

**ULUSLARARASI
MADEN İŞLETMELERİNDE
İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ
SEMPOZYUMU'2022
BİLDİRİLER KİTABI**

**INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OCCUPATIONAL
HEALTH AND SAFETY IN MINING'2022
PROCEEDINGS BOOK**

12-13 Mayıs 2022 ADANA/TÜRKİYE
May 12-13 2022 ADANA/TURKEY

Editörler

**Dr. M. Özgür KESKİN
Dr. Esmâ KAHRAMAN
Dr. Ali Can ÖZDEMİR**



TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Adana Şubesi



Çukurova Üniversitesi
Maden Mühendisliği Bölümü

© Tüm hakları saklıdır. 2022 TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde yayınlanamaz.

ISBN : 978-605-01-1520-8

Baskı : ZİRAAT GURUP MATBAACILIK AMBALAJ SAN. VE TİC. A.Ş.

İsteme Adresi : TMMOB Maden Mühendisleri Odası Selanik Caddesi
No: 19/4 Kızılay/ANKARA

Tel : (0.312) 425 10 80

Fax : (0.312) 417 52 90

İnternet : www.maden.org.tr

e-posta : maden@maden.org.tr

SUNUŞ

Maden Mühendisleri Odası Adana Şubesi ile Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nün birlikte düzenlediği "Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu`2022" 12-13 Mayıs 2022 tarihleri arasında Adana'da gerçekleştirilmektedir. Sempozyum, Çukurova Üniversitesi Mithat Özsan Amfisinde yapılacaktır.

2007 yılından 2015 yılına dek ulusal düzeyde iki yılda bir düzenlemiş olduğumuz Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 2017 yılından bu yana uluslararası bir organizasyona dönüşmüştür.

Madencilik sektörü, meslek hastalıkları ve iş kazalarına uğrama olasılığı yüksek ve çok tehlikeli çalışma ortamına sahip sektörlerin başında yer almaktadır. Bu nedenle, tehlikeleri kaynağında kontrol altına alarak ortaya çıkması muhtemel risklerin belirlenip değerlendirilmesi, tamamen ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir seviyelere indirilmesi için gerçekleştirilen sağlık ve güvenlik çalışmaları büyük öneme sahiptir.

Bu yıl düzenlenen sempozyum, tarih itibarıyla Manisa-Soma'da 13 Mayıs 2014 tarihinde yaşanan büyük maden faciasının yıl dönüme gelmesi sebebi ile ayrı bir önem kazanmıştır. Bu büyük faciada hayatını kaybeden 301 maden emekçisini saygıyla anıyoruz.

Sempozyum süresince işçi sağlığı ve güvenliği ile ilgili sorunlar, çözüm önerileri, iş güvenliğinin sürdürülebilirliğinin bilimsel, teknik ve toplumsal yansımaları ele alınacaktır. Ayrıca, bilimsel ve teknik konuların tartışılmasının yanı sıra, sempozyumun temel amacı, sektörün değişik birimlerinden gelen delegeler arasında iş geliştirme ve girişim adına fırsatlar yaratmaktır.

Sempozyumda bilimsel kurul tarafından seçilen 36 adet bildiri sunulacak ve sempozyum kitabında yer alacaktır. Ayrıca, sempozyuma 6 farklı ülkeden İş Güvenliği alanında uzman Çağrılı konuşmacı ile katılım sağlanmaktadır.

Bu sempozyumun gerçekleştirilmesinde maddi ve manevi destek veren tüm kişi, kurum ve kuruluşlara; sempozyumun amacına ulaşabilmesi için katkıda bulunan Yürütme ve Bilimsel Kurul üyelerine, oturma başkanlarına ve tüm yazarlara teşekkür ederiz.

Sempozyumun bilim dünyası ve madencilik sektörüne faydalı olmasını dileriz.

