derinlemesine analizi gerçekleştirilmeden güvenlik kültürü konusunda yol almak pek de mümkün değildir. “Literatürde, güvenlik kültürünün çok boyutlu bir kavram olduğuna ve işyerinde kazaları azaltmanın yolu olarak görüldüğüne dikkat çekilmektedir (Fernández-Muñiz vd.2007:627). Gerçekleşen iş kazalarının büyük bir oranı çalışanların hatalı davranışlarından kaynaklanmaktadır.

İşte, davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının temel amacı, çalışanların hatalı ve güvensiz davranışlarını olumlu yönde değiştirmek ve bunu pekiştirerek alışkanlık haline getirmelerini sağlamaktır. Bu alışkanlık döngüsünün işletmede yerleşmesi ise iş güvenliği farkındalığını yaratacak davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarından geçmektedir. Bu araştırmada, işletmelerdeki davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının iş güvenliği kültürüne etkisi ve pozitif güvenlik kültürü oluşturmadaki rolüne odaklanılmaktadır. Bu kapsamda, davranış, davranış odaklı iş güvenliği uygulamaları ve bu uygulamaların güvenlik kültürüne etkisi ile negatif/pozitif güvenlik kültürü, yerli/yabancı, offline/online literatür tarama ve derleme yöntemi ile ele alınmaktadır.

2. DAVRANIŞ, DAVRANIŞSAL GÜVENLİK VE DAVRANIŞSAL GÜVENLİK YÖNETİMİ

Davranış; bir canlının, iç ve dış uyaranlara karşı gösterdiği bilinçli tepkidir (George ve Jones, 1999:532). Hareket ve davranış, buna neden olan bir etkene gösterilen karşıt tepki olup olmadığı noktasında birbirinden ayrılmaktadır. Davranış belli bir amaca hizmet etmekte, bir veya birçok nedenden kaynaklanabilmektedir. Davranış olarak kabul edilen insan hareketleri çeşitlilik arz etmektedir. Gözlenebilen, kaydedilebilen, ölçülebilen bütün tepkilerin davranış kapsamında olduğu ifade edilmektedir (Crider,1983:5, Akt.Eroğlu, 2013:1). Buna göre, tüm davranışlar, nedenli, güdülü ve amaca yöneliktir. Bu durumda rastgelelik ve nedensizlik ortadan kalkmaktadır (Eroğlu, 2013:1).

Sosyolojik açıdan davranış, “sosyal atom” olarak açıklanmaktadır. Moreno’ya göre sosyal sistemin en küçük birimi “sosyal atom”, yani davranış olup, birey değildir. Birey davranışının, yani sosyal atomun çekim alanına giren kişiler, zaman içerisinde bireyin arkadaşlık kurabileceği aday konumuna gelecek, onunla sosyal ilişkiler kuracak ve bir müddet sonra da bu bireylerin davranışlarını sergilemeye başlayacaklardır (Silah, 2005:33). Davranış odaklı iş güvenliği uygulamaları ile güvenlik kültürü odaklı

işletmelerde güvenli davranışın, atom çekirdeği etrafında aynı yöne dönen elektronlar gibi yayılacağı beklenmektedir. İşletmelerde riskli (güvensiz) davranış gösteren çalışanların davranışları incelenirken riskli davranışa (tepkiye) sebep olan faktörler değerlendirilmeli; iş yerlerinde bu faktörleri ortadan kaldıracak stratejilere ve uygulamalara öncelik verilmelidir. “Son otuz yılda bu alandaki araştırmalarda önerilen teori ve modeller giderek karmaşıklaşmıştır. Bazıları, davranışsal niyetin davranışın en iyi yordayıcısı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Davranışsal niyetler sadece tutumların değil, aynı zamanda sosyal etkilerin (sosyal normlar dahil) ve öz-yeterliliğin (veya algılanan davranışsal kontrolün) ürünü olarak kabul edilmektedir. Niyetler ve davranış arasındaki ilişki, kişinin gerçekte böyle bir davranışı gerçekleştirmek için gerekli becerilere sahip olup olmadığına bağlıdır (Lund & Aarø, 2004:272). Riskli davranış sergileyen bireyler, çoğunlukla bunu, kendilerince mantıklı bir tutuma, nedene ve hatta niyete dayandırabilmektedirler. Durumu objektif olarak değerlendirmek gerekirse, onların bu riskli davranışları göstermelerine yol açması nedeniyle aslında sistemin kendisinin kusurlu olup olmadığı sorgulanmalı; riskli davranışları anlamada bu davranışa neden olan aktivatörler ve diğer çevre şartları da dikkate alınmalıdır. Gerçekleşen iş kazalarının neredeyse %88’inin, çalışanların hatalı davranışlarından kaynaklandığı bilinmektedir (Çelikkol, 1977: 28). Hatalı davranışa dayalı gerçekleşen iş kazalarının nedenleri, sektörel olarak değişiyor olsa da, acelecilik ve dikkatsizliğin, en temel iş kazası nedenleri olduğu söylenebilmektedir. Acelecilik ve dikkatsizlik, çalışanların gerçekleşen tehlikeli durumlar karşısında refleks davranışları göstermeleri yüzündendir. Bu nedenle yapılacak davranış odaklı iş güvenliği çalışmalarına başlamadan önce söz konusu işletmelerde gerçekleşen tüm iş kazalarının temel nedenleri detaylı olarak incelenmeli ve buna göre bir yol haritası çıkarılmalıdır. Bu yol haritası, her işletmenin kendine özel olmalıdır.

Davranışsal güvenlik, uygulamalı davranış analizi ilkelerinin uygulanmasına dayanan Örgütsel Davranış Yönetimi içerisinde bir uzmanlık alanıdır ve işçilerin işine (davranışına), ne yaptıklarına ve güvenli davranışı destekleyen veya caydırıcı olan güçlendirme koşullarına (öncelikleri ve sonuçlarına) odaklanmaktadır (Grindle vd. 2000: 34). Davranışsal güvenlik, iş ortamındaki güvenlik problemlerine karşı gösterilen insan davranışları üzerine yapılan psikolojik araştırmaların sistematik uygulamasıdır (Cooper, 1998:225). Buna göre, davranışsal güvenliğin, çalışanların güvensiz davranışları üzerinde sürekli iyileştirme müdahaleleri içeren planlı yaklaşım olduğu ve önemli derecede işgücünün katılımını gerektirdiği söylenebilir. Davranışsal güvenliğe son zamanlarda artan ilgi, iş kazalarına sebep olan güvensiz davranışların diğer olumsuzluklarla birleşerek daha ciddi sonuçlara sebep olmasından kaynaklanmaktadır (Esin, 2007:6). Davranışsal güvenlik programlarının işyerlerinde uygulanmaya başlanması ve bilinen iş güvenliği yaklaşımlarından farklı metodolojilerin uygulanmaya çalışılmasının en temel amacı, çalışanların gösterdiği güvensiz davranışları olumlu yönde değiştirmek, bunu pekiştirerek davranışı alışkanlık haline getirmektir. Davranışsal güvenliğin benzersiz bir özelliği, genel bir sürekli iyileştirme müdahalesi oluşturmak için bir araya getirilmiş planlanmış bir etkinlik çizelgesinin uygulanmasıdır. Davranışsal güvenlik yaklaşımı, iş güvenliğinin

sadece mavi yaka çalışanlar ve iş güvenliği uzmanı/işyeri hekiminden oluşan İş Sağlığı Güvenliği (İSG) biriminin savaş verdiği tek cepheli geleneksel yaklaşımdan oldukça farklıdır. Bu yaklaşımda, üst yönetimden başlayarak aşağıya doğru her adımda yapılan her işin ve buna bağlı olarak daha alt kademelerde oluşacak diğer işlerin oluşturacağı riskli durumlar değerlendirilmektedir. Bu riskli durumlar güvensiz davranışların oluşumunu tetikleyecek ölçüde büyükse hangi aşamada olursa olsun bu durumların sürekli iyileştirme sürecinden çıkartılması veya riskli durum oluşturmayacak yöntemlerle değiştirilmesi gerekmektedir. Bu noktada çalışanların sağlıklı ortamlarda çalışma hakkının dikkate alınması, iş yerlerinde riskli olan, kaza ve yaralanmalara sebep olabilecek her ortam ve durumun değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması kaçınılmazdır.

Bu süreçte yararlanılabilecek en etkin araçlardan biri, davranış odaklı güvenlik yönetimidir. Güvenlik yönetimi, ekonomi, mühendislik, endüstri ilişkileri, hukuk, yönetim, iş hijyeni, iş hekimliği, psikoloji ve sosyoloji gibi çok çeşitli alanlardan yoğun olarak faydalanan çok disiplinli bir alandır (Bahn, 2014; Quinlan vd. 2010; Akt.Pillay, 2015: 1839). Mühendisler, yöneticiler, psikologlar ve sosyologlar dahil olmak üzere farklı akademik ve profesyonel topluluklar, kaza nedenini ve güvenliğini bildiren çok disiplinli konularla sık sık uğraşmışlardır (Saleh vd. 2010). Davranış Odaklı Güvenlik Yönetimi (DOGY) ise iş yerlerinde riskli davranışların en aza indirilmesi ve güvenli davranışların benimsetilmesini sağlamada, psikolojideki davranışçı yaklaşımın temel varsayımlarından hareket etmektedir ve riskli ya da güvenli davranışın açık bir biçimde tanımlanmasını gerektirmektedir. “Açık ve net tanımlama, riskli durumun herkes tarafından benzer biçimde anlaşılabilmesi ve güvenli alternatifin doğru bir şekilde tanımlanabilmesi için önemlidir. Bu, davranışı ortaya çıkaran faktörün/tetikleyeninin ne olduğu ile davranış sonucunda bireyin ne elde ettiğini belirlemek bakımından gereklidir (Vatansever vd. 2009:57). Davranış Odaklı İş Güvenliği Yönetimi, sadece risk analizi çalışması yapılan statik bir işyerinden, zamanın gereklerine uyarak, örgütün dinamik bir pozisyona geçmesini sağlamaktadır. Davranış Odaklı İş Güvenliği Yaklaşımı sihirli bir değnek değildir; örgütlerin içinde bulunduğu mevcut durumu kısa zamanda iyi yönde değiştiremez. Bu yaklaşım, planlı ve aynı zamanda uzun vadeli bir süreçtir.

İş güvenliği ile ilgili çalışanların gösterdiği güvenli davranışların alışkanlık haline dönüştürülmesinin sağlanması gerektiğinden, sürecin zaman alması normaldir. Gittikçe artan iş kazası ve meslek hastalığı oranları ile bunların sebep olduğu ekonomik ve sosyal maliyetleri azaltmada, “daha fazla yenilik stratejisi ve çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, bu yapılmadan önce, (i) kazaların nasıl yapıldığına (ve dolayısıyla önlendiğine) dair ayrıntılı bir anlayışa ve (ii) organizasyonlarda güvenlik yönetimine sahip olmak yararlı olacaktır (Pillay, 2015:1839). Kazaların neden olduğu (ve dolayısıyla nasıl önlenebileceği) konusundaki anlayışın, beş düzeyde farklılaştığı ifade edilmektedir (Borys vd. 2009; Hale ve Hovden, 1998). İlk grup, teknoloji ile yakından ilişkilidir; ikincisi, davranış ve insan hatasıyla; üçüncüsü sosyo-teknik sistemle; dördüncüsü kültürle ve beşincisi esneklikle ilgilidir (Pillay, 2015:1839). “Değer odaklı” ya da “insan odaklı”

iş güvenliği yönetimi olarak da isimlendirilen Davranış Odaklı Güvenlik Yönetimi, örgüt üyelerinin/işyeri çalışanlarının riskli davranışlarının sıfırlanması veya azaltılması, istenilen davranışların benimsetilerek pekiştirilmesi amacıyla yapılan süreç yönetimidir (Sungur vd. 2009:54). Davranış odaklı iş güvenliği, ancak iş güvenliği ve çalışan sağlığını önceleyen bir örgüt kültürüne sahip iş yerlerinde oluşturulabilir. Ayrıca, üst yönetimin açık desteği, orta kademenin sürekli ilgisi, gözetmenlerin performans odaklanması, çalışanların aktif katılımı ve olumlu algısı, sahadaki uygulamaların yerleşebilmesinde esnek bir çalışma sistemi gibi kriterleri gerektirmektedir (Şerifoğlu ve Sungur, 2007:43). Davranış odaklı güvenlik yönetimi, çalışanların katılımını sağlamakta, riskli davranışları sonlandırmakta, daha olumlu bir iş sağlığı güvenliği iklimine katkı sağlamakta ve önemli kaza geçirme oranlarını düşürmeye olumlu etki yapmaktadır. Sonuç olarak, sanayileşme alanında yaşanan hızlı değişim ve gelişmeler ve iş yerlerinde yeterince önlem alınmaması sonucu artan iş kazaları ve meslek hastalıkları, iş sağlığı ve güvenliği problemlerini kritik boyutlara ulaştırmıştır. Buradan hareketle, günümüz örgütlerinin, davranış odaklı güvenlik yönetimi kapsamında davranışsal güvenlik uygulamalarından yararlanmasının zorunlu olduğu söylenebilir.

3. İŞ GÜVENLİĞİ KAVRAMI VE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ

Güvenlik, “toplum yaşamında yasal düzenin aksamadan yürütülmesi, kişilerin korkusuzca yaşayabilmesi durumu, emniyet” (TDK, <http://sozluk.gov.tr/10.6.2019>) olarak tanımlanmaktadır. Toplum içerisinde güvenlik, insanın kendini emniyette veya huzurda hissetme durumudur. “Maslow’un ihtiyaçlar hiyerarşisinde ikinci sırada yer alan güvenlik ihtiyacı, fizyolojik ve doğal zararlardan korunma olarak değerlendirilmektedir” (Robbins ve Judge, 2013:205). Güvenlik ihtiyacının kültür ve doğal olarak alışkanlık haline dönüşmesi, yapılan bir işin, gösterilen davranışın herhangi bir zarar ve/veya tehlike içermeme durumu, güvenli çalışma veya güvenli davranma olarak ele alınabilmektedir. İş güvenliğine ilişkin, literatürde birçok tanıma rastlamak mümkündür. “Bir şeyin zararlı ve riskli olmaması, onun güvenli olduğu anlamına gelmektedir, ancak bu duruma her zaman ulaşılabilir. Güvenliğin bir değer yargısı olarak algılanması gerektiği belirtilmektedir. Bir teçhizat ya da davranışta yaralanma riski kabul edilebilir düzeyde ise bu teçhizat ve davranış güvenli olarak kabul edilmelidir (Ringdahl, 2001:15). İş güvenliği; bir işin yapılması sırasında çalışanların karşılaştığı tehlikelerin ortadan kaldırılması veya minimize edilmesinde teknik önlemleri kapsamakta (Başbuğ, 2013:16); kısaca sağlığa zarar verebilecek durumların yok edilmesini de içeren ve daha iyi bir çalışma ortamı sağlamak için yapılan sistemli çalışmalar olarak ele alınmaktadır (Gerek, 2000:2).

İş güvenliği, çalışanların görev yaptıkları çalışma alanları ile buldukları ortamda, tüm tehlikeleri ve riskleri en aza indirmek ve güvenli bir işyeri oluşturmak ile ilgili tüm önlemleri içermektedir. Kültür, bireyin maddi ve manevi tüm yaşam pratiklerini içeren dinamik bir kavramdır; insanın hayata ilişkin tüm inanç ve değerlerini kapsamaktadır (Nişancı, 2012: 1281).

Bu inanç ve değerler, sağlıklı ve güvenli bir yaşam için gerekli bütün ihtiyaçlar ile ilişkilidir. İnsanların temel ihtiyaçlarından olan güvenlik ihtiyacının dışa yansımaları, yine insanlar tarafından oluşturulan toplumsal kültürde güvenlik kültürü olarak karşımıza çıkmaktadır. Toplum etkileyen ve oluşturan faktörlerin farklılığı, güvenlik kültürüne ilişkin toplumsal algıyı değiştirmekte ve güvenlik kültürünün toplumda yayılma seviyesini farklılaştırarak toplumların farklılaşmasına sebep olmaktadır. Örgüt kültürü, örgüt içerisinde iç bütünlük ve dış adaptasyon problemlerini çözmek için özel bir araştırmacı grup tarafından hazırlanmış ve geliştirilmiş temel varsayımların bütünü olarak tanımlanmaktadır (Schein, 1984; akt. Bergeron, 1995:58). Bu varsayımlar, “iş sağlığı ve güvenliği”ni dikkate alan ve önemseyen ilkeleri kapsamakta ise güvenli bir örgüt kültürüne, kapsamaması güvensiz bir örgüt kültürüne işaret etmektedir. Bu noktada “örgüt kültürü, örgüt üyelerinin davranışlarını kontrol altına alan sosyal bir sistem olarak (Demirel & Karadal, 2007:254) örgütleri birbirinden farklılaştırabilmektedir. “Güvenlik kültürü” terimi, ilk olarak 1986’da Çernobil nükleer felaketinden sonra kullanılmaya başlanmıştır (Guldenmund, 2018: 21). Güvenlik kültürü kurgusu, örgütsel güvenlik başarısızlıklarını kapsamaya ve açıklamaya yöneliktir (IAEA, 1991; Akt. Cooper, 2018:47). Bireylerin veya örgütlerin zarar ve kayıpları önleme ve belirlenen hedeflere ulaşmada karşılaşılan risk ve tehlikelerle başa çıkabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır (Reason, 2000:7). Güvenlik kültürünü oluşturmanın amacı, Çernobil gibi yüksek şiddetli olayları ve ayrıca yüksek frekanslı, düşük etkili olayları (yani kişisel yaralanmalar, vb.) engelleyerek kurumlarda iş güvenliğini arttırmaktır (Cooper, 2018:47). Yani, güvenlik kültürü, genel anlamda örgütlerdeki güvenli ortamın garanti altına alınması olarak değerlendirilmektedir.

Güvenlik kültürü konusunda birçok araştırmaya öncü olmuş ve yine birçok çalışmanın dayanağı haline gelmiş teorileri ile Amerikalı ünlü sosyolog Westrum (1996) konuya açıklık getirmiştir. Yaptığı sınıflama ile örgütsel kültürlerin tipolojisini, örgüt tipleri ile ilişkilendirmiş ve güvenlik kültürünün temelinde patolojik, bürokratik ve üretken (generatif) organizasyonlar/örgütler olarak nitelendirilebilecek üç tip organizasyonun olduğuna dikkat çekmiştir (Westrum, 1996:51). Bu sınıflamadan yola çıkarak, Westrum’un bürokratik örgüt tipolojisini Hesaplı/Planlı olarak değiştiren Parker ve arkadaşları, bunlara ek olarak Reaktif ve Proaktif Güvenlik Kültür tipolojilerini ilave etmişlerdir (Parker vd.(2006:554). “Onlara göre, her bir örgütün kendine özgü organizasyon kültürü ve güvenlik kültürü vardır ve güvenlik kültürü örgütlerde beş farklı seviyede olabilmektedir; “Patolojik”, “Reaktif”, “Hesaplı”, “Proaktif” ve “Üretken (Hudson vd. 2000 ve Parker vd.2006; Akt. Kim vd. 2016:90). Ülkemizde işletme eğer yabancı ortaklı ve kurumsal bir yapıya sahip değilse, güvenlik kültürünün patolojik veya en iyi ihtimalle reaktif düzeyde olduğu ifade edilmektedir (<http://sosyalhakladernegi.org>). Patolojik kültür, “bir güvenlik kültüründe, işverenler ve işçilerin güvenlik kurallarını ihlal etmeyi önemsememeleri durumudur. Bu, genellikle “bakımsız” güvenlik kültürü olarak adlandırılır. “Reaktif” güvenlik kültüründe güvenlik yalnızca bir kazadan sonra önem kazanmaktadır ki, buna genellikle “sorumlu güvenlik

kültürü” denmektedir. “Hesaplı” güvenlik kültüründe, tüm tehlikeleri yönetmek için sistemler mevcuttur.

Bu kültüre genellikle “planlı güvenlik kültürü” denmektedir. “Proaktif” bir güvenlik kültüründe, işçiler sorunlarla karşılaştıklarında değil, çalışma ortamını iyileştirmek için sorunlar ortaya çıkmadan önce sorunlardan kurtulmaktadırlar. “Üretken” bir güvenlik kültürü ise güvenliğin, çalışma ve düşünme biçimlerinin içine yerleştirildiği dinamik bir güvenlik kültürünü anlatmaktadır (Kim vd. 2016:90). Bu anlayışlara uygun güvenlik kültürüne sahip örgütlerin davranışları şöyle örneklendirilebilir;

- Patolojik kültür; güvenlik de ne demek, birisi görmediği müddetçe kurallara uymaya gerek yok.
- Reaktif kültür; iş kazası oldu, geçmiş olsun. Evet, kurallara dikkat etmek gerekiyormuş.
- Hesaplı/Planlı kültür; örgütün tüm alt sistemleri kaza olma durumuna karşı hazırlıklıdır.
- Proaktif kültür; hem çevresel, hem insani tüm faktörlere dayanan olasılıklar önceden düşünülmektedir.
- Üretken kültür; iş sağlığı ve güvenliği konusu birinci önceliktir. Her bir örgüt/işletme, belirgin özelliklere sahip güvenlik kültürünü yaygınlaştırma çalışmalarına başlamadan önce mevcut durumunu analiz etmeli, sonraki ilerleme adımlarını duruma göre şekillendirmelidir. Güvenlik kültürü ve insan faktörünün iş güvenliğine olası etkileri konusunda uzun yıllar araştırmalar yapmış İngiliz psikoloji profesörü Reason (2000:9)’a göre güvenlik kültürüne sahip işletmelerin ortak bir takım özellikleri vardır. Bu özellikler şu şekilde sıralanabilir;
- Açıklık kültürü; hataları gizlememek ve meydana gelen olayları tüm çalışanlara duyurmak.
 - Adalet kültürü; itham etmek yerine gerçeği ortaya çıkarmaya çalışmak, ödüllendirmek; herhangi bir ihmal söz konusu ise sorumlularını bulup cezalandırmak.
 - Raporlama kültürü; tüm olayları kayıt altına alarak işyerinin iş güvenliği geçmişini içeren bir bellek oluşturmak.
 - Öğrenme kültürü; olayları detaylıca irdeleyerek örgüt ile ilişkilendirmek.
 - Bilgilendirme kültürü; kazanılan tecrübeleri yenilere ve sonraki nesillere aktarmak. Raporlama kültürü, adil kültür, esnek kültür, öğrenen kültür gibi özelliklerin bir araya gelmesiyle oluşan genel bir kültür ile güven ve bilgilendirme/bilgili olma kültürünün örgüt içinde oluşması mümkün olabilir (Hudson, 1999:8). Yine bir örgütte oluşturulan yazılı talimatlar ve prosedürlerle ve üst yönetimin baskısıyla güvenlik meselesinin zorlayıcı bir şekilde çalışanlar tarafından kısa vadede dikkate alınması sağlanabilir. Fakat güvenlik kültürü unsurları çalışanlara tam olarak benimsetilemezse, kullanılacak yöntemler yetersiz kalacak; çalışanların tutum ve algıları, beklenen kurumsal değerlerle örtüşmeyecektir (Hudson, 2001:20). Rochlin vd. (1987:78) de, güvenlik kültürünün, örgütteki inanç ve değer sistemi içerisinde tam olarak belirlenmesi ve sınıflandırılmasıyla ilgili olduğunu söylemektedirler. Bu nedenle güvenlik kültürünün tam olarak işletme içinde yaşayan bir yapı haline gelmesi, değer ve inanç sistemi ile güvenlik olgusunun

bütünleşmesine bağlıdır. Aksi takdirde güvenlik kültürü kavramı askıda kalacak, güvenlik anlayışı şablonuna uymayacaktır. Bir örgütün negatif veya pozitif güvenlik kültürüne sahip olması, o örgütte gerçekleştirilen iş güvenliği uygulamaları, politikaları, yönetimin iş güvenliğine ilişkin tutumu hakkında bilgi vermektedir. “Negatif güvenlik kültürü, çalışanların mevcut riskleri “risk” olarak görmediği, görse de önemsemediği, boş verdiği ya da riskler/tehlikeler karşısında kendine aşırı güven duyduğu bir kültüre karşılık gelmektedir ve olabildiğince dirençli bir yapı göstermektedir” (Uçkun vd. 2013:62; Aktay, 2011:13).

Pozitif güvenlik kültürü, çalışanların güvensiz davranışları yapmaktan çekindiği bir çalışma ortamı oluşturmakta (Fernandez vd. 2007: 638) ve davranışsal iş güvenliği uygulamaları gibi birçok yöntemle güvenli davranışların alışkanlık haline dönüştürüldüğü tutumlar, politikalar kurumsal değerlerin bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Kirwan (2011:11), olumlu bir güvenlik kültürünün, karşılıklı güvene dayalı iletişim, iş güvenliğinin önemli olduğuna ilişkin algı paylaşımı ve etkin önleyici tedbirlere duyulan güven ile nitelendirildiğini ifade etmektedir. Pozitif güvenlik kültürü, çalışanları olumsuz sonuçlara sebep olacak güvensiz davranışlardan çekerek, bu durumlara karşı duyarlı ve hassas davranmaya yönlendirmektedir. Pozitif güvenlik kültürünü bir örgütte oluşturmak, geliştirmek ve sürdürmek uzun zaman almakta, yoğun çaba gerektirmektedir ama mevcut iş güvenliği yönetim sisteminin iyileştirilmesi için kullanılan en etkin metottur. Bu kapsamda, öncelikle birey davranışlarının detaylı incelenmesi gerekmektedir. Bu inceleme sonrasında işyerinin içinde bulunduğu sosyal yapı dikkate alınarak koşullara uygun çalışma ortamı şekillendirilmeli ve geliştirilmelidir. Bu konuyu sadece işverenin yasal yükümlülüğü olarak düşünmek pozitif güvenlik kültürünü oluşturma işleminde baştan başarısızlığı kabul etmek demektir ve işe yaramayacaktır.

4. DAVRANIŞ ODAKLI İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARININ İŞ GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNE ETKİSİ

20. yüzyılda sanayileşme, yeni üretim metotları, yoğun makineleşme ve çok çeşitli kimyasalların üretime dahil edilmesi, iş yerlerinde kazalar ve meslek hastalıkları sonucu ölümler ve uzuv kayıplarının yoğun olarak yaşanmasına sebep olmuştur (Arpat vd. 2014:285). Kaza oranlarının, ölüm ve organ kayıplarının azaltılmasında iş yerinin güvenlik kültürünün tüm çalışanlar için ortak bir değer olarak kabul edilebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Örgütler için işyerinin güvenli bir çalışma ortamı olduğunun en önemli göstergeleri, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından tanımlanan kaza sıklık ve kaza ağırlık oranlarıdır. İşverenler bu oranların azaltılması için birçok önlem almaktadırlar. Buna rağmen güvensiz davranışlar sergileyen çalışanlar ve buna neden olan fiziksel ortam nedeniyle gerçekleşen iş kazalarının sayısı oldukça fazladır. Bunun en önemli sebebi, söz konusu iş yerlerinde yaşayan bir pozitif güvenlik kültürünün oluşturulamamış olmasıdır. Çalışanların, üst yönetimce kabul edilip başlatılan şirket içi değişim yelpazesi içerisinde iş güvenliği kültürünü alışkanlık haline dönüştürmeleri, kaza

verilerinin zamanla sıfırlanmasını sağlayabilecektir. Bu alışkanlık döngüsünün örgüt içinde tam olarak oturması iş güvenliği farkındalığını yaratacak davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarından geçmektedir. Sorunların çözümlenmesinde davranışsal güvenlik uygulamaları önemli bir araç olarak tercih edilmeli ve uygulanmalıdır. Davranış Odaklı İş Güvenliği Uygulamaları ile ilgili ilk araştırmalardan birisi, Komaki (1978) tarafından bir unlu mamul işletmesinde yapılmıştır. Bu araştırmada verilen iş güvenliği eğitimleri ile çalışanların davranışlarında olumlu yönde değişimler olduğu gözlemlenmiştir (Komaki vd, 1978:437). Cooper vd. (1994:238), üretim işçilerinin sürekli, haftada 7 gün, 10 günlük bir döngü ile üç vardiya çalıştığı çok uluslu büyük bir şirkette bir saha çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar şirketin kaza kayıtlarını analiz etmişler ve şirketin işgücünün rastgele %15 ini temsil eden bir örneklem grubu ile derinlemesine yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmışlardır. Bu bilgilere dayanarak, araştırmacılar bölüm kontrol listeleri geliştirmişlerdir.

Güvenlik gözlemcileri işe alınmış ve 2 günlük bir eğitime tabi tutulmuşlardır. Bir uygulama süresinin ardından her bölüme kontrol listeleri gönderilmiş; ayrıca her bölümden kritik (güvensiz) davranışlar için güvenlik hedefleri belirlemeleri istenmiştir. Her bölümdeki gözlem, tüm vardiyalarda departmanı gezen gözlemci tarafından yapılmış, tamamlanması yaklaşık 10 dakika sürmüştür. Haftalık gözlemlerin sonuçları, işgücüne, gelecek hafta dikkatlerini odaklayacakları noktayı bildirmek için gönderilmiştir. Araştırmacılar, bir bütün olarak fabrika genelinde güvenli davranış performansında istikrarlı bir küresel iyileşme bulmuşlardır. Havold (2005:456), bir Norveç nakliye firmasında güvenlik kültürüne bakarak bir örnek olay incelemesi gerçekleştirmiştir.

Denizcilik, tarihsel olarak dünyanın en tehlikeli mesleklerinden biridir. Yirmi gemi çalışanına şirketlerinin güvenlik kültürü ve güvenlik algısı sorularını da içeren kendi kendini tamamlama çalışması yaptırılmıştır. Araştırmacılar sonuçlara göre 24 faktör analizi yapmış ve dört faktör belirlemişlerdir; çalışan ile yönetimin güvenlik ve kaliteye olan tutumu; bilgi; güvenlik kurallarına/talimatlarına uyma; kalite ve güvenlik deneyimi. Araştırmacılar, uyruk, çalıştıkları gemi veya mesleğe bakılmaksızın, güvenlik kültürüyle ilgili olarak katılımcılar arasında yüksek derecede bir fikir birliği olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak herhangi bir müdahale veya eğitim uygulanmamış ve güvenlik davranışında herhangi bir nicel değişiklik de görülmemiştir.

Güvenlik kültürüne ilgi duyan Fang vd. (2006:328), Hong Kong'daki önde gelen bir inşaat şirketi ve taşeronları kapsamında tüm saha ve tüm çalışanlar için bir güvenlik iklimi araştırması gerçekleştirmişlerdir. 110 maddeden oluşan anketin faktör analizi sonucunda 15 farklı faktör bulunmuştur. Bunlardan ilk 10 tanesi; güvenlik tutumu ve yönetim taahhüdü; güvenlik danışmanlığı ve güvenlik eğitimi; denetçinin rolü ve çalışma arkadaşı rolü; risk alma davranışı; güvenlik kaynakları; değerlendirme, güvenlik prosedürü değerlendirmesi ve iş riski; uygunsuz güvenlik prosedürü; işçinin katılımı; iş arkadaşının etkisi; yetkinlik, şeklindedir. Guldenmund (2007:723) çalışmasında, iş

güvenliği kültürüne, politika, yönetim, çalışan motivasyonu, iletişim, zaman baskısı, eğitim, çalışma ortamı, açıklık, risk algısı gibi birçok faktörün olası etkilerini incelemiştir. Nielsen vd. (2008:448) rüzgar türbinleri üreten aynı şirkete ait birbirinin aynı büyüklükteki iki ayrı tesisinde incelemeler yapmıştır.

Aynı şirkete ait olmalarına rağmen B tesisinde A tesisine göre çok daha fazla hatanın var olduğu anlaşılmıştır. Çalışma öncesinde A tesisinde çalışanların katılımının olduğu davranış odaklı iş güvenliği uygulaması gerçekleştirilmiştir. Devamında, her iki tesisten birer grup bir haftalık iş güvenliği eğitimine katılmış, denetimler yapılmış ve anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kaza verileri, her iki tesiste de başlangıçtan bir yıl öncesinden altı aya kadar toplanmıştır.

Araştırmacılar, kişisel raporlanan kaza verilerinin B tesisinde azaldığını bulgulamışlardır. Yine de araştırma esnasında çalışma ortamında hangi bilgilerin A tesisinden B ye aktarıldığının net olarak anlaşılması sebebiyle araştırmanın sonuçlarını yorumlama ve güvenlik kültüründeki değişiklik hakkında kesin bir açıklama yapamamışlardır. ABD’de Davranış Odaklı Güvenlik Yönetimi’ne ilişkin 83 ayrı çalışmanın bulgularının incelendiği bir çalışmada, 33 araştırma kapsamında olumlu yönde bir değişim olduğu görülmüştür. Yine aynı çalışmaya göre, Thomas Krause’nin beş yıllık çalışmasında davranış odaklı yönetim sayesinde 73 işletmede yaklaşık 40 bin çalışan içerisinde kaza ve yaralanma oranı birinci yılın sonunda %26 azalmıştır; beşinci yılın sonunda ise bu oranın %69’u bulunduğu ifade edilmiştir (Sungur vd. 2009:54). Zhou, Fang ve Mohamed (2011:93), bir Çinli inşaat firmasında üç yıl boyunca güvenlik iklim faktörü yapısını ve güvenlik iklim anketlerinin tutarlılığını incelemişlerdir. Şirketteki inşaat işçilerine 2004 yılında ve tekrardan 2007 yılında bir güvenlik iklimi anketi uygulanmıştır.

Anket, işletmenin güvenlik ikliminin kilit konularını içeren 87 sorudan oluşmuştur. Araştırmacılar her iki yıl için maddeler üzerinde bir faktör analizi yapmışlar ve her iki yılın, dört faktörlü aynı güvenlik kültürü yapısını oluşturduğunu bulmuşlardır. Buna göre, güvenlik yönetmelikleri; güvenlik denetimi; güvenlik eğitimi, çalışma arkadaşlarının desteği ve yönetim taahhüdü; son olarak güvenlik tutumu olmak üzere dörtlü bir güvenlik kültürü yapısına ulaşmışlardır. Bu çalışma zaman içinde algıda bir değişiklik bulsa da, çalışmaya göre belirli bir güvenlik sorunu tanımlanmamış ve bu konuyu ele almak için bir müdahale veya eğitim uygulanmamıştır. Bu çalışma, herhangi bir nicel davranışsal güvenlik değişikliğine ışık tutmamıştır. Akalp ve Yamankaradeniz (2013:108), İşletmelerde Güvenlik Kültürünün Oluşumunda Yönetimin Rolü ve Önemi, özel bir eğitim kurumu kapsamında iş güvenliği uzmanı adaylarına uyguladığı bir anket ile ortaya koymaya çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre yöneticilerin güvenlik kültürüne yönelik tutum ve davranışlarının, güvenlik kültürüne olan etkisinin tüm boyutlarda pozitif olduğu anlaşılmıştır. Uslu (2014:65) yaptığı çalışmada güvenlik kültürünün oluşturulma amaçlarını belirlemeye çalışmıştır. Elde edilen sonuçlara göre amaçları, kaza ve yaralanmaları azaltmak amacıyla risk, kaza ve hastalıklarla ilgili aynı düşünce ve

inançların paylaşılmasını sağlayacak davranış normları oluşturmak; dikkat çeken konularla ilgili güvenliği sağlamak; güvenliğe ilişkin ilgi ve katılımı sağlayarak kişilerin güvenliğe bağlılığını arttırmak; örgütün sahip olduğu sağlık ve güvenlik programının biçim ve yeterliliğine karar vermek ve iş güvenliğine dair gerçekleştirilen uygulamaların tarzını ve becerilerini belirlemek şeklinde ifade etmektedir. Yirmi yedi işletme ve 854 çalışanla gerçekleştirilen bir araştırma, yönetim sistemlerinin güvenlik kültürü ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Özkan ve Arpat, 2016:220).