Sempozyum Yürütme Kurulu

PREFACE

International Symposium on Occupational Health and Safety in Mining`2022, organized by Adana branch of the Chamber of Mining Engineers of Turkey together with Cukurova University, Mining Engineering Department, is held between May 12-13, 2022 in Adana. The symposium take places at the Mithat Ozsan Halls, Cukurova University.

The Symposium on Occupational Health and Safety in Mining, which we had organized at the national level every two years from 2007 to 2015, has been organized internationally since 2017.

Mining sector where labor is intensive takes place at the top of very dangerous workplace and the high likelihood of occupational diseases and accidents. Therefore, health and safety studies have a great significance to eliminate risks by controlling hazards at source or to reduce the risks to the acceptable levels.

The symposium held this year has gained a special importance due to the anniversary of the great mining disaster that took place in Manisa-Soma on 13 May 2014. We respectfully commemorate the 301 mining workers who lost their lives in this great disaster.

During the Symposium; issues related to the occupational health and safety, provided solutions, scientific and technical aspects of sustainability of the occupational safety will be overviewed. Furthermore, beyond the discussion of scientific and technical issues, the main objective of the symposium is to create new opportunities on business developments between delegates who come from different sectors.

36 papers, which have been selected by the scientific committee, will be presented in the symposium and also these are published in the proceeding book of the symposium. Furthermore, 6 authors, who are from foreign countries, are an expert in occupational health and safety, will participate in the symposium as an invited speaker.

We would like to thank to people, institution, and firms who have supported and helped us to reach the aim of the symposium and to people who took part in the committees of Organizing and Scientific, and to people participating in the symposium as a chair and authors.

We hope that the symposium will be beneficial for the Science World and Mining sector.

Executive Committee of Symposium

SEMPOZYUM YÜRÜTME KURULU

Başkan : Dr. M. Özgür KESKİN

Sekreterler : Dr. Esma KAHRAMAN

Dr. Ali Can ÖZDEMİR

Dr. Mahmut ALTINER

Dr. İlknur EROL

Dr. Abdulkadir ÜRÜNVEREN

Dr. Zehra ÇETİNKAYA

Dr. Onur DOĞAN

C. Kutay ERBAYAT

Recai CAN

Sabahattin ÖZTAŞ

Sabahatdin SAKATOĞLU

Serdal ÖZBEK

Davut YÜREK

İbrahim IŞIK

Bülent ZERENGÖK

A. Meftun BÜKBÜZ

Sercan VARAK

Esra CAN

Ömer Faruk ÖNAL

Mehmet ÇELİK

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU

Başkan : Ayhan YÜKSEL
II. Başkan : Veyis SIR
Yazman : Mehmet Erşat AKYAZILI
Sayman : Mehmet ZAMAN
Üyeler : Hakan Baran KIRMAÇ
Cem LAFCI
Gözde SALAR

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ADANA ŞUBESİ YÖNETİM KURULU

Başkan : Recai CAN
II. Başkan : Serdal ÖZBEK
Yazman : Ozan AY
Sayman : Davut YÜREK
Üyeler : Bülent ZERENGÖK
İbrahim IŞIK
A. Meftun BÜKBÜZ



İÇİNDEKİLER (Index)

SAYFA (Page)

SUNUŞ	I
PREFACE	II
YÜRÜTME KURULU (Executive Committee)	III
YÖNETİM KURULU (Board Committee)	IV
DESTEKLEYEN KURULUŞLAR (Supporters)	V
İÇİNDEKİLER (Index)	VI

The VISION ZERO Story: Update and New Offers

H. Ehnes	1
----------------	---

The Next Step in VISION ZERO: The Implementation of Proactive Leading Indicators As Follow-Up of the Seven Golden Rules

Gerard I.J.M. Zwetsloot	3
-------------------------------	---

Chemical Exposures in Mining: Priority Actions from an Occupational Safety and Health Perspective

H. Graczyk	9
------------------	---

Preventing Coal Dust Explosions in Underground Coal Mines – The Experiences in Polish Coal Mining

A. Koteras	11
------------------	----

Mine Safety and Occupational Health Legislation, Governance, and Standards in Quebec, Canada