Yapılan bir diğer çalışmada, Türk İnşaat sektöründe Güvenlik Kültürü-İş Güvenliği ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışanların eğitim seviyesi yükseldikçe risklere karşı farkındalıklarının arttığını, tecrübesiz çalışanlarda ise kazalara ilişkin duyarlılığın daha düşük olduğunu göstermektedir(Yıldız vd.2017:137). Yapılan çalışmalarda, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmada, güvenlik kültürünün anahtar bir rol oynadığı görülmektedir (Dursun, 2013:75).

Araştırma sonuçlarından elde edilen bulgulara göre, bazı araştırmalarda davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının doğrudan davranışa yansımaları söz konusu olmasa da algılarda farklılığa sebep olduğu; diğer araştırmaların çoğunun sonuçlarına göre ise, örgütlerde pozitif bir güvenlik kültürünün oluşmasında davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının olumlu etkilerinin olduğu söylenebilir. İş yerinde güvenlik kültürünün oluşması ve çalışanlar arasında yaygınlaşmasında aşağıda sunulan örneklerle benzer davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarından yararlanılabilir.

- Örgüt içerisinde, istatistiki verilere dayanarak, diğer bölümlerin kötü olduğu imajı oluşturulmadan iş güvenliği alanında en iyi bölümlerin diğer tüm bölümler önünde tanıtılması ve takdir edilmesi,
- İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından Türkçe 'ye çevrilerek desteklenen “ İş Sağlığı ve Güvenliğinde Performans İzleme Metodu için hazırlanan Elmeri” gibi bir denetim programı ile örgütün her bir bölümünün aynı formatta denetlenmesi,
- İş güvenliği konusunda örnek davranış gösteren çalışanların, diğer çalışanları özendirerek şekilde ödüllendirilmesi,
- İş güvenliği konusunda çalışanın düşünce ve isteklerini rahatça ifade edebileceği bireysel öneri kutularının işlevsel hale getirilmesi,
- İş güvenliği konusunda tüm işletmeyi kapsayan etkinlikler (tiyatro, oyun, yarışma, toplantı kararları vb.) ile iş güvenliği konusunda ilginç afiş, slogan, karikatür ve haberlerin paylaşılacağı bir iş güvenliği iletişim panosunun oluşturulması. Bu uygulamaların, sektörlere göre değişim gösterebileceği, azaltılıp çoğaltılabileceği, sıklık derecesinin ihtiyaca göre belirlenebileceği bilinmelidir.

5.SONUÇ

Günümüzde yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları ile bunların sosyal ve ekonomik maliyetleri, bugünün örgütleri için önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Birincil derecede önemli yaşama hakkı ise tüm insanların en temel hakkıdır. İş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki tüm gelişmeler, öncelikle yaşama hakkının ve birey sağlığının korunması ve geliştirilmesi amacıyla kazaların önlenmesi ve maliyetlerin minimize edilmesine yöneliktir. Çalışanların sağlık ve güvenliklerinin garanti altına alınması, işletmeler, uygulayıcılar, siyasetçiler, araştırmacılar için çözümlenmesi gereken sorunların başında gelmektedir.

İşgörenlerin sağlık ve güvenlik alanındaki tüm haklarının korunması, öncelikle çalışanlarda güvenlik kültürü ve bilincinin oluşumunu gerektirmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada, güvenlik, güvenlik kültürü, davranış odaklı iş güvenliği uygulamaları ve bu uygulamaların güvenlik kültürüne etkisi hakkında bir literatür taraması yapılmıştır. Küreselleşme süreci içerisinde faaliyetlerine devam eden örgütlerin, iş sağlığı ve güvenliği konusunda belirledikleri hedefler, gerçekleştirdikleri uygulamalar ve çalışanlar için tasarlanan ergonomik ortamlar, örgütün amaçlarına ulaşma yolunda, üretim verimliliği ve çalışanların yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. İş kazalarının önlenmesi ve azaltılmasında, birçok farklı bilim dalının bir araya gelerek gerçekleştirdikleri interdisipliner çalışmalar, farklı platformlarda konuya ilişkin problemlerin çözümlenmesine katkı sunmaktadır. Tüm örgütler için sürdürülebilirliğin temel elementi, insan kaynağıdır. Çalışanlar için güvenli bir çalışma ortamı oluşturma ve onları motive etme, sürdürülebilirlik için zorunlu, aynı zamanda vicdani bir durumdur. Tüm örgütlerde güvenlik, örgüt kültürünün ayrılmaz bir parçasıdır. İşyerlerinde güvenli çalışma ortamı oluşturma en etkin yolu, pozitif güvenlik kültürünü benimsemek ve uygulamaktan geçmektedir. Pozitif güvenlik kültürü davranış odaklı iş güvenliğine dayanmaktadır. Davranış odaklı iş güvenliği uygulaması ile pozitif güvenlik kültürü oluşturmak isteyen işyerlerinde konuya hem yönetimin hem de çalışanların sahip çıkması ve desteklemesi gerekmektedir. İş güvenliği eğitimlerinde sıkça bahsedilen devlet-işveren-çalışan-sendika dörtlüsüne üniversite/sektör ortak çalışmaları, araştırmalar, düzenli seminerler ve uygulamalar da dahil edilmelidir. Çalışmaların tüm paydaşlarca benimsenmesi ve desteklenmesi istenen sonuçlara ulaşmayı kolaylaştıracaktır. Özellikle çalışanların, alet ve makinelerin kullanılmasından, belirlenen ilke ve kurallara uyulmasına kadar güvenliğe ilişkin tüm konularda bilinçli olması ve aktif bir rol üstlenmesi önem arz etmektedir. Davranış odaklı iş güvenliği uygulamalarının örgütlerin güvenlik kültüründe pozitif yönde değişiklik yaptığı çalışma sonuçlarından anlaşılmaktadır.

Öncelikle, ülke düzeyinde sonra her bir örgüt/işletme/kurum seviyesinde etkin bir iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi oluşturulması için çalışmalar yapılmalıdır. Konuya ilişkin örgütler arası, hatta uluslararası iş birlikleri için gerekli adımlar atılmalıdır. İşgörenlerin çalışma şartları, mikro seviyede bireyin, örgütsel düzeyde işletmenin/örgütün

ve makro seviyede ise toplumun sağlığını etkileme potansiyeli taşımaktadır. Sağlıklı bir toplum için, işyerlerindeki eğitimlere özen gösterilmeli, davranış odaklı güvenlik uygulamalarına yer verilmeli, işyerleri ciddi bir biçimde denetlenmelidir. İşgörenlerin sağlık kontrolleri yapılmalı, iş kazası ve meslek hastalığı oranlarının azaltılmasında farklı bilim dallarından yararlanılmalı, çalışma ortamlarının ergonomik olmasına dikkat edilmelidir.

Bunların tümü, iş kazaları ve meslek hastalıkları oranlarını ve bunların sebep olduğu sosyal, psikolojik ve ekonomik maliyetleri düşürecek, işgücü devir oranı ve devamsızlıkların azalmasına katkı yapacaktır. Bunların yanında, işgörenlerin, kendilerine değer verildiğine ilişkin algıları, dolayısıyla da iş tatminleri ve motivasyonları yükselecektir.

Aynı zamanda, ürün ve hizmet kalitesinde iyileşme, etkinlik ve verimlilikte artış, bireysel ve örgütsel performansın yükselmesi söz konusu olabilecektir. Böyle bir iş ortamında sosyalleşen ve kültürlenmiş çalışanlar, sahip oldukları bu değerleri, davranışları aracılığıyla, yani sosyal atom ile hem iş yeri içindeki, hem de dışındaki bireylere aktarabilecek, böylelikle güvenlik, örgüt kültürünün bir parçası olabilecek, toplum kültürüne de yansıtılabilecektir.

Türkiye’de diğer birçok ülkenin üstünde olan ölümlü iş kazaların sayısının azaltılamamasının idari, hukuki ve ekonomik nedenlerinin yanında sosyal nedenlerinin de olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle iş güvenliği konusunda çalışma yapan her uzman, işletmelerde güvenlik kültürü olgusunu yerleştirip güvenli davranışları alışkanlık haline dönüştürmeyi amaçlamalı; bunun için de, öncelikle kültürel yapıyı, bu yapının sosyal boyutunu ve ortaya çıkardığı problemleri göz önünde bulundurmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği, sadece devlet-işveren-çalışandan oluşan üç boyutlu bir yapı değil, tüm paydaşların ve farklı disiplinlerin entegre edilmesi gereken çok boyutlu bir yapı olarak değerlendirilmelidir. Son olarak, teknolojinin baş döndürücü bir hızla yol aldığı günümüzde, her an yeni işkolları ve meslekler ortaya çıkmakta, yeni makine ve teçhizatlara ihtiyaç duyulmakta, yeni kimyasallar üretim sürecinde yerini almaktadır. Bunların tümü, örgütlerin, yeni birçok tehdit ve güvenlik sorunu ile karşılaşacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle her işletme, sağlam bir iş güvenliği kültürüne ve sistemine sahip olmalıdır. İşletme içinde kendini yenileyen, teknoloji ile evrilen bir iş güvenliği yönetim sistemi, faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. İş güvenliği kültürü multidisipliner bir konu olduğundan, tek başına iş güvenliği uzmanı veya iş güvenliği biriminin çabalarının yeterli olmayacağı bilinmelidir. İşletmenin hiyerarşik yapısı içinde herkesin ortak katılımı ile güvenlik kültürü oluşturulmalı, davranış odaklı iş güvenliği uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akalp, G., Yamankaradeniz, N.(2013), İşletmelerde Güvenlik Kültürünün Oluşumunda Yönetimin Rolü ve Önemi, Sosyal Güvenlik Dergisi, Haziran 2013, 3 (2), 96-109.
- Aktay, N. (2011), İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi ile İş Güvenliği Kültürü Arasındaki İlişki, İş Müfettiş Yardımcılığı Etüdü, ÇSGB, İstanbul.
- Arpat, B., Yeşil, Y., Öter, N.D.(2014), Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimleri Hakkında Çalışan Algıları ve Farkındalığı: Denizli İli Örneği, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2 (8), Aralık 2014, 281-318. Başbuğ, A. (2013) İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği, Şekerİş Sendikası Dergisi, Aydoğdu Ofset, Mayıs 2013. Bergeron, P.G.(1995). La Gestion Dynamique, Gaeten Morin Editeur. Montreal, Paris, Casablanca.
- Cooper, M.D. (1998). Improving safety culture: A practical guide.
<https://www.bookdepository.com/ImprovingSafety-Culture-Dominic-Cooper/9780471958215>
- Cooper, M.D., Phillips, R.A., Sutherland, V.J., Makin, P.J. (1994) ,Reducing Accidents Using Goal Setting and Feedback , Journal of Occupational and Organizational Psychology (1994),67-219-240.
- Çelikkol, A.; (1977), İş Kazalarında Ruhsal Etmenler, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Doçentlik Tezi, İzmir. Demirel, Y.& Karadal, H.(2007). Örgüt Kültürünün Örgüt İçi bireysel becerilerin kullanımına Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 12/3.253-270. Dursun, S.(2013), İş Güvenliği Kültürünün Çalışanların Güvenli Davranışları Üzerine Etkisi, Sosyal Güvenlik Dergisi, 3(2), 61-75. Eroğlu, F.(2013). Davranış Bilimleri. Beta Yayın.
- Esin, A.(2007), Davranışsal Güvenlik Nedir? Mühendis ve Makine, 48(567), 3-9.
- Fang, D., Li, M., Fong, P. S. W., & Shen, L. (2004). Risks in Chinese construction market—Contractors’ perspective. Journal of Construction Engineering and Management, 130(6), 853-861.
- Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2007). Safety culture: Analysis of the causal relationships between its key dimensions. Journal of safety research, 38(6), 627-641.
- Gerek, N. H. (2000). İş Sağlığı ve İş Güvenliği. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Guldenmund, Frank W.(2018) Understanding Safety Culture Through Models and Metaphors pp.21-35. The Safety Culture Construct: Theory and Practice. In: Gilbert C., Journé B., Laroche H., Bieder C. (eds) Safety Cultures, Safety Models. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-95129-4_5#citeas. September 2018. <https://www.researchgate.net/publication/327962842>
- Guldenmund, F.W. (2007), The use of questionnaires in safety culture research – an evaluation , Safety Science ,45 (6) 723-743.
- Grindle, A. C., Dickinson, A. M., & Boettcher, W. (2000). Behavioral safety research in manufacturing settings: A review of the literature. Journal of Organizational Behavior Management, 20(1), 29-68.
- Havold, J.I., (2005), Safety Culture in a Norwegian Shipping Company, Journal of Safety Research, 36(5):441- 458.
- Hudson P.(1999). “Safety Culture – Theory and Practice”, içinde “The Human Factor in System Reliability Is Human Performance Predictable? [les Facteurs humains et la fiabilité des systèmes – Les performances humaines, sont-elles prévisibles?]”, 1999, RIO MP-032 Report, 8-3.
- Hudson, P.(2001). “Safety Management and Safety Culture: The Long, Hard and Winding Road”, içinde Occupational Health and Safety Management Systems, eds. W. Pearse, C. Gallagher ve L. Bluff (Melbourne, Australia: Crowncontent, 2001), 20- 21.
- ILO (International Labour Office), (2007), Key Indicators of the Labour Market, 5th Edition, International Labour Office, Geneva.
- George J.M, Jones G. R. (1999); Understanding and Managing Organizational Behaviour, Edition Second, an Imprint Of Addison Wesley, Longman, Inc., USA.

- Kirwan B.(2011), Incident reduction and risk migration, *Safety Science*, 49(1), 11-20.
- Komaki, J., Barwick, K.D., Svott, L.R.(1978), Behavioral Approach to Occupational Safety: Pinpointing and Reinforcing Safe Performance in a Food Manufacturing Plant, *Journal of Applied Psychology* , 63(4), 434-445.
- Kuru, O. (2000). İş sağlığı ve güvenliğinde yeni oluşumlar. *TİSK İşveren Dergisi*, 28(8), 5-9.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety science*, 42(4), 237-270. Lund, J., & Aarø, L. E. (2004). Accident prevention. Presentation of a model placing emphasis on human, structural and cultural factors. *Safety Science*, 42(4), 271-324.
- Nielsen, K.J, Rasmussen, K., Glasscock ,D.J., Spangenberg, S.(2008), Changes in safety climate and accidents at two identical manufacturing plants, *Safety Science*, 46 (3),440-449.
- Nişancı, Z. N. (2012). Toplumsal Kültür-Örgüt Kültürü İlişkisi ve Yönetim Üzerine Yansımaları. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1279-1293.
- Özkan, Y. ve Arpat, B.(2016), İşletmelerde Uygulanan Yönetim Sistemlerinin Güvenlik Kültürü Üzerine Etkisi: Denizli İli – Metal Sektörü Örneği, *Siyaset, Ekonomi ve Yöntem Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 195-221.
- Parker, D., Lawrie, M. ve Hudson, P. (2006), A Framework for Understanding the Development of Organisational Safety Culture, *Safety Science*, 44(28),554.
- Pillay, M. (2015). Accident causation, prevention and safety management: a review of the state-of-the-art. *Procedia manufacturing*, 3, 1838-1845.
- Reason, J. (2000). Safety paradoxes and safety culture. *Injury Control and Safety Promotion*, 7(1), 3-14.
- Ringdahl, L. H. (2001) *Safety Analysis: Principles and Practice in Occupational Safety*.
- Robbins, S.P. ve Judge, T.A. (2013). *Örgütsel Davranış, Çeviri Editörü. İnci Erdem*, 14. Basımdan çeviri, İstanbul, Nobel Yayınları.
- Rochlin, G. I., La Porte, T. R., & Roberts, K. H. (1987). The self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea. *Naval War College Review*, 40(4), 76-92.
- Silahlı M. (2005); *Sosyal Psikoloji - Davranış Bilimi*. Seçkin yayınları. Geliştirilmiş 2.Bsk. Ankara.
- Sungur, E.; Tiryaki, A.R. ve Vatansever, Ç. (2009). “Davranış Odaklı Güvenlik Yönetimi”. *Önlem Dergisi*, 54- 56.
- Şerifoğlu, U. K. ve Sungur, E. (2007). “İşletmelerde Sağlık ve Güvenlik Kültürünün Oluşturulması; Tepe Yönetimin Rolü ve Kurum İçi İletişim Olanaklarının Kullanımı”. *Yönetim*, 58, 41-50.
- Türkiye Makine Mühendisleri Odası İş Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu (2018). Güncellenmiş 8. Baskı, Yayın No:689, Mart 2018, Ankara.
- Uçkun, G., A. Yüksel, B. Demir, İ. Yüksel (2013), “Kurumsal İtibarın Arttırılmasında İş Sağlığı ve Güvenlik Kültürünün Rolü ile Meslek Yüksekokullarında Bulunan İş Güvenliği Uzmanlığı Programlarının Analizi”, 3. Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu.
- Uslu, V.(2014), İşletmelerde İş Güvenliği Performansı ve İş Güvenliği Kültürü Algılamaları Arasındaki İlişki: Eskişehir İli Metal Sektöründe Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Vatansever, Ç., Sungur, E., Tiryaki, A. (2009), Davranış Odaklı Güvenlik Yönetimi , *Önlem Dergisi*, (48-57). Yıldız S., Yılmaz M. *Türk İnşaat Sektöründe Çalışanların Güvenlik Kültürü Düzeyinin ve Güvenlik Performansı ile İlişkinin İncelenmesi*, *Politeknik Dergisi* ,2017,1 (20), 137-149.
- Westrum, R. (1996). Human Factors Experts Beginning to Focus on Organizational Factors in Safety. *ICAO Journal*, 51.
- Zhou, Q., Fang, D., Mohamed, S., (2011) Safety climate improvement :Case study in a Chinese construction company. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(1) 86-95. http://sosyalhaklardernegi.org/wp-content/uploads/2018/12/SHD-%C4%B0%C5%9F-%C3%A7iSa%C4%9FI%C4%B1%C4%9F%C4%B1-ve-%C4%B0%C5%9F-%C3%BCvenli%C4%9FiRaporu_13.12.2018-2.pdf. Erişim:13.06.2018 saat 23:13

KÖMÜRLÜ KATMANLARIN ÇÖKELME SÜREÇLERİ VE MADENCİLİK ÇALIŞMALARINA ETKİLERİ THE EFFECTS OF COAL LAYERS ON SEDIMENTATION PROCESS AND MINING WORKS

Ali Baltaş*

TTK Genel Müdürlüğü Etüt Plan-Proje ve Tesis Daire Başkanlığı Şube Müdürü, Zonguldak

ÖZET Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasındaki kömür damarları, Üst Karbonifer (Namuriyen, Westfaliyen) yaşlı birimlerde çökelmiştir. Havzada bu güne kadar; Armutçuk bölgesinde Alacaağzı (Namuriyen) ile Kozlu (Westfaliyen A) serilerinden, Zonguldak bölgesinde (Kozlu, Üzülmez ve Karadon) Kozlu Serisinden (Westfaliyen A) ve Amasra bölgesinde Kozlu (Westfaliyen A) ile Karadon (Westfaliyen C) serilerindeki damarlardan kömür üretimi gerçekleştirilmiştir. Halen devam eden madencilik çalışmalarında, bazen zorunlu olarak kömür üretimi yapılan serilerle kontak durumundaki formasyonlarda da kazı ve tahkimat çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Havzadaki jeolojik problemlerin genellikle tektonik problemler olarak algılanması ve havzanın geçirdiği sedimantolojik süreçlerden elde edilen verilerin çalışmalara yeterince yansıtılmaması, madencilik çalışmalarının başarısını azaltıcı bir faktör olmuştur. Bu çalışmada; Havzanın geçirdiği tektonik süreçlerden bağımsız olarak kömürlü üst Karbonifer serilerin çökeltme süreçleri ve bu süreçlerden elde edilen bilgilerin madencilik çalışmalarında değerlendirilmeleri örneklerle açıklanmıştır.