M. du Cluzeau, M. Kumral	19
--------------------------------	----

Artificial Intelligence Approach to Improve Safety in Underground Mining

A. Sarı	29
---------------	----

İş Kazalarında, Kolluk Kuvvetleri-Savcılık Soruşturması-Bilirkişi Raporlarının Yargılamaya Etkisi-Öneriler

In Occupational Accidents, Law Enforcement Officers-Prosecutor's Investigation-Effect of Expert Reports on Judgment-Recommendations

B. Tekin	33
----------------	----

Yeraltı Maden Ocaklarında Trigger Action Response Plans (TARPs) Uygulamaları

Applications of Trigger Action Response Plans (TARPs) Method in Underground Mines

N. Kurşunoğlu	35
---------------------	----

Doğaltaş Madencilğinde Ekskavatörde Farklı Uç Kullanımının Titreşim Maruziyetine Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Effect of Use of Different Tools on Vibration Exposure in Natural Stone Mining

A.E. Arıtan, Z. Memiş41

Açık İşletme Madenciliğinde WBGT Termal Konfor İndeksinin Kullanımı

Using the WBGT Thermal Comfort Index in Open Pit Mining

A.E. Arıtan, Z. Memiş47

Madenlerde Acil Durum Hazırlığı: Tunçbilek Ömerler Yeraltı Ocağı Ulusal Maden Tatbikatı Örneği

Emergency Preparedness in Mines: Tuncbilek Underground Quarry National Mining Drill Example

S.A. Şimşek, M. S. Akdağ..... 53

İş Kazalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Nitelendirilmesi ve İşverenin Sorumluluğu

Qualification of Work Accidents in Terms of Occupational Health and Safety and Employer's Responsibility

T. Karadağ, Z. E. Şapçı69

Kömür Madenciliğinde Risk Yönetimi Uygulamaları

Risk Management Practices in Coal Mining

M. Uygun 77

Yeraltı Maden İşletmeleri Denetimi Gerçekleştiren Denetim Ekiplerinin İş Sağlığı Ve Güvenliği Eğitimlerine Bakış

An Overview of Occupational Health and Safety Trainings of Inspection Teams Performing Underground Mining Supervision

R. Kocaman, B. Kocaman89

Kömürlerin Kendiliğinden Yanması ve İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Açısından Önemi

Self-Combustion of Coal and Its Importance for Occupational Health and Safety (OHS)

S. Yılmaz, H. Demirkan, H. Duru, İ. Toroğlu, E. Kaymakçı, A. Çakır, M. Bilen.....101

Tufanbeyli Linyit Sahası Şevlerinin ArcSAR Radar Sistemi ile İzlenmesi ve İş Sağlığı Güvenliğine Katkısı

Observation of Tufanbeyli Lignite Open Pit Slopes with ArcSAR Radar System and Its Contribution to Occasional Health and Safety

A. Aydın, Y.S. Karahan, E. Çörekçioğlu, F.T. Akbaş, N.S. Çağan107

Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile Kömür Madenlerinde İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması Projesi

Increasing Traceability of OHS Applications in Underground Coal Mines with Study of the Self-Combustibility Project

H. Demirkan 117

İşçilere Ayaktan Aktarılan Titreşim Üzerine Öncel Çalışmaların Değerlendirilmesi

Evaluation of Previous Studies on Vibration Transmitted from Foot to Workers

T. Doğan, B. Erdem, Z. Duran	125
Yeraltı Kömür İşletmelerinde Kömürlerin Kendiliğinden Yanabilirliğinin Araştırılması Investigation of the Self-Combustion of Coal in Underground Coal Minings	
R. Kocaman, R. Taşcı, B. Kocaman, A. Kandemir, İ. Özding	133
Yeraltı Maden Ocaklarında Hafife Alınan Bir İş Sağlığı ve Güvenliği Aracı: Havalandırma An Underestimated Tool for Health and Safety in Underground Mines: Ventilation	
E. Günay, A. Soylu, A. Fişne, K. Barış	145
A Case Study on Risk Management in an Open-Pit Calcite Mine Bir Açık Ocak Kalsit Madeninde Risk Yönetimi Vaka Çalışması	
İ. Kol, F. Büyükbayrak, A. Glisic.....	161
Bir Kireçtaşı Ocağında Kamyon Yükleme Operasyonlarında Partikül Madde Salınımlarının Modellenmesi Modeling Particulate Matter Emissions in Truck Loading Operations in a Limestone Quarry	
Z. Duran, B. Erdem, T. Doğan, M. Genç	171
Üç Boyutlu Zamansal Coğrafi Bilgi Sistemi ile TTK Kozlu İşletmesi Yeraltı Maden İş Yerlerindeki Kazaların Analizi Analysis of Accidents in Underground Mining Workplaces of TTK Kozlu Enterprise with Three-Dimensional Temporal Geographical Information System	
H. Akçın, P. Eksert, A. Çakır	185
Açık Maden İşletmelerinde Katmanlı Risk Değerlendirmesi Layered Risk Assessment in Open Pit Mining Operations	
A.K. Özdoğan, A. Akbulut, B.G. Demir, S. Bostancı.....	197
Madenlerde Otomasyon Uygulamalarının İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi Evaluation of Automation Applications in Mines in Terms of Occupational Safety	
O. Doğan, Ö. Kılıç, M.Ö. Keskin, A.M. Kılıç.....	203
Nevşehir İli ve Çevresi Eriyonit Mineralinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi Evaluation of Erionite Mineral in Nevşehir and Its Surroundings in Terms of Occupational Health and Safety	
E. Demirel, N. Yapıcı	211
Bir Taş Ocağında Görgül Yöntemler Kullanarak Şev Duraylılığının İncelenmesi Investigation of Slope Stability Using Empirical Methods in a Quarry Mine	
A. Ceylanoğlu, B. Erdem, B. Şengün	221

Kömür Madenlerinde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik: ISO 45003 Psikososyal Risklerin Yönetilmesi
Kılavuzu Perspektifinden Nitel Değerlendirme

Psychological Health and Safety in Coal Mines: Qualitative Assessment from the Perspective of ISO 45003 Guidelines for Managing Psychosocial Risks

İ. Işık, Ş. Öz Aktepe, A. Kayınova, E. Çetin Özbudak, F. Ceylan, Y. Kuzdağ, A. Dönmez, K. Güney.....233

Kaza Raporu Hazırlama ve İSG Uygulamaları

Report Preparation in the Accidental Investigation and OHS Practices

H. Vapur, M.Ş. Durgut, S. Top, A. Ürünveren247

Açık Ocak Madenlerinde Elektrik İş Güvenliği

Electrical Safety in Open Pit Mines

S. Çelik, O. Doğan257

Deprem Kurtarma Çalışmalarında Yeraltı Maden İşçilerinin Önemi

The Importance of Underground Mine Workers in Earthquake Rescue Works

E. Günay.....263

Madencilik Tesisleri Emniyet Ve Güvenilirlik Tedbirleri Planlama ve Uygulama Sistemi

Mining Facilities Safety and Reliability Measures Planning and Implementation System

S. Alekperova273

Madencilik İşletmeleri İçin Yapay Zeka Tabanlı İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Platformu

AI Powered Workplace Safety (EHS) Platform for Mining

D. Ayata279

İnsana Yaraşır İş Ve Geleceğimiz İçin Önce Güvenlik

Safety First for Decent Work and Our Future

İ. Kabasakal, İ. Annıak, B. Avşar281

Yeraltı Madenciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürünü Geliştirmek İçin Karma Gerçeklik Uygulamaları

Mixed Reality Application for Improving Mine Safety Culture in Underground Mining