ABSTRACT Coal seams in the Northwest Anatolian Hard Coal Basin were deposited in the Upper Carboniferous (Namurian, Westphalian) units. In the basin up to this day; Coal was produced from veins in Alacaağzı (Namurian) and Kozlu (Westphalian A) in Armutçuk region, Kozlu Series (Westphalian A) in Zonguldak region (Kozlu, Üzülmez and Karadon) and Kozlu (Westphalian A) and Karadon (Westphalian C) Series in Amasra region. In the ongoing mining operations, excavation and fortification works are also carried out in the formations that are in contact with the series where coal production is sometimes required. The fact that the geological problems in the basin are generally perceived as tectonic problems and that the data obtained from the sedimentological processes of the basin cannot be reflected in the mining activities sufficiently has been a factor that reduces the success of the mining studies. In this study; Regardless of the tectonic processes of the basin, the deposition processes of the coal-bearing upper Carboniferous series and the evaluation of the information obtained from these processes in mining studies were explained with examples.

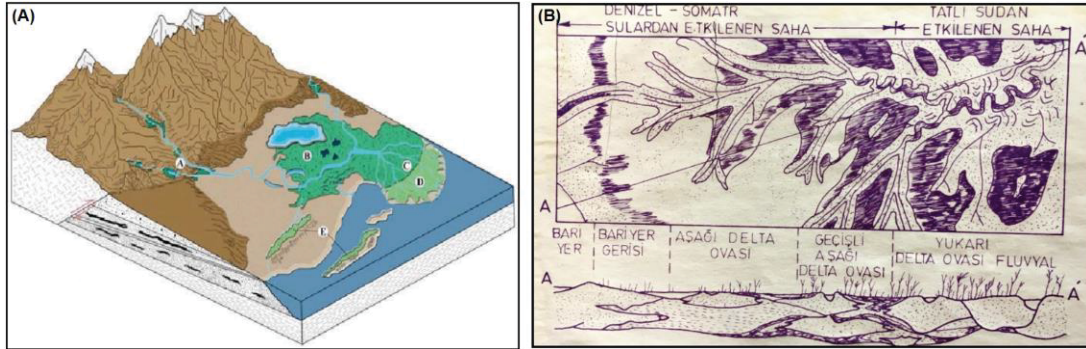
* alibaltas@taskomuru.gov.tr

1. GİRİŞ

Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki kömür damarları ile yan kayaçlar; yanal ve düşey doğrultuda sürekli değişime uğramakta, bazen de incelenerek yok olmakta ve yerini daha farklı litolojik özelliğe sahip bir katmana bırakmaktadır. Tektonik olaylardan bağımsız olarak havzanın geçirdiği sedimantolojik süreçlerden kaynaklanan bu durum; katmanların litolojik özelliklerinde, dayanımlarında, su ve gaz içeriklerinde, istif içindeki kompozisyonlarında, kalınlıklarında vb. değişimler meydana getirmektedir. Madencilik çalışmalarında bu durum değerlendirilmeden, ortam özelliklerinin değişmez olduğu varsayılarak alınan kararlar, bir süre sonra eksik ve hatalı uygulamalara dönüşmektedir. Daha doğru kararlar verebilmek için; kazı yapılan her bir arında sürekli olarak havzanın geçirdiği sedimantolojik süreçlerin izleri araştırılmalı, elde edilen bilgiler değerlendirilmeli, alınacak kararlara yansıtılmalı ve uygulanmalıdır.

2. ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASINDAKİ ÇÖKELME ORTAMLARI

Paralik havza özelliği gösteren (Özkoçak vd., 1978) Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasındaki kömür içeren formasyonlar, deltalarda ve delta gerisindeki ovalarda gerçekleşen sedimantasyon süreçlerinde çökelmiştir (Yalçın, 1995) (Şekil 1A-B).



Şekil 1. Paralik havzalarda kömür depolanma ortamları (A)-Üst görünüş (A-Bataklık, B-Çöküntü/Taşkın düzlüğü, C-Üst delta düzlüğü, D-Alt delta düzlüğü, E-Bariyer/Kıyı gerisi)(<http://www.wsgs.wyo.gov/research/energy/coal/Geology-Pg2.aspx>), (B)-Yan görünüş (Ferm 1979'dan değiştirilerek).

Denize düz alanlarda ulaştıklarında birçok kola ayrıldıkları için taşıma güçleri oldukça azalan akarsular, taşıdıkları malzemeleri (ince kum, kil, silt vb.) biriktirerek deltaları oluştururlar (Şekil-2A, B, C; 3A). Anılan ortamlarda, topoğrafyanın çukurluklarına doğru akan sular, belirli bir süreyle lobları ve lagünleri besleyerek deltayı denize doğru ilerletirler. Bu ilerleme nedeniyle daha önce delta olan kısım geride kalarak ovaya dönüşür. Söz konusu ovada daha sonra topografyadaki eğimin düşük olması nedeniyle taşıma gücü nispeten daha yüksek (silt, kum) menderesli akarsular gelişir (Şekil 4A). Akarsular, enerjilerinin arttığı dönemlerde yataklarını terk ederek taşkın ovasına doğru ilerler ve alt delta düzlüğü bataklıklarını oluştururlar (Şekil-2B). Alt delta ovası bataklığını besleyen akarsuların etkinliklerini sürdürmeleri ve taşıdığı sedimanları

biriktirmeleri sonucunda, topoğrafik eğim nispeten daha da artarak taşıma gücü daha yüksek (kum, çakıl) olan örgülü akarsu sistemleri gelişir ve ortam giderek üst delta düzlüğü ortamına dönüşür (Şekil 14).



Şekil 2. (A) Akarsu kanalında taşınma, (B) Akarsu kanalının taşkın öncesi, taşkın sırası ve taşkın sonrası enine kesitleri, (C) Deltalarda (delta önü, delta ovası ve örgülü akarsu ovası) çökelen kırıntılı kayaçlar (Ersoy, 2017).

3. TAŞKÖMÜRÜ HAVZASINDAKİ KÖMÜRLÜ BİRİMLERİNİN ÇÖKELME SÜREÇLERİ VE MADENCİLİK ÇALIŞMALARINA ETKİLERİ

Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasında kömür damarları barındıran Üst Karbonifer yaşlı Alacaağzı (Namuriyen), Kozlu (Westfaliyen A) ve Karadon (Westfaliyen B,C,D) serilerinin çökme süreçleri ile bu süreçlerden elde edilen verilerin madencilik çalışmalarında değerlendirilmeleri bu bölümde açıklanmıştır.

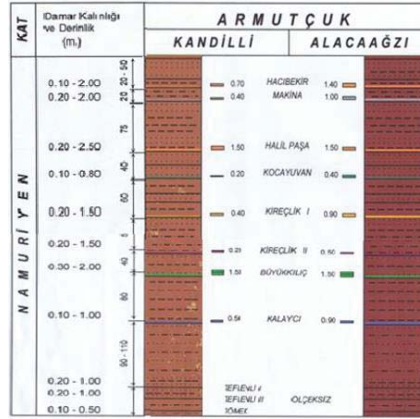
3.1. Alacaağzı Serisinin Çökme Süreçleri:

Vizeende sığ deniz etkisinde kalan Havza, Namuriyenden itibaren denizin giderek geri çekilmesiyle karasal ortama dönüşmüştür. Namuriyenin ortalarına kadar geçen sürede, karasal ortamda gelişen akarsuların denize ulaştıkları alanlarda; delta (Şekil 3 A), lagün ve gel-git düzlükleri meydana gelmiştir (Kerey, 1985) (Şekil 3-A, B, C; 5A). Bu dönemde, olgunluk evrelerinde olan ve birçok kola ayrılan akarsuların taşıma güçleri oldukça azaldığından, şeyller (ince taneli kumtaşı, siltaşı, kiltası, çamurtaşı vb) birikmiştir. Bu nedenle Alacaağzı Serisinin alt ve orta kısımlarında; konglomera, konglomeratik kumtaşı, iri taneli kumtaşı vb. birimler ile kalın katmanlar görülmez (Yergök vd., 1987).



Şekil 3. Deltanın (A) Uydu görüntüsü, (B) Gelişimi, (C) Birikme ve aşınması (Ersoy, 2017).

Söz konusu ortamda, taşıma gücü azalan akarsuların çok kısa zaman aralıklarıyla etkin oldukları dönemlerde şeyller; akarsu etkinliğinin olmadığı kısa dönemlerde ise sığ, durgun veya çok az hareketli sulara bitkiler gelişmiştir. Karbonifere özgü nemli ve bol yağışlı iklimin de etkisiyle su seviyesinin altında veya üstünde biriken bitkiler, zamanla gömülerek jeolojik süreç içinde ince kömür damarlarına dönüşmüştür (Şekil 4). Namuriyenin başlangıcından ortalarına kadar geçen süreyi kapsayan bu süreçlerde, ince tabakalı organik malzeme içeren şeyller ile kömür damarlarından oluşan Alacaağzı Sersi çökelmiştir.



Şekil 4. Kandilli ve Alacaağzı bölgeleri Namuriyen serisi damar stampı (TTK).

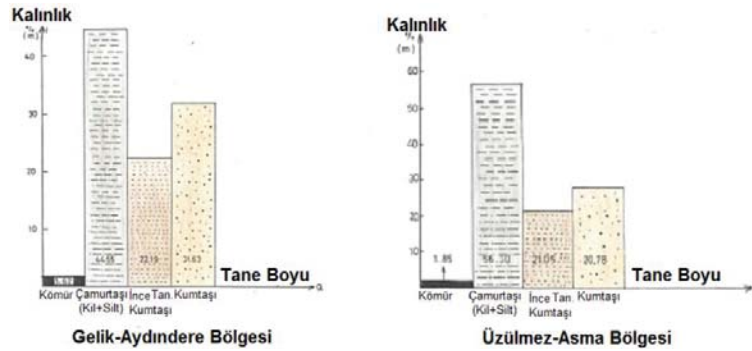
Zonguldak bölgesinde 600 m kalınlığa ulaşan (Özler ve diğ., 2001) ve çok ince olduklarından çalışılmayan kömür damarlarını içeren Alacaağzı Serisi; Kandilli bölgesinde, üst kısımlarında yer yer çalışılabilir durumda (en çok 2.50 m) kömür damarlarını da barındırarak 1100 m kalınlığa ulaşmaktadır (Ünalın, 2010). Kandilli bölgesinde serinin çalışılabilir kalınlıkta damarları içermesinin nedeni, Zonguldak bölgesinde delta ortamında sedimantasyon devam ederken; Kandilli bölgesinde Namuriyenin son dönemlerinde ortamın deltadan taşkın ovasına dönüşmesi, kalın litolojik birimler ile nispeten kalın tabaka ve kömür damarlarının çökmesidir (Şekil 5). Sonuçta Alacaağzı Sersi; Havzasının batısında kömür içeriği bakımından daha zengin olmasına karşın, doğuya doğru verimsiz veya tamamen kömürsüz hale geçmiştir.



Şekil 5. İlerleyen delta ile taşkın düzlüğünün üst ve yan görünüşü (<https://www.jeogenc.net/menderesli-akarsu-cokellerine-ait-ana-fasiyes-topluluklari.html>)

3.1.1. Alacağzı Serisinin Sedimantolojik Özelliklerinin Madencilik Çalışmalarında Değerlendirilmesi;

Alacağzı Serisi içinde madencilik çalışmaları yapılması durumunda; Kandilli bölgesinde alt ve orta kısımlarının, Zonguldak bölgesinde ise tamamının zayıf dayanım özelliği gösteren şeyllerden oluştuğu değerlendirilmelidir (Şekil 6). Kazı ile tahkimat uygulamalarındaki standartlarla, emniyet faktörleri; Kozlu ve Karadon Serilerine göre daha da artırılarak uygulanmalıdır. Ayrıca seri içinde; galeri, kuyu, akrosaj, su havuzu, motor garajı vb. gibi madencilik yapıları planlanırken, zeminden kaynaklanacak duraysızlıkları en aza indirebilmek için olabildiğince katmanlanmaya dik doğrultuda konumlandırılmalıdır. Kandilli bölgesindeki Alacağzı Serisinin ekonomik kömür damarlarını barındıran üst kısımlarındaki çökme koşulları Zonguldak bölgesindeki Kozlu Serisinin çökme koşullarına benzediğinden, bu kısımdaki madencilik faaliyetleri Kozlu Serisinin sedimantolojik özelliklerinin madencilik çalışmalarında değerlendirilmesi bölümünde açıklanmıştır.



Şekil 6. Zonguldak bölgesinde Alacağzı serisi litolojik birimlerinin kalınlık-taneboyu ilişkisi (Canca, 1996)

Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü havzasındaki Alacağzı Serisi; direnci düşük, organik madde yönünden zengin, nispeten geçirimsiz, ince tabakalı şeyller ile kömür bant ve damarlarından meydana geldiğinden, metan ile benzeri gazların birikmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bu durum, seri içinde kömür kökenli metan (CBM) üretmek amacıyla yapılacak yönlü sondajların kesintiye uğramadan uzun mesafelere ulaşabileceği ve çatlatma operasyonlarının yüksek verimle yapılabileceği beklentisini oluşturmaktadır.

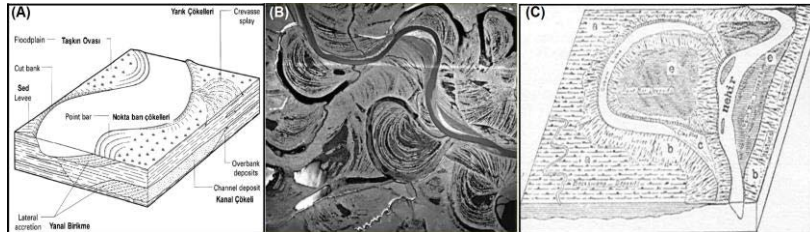
3.2. Westfaliyen Serilerinin Çökme Süreçleri:

Namuriyen'in başlangıcından ortalarına kadar geçen sürede akarsularla taşınan malzemelerle beslenen delta ve lagün ortamları ile gelgit düzlükleri; Kandilli bölgesinde dönemin son evresinde, Zonguldak bölgesinde ise Westfaliyen'den itibaren yükselerek delta gerisindeki ovaya (delta düzlüğü) dönüşmüştür. Delta ile gerisindeki ova arasındaki yükseklik farkı ve iklimin de etkisiyle; delta düzlüğündeki nehirlerin akış rejimleri artmış, enerjik ve etkin akarsu ağları gelişmiştir. Ortamın farklı kesimlerinde zaman zaman birbirinin içine geçen; taşıma, biriktirme ve aşındırma süreçleri yaşanmış, sonuçta çökelen malzeme miktarı çeşitlenmiştir (çakıl, kaba-orta-

ince kum, kil, silt vb). Havzada, akarsu etkinliğinin olmadığı veya çok az olduğu dönemlerde, ince ve orta (0.1 cm- 4.00 m arasında) kalınlıklarda çok sayıda kömür damarı çökelmiştir. Ortamdaki erozyon izleri, litolojik birimlerin bileşimlerindeki kükürt ve iz element yüzdelerinin düşüklüğü, katmanların ve litolojik birimlerin özelliklerini koruyarak ancak sınırlı bir alanda izlenebilmeleri vb. özellikler, Westfalien dönemindeki dinamik çökme süreçlerine işaret etmektedir. Böylece, Westfaliyenin tabanından tavanına kadar ayrımı yapılan dört (A,B,C,D) ayrı katında birbirlerinden farklı özellikler gösteren taşınma, depolanma ve aşınma süreçleri sonucunda Kozlu (Westfaliyen A) ile Karadon (Westfaliyen B, C, D) Serileri çökelmiştir.