M. Erkayaoğlu, E. Sürer, O. Gölbaşı, N. Demirel, C. Kaydım, C. Karataş Batan, İ. K. Bahçeci283

THE VISION ZERO STORY: UPDATE AND NEW OFFERS

H. Ehnes ^{1*}

¹ *ISSA Mining I Secretary General, ISSA Trade I Technical Secretary, VISION ZERO Steering Committee of
ISSA I Chairman
(*Corresponding author: h.c.ehnes@gmx.net)*

ABSTRACT

Times are changing - not only due to advancing digitalization, artificial intelligence, Covid 19 or climate change. Whereas the focus used to be on the technical protection of hazardous points at workplaces in mining, it's now expanding towards health protection and psychological well-being at work due to the pandemic. Expenditure on occupational safety and health can no longer be seen merely as a cost to be minimized as far as possible, but as an indispensable investment to enable a successful and sustainable future for mining companies in global competition. In the past, the focus was often solely on meeting legal requirements to minimize legal risks. This is no longer enough, because today the development of a culture of prevention in workplaces is on the agenda.

But how can a cultural change be brought about in a mining company? The new standard is called: VISION ZERO! Since 2017, ISSA has been focusing on the "VISION ZERO" strategy, developed by ISSA Mining, which assumes that every accident and work-related illness can be prevented if the potential causes are identified in time and the necessary measures are taken.

VISION ZERO goes beyond "compliance," requires a change in everyone's thinking and the participation of all managers, of all employees-of all people. To establish VISION ZERO in a mining company, ISSA Mining has formulated 7 simple, easy-to-understand principles for action, the "7 Golden Rules": management responsibility - hazard identification - target definition - organization - plant safety - competence development - employee dialog.

The presentation explains the new strategy and the experience and responses gained so far. Furthermore the VISION ZERO tools will be introduced. The presentation ends with some outlook and perspectives on up-coming further development steps, like the VISION ZERO environmental guide, sustainable supply chains and competence development models.

Keywords: Mining, Vision zero story, Occupational safety and health

THE NEXT STEP IN VISION ZERO: THE IMPLEMENTATION OF PROACTIVE LEADING INDICATORS AS FOLLOW-UP OF THE SEVEN GOLDEN RULES

Gerard I.J.M. Zwetsloot^{1*}

¹ *Gerard Zwetsloot Research & Consultancy, the Netherlands*
(* Corresponding author: gz@gerardzwetsloot.nl)

ABSTRACT

The development of proactive leading indicators was carried out in response to requests from companies and organizations that have associated themselves with the ISSA VISION ZERO strategy. The ISSA Guide "VISION ZERO - 7 Golden Rules for zero accidents and healthy work" subsequently formed the framework for the indicators, with two indicators being developed for each golden rule. A set of 14 proactive leading indicators is now available. The development team was comprised of Professor Gerard Zwetsloot (Netherlands), Senior Researcher Pete Kines (Denmark), and Professor Stavroula Leka (Ireland) in cooperation with Dr Aditya Jain (Associate Professor, UK). Seven International Sections on Prevention of the ISSA supported and financed the project (Construction, Education and Training, Electricity, Gas and Water, Trade, Goods Logistics and Port Handling, Mining, Transportation and Information for Prevention).

Keywords: Vision Zero, ISSA, Occupational accident

THE DEVELOPMENT PROCESS

The development process involved attaining information and evidence from VISION ZERO frontrunner organizations, scientific literature as well as publications from other reputable sources (e.g. national agencies, industries), and the expertise and experience available in the project team and steering committee. It also involved presentations and discussions at several international conferences. Firstly, a draft set of seven proactive leading indicator factsheets was developed and widely communicated. Very encouraging feedback was obtained via an online survey with response from companies and organizations in more than 20 countries and 20 sectors. The indicators and factsheets were adapted and revised resulting in a draft set of 14 indicators which was discussed with the steering committee. The final results are the set of 14 indicator factsheets, as well as a guide.

VISION ZERO

VISION ZERO (at work) is based on the assumption that all accidents, harm and work-related ill-health are preventable. VISION ZERO is then the ambition and commitment to create and ensure safe and healthy work by preventing all accidents, harm and work-related diseases and continuously promoting excellence in Safety, Health and Wellbeing (SHW).

The three aspects - 'Safety, Health and Wellbeing' - are closely related and interacting. This implies opportunities for synergy, which is why all the proactive leading indicators are relevant for all three aspects.



Figure 1. The three aspects-safety, health and wellbeing

PROACTIVE LEADING INDICATORS

The ISSA Guide for the 7 Golden Rules forms the basis for the development of VISION ZERO at the organizational level. Proactive leading indicators reflect the actionable, current and ongoing processes, activities and performance that are doing more than merely controlling existing risks and safeguarding the status quo, but focus on recognising, creating, using and evaluating opportunities for continual improvement.

Though VISION ZERO implies a journey that is never fully 'done', the indicators can certainly help organizations ensure that key activities for good SHW, 'get done', and are sustainable. Determining the number of cases each month in which each aspect of SHW have been an integrated part of a process, e.g. induction, training, procurement, pre-work briefings, planning and organization of work, etc., helps to keep focus on continuous improvement of SHW.

The proactive leading indicators are relevant for organizations that have adopted VISION ZERO or consider adopting VISION ZERO. They are useful for industries as well as service sectors, for and not for profit, and for large and medium sized organizations, and may be useful for small organizations as well. The set of indicators is useful for employers, leaders, and top and middle managers, worker representatives, and SHW professionals. VISION ZERO is a commitment strategy; commitment can form the start of the SHW strategy at an initial level of SHW performance. It is not only for the very best performers, and in many VISION ZERO organizations safety processes are much more developed than those for health and wellbeing. Proactive leading indicators for SHW can be of help in all these contexts.

THE SET OF 14 PROACTIVE LEADING INDICATORS

The set of proactive leading indicators for VISION ZERO is comprised of 14 indicators – two for each of the ISSA VISION ZERO 7 Golden Rules (Table 1). Each proactive leading indicator factsheet contains aims, key concepts, good practice, limitations and options to measure the indicator.

Three options for using the VISION ZERO proactive leading indicators

There are three options for using the proactive leading indicators, which can be regarded as three steps of increasing precision and complexity. Very small organizations may only wish to use the first (qualitative) option. The second (semi-quantitative) option may be useful for most organizations. The third (quantitative) option allows for external benchmarking both within and across sectors, and can be used by larger organizations committed to VISION ZERO.

Option 1, The Yes / No Checklist is a simple checklist approach, focusing on the key activities for good SHW processes. The use of this version provides an organization with insight into whether the key activities for good SHW processes are performed.

Table 1. The set of proactive leading indicators for VISION ZERO

Nr.	Proactive Leading Indicator	AIM (Short description; see details in fact sheets)
1.1	Visible leadership commitment	Through visible leadership commitment, leaders demonstrate their commitment to SHW and actively promote SHW improvement
1.2	Competent leadership	Committed and intrinsically motivated SHW leadership is essential to drive the development processes of VISION ZERO
2.1	Evaluating risk management	Evaluation of the effectiveness of SHW risk management demonstrates leadership focus and commitment to improving SHW, and supports organizational learning and continuous development
2.2	Learning from unplanned events	Learning from unplanned events (incidents, events, cases) contributes to preventing similar undesirable events from (re)occurring
3.1	Workplace and job induction	Integrating SHW in induction processes demonstrates that SHW are an integral part of each job and each business process
3.2	Evaluating targeted programs	Evaluating targeted SHW programs (e.g. temporary campaigns) helps to verify that they are implemented as intended, and improvement goals are met
4.1	Pre-work briefings	Integrating SHW in pre-work briefings allows for the identification of context specific hazards, risks and prevention measures prior to work
4.2	Planning and organization of work	Planning and organization of work are essential for the success of every organization and for ensuring SHW
5.1	Innovation and change	Technological, organizational and personnel changes occur frequently in organizations and should be considered proactively to improve SHW right from the start in the design phase
5.2	Procurement	Procurement can determine SHW risks for a long period. The indicator aims to trigger the systematic use of procurement for SHW improvement
6.1	Initial training	Initial training is key to ensuring good SHW and to qualifying leaders and workers before they start their job
6.2	Refresher training	Refresher training ensures that leaders' and workers' knowledge and skills on SHW remain up to date
7.1	Suggestions for improvement	When suggestions for SHW improvements are welcomed and are taken seriously, this stimulates active commitment and contributes to SHW improvement
7.2	Recognition and reward	Recognition and reward for SHW involves showing appreciation for engaging in desired SHW behaviors