3.2.1. Kozlu Serisinin (Westfaliyen A) Çökme Süreçleri;

Delta düzlüğünde sakin dönemlerde düşük eğim nedeniyle kıvrımlar yaparak akan nehirler; menderes kanallarının dış yüzeylerinde aşındırma yaparken, iç yüzeylerinde taşıdıkları sedimanları çapraz tabakalar şeklinde biriktirmişlerdir (Şekil 7A). Böylece, ortamda süreç içinde yanal doğrultuda yer değiştiren (Şekil 7B) ve uzun menderes kanallarını terk eden bazı akarsuların oluşturduğu “oxbow” (öküz boynuzu) adı verilen çok sayıda terk edilmiş çukurluklar gelişmiştir (Şekil 7C). Aktif dönemlerinde kanallarını terk eden akarsular, akış enerjilerindeki değişimle (akma süresi, akış hızı, su sütununun yüksekliği, eğim) olarak orantılı, söz konusu çukur alanları sular ve taşıdıkları çeşitli boyutlardaki (konglomera, kaba-orta-ince taneli kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı) malzemelerle doldurmuşlardır. Böylece, delta düzlüğünde mevsimsel bataklık ve göllerden oluşan sığ sulak alanlar meydana gelmiştir.



Şekil 7. (A)-Akarsu kanalının enine kesiti, (B)-Taykın ovasında menderes kanalı kalıntıları, (C)-Terk edilmiş akarsu kanalı (Ersoy, 2017).

Akarsular; enerjilerine bağlı olarak kanala en yakın noktada boyutu en büyük malzemeleri biriktirirken (Şekil 2B), ovanın erişebildiği noktalarına kadar taşıma gücüyle orantılı olarak tane boyu giderek azalan şekilde malzemeleri biriktirmiştir. Malzeme boyutlarındaki bu azalma yanal doğrultuda olduğu gibi (Şekil 9B), kanaldan taşan su sütunu yüksekliğinin azalmasına ve akarsuyun giderek kendi kanalına çekilmesine bağlı olarak aşağıdan yukarıya doğru da devam etmiştir (Şekil 9A).

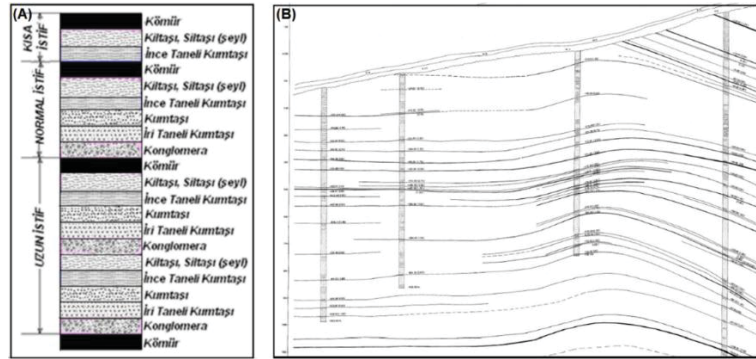
Ortamda, akarsu etkinliğinin olmadığı dönemlerde gelişen ve tabanda biriken bitkiler, süreç içinde gömülerek yatay tabakalar şeklinde uzanan kömür damarına dönüşmüştür (Şekil 8A,B). Alttan üste doğru devam eden sedimantasyon süreçlerinde; ortamdaki nehir ile sulak alanların kompozisyonları sürekli değişerek, çökelen malzeme miktarı

ve tabaka ağırlığından kaynaklanan gravite fayları gelişmiştir. Böylece delta düzlüğünde farklı yükseklikte alanlar oluşarak, ortam depolanmaya uygun hale gelmiştir. Her bir kömür damarının oluşabilmesi için birbirine benzeyen bu süreçlerin birçok defa tekrarlanması sonucunda da Kozlu Serisi çökelmiştir.



Şekil 8. (A) Delta ovalarında gelişen bataklıklar, (B) Karbonifer bataklığı (temsili resim) (<https://evrimarsivi.wordpress.com/2011/08/14/komur-ormanlari>).

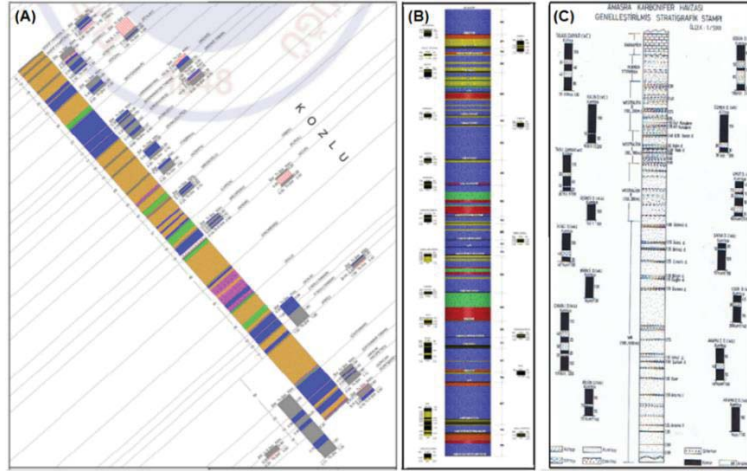
Kozlu Serisinde tekrarlanan sedimantasyon süreçlerinde litolojik birimlerin alttan üste doğru dizildiği birbirlerinden farklı üç farklı istif gurubu oluşur. Bütün litolojik birimlerin aynı istifte bulunduğu durumlarda normal istifler oluşur. Bir istif çökelirken, sedimantasyonun kömüre ulaşılmayan herhangi bir aşamasında kesintiye uğraması veya aşınması sonucunda yeni bir sedimantasyon sürecinin başlayarak, aynı istif içinde litolojik birimlerin birden çok tekrarlanmasıyla uzun istifler oluşur. Kömüre ulaşan bir istifte litolojik birimlerin ancak bir kısmının bulunduğu durumlarda ise kısa istifler oluşur (Baltaş, 2012) (Şekil 9A).



Şekil 9. (A)-Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki istifler (Baltaş, 2012), (B)-Sondajlar arasında Westfaliyen A damarlarının korelasyonu (Özler vd., 2001).

Kozlu Sersinde, söz konusu süreçlerin kısa aralıklarla tekrarlandığı dönemlerde, düşük enerjili akarsular nedeniyle ince taneli ve tabakalı sedimanlar, sınırlı zaman dilimlerinde gelişen zayıf flora nedeniyle “piç” olarak adlandırılan ince damarlar çökelmiştir. Söz konusu süreçlerin uzun aralıklarla tekrarlandığı dönemlerde ise, nispeten iri taneli litolojik birimlerden oluşan kalın tabakalı yan kayaçlar ile çalışılabilir kalınlıkta damarlar (Zonguldak bölgesinde serinin tabanına yakın çökelen Çay ve Acılık damarları ile konglomera ve kaba taneli kumtaşından oluşan yan kayaçlar) çökelmiştir (Şekil 10). Serinin kalınlığı; Armutçuk bölgesinde 340 m (havzadaki en kalın damar-Büyük 10 m), Zonguldak bölgesinde 800 m (15 adedi

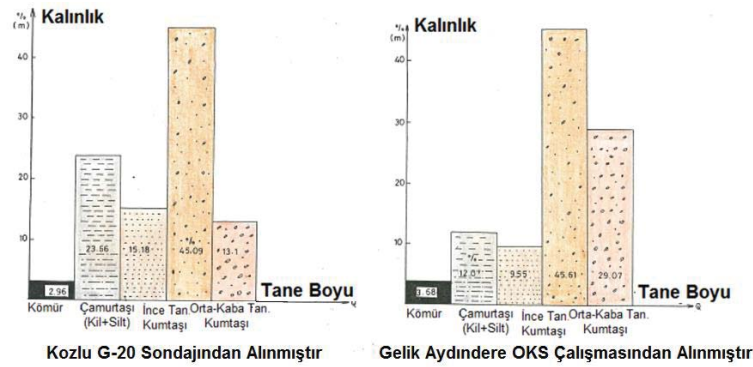
çalışılabilir kalınlıkta) ve Amasra bölgesinde 300 m dir (0.50 m den kalın 18 damar) (Kerey vd., 1986).



Şekil 10. (A)-Karadon, (B)-Kozlu ve (C)-Amasra bölgelerinde Westfaliyen A serisi litolojik stampı.

3.2.1.1. Kozlu serisinin sedimantolojik özelliklerinin madencilik çalışmalarında değerlendirilmesi;

Havzada en fazla kömür damarını barındıran, en çok üretim ile en fazla kazı ve tahkimatın yapıldığı Kozlu Serisinin çökeltme süreçlerinin yeterince bilinmesi; sadece ilerleme doğrultusunda değil, çevredeki tüm kayaçlar hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Örneğin; Armutçuk bölgesindeki Kozlu Sersisi içinde az sayıda görülen dönem tekrarı nedeniyle az sayıda kömür damarı çökelmiş ve bu durum da serinin daha çok konglomera ve kumtaşlarından meydana gelmesine yol açmıştır (Şekil 12) Sonuç olarak Armutçuk bölgesindeki Kozlu Serisi, havzanın diğer bölgelerine göre daha sağlam kayaçlardan oluşmuştur.



Şekil 12. Zonguldak bölgesinde Westfaliyen A litolojik birimlerinin kalınlık-taneboyu ilişkisi (Canca, 1996).

Aşağıda, Kozlu Serisi içinde madencilik çalışmaları sırasında karşılaşılabilecek bazı durumlar hakkında, sedimantolojik verilerden hareketle yapılabilecek değerlendirmelere ilişkin örnekler verilmiştir;

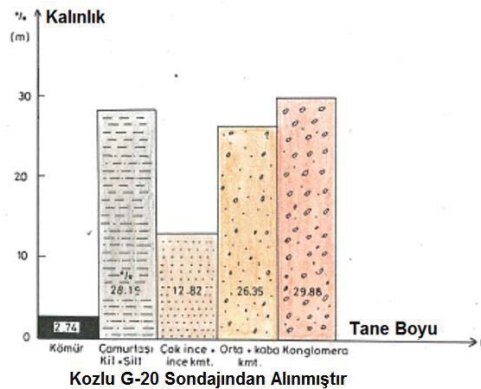
-Bir damarının çökmesi ile sona eren istifte kömürün tabanında mutlaka durgun ortamı temsil eden şeyl tabakaları bulunur. Kazı yapılarak veya sondajlarda şeyllere ulaşıldığında; gaz içerikleri yüksek ancak geçirgenlikleri düşük olduğundan kazı yapılmadan önce bünye gazının boşaltılmasının gerektiği, kömür damarının çok yakında olabileceği, dayanımlarının düşük olması nedeniyle kolay kazı yapılmasına karşın kuvvetli tahkimat yapılması gerektiği, kömür damarının tavan taşı olarak buldukları durumlarda tavanda yakın konumda başka bir damarın bulunabileceği, söz konusu damarda üretim yapılması durumunda yalancı tavan problemi yaşanabileceği vb. değerlendirmeler yapılabilir.

-Kömür damarının tavan taşının konglomeralardan oluştuğu durumlarda; damarın bir kısmının erozyonla aşınmış veya gerçek kalınlığında olamayabileceği, tektonik nedenlerin haricinde tavanda yakın bir mesafede başka bir damarla karşılaşılacağı, küçük atımlı faylarla damarın kaybedildiği durumlarda karşımıza çıkan konglomeraların tabanında kömür damarının bulunabileceği, taneleri birbirlerine bağlayan çimentonun sağlamlığı ile orantılı olarak üretim ayağının tavan taşının düşürülebileceği, kırık ve çatlaklar haricinde tavandan kavlak düşme olasılığının az olduğu vb. değerlendirmeler yapılabilir.

-Sondaj karotlarında ince taneli birimler aniden iri taneli birimlere geçiyorsa; sedimantasyonun kesintiye uğramış olabileceği, istifin tavanında bulunması gereken kömürün aşınmış olabileceği, sondörün takip etmediği için kömür örneklerinin alınmadan atlanmış olabileceği, tektonik olaylar dışında çok kısa bir mesafede yeni bir kömür damarı ile karşılaşılacağı vb yorumlar yapılabilir.

3.2.2. Karadon Serisinin (Westfaliyen B,C,D) Çökme Süreçleri

Westfaliyenin ilk katında (A katı), delta gerisindeki taşkın ovasında çökelen Kozlu serisinden sonra; Westfaliyenin ilerleyen dönemlerinde, (B-C-D katlarında) birbirlerinden farklı süreçlerde, değişik litolojik birimlerle temsil edilen istiflerin oluşturduğu Karadon Serisi çökelmiştir. Kandilli ve Armutçuk bölgelerinde mostraları bulunmayan seri, Zonguldak bölgesinde 350 m ve Amasra-Tarlaağzı bölgesinde ise 500 m kalınlığa ulaşmaktadır (Ünalın, 2010). Karadon Serinde koklaşabilir özelliklerde başka damarlar bulunmasına rağmen, sadece Amasra bölgesindeki C katı içindeki damarlarından kömür üretimi yapılmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Kozlu G-20 sondajında Karadon serisi litolojik birimlerinin kalınlık-taneboyu ilişkisi (Canca, 1996).

3.2.2.1. Westfaliyen B katı;

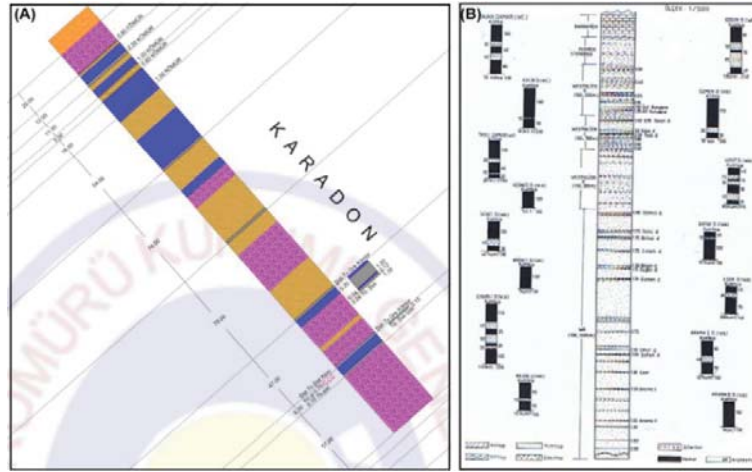
Zonguldak ve Amasra bölgelerinde yaklaşık 200 m kalınlığa sahip olan ve Karbonifer içinde akarsu etkinliğinin en aktif dönemine karşılık gelen bu kat, örgülü akarsu ortamındaki kanal dolgusu fasiyesinde çökeldiğinden yoğun olarak konglomeralardan oluşmaktadır (Tüysüz vd., 2004) (Şekil 14). Taşkın döneminin dışında küçük boyutlu sedimanları (ince taneli kumtaşı, kiltası, miltaşı, çamurtaşı vb.) taşıyan, enerjilerinin yüksek olduğu dönemlerde ise aşındırma hızları yüksek olan, geniş ve sığ kanallarında daha çok kum ve çakıl biriktiren örgülü akarsuların bulunduğu alanlarda bitkilerin gelişimi oldukça zayıftır. Bu nedenle kat içinde zaman zaman kalınlıkları 0,05-0,90 m. arasında değişen ve ortamın enerjisinin yüksek olması nedeniyle sık sık erozyona uğradıklarından yanal devamlılığı olmayan kömür damarlarına da rastlanmaktadır.



Şekil 14. Örgülü akarsu.

3.2.2.2. Westfaliyen C katı;

Örgülü akarsuların etkili olduğu Westfaliyen B katının üzerine gelen Westfaliyen C katında; ortamda tekrar menderesli akarsular etkili olmuş, taşkın ovalarında Westfaliyen A katına benzer süreçler yaşanmış ve ekonomik değeri bulunan şiferton (refrakter kil) ile kömür damarları çökelmiştir. Zonguldak bölgesinde 200 m kalınlığa ulaşan bu kat içinde, ateş tuğlası ve seramik hammaddesi olarak kullanılacak kalitede beş adet şiferton damarı (Karahisarlı, Esenli, Kabaklık, Güneşlik ve Yatak Yeri) ile pirit içeriği yüksek, kalorifik değeri düşük ve yanal yayılımı sınırlı olan 4-5 adet kömür damarı bulunmaktadır (Şekil 15). Erozyonun etkili olmadığı bölümlerde şiferton damarlarının üstünde konumlanan ve ekonomik kalınlıklara ulaşan söz konusu damarlar, koklaşma özelliği göstermekle birlikte gevrek ve kırıklı yapıda olduklarından kazıldıklarında toz halinde gelirler. Amasra bölgesinde bulunan Westfaliyen C katında şiferton damarlarının yanı sıra kömür işletmeciliği de yapılan dört damar (Taşlı Damar 2.50-3.00 m, Kalın Damar-3.00-4.50 m, Tavan Damar-1.50-3.00 m, Kurudere Damarı- 0.60-1.50 m) bulunmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15 Zonguldak (A) ve Amasra (B) bölgelerinde Westfaliyen C katı stmapı (TTK).

3.2.2.3. Westfaliyen D katı;

Havzada kömürlü Karboniferin görüldüğü en son kat olan D katı; zaman zaman taşkınların görüldüğü menderesli akarsu ortamında ve C katına benzer süreçlerde çökelmiştir. Havzada sadece Amasra bölgesinde görülen D katında (Bulut vd., 1992), işletmecilik yapılabilecek kalınlıkta olmayan iki adet kömür damarları bulunmaktadır.