Option 2, The Frequency Estimation, addresses the frequency with which key activities for good SHW processes are carried out in a systematic and consistent manner. The degree of systematic action and consistency is estimated using five broad semi-quantitative categories: Always or almost always - Frequently - Occasionally - Rarely - Very rarely or Never.

Option 3, The Quantitative measurement, is a more advanced approach wherein the key activities are quantitatively measured with either frequencies or percentages, and the outcomes can also be used for internal and external benchmarking, both nationally and internationally. The following is an example from fact sheet 4.1 showing to the frequency with which SHW are an integrated part of discussions in daily pre-work briefings (Figure 2).

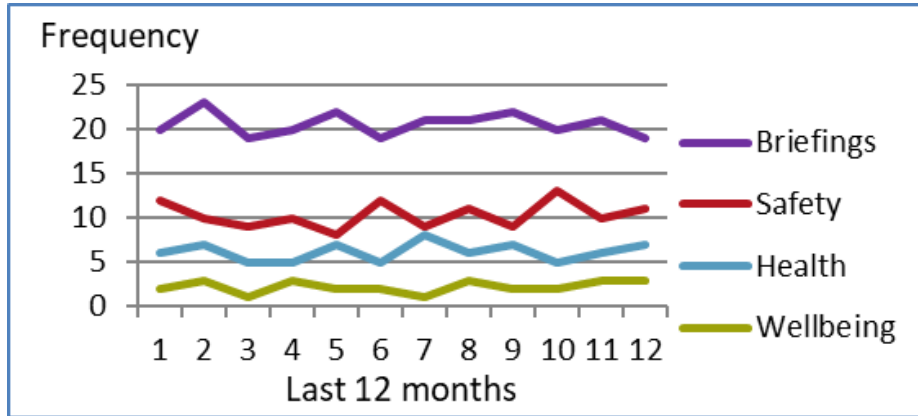


Figure 2. Frequency with which SHW and briefings in daily pre-work

Presenting results from using the indicators, and presenting developments over time are perhaps just as important as measuring them: they show whether the targeted improvements in prevention are achieved or not. This is valuable feedback which can help to make SHW activities continuously more effective.

It is not strictly necessary to use all 14 indicators; depending on the context, a selection of indicators may be useful, e.g. four or five indicators. Examples are given for various contexts: A small company; A larger company with good SHW systems in place and the ambition to develop a prevention culture; A medium-sized company with a good prevention culture, but need to work more systematically; Companies that want to focus on the development of psychosocial risk management; Companies that work with many contractors; Use by labour inspectorate or social security agencies.

The proactive leading indicators can support key decisions that are expected to determine SHW performance. The indicators can also be used for (internal and external) benchmarking.

The indicators can be presented one by one as shown in the factsheets, but organizational leaders would probably require an overview. For option 1, the YES / No Checklist, the overview of the results can be presented as follows (Table 2).

Table 2. The yes / no checklist

Option 1. Proactive leading indicator / key activity checklist	Safety		Health		Wellbeing		Total
	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES
1.1 Do leaders visibly demonstrate their commitment to SHW in their work processes and behaviour?	✓			✓		✓	1
1.2 Are new leaders selected based on their intrinsic motivation for or proven record in SHW?	✓		✓			✓	2
2.1 Etc.	...	...	...	...	...	...	...
“YES” total	12/14 (86%)		6/14 (43%)		4/14 (27%)		19/42 (45%)

Achieving	81-100%
Advancing	61-80%
Progressing	41-60%
Learning	21-40%
Starting	0-20%

For option 2, the Frequency Estimation, the overview of the results may be presented this way (Table 3):

Table 3. The results of for option 2, the frequency estimation

To what degree are the following met? Use the following ratings: Always or almost always= 4; Frequently=3; Occasionally = 2; Rarely=1; Never or very rarely=0				
	Safety	Health	Wellbeing	Total
1.1 How often do leaders visibly demonstrate their commitment to integrating SHW in their work processes and behaviour?	2	3	1	6
1.2 How often are new leaders selected based on their intrinsic motivation or proven record in SHW?	3	2	2	7
2.1 Etc.	...	...	...	...
Total	46/56 (82%)	32/56 (57%)	34/56 (61%)	112/168 (67%)

A radar or spider diagram is one option of presenting an overview of all the indicators, which can also include (five) qualification levels (Excellent - Advanced - Performing - Progressing - Starting) to make it visually clear where the SHW indicators are strongest and weakest. This is a way to present the results from option 2 or 3 (Figure 3).

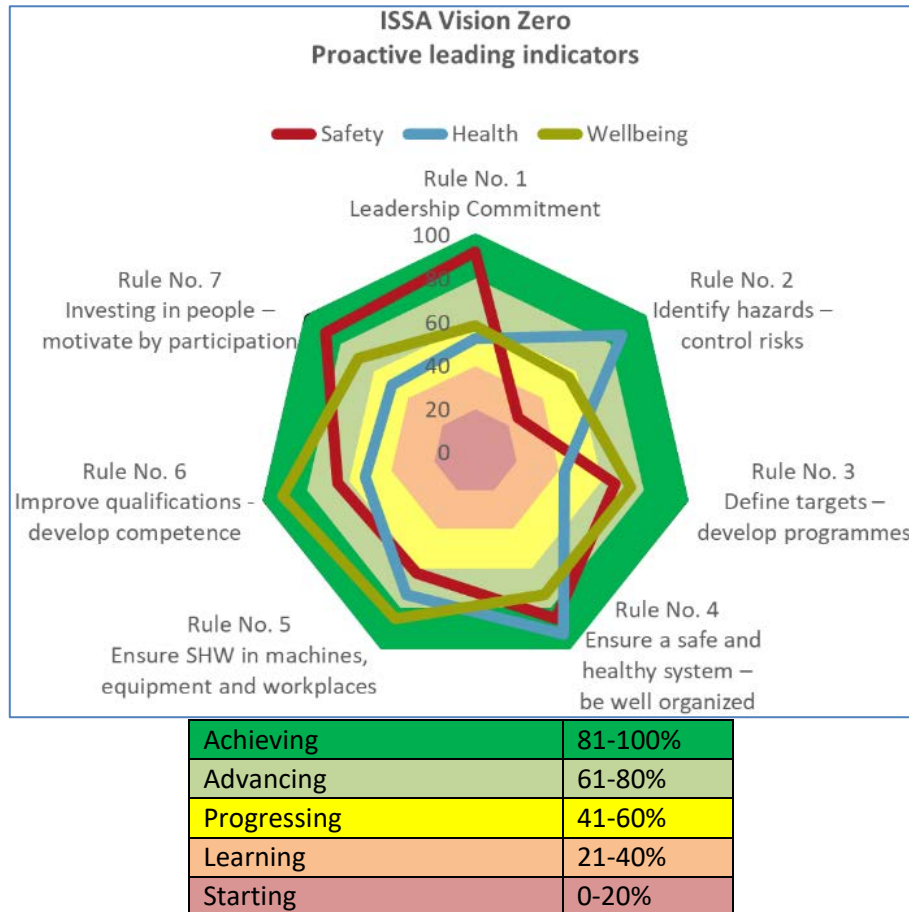