3.2.2.4. Karadon Serisinin Sedimantolojik Özelliklerinin Madencilik Çalışmalarında Değerlendirilmesi;

Zonguldak bölgesinde, Kozlu Serisi içinde madencilik çalışmaları sırasında bazen bir doğrultu boyunca açılması gereken kuyu, inset, desandre vb. galerilerin bir bölümü kontak durumda bulunan Karadon Serisinin B katına girilerek açılmıştır. Madencilik çalışmaları açısından değerlendirildiğinde, Westfaliyen B katının genel olarak kalın tabakalı konglomeralardan oluşması, kazı performansını düşürmekle birlikte, tahkimat performansını artırıcı bir rol oynar. Ayrıca, Zonguldak bölgesinde bulunan Karadon Serisi; gerek kalınlığından ve gerekse litolojik özelliğinden (bünyesinde plastik yapıda geçirimsiz şeyllerin bulunmasından) dolayı, daha üzerinde bulunan kireçtaşlarının bünyesindeki yeraltı sularının geçişini engellemekte ve kömür üretimi yapılan Kozlu Serisi için doğal bir emniyet topuğu oluşturmaktadır. Amasra bölgesindeki Westfaliyen C katı ile Zonguldak bölgesindeki Westfaliyen A katı (Kozlu Serisi) ve C katı menderesli akarsu ortamında benzer koşullarda çökeldiklerinden, Zonguldak bölgesinde Westfaliyen A ve C katı için geçerli olan sedimantolojik değerlendirmeler Amasra Bölgesindeki Westfaliyen C katı içinde de geçerlidir.

4. SONUÇLAR

Gözlem, sondaj, harita, kesit ve benzeri çalışmalara ek olarak sedimantolojik süreçlerin olabildiğince ayrıntılı olarak araştırılması; sadece bir doğrultu boyunca değil de çalışma ortamının tamamının yorumlanması, damarların konumlarının belirlenmesi, madenciliğin planlanması, kazı ve tahkimat verimliliğinin artırılması, metanla mücadele, yeraltı tehlike haritalarının hazırlanması vb. madencilik çalışmalarına

önemli katkılar sağlayarak, başarıyı artırır. Ayrıca; tabakalanmaya paralel sürülmesi gereken galeriler kullanım süresi ve amacına uygun olarak, şeyller yerine kumtaşı veya konglomera tabakalarından sürülerek, deformasyona uğramadan daha uzun süre ayakta kalmalarını sağlanabilir. Sonuçta, kazı yapıldıktan ve ortamı gördükten sonra önlem almak yerine, kazı yapılmadan önce sondaj ve benzeri araştırmalarla da sedimantolojik özellikler daha da anlaşılabilir hale getirilerek, proaktif bir şekilde madencilik çalışmalarına yön verilebilir.

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.
- BULUT, M; ÖZDEMİR, M; ALTIPARMAK, (1992) Bartın-Amasra Taşkömürü Havzası Jeoloji Raporu 1.Cilt, MTA Genel Müdürlüğü Kütüphanesi, Ankara
- CANCA N. (1996). 1909 (Havza-i Fahmiye) dan Günümüze Taşkömürü Havzası, MTA Genel Müdürlüğü Kütüphanesi, 43 s Ankara
- ERSOY, Ş., (2017). Deltalar, İTÜ Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Ayazağa Yerleşkesi 34469 Maslak-Sarıyer/İstanbul S. 100
- FERM, J.C., HORNE, J.C. (1979). Carboniferous Depositional Environments in the Appalachian Region. Carolina Coal Group, Dep. Of Geology, University of South Carolina, Columbia, USA (760 p).
- GÖK M.Ş. (1970) Kuzey Anadolu Taşkömürü Havzası (Tektonik Yapısı). Türkiye Jeoloji Bülteni, 13 (1), s 120-145
- KEREY, I. E. (1982). Stratigraphical and sedimentological studies of Upper carboniferous rocks in northwestern Turkey. Ph. D. Thesis Keele University, 232p.
- KEREY, İ. E. (1985). Facies and tectonic setting of the Upper Carboniferous rocks of Northwest Turkey: In Dixon, J. E., and Robertson, A.H.F. (Eds); The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean,
- KEREY, I.E., KELLİNG, G., WAGNER, R. H. (1986). An outline stratigraphy and paleobotanical records from the middle Carboniferous rocks of northwestern Turkey. Ann. Soc. Geol. Nord, CV, 203-216.
- ÖZKOÇAK, O; KONYALI, Y; ŞENTÜRK, İ (1978) Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasına Genel Bakış, Türkiye 1. Kömür Kongresi Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Yayını S. 167-201
- ÖZLER, İ.; YAVER, Y.; KIR, 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
- YALÇIN, M. N. (1995). Kozlu K20/G Kuyusunun Zonguldak Havzasındaki Bilgisayar Destekli Modelleme Çalışmalarına Katkısı. M. N. Yalçın ve G. Gürdal (Eds.), Zonguldak Havzası Araştırma Kuyuları-I: Kozlu K20/G, TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Özel Yayını.
- YERGÖK, A. F., AKMAN, Ü., İPLİKÇİ, E., KARABALIK, N. N., KESKİN, İ., MENGİ, H., UMUT, M., ARMAĞAN, F., ERDOĞAN, K., KAYMAKÇI, H., ÇETİNKAYA, A. (1987). Batı Karadeniz Bölgesinin jeolojisi (I). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No. 8273 Ankara, (yayımlanmamış).
- ÜNALAN, G. (2010). Kömür Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Eğitim Serisi-41, Ankara.
- TTK (1995). Alacağzı, Kozlu ve Karadon Sersi Damar Stampları İşletmeler Daire Başkanlığı Plan Bürosu, Zonguldak
- TÜYSÜZ, O., AKSAY, A., YİĞİTBAŞ, E. (2004). Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları.

ZONGULDAK HAVZASINDAKİ TEKTONİK YAPILARIN GELİŞİMİ VE KÖMÜR MADENCİLİĞİNE ETKİLERİ *DEVELOPMENT OF TECTONIC STRUCTURES IN ZONGULDAK BASIN AND ITS EFFECTS ON COAL MINING*

Ali Baltaş*

TTK Genel Müdürlüğü Etüt Plan-Proje ve Tesis Daire Başkanlığı Şube Müdürü, Zonguldak

ÖZET Sedimanter kayaçların çökmesi sırasında ve sonrasında gerçekleşen tektonik olaylar; kayaçlarda mikro ölçekte kırık-çatlaklardan başlayarak birçok katmana kadar ulaşan faylara ve yer kabuğunu etkileyen kıvrımlara kadar bir dizi etki oluştururlar.

Kuzey-Batı Anadolu Taşkömürü Havzasında başlangıçta yatay konumda çökelen kömür damarları, geçirilen tektonik süreçler sonucunda günümüzdeki konumlarını kazanmıştır. Bu çalışmada; Havzadaki karbonifer pencerelerinde görülen kıvrımlı yapıların oluşumuna etki eden kuvvetler ile söz konusu yapılarda fayların gelişimi Gelik Antiklinali örneğinden hareket edilerek açıklanmıştır. Ayrıca kıvrım ve fayların yanı sıra, belirli bir sertliğe sahip olan kömür ve yan kayaçlarda görülen eklem takımlarının özellikleri ile madencilik çalışmalarına etkileri tartışılmıştır.

ABSTRACT The tectonic events that occur during and after the sedimentary rocks sedimentation form a series of effects in rocks from micro fractures-cracks to faults reaching many layers and folds affecting the earth's crust.

The coal seems that initially deposited horizontally in the North-West Anatolia Hardcoal Basin reached their present position as a result of the tectonic processes. In this study; forces affecting the formation of the folding structures in the carboniferous windows of the hardcoal basin and the development of the faults in the mentioned structures were explained with the example of Gelik Anticline. Moreover; the properties of the joint tools seen in coal and wallrocks with a certain hardness and their effects on mining operations were discussed.

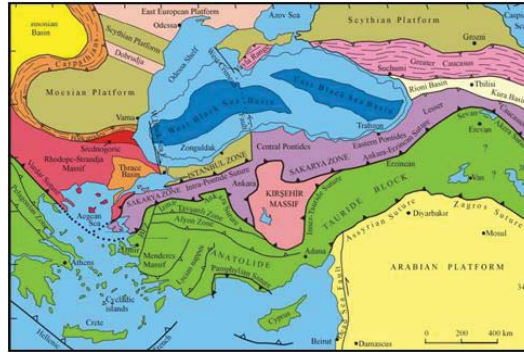
* alibaltas@taskomuru.gov.tr

1. GİRİŞ

Kömürleşme sürecinde ve sonrasında etkili olan tektonizma nedeniyle katmanlarda; çatlak, kırık, fay ve kıvrımlar gelişir. Düşük basınçlarda (ayrıca iklim, gömülme vb. nedenlerle) tabaka içinde kalmak üzere düzlem boyunca uygulanan sıfır kopma ile en düşük derecede sıkışmadan başlayarak çatlak ve kırıklar; basınç artışına bağlı olarak da en küçük yer değiştirmeden başlayarak içinde geliştiği katmandan bağımsız olarak fay ve kıvrımlar gelişir. Bu durum sedimantasyon ortamında düzensizliklere, çökelen kömür damarları ve etrafındaki tabakaların bazı özelliklerinde (eğim, doğrultu, kalınlık, devamlılık, kükürt ve kül içeriği vb.) değişikliklerin meydana gelmesine neden olur.

2. ZONGULDAK HAVZASININ JEOLJİK TARİHİ

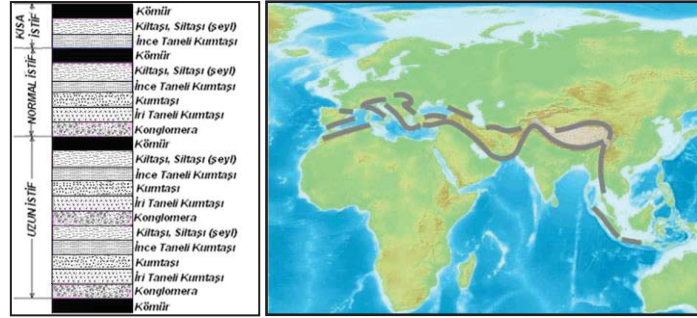
Jeolojik açıdan Pontidler, Anatolid-Torid Bloku (Kırşehir Masifi dâhil), Güneydoğu Anadolu Kenet Kuşağı olmak üzere üç bölgeden oluşan Türkiye; Oligosen-Miyosen'den itibaren farklı kıta parçalarının bir araya gelmesiyle bugünkü konumunu kazanmıştır. Pontidler, geçmişte okyanuslarla ayrıldığı için birbirlerinden farklı jeolojik evrim geçirmiş olan üç ayrı kıta parçasının (Istranca Masifi, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu) birleşmesinden oluşur (Şekil 1) (Okay, Tüysüz, 1999). Karbonifer yaşlı kömürlü istif içeren İstanbul Zonu'nun Karbonifer'den Kretase'ye kadar olan dönemde, Odesa şelfi boyunca, Moesya platformu ile Kırım arasında konumlanmış, Odesa şelfinden riftleşerek ayrılmış ve iki transform fay boyunca güneye hareket ederek Sakarya Kıtasına eklenmiş ve bu şekilde Batı Karadeniz Havzası açılmıştır (Okay vd., 1994).



Şekil 1. Türkiye'nin paleo-tektonik bölgeleri (Okay, Tüysüz, 1999).

İstanbul Zonu'nun doğu kesiminde bulunan Zonguldak Havzasında, Alt Karbonifer (Turneziyen-Vizeen) döneminde sığ deniz koşulları egemen olmuş ve kireçtaşları çökelmiştir. Üst Karbonifer (Namuriyen ve Westfaliyen) döneminde denizin geri çekilmesiyle Havza karasal süreçlerin etkisine girmiştir. Karasal koşullarda gelişen bitkilerin, "dönem" adı verilen ve tekrarlanan bir dizi sedimantasyon süreçlerinde, akarsular tarafından taşınan kırıntılı kayalar arasında kalmasıyla Havzada kömürleşme süreci başlamıştır. Gömülmeyle birlikte ısı ve basıncın artışı kimyasal olayları tetiklemiş ve bu süreç günümüzde kömür damarlarının oluşumuna kadar devam etmiştir (Şekil 2A). Kretase' den itibaren Havza tekrar deniz basmasıyla birlikte sular altında kalmış ve kömürlü birimler üzerine kireçtaşları çökelmiştir.

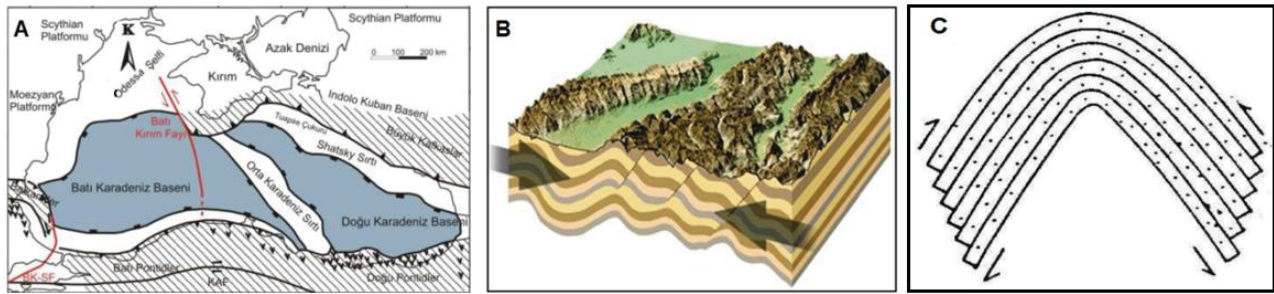
Zonguldak Taşkömürü Havzası, kömür sedimantasyonunun gerçekleştiği üst Karbonifer (Namuriyen ve Westfaliyen) dönemini de kapsayan süreçte, ilk olarak Hersiniyen orojenezinden (Paleozoyik-Silüryen) etkilenmiştir. Daha sonra Havzada Alpin orojenezi (Eosen-Miyosen başlayarak) etkili olmuştur (Şekil 2B). Sonuçta; bölgedeki formasyonlarda çatlak, kırık, fay ve kıvrımlar meydana gelerek Havza güncel konumunu kazanmıştır.



Şekil 2. Karasal ortamda çökelen istifler (Baltaş, 2014) ve Alpin dağ oluşumları.

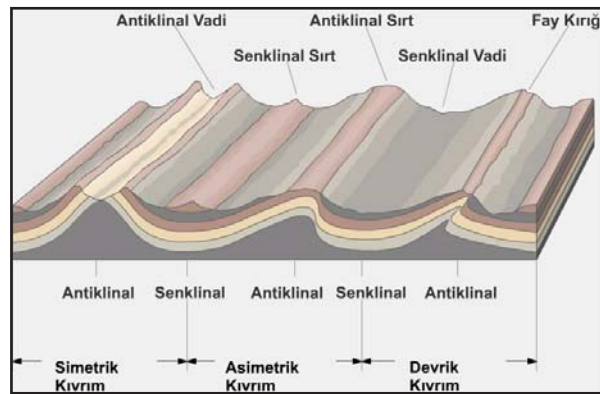
3. KIVRIM ve FAYLARIN GELİŞİMİ

Kömür damarlarının çökmesi sırasında Havzayı etkileyen ilk deformasyon olan Hersiniyen orojenezinde, bölgenin kuzeyi yoğun sedimantasyon nedeniyle, güneyi de tektonik etkilerle yükselmiş ve K-G yönlü sıkıştırma kuvvetlerinin etkisiyle de Havzada süreç içinde kıvrımlı yapılar gelişmeye başlamıştır. Havza daha sonra Alpin orojenezinin (Geç Mesozoyik-Erken Neojen) etkisinde kalarak ikinci kez deformasyona uğramıştır. Böylece; Hersiniyen Orojenezi sırasında oluşan faylar, Alpin Orojenezi sırasında gelişen faylarla kesilmiş, antiklinal ve senklinaller parçalanmış, Havza doğu yönünde giderek kuzeye kayan kompartımanlara ayrılmıştır (Özler ve diğ. 1992). Katmanlar deformasyona uğrarken önce çatlak ve kırıklar, daha sonra faylar, son aşamada kıvrımlı yapılar meydana gelmiştir. Böylece Havza karmaşık bir yapı kazanmış ve kömür damarlarının uzun mesafeler boyunca izlenebilmeleri güçleşmiştir. Zonguldak Havzası'nın da içinde bulunduğu İstanbul Zonu, kuzeyde Karadeniz içinde kıyıya paralel olarak uzanan bindirme zonu ile güneyde yanal yönde hareket eden Kuzey Anadolu Fay Zonu arasında sıkışmakta, yükselmekte ve kıvrım eksenleri doğu-batı doğrultusunda uzanan kıvrımlı yapılar gelişmeye devam etmektedir (Sunal ve Tüysüz, 2002) (Şekil 3A,B,C).



Şekil 3. A-Karadeniz bindirme kuşağı (Sunal ve Tüysüz, 2002); B ve C-Sıkıştırma kuvvetlerinin etkisiyle kıvrımlı yapıların gelişimi.

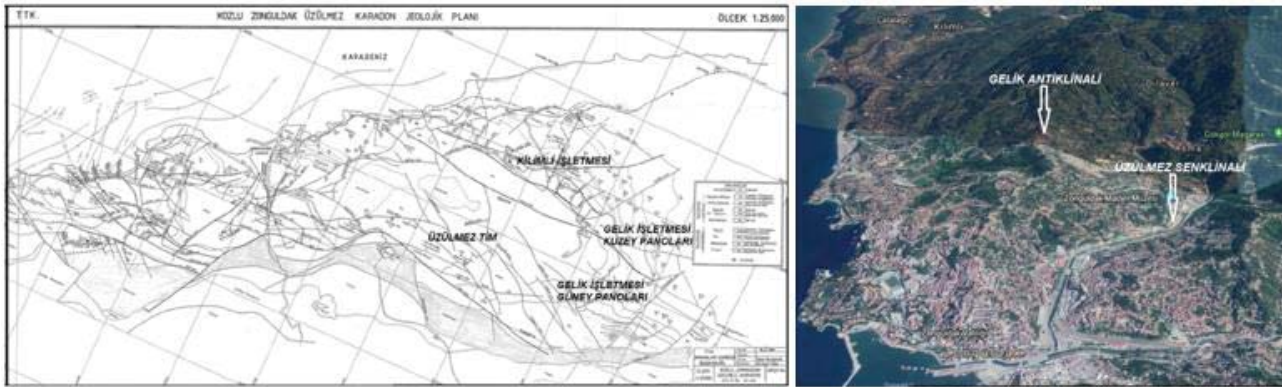
Katmanların kıvrım eksenlerinden bükülmesi; eklem takımları ile fayların gelişimine, minerallerin optik özellikleri ile tanelerde şekil değişimine ve kayacın yeniden düzenlenmesine yol açar. Bu durumda kıvrım eksenlerinde bulunan plastik özelliğe sahip katmanlar incelirken, rijit özelliğe sahip katmanlarda kırılmalar meydana gelir. Rijit özellikteki kayalar antiklinal eksenlerinde bulunuyorlarsa; üst yüzeylerinde çekme gerilmesinin genişleme etkisiyle normal faylar, alt yüzeylerinde sıkışma nedeniyle ters faylar gelişir. Senklinal eksenlerinde ise tersi olarak; üst yüzeylerde sıkışma nedeniyle ters faylar, alt yüzeylerde genişleme etkisiyle normal faylar meydana gelir. Kıvrım eksenlerindeki basınç artışının devam etmesi, kanatlarda plastik özelliğe sahip katmanlarda kalınlaşmaya neden olurken, rijit özelliğe sahip katmanlarda kıvrım eksenlerine paralel doğrultularda kırık ve fayların meydana gelmesine yol açar.



Şekil 4. Sıkıştırma kuvvetleriyle oluşan jeolojik yapılar.

3.1. Kıvrımlı Yapıların Gelişimine Bir Örnek “Gelik Antiklinali”

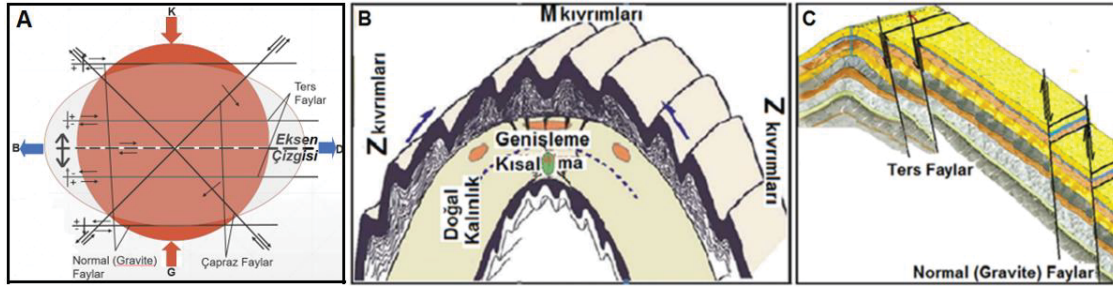
Zonguldak Limanından başlayarak Gelik’e kadar uzanan Gelik Antiklinali olarak isimlendirilen kıvrımlı yapının kuzey kanadında Kilimli İşletmesi ile Gelik İşletmesinin Kuzey Panoları; güney kanadında ise Üzülmez İşletmesi ile Gelik İşletmesinin Güney Panoları konumlanmıştır (Şekil 5). Bu bölümde Gelik Antiklinalini oluşturan kuvvetlerin etkisiyle meydana gelen fayların doğrultu, eğim ve atım yönlerinin gelişimleri örnekler verilerek açıklanmıştır.



Şekil 5. Gelik Antiklinalinin Zonguldak bölgesi jeolojik haritasında ve google earth’deki konumu.

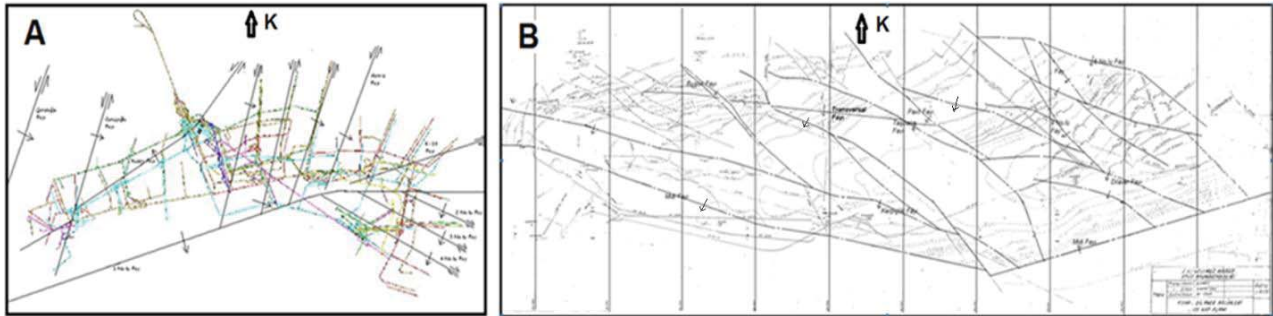
Şekil 6’da Gelik Antiklinalinin oluşturan birincil kuvvetlerin sıkıştırma ve daralma etkisi ile bu daralmaya dik doğrultuya gelişen ikincil çekme kuvvetlerinin genişleme etkisi Riedel deformasyon elipsoidi ile anlaşılmıştır. Kürenin elipsoide dönüşmesi sürecinde uygun sertlikteki kayalarda, basınç ve çekme (uzama-inceleme/genişleme) etkisiyle eklem takımları, faylar ve kıvrımlar gelişmiştir.

İlk aşamada K-G doğrultulu sıkıştırma kuvvetlerinin daralma-yükselti oluşturan etkisiyle eksene paralel ve yakın konumda ters faylar; kanatlarda ise tabaka ağırlıklarından kaynaklanan normal (gravite) faylar gelişmiştir. Karadon TİM’deki 82 Fayı, Karadon-Üzülmez TİM üretim sahaları arasında antiklinal eksenine yakın olan 1 No.lu Fay ve Üzülmez TİM’deki Boyacıoğlu Fayları ters fay örnekleridir.



Şekil 6. Riedel deformasyon elipsoidine göre Gelik Antiklinalinde gelişen faylar ve durumları. (A-Üstten görünüş; B (<http://geologylearn.blogspot.com/2015>) ve C-Normal ve ters fayların kesit görünüşü).

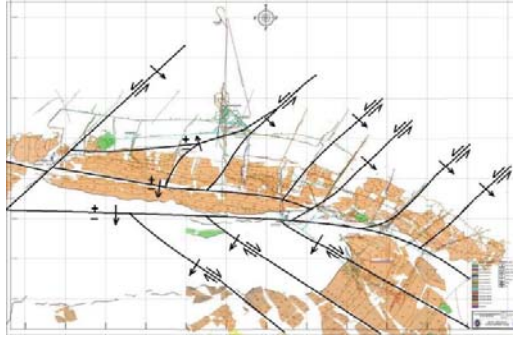
Kanatlarda gelişen normal (gravite) faylar kuzey kanatta kuzeye (Kilimli İşletmesindeki Kuzey Fayı) güney kanatta ise güneye eğimli olarak (Üzülmez TİM’deki Midi Fayı) gelişmiştir. Sıkıştırma etkisinin sürmesine bağlı olarak antiklinal eksenine paralel (D-B doğrultulu) ve zıt yönlerde gelişen çekme (ikincil gerilme) etkisiyle kürenin merkezi ile elipsoide kürenin çakıştığı noktalardan geçen çapraz (KD-GB ve KB-GD) doğrultulu faylar meydana gelmiştir (Şekil 7A ve 7B).



Şekil 7. Gelik Antiklinalinde gelişen çapraz faylar (A-Kuzey kanatta Karadon TİM; B-Güney kanatta Üzülmez TİM ocaklarındaki çapraz faylar).

Gelik Antiklinalinin kuzey kanadındaki eğimlerin 35°-45°, güney kanadındaki eğimlerin ise 20°-30° arasında olması, kuzeydeki sıkışma etkisinin daha yüksek olduğunun kanıtıdır. Kanatlarda daha sık görülen çapraz faylardaki atım; sıkışma doğrultusunda çevreden merkeze, genişleme doğrultusunda ise merkezden çevreye doğrudur. Ayrıca, sıkışma kuvvetlerinin etkisiyle Gelik Antiklinalinin kuzey kanadının

doğu yönüne ve güney kanadının ise batı yönüne kayması; çapraz fayların doğrultularının kuzey kanatta KD-GB, güney kanatta ise KB-GD doğrultulu olarak gelişmesine yol açmıştır. Karadon TİM sahasındaki Çatalağzı, Curuşoğlu, Motris ve K-10 Fayları (Şekil 7B, 8) ile Üzülmaz TİM sahasındaki Buşon, Kerpiçlik ve Transversal fayları ve Gelik İşletmesi güney panolarındaki 2, 3 ve 4 No.lu Faylar Gelik Antiklinali kanatlarında gelişen çapraz fay örnekleridir. Kanatlardaki çapraz faylar kuzey kanatta doğu yönüne güney kanatta ise batı yönüne eğimli olarak gelişmiştir (Şekil 5, 6A, 7).



Şekil 8. Karadon TİM Acılık Üretim Planı ve Eksene Paralel-Çapraz Doğrultulu Faylar.

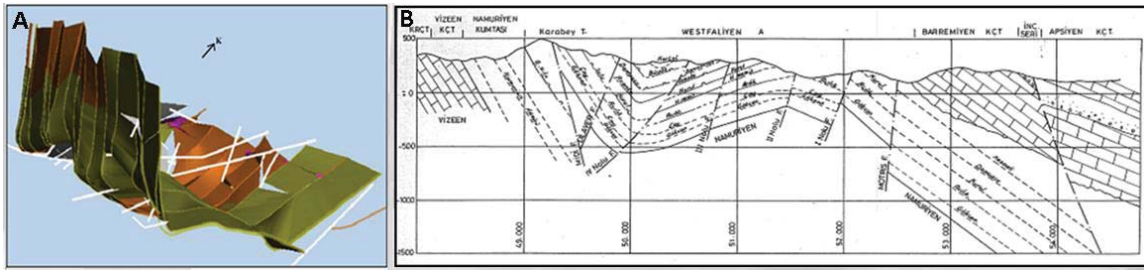
3.2. Kıvrımlı ve Faylı Yapıların Madencilik Çalışmalarına Etkileri

Sedimentasyon ortamından kaynaklanan sorunların (erozyon, sedimentasyondaki düzensizlikler, iklim, topoğrafya vb.) yanı sıra Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinin Havzada meydana getirdiği deformasyonlar, kömür aramalarında ve üretiminde karşılaşılan güçlüklerin kaynağını oluşturmaktadır. Zonguldak Taşkömürü Havzasında belirli bir sertliğin altındaki kayaçları zamana bağlı olarak süreç boyunca etkileyen ve atım oluşturamayan basınçlar, kubbe ya da çanak şekilli yapıların dalga şeklinde art arda sıralanmasıyla kıvrımları oluşturmuştur. Havzadaki antiklinallerin ve senklinallerin kanatlarında, genellikle çapraz fayların doğrultularıyla uyumlu olarak kömür panolarını etkileyen, boyutları cm den onlarca m ye kadar değişebilen çok sayıda kıvrımlı yapıyla karşılaşmaktadır. Söz konusu kıvrımlar, dike yakın doğrultularda kömür kazısının gerçekleştirildiği ayakların bir bölümünde tavan ve taban taşlarının yükselmesine; ayağın diğer bir bölümde ise tavan ve taban taşlarının dalmasına neden olmaktadır. Ağaçların tahkimat malzemesi olarak kullanıldığı ayaklarda önemli bir sorun oluşturmayan bu durum, mekanize tahkimat sisteminin kullanıldığı ayaklar için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle Havzadaki üretim ayaklarında kullanılacak mekanize tahkimat sistemlerinin kıvrımlara uyum sağlayacak özelliklerde olması gerekmektedir.

Havzada yüzeyde kıvrımlı yapıların kanatlarında sadece kömürlü birimlerde görülen faylar Hersiniyen, hem örtü ve hem de kömürlü birimleri kesen faylar ise Alpin yaşlıdır. Yeryüzünde izlenen fayların madencilğe olan etkileri öngörülmesine rağmen; örtü serileri altındaki Hersiniyen yaşlı faylar önceden belirlenemediklerinden, çalışmaları olumsuz yönde etkilerler. Tektonik kökenli deformasyonlara; birbirine

paralel, yarı paralel veya birbirlerini kesen fay segmentlerinin bulunduğu alanlarda sıkça rastlanmaktadır. Basınç etkisiyle zayıf dayanımlı kayalarda önce ötelenme deformasyonu (özellikle makaslama zonlarında); devamında çatlak, kırık, fay ve kıvrımlar gelişmiştir. TTK ocaklarında ölçeklerinden dolayı jeolojik haritalarda gösterilemeyen ve kömür üretimini olumsuz etkileyen çok sayıda fay, kırık ve ondülasyonla karşılaşmaktadır. Birkaç metrelik atımların dahi arınlarda kömürlerin kaybolmasına ve galeri duraylılığının bozulmasına neden olduğu değerlendirildiğinde, öngörülemeyen bu ve benzeri tektonik yapılar para, emek ve zaman kaybına yol açmaktadır.

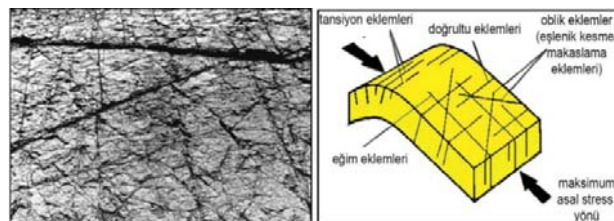
Kuzeybatı Anadolu Havzasında yapılan jeolojik çalışmalarla Karbonifer pencerele ve yakınlarında çok sayıda kıvrım tespit edilmiştir. Armutçuk Senklinali (Şekil 9A), Kozlu Antiklinali ve Senklinali, Gelik Antiklinali ve Üzülmez Senklinali (Şekil 9B), Gavurpınal Antiklinali, Dıştaşlık Senklinali kıvrımlı yapılara örnek verilebilir.



Şekil 9. Havzada görülen kıvrımlı yapılar (A-Armutçuk Senklinali blok diyagramı; B-Gelik Antiklinali ve Üzülmez Senklinalinden geçen jeolojik kesit).

4. EKLEM TAKIMLARI (ÇATLAK ve KIRIK YAPILARI)

Belirli bir sertliğe sahip olan katmanlar, gömülme veya tektonik etkilerle üzerlerinde etkili olan litostatik basınçları (kaya basıncı) dengelemek amacıyla kıvrımlanarak yanıt veremediklerinden kırılır, kıvrılır veya koparlar (Şekil 10). Faylara ve kıvrımlara yakın olmalarının yanı sıra; soğuk iklim, volkanik kayaların soğuması, suların girmesi gibi doğal nedenlerle (Engelder, 1987) ve madencilik çalışmaları gibi yapay nedenlerle katmanlarda kırık ve çatlaklar gelişir. Kayaların sertlikleri, bünyelerinde çatlak ve kırık yapılarının gelişimi açısından belirleyicidir. Konglomera ve sert kumtaşlarında sistematik olarak görülmeyen çatlak ve kırıklar; kömür, kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı vb. gibi nispeten zayıf kayalarda yoğun olarak görülür. Eklem takımlarının araştırılması; bulunduğu bölgenin yapısal evriminin aydınlatılması, bölgeyi etkileyen kuvvetlerin yönü ile doğrultusunun belirlenmesi ve gerilme-deformasyon analizinin yapılması açısından önemlidir.

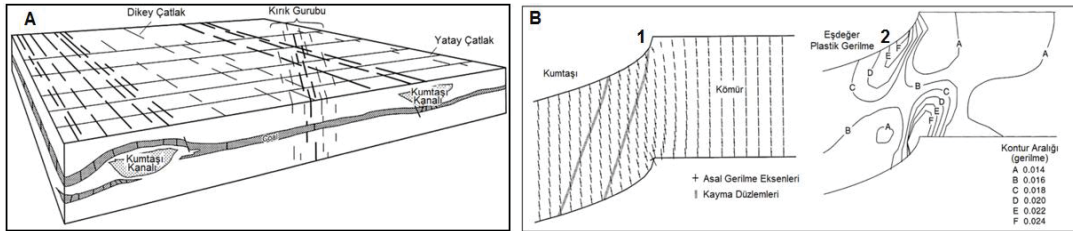


Şekil 10. Eklem takımlarının resim ve şematik görünüşü (Dirik, 2019).

4.1. Eklem Takımlarının Özellikleri

Jeolojik süreçte etkili olan basınçlar, dayanımı düşük ve sertliği belirli bir seviyenin üzerindeki kayaçları, en yumuşağından başlayarak en sertine doğru sırayla etkileyerek, daha önce aynı ortamda gelişenlerle benzer özellik ve doğrultularda çatlattır veya kırarlar. Uygun sertlikteki kayaçlarda ilk aşamada düşey, sonra yatay doğrultuda ve geometrik bir düzen içinde eklem takımları gelişir. Bölgede daha önce oluşmuş fay ve çatlaklar, yeni gelişen eklem takımlarının etkisini dengelemek amacıyla sıkışarak, açılarak veya hareket ederek uyum sağlarlar. Sıkışan kayaçların gözenek hacimlerinde azalma (gözenek basınçlarında artma) meydana gelir (Secor, 1965) (Şekil 11A). Eklem takımları; mikrondan başlayarak metreye kadar ulaşan boyutlarda görülebilir.

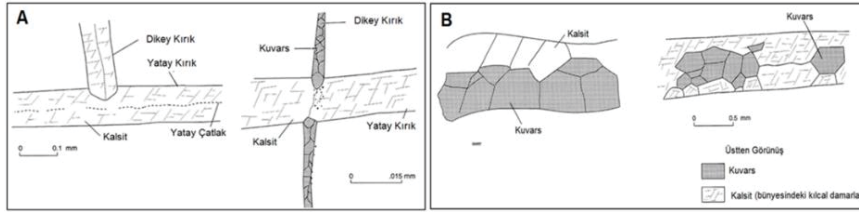
Yatay ve düşey düzlemde eklem takımlarının en çok görüldüğü yerler, geçmişte formasyonu etkileyen basınçların en yüksek değerlere ulaştığı yerlerdir. Basınç etkisi, temasın en güçlü olduğu noktada en yüksek değerini alır ve kenarlara doğru azalarak devam eder. Kayaçta kıvrılma veya akmanın görüldüğü alanlarda ise sona erer (Şekil 11B). Dağılımı, açılma şekli, kapalı olup olmaması vb. özellikleri litoloji ve sertliğe göre farklılık gösteren eklem takımları, bünyesinde bulunduğu katmandan daha küçük boyutlarda gelişir (Tremain ve diğ. 1991). Kırıklar ise, uzunluklarına ve tabaka boyutlarına bağlı olarak, bir veya birkaç katmana kadar uzanabilir. Eklem takımlarının sıklığı ve uzunluğu ile içinde geliştikleri kayaçların sertliği ve tabaka kalınlığı orantılıdır. Yani; çok ince ve zayıf dayanımlı tabakalarda küçük boyutlu; kalın ve yüksek dayanımlı tabakalarda ise büyük boyutlu çatlak ve kırıklar gelişir.



Şekil 11. A. Kömür damarlarının arasına kumtaşı kanallarının girmesiyle kıvrılan damarlarda eklem takımlarının gelişimi (Laubach S.E. ve diğ. 1998). B. Kömür damarı ve kumtaşının kayma-kırılma modeli (Schultz-Ela, D.D., Yeh, J., 1992). (1-Çatlak yüzeyleri, damarın durağan kısmında basınç doğrultusuna paralel (tabaka düzlemine dik); Durağanlığı bozulan kısmında, basınç doğrultusuna paralel ancak kayma eksenine ve tabaka düzlemine göre açılıdır. 2-Basınç uygulayan noktalardaki gerilme kuvvetlerinin konturları).

Ortamı etkileyen kuvvetlerin tarihsel kayıtları olarak da değerlendirilebilen eklem takımları; jeolojik süreçte bazen mineraller dolarak veya diyajenetik alterasyon nedeniyle tıkanır (Hatch ve diğ 1976). Günümüzde, petrolojik ve radyometrik yaş tayin testleriyle çatlak ile kırıkların arasını dolduran mineraller güvenilir biçimde tanımlanmakta ve kökenleri araştırılabilmektedir (Daniels ve diğ., 1996) (Şekil 12). Eklem takımları ortamda ve bitkilerin bünyesinde bulunan sular tarafından da

doldurulabilir. Kömürleşme sürecinde kalsitle dönüşen ve diğer minerallerin çökmesini engelleyen söz konusu sular, eklem takımlarının şekilleri ve damarların kömürleşme dereceleri üzerinde etkilidir.



Şekil 12. Kayaçlardaki kırıkların kalsit ve kuvars dolması (Daniels ve diğ., 1996) (A-Kırık veya çatlaklara kalsit veya kuvars dolması B-Eklem takımlarına kalsit ve kuvarsın birlikte dolması).

Çatlakları dik veya dike yakın doğrultularda etkileyen basınçlar, duvarların birbirlerine yaklaşarak kapanmasına ve arada bulunan minerallerin dışarı atılmasına neden olur. Duvarları paralel doğrultuda etkileyen basınçlar ise, daha önce araya girmiş malzemeleri hareket ettirerek çatlakların tıkanmasına yol açar. Ayrıca, jeolojik süreçte oluşan mikro ve küçük boyutlu eklem takımları genellikle tıkalı olmalarına karşın; kazı, basınç vb. benzeri etkilerle güncel olarak meydana gelen çatlaklar genellikle tıkalı değildir. (Hatch ve diğ 1976). Bu durum, gaz ve su içeren bir tabakaya veya fay zonuna ulaşan güncel kırıkların neden iletim kanalı gibi işlev gördüğünü açıklamaktadır. Kırık sisteminin uzun ve kesintili olması, akışın yavaş olmasına veya akışın hiç olmamasına neden olmaktadır.

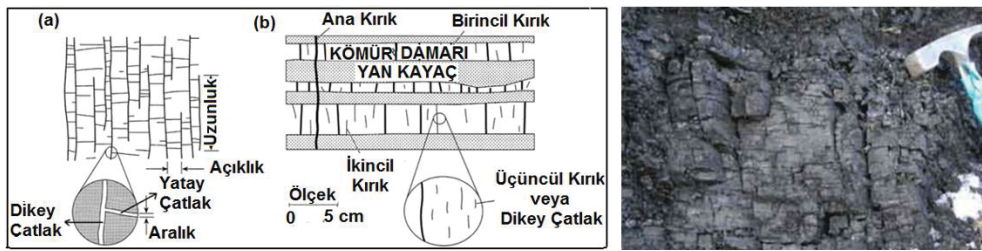
4.2. Eklem Takımlarının Kazı ve Tahkimat Performansına Etkileri

Havzadaki kömür madenciliği; sertlik, litolojik özellikler ve süreksizlik yoğunluğu farklı özellikler gösteren sedimanter kayaçlardan gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle litolojik özellikler ile süreksizliklerin kazı yapılmadan önce belirlenmesi, tavan ve kenarlardan düşebilecek kaya bloklarının tespiti açısından da önemlidir. Madenciliğin planlama ve işletmecilik aşamalarında, kayaçların dayanım ve litolojik özelliklerinin yanı sıra, kıvrım, fay ve eklem takımları vb. süreksizliklerin durumları (eğim, doğrultu vb.) da değerlendirilmelidir. Ayrıca eklem takımları, kayaçların yerindeki dayanım ve esneyebilme özelliklerinin belirlenmesi açısından da araştırılmalıdır.

Kayaçlardaki eklem takımları tabakalanmaya dik doğrultuda gelişmişse alın (face cleats); tabakalanmaya paralel doğrultuda gelişmişse taban çatlakları (butt cleats) olarak isimlendirilmektedir. Eklem takımlarının yoğun olduğu kayaçlarda daha hızlı, daha verimli ve daha kontrollü kazı yapılmaktadır. Alın çatlaklarına paralel doğrultularda sürülen galerilerde kazı performansı taban çatlaklarına paralel doğrultularda sürülen galerilere göre daha yüksektir (Bilgin ve diğ. 2016). Kayaçlarda güncel etkilerle meydana gelen çatlakların yanı sıra; jeolojik süreçte gelişen çatlakların doğrultu ve eğimleri, konumları, yapısal özellikleri ile kökenleri de kazı performansını etkilemektedir.

4.3. Kömür Damarları ve Eklem Takımları

Bölgeyi etkileyen gerilmeler sertliklerine bağlı olarak yan kayaçlar üzerinden transfer olarak, dayanımları daha düşük olan kömür damarlarına ulaşır ve emilirler. Damarlar; ezilerek, çatlayarak, kırılarak ve kıvrılarak basınçları dengelediklerinden bünyelerinde çok sayıda kırık ve çatlak barındırırlar (Şekil 13). Kömürleri etkileyen gerilmeler, en yüksek değere ulaştığı basınç merkezinde incelmeye yol açar ve yön değiştirerek damar içinde gücü sona erinceye kadar yanal yönde ilerler. Bu nedenle kömür damarlarında sertlikleri uygun olan yan kayaçlara göre daha farklı karakterlerde eklem takımları gelişir. Yeraltı ocaklarda; kazı verimini artırmak, kömür veya gaz patlamalarıyla ilişkisini ortaya koymak ve metan üretmek amacıyla son yıllarda eklem takımlarının araştırılması önem kazanmıştır.



Şekil 13. Kömür yüzeylerinde görülen kırık ve çatlak yapılarının şematik ve gerçek görünümü (Laubach ve Tremain, 1991).

4.4. Eklem Takımlarının Kömürleşme Üzerinde Etkileri

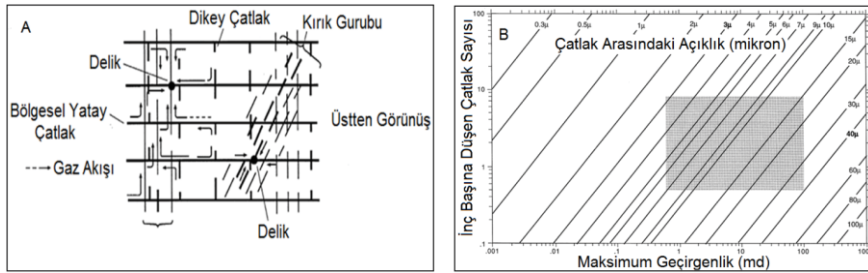
Süreç içinde, gömülmenin belirli bir derinliğe ulaşması ile birlikte sıcaklık ve yoğunluk artışına bağlı olarak, kömürlerde sertleşme ve olgunluk artışı görülür. Yani; gömülme arttıkça sertleşme, sertleşme arttıkça çatlama ve olgunluk artar. Böylece, gözenekler arasındaki bağlantı azalarak kömürlerin metan tutma kapasiteleri yükselir. Gömülme, fayların sıklığı, eklem takımlarının boyutları ve yoğunlukları ile çatlakları dolduran malzemelerin geçirdiği diyajenetik süreçler kömürleşmede etkilidir (Spears ve Caswell, 1986).

Çatlakların boyutlarında; linyitten uçucu madde içeren kömürlere kadar olgunluk artışında uzama, uçucu madde içeren kömürden antrasite kadar olgunluk artışında ise kısalma görülür (Law, 1993). Kömürleşmenin erken dönemlerinde meydana gelen ani basınç artışları, çatlak ve kırık duvarları arasına kömürleşmemiş organik malzemelerin dolmasına ve kömürleşme işleminin daha uzun bir süreçte gerçekleşmesine yol açar (Crelling ve diğ., 1982). Kömürlerdeki çatlaklara; ilk önce sülfidler (pirit, sfalerit, galen), sonra kuvars ve kil mineralleri ve en son olarak da karbonat mineralleri (kalsit ve ankerit) çökeler (Hatch ve diğ., 1976).

4.5. Kömürlerdeki Eklem Takımları ve Metan

Metan, birbirleriyle olan bağlantıları sınırlı olan ve jeolojik süreçte tıkanan çok sayıda gözenek-çatlak barındıran kömürlerde, litostatik ve hidrostatik basınç altında birikir.

Bu nedenle, kömür bünyesinde oluşan metanın drenajı veya üretilmesi amacıyla gözenek basıncının azaltılması veya taneler arasındaki bağlantı ve geçirgenliğin artırılması gerekir. Kömürdeki eklem takımları aynı zamanda yeraltında kömür veya gaz patlamalarıyla da ilişkilidir (Şekil 14A). Yapılan çalışmalarla, uzunluğu $3\mu - 40\mu$ arasında olan çatlakların bulunduğu kömürlerde en yüksek permeabilite değerleri ölçülmüştür (Laubach ve diğ., 1998) (Şekil 14B). Katmanlanmaya paralel ve dik doğrultularda uzanan çatlakların kesiştiği durumlarda, geçirgenlik 3-10 kat arasında artar (McCulloch ve diğ., 1974).



Şekil 15. A-Kömürlerde görülen çatlak takımları, B-Çatlak uzunluğu ile permeabilite arasındaki ilişki (McCulloch ve diğ., 1974).

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

İşletmelerdeki üretim panolarının eğim ve doğrultuları ile çalışma koşulları, kıvrımlı yapı içindeki konumlarıyla ilişkilidir. Panolar, üretimi sınırlayan faylarla kesildiklerinde eğim ve doğrultuları farklılık gösterse bile, fayın etkisinden uzaklaştıkça kıvrımlı yapı içindeki eski konumlarını kazanırlar. Bu nedenle kömür üretim yöntemleri ve mekanize üretim araçları belirlenirken, panoların kıvrım içindeki konumları ile eğim ve doğrultu boyunca karşılaşılabilecekleri eklem takımı, ondülasyon, fay, kıvrım vb. süreksizlikler dikkate alınmalıdır.

Kıvrım içindeki konumu bilinen kömür panolarında faylarla karşılaşıldığında; basma veya çekme gerilmesine bağlı olarak mı meydana geldiği, eksene paralel gelişen gravite fayı veya çapraz doğrultulu fay mı olduğu değerlendirilmelidir. Ayrıca gözlem, ölçüm ve araştırmalardan elde edilecek diğer verilerle birlikte fay çözümlemesi yapılarak atım yönleri belirlenmelidir. Ancak bu değerlendirmelerden sonra fay zonlarındaki kazı çalışmaları amaç doğrultusunda daha bilinçli olarak gerçekleştirilebilir.

Çatlak, kırık, fay ve kıvrımlar; kazı, tahkimat, üretim ve metan drenajı gibi madencilik çalışmalarının başarıyla gerçekleştirilmesinin yanı sıra, bölgedeki tektonik süreçlerin anlaşılması açısından da araştırılmalıdır. Eklem takımlarının formasyon veya katmanın hangi bölgesinde olduğu, geometrisi, diğer kırık ve çatlaklarla ilişkisi, meydana gelme nedeni vb. ortak noktaların açığa çıkarılması, eklem takımlarının mekaniğinin anlaşılması bakımından önemlidir. Bu nedenle, maden ocaklarında tespit edilen diğer süreksizlikler gibi eklem takımları da kayıt altına alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- BALTAŞ A., (2014). “Kayaçların Sedimantolojik Yapılarının Kömür Madenciliğinde Değerlendirilmesi” Türkiye 19. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak s 193-204.
- BİLGİN N., BALCI C., ÇOPUR H. (2016) “Kömürde Eklem Takımlarının (Cleats) Mekanizasyonun Planlamasındaki Önemi ve Buna Bağlı Yeni Bir Kazılabilirlik Sınıflamasının Önerilmesi” Türkiye 20. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak s 1-10.
- CRELLING, J.C., DUTCHER, R.R., LANGE, R.V., (1982) “Petrographic and Fluorescent Properties of Resinite Macerals From Western U.S. Coals” Utah Geol. Mineral. Surv. Bull. 118, 187–191.
- DANIELS, E.J., MARSHAK, S., ALTANER, S.P., (1996) “Use of Clay–Mineral Alteration Patterns to Define Syntectonic Permeability of Joints-Cleat. in Pennsylvanian Anthracite Coal.” Tectonophysics 263, 123–136.
- DİRİK K., (2019) “Yapısal Jeoloji Ders Notları” Hacettepe Üniversitesi, Ankara s 9
- ENGELDER, T. (1987). “Joints and Shear Fractures in Rock. In: Atkinson, B.K. Ed., *Fracture Mechanics of Rock*” Academic Press, Orlando, pp. 27–69.
- HATCH, J.R., GLUSKOTER, H.J., LINDAHL, P.C., (1976) “Sphalerite in Coals From The Illinois Basin” Econ. Geol. 71, 613–624.
- <http://geologylearn.blogspot.com/2015/08/geometric-description-of-folds.html>
- LAUBACH S.E., MARRETT R.A., OLSON J.E., SCOTT A.R. (1998) “Characteristics and Origins of Coal Cleat: A Review” International Journal of Coal Geology 35, pp. 175–207
- LAUBACH, S.E., TREMAİN, C.M., (1991) “Regional Coal Fracture Patterns and Coalbed Methane Development” In: Roegiers J.-C. _Ed., Proc. 32nd U.S. Symp. Rock Mech. Balkema, Rotterdam, pp. 851–859.
- LAUBACH S.E., MARRETT R.A., OLSON J.E., SCOTT A.R. (1998) “Characteristics and Origins of Coal Cleat: A Review” International Journal of Coal Geology 35. 175–207
- LAW, B.E., (1993) “The Relation Between Coal Rank and Cleat Spacing: Implications for The Prediction of Permeability in Coal” Proc Int. Coalbed Methane Symp., II, pp. 435–442.
- MCCULLOCH, C.M., DEUL, M., JERAN, P.W., (1974) “Cleats in Bituminous Coalbeds” U.S. Bur. Mines, Rept. Invest.7910, 23.
- NİKİŞİN, A. M., OKAY, A. I., TÜYSÜZ, O., DEMİRER, A., AMELİN, N. PETROV, E. (2015). The Black Sea basins structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, 638-655.
- OKAY, A.I., ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N., (1994). “Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions”. *Geology*, 22, 267-270.
- OKAY, A.I., TÜYSÜZ O. (1999) “Tethyan sutures of northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen” Geological Society, Special Publications, London v. 156; p. 475-515
- ÖZLER İ., CANCA N., YAVER Y., TANGEL O., KIR N., BAKAN Z. (1992) “Zonguldak Değirmenağzı ile Göbü Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kömür Varlığı” MTA Raporu.
- SCHULTZ-ELA, D.D., YEH, J., (1992) “Predicting fracture permeability from bed curvature”. In: Tillerson, J.R., Wawersek, W.R. Eds. , Proc. 33rd U.S. Symp. Rock Mechanics. Balkema, Rotterdam, pp. 579–590
- SECOR, D.T., 1965. “Role of Fluid Pressure in Jointing” Am. J. Sci. 263, 633-646
- SPEARS, D.A., CASWELL, S.A., (1986) “Mineral matter in coals: cleat mineral and their origin in some coals from the English Midlands” Int. J. Coal Geol. 6, 107–125.
- SUNAL, G., TÜYSÜZ, O., (2002) “Palaeostress analysis of Tertiary post-collisional structures in the Western Pontides, northern Turkey. *Geological Magazine*”, 139(3), 343-359.
- TREMAİN, C.M., LAUBACH, S.E., WHITEHEAD, N.H., (1991) “Coal Fracture Cleat. Patterns in Upper Cretaceous Fruitland Formation, San Juan Basin, Colorado and New Mexico: Implications for Exploration and Development” In: Schwochow, S., Murray, D.K., Fahy, M.F. Eds., Coalbed Methane of Western North America. Rk. Mt. Assoc. Geol., pp. 49–59.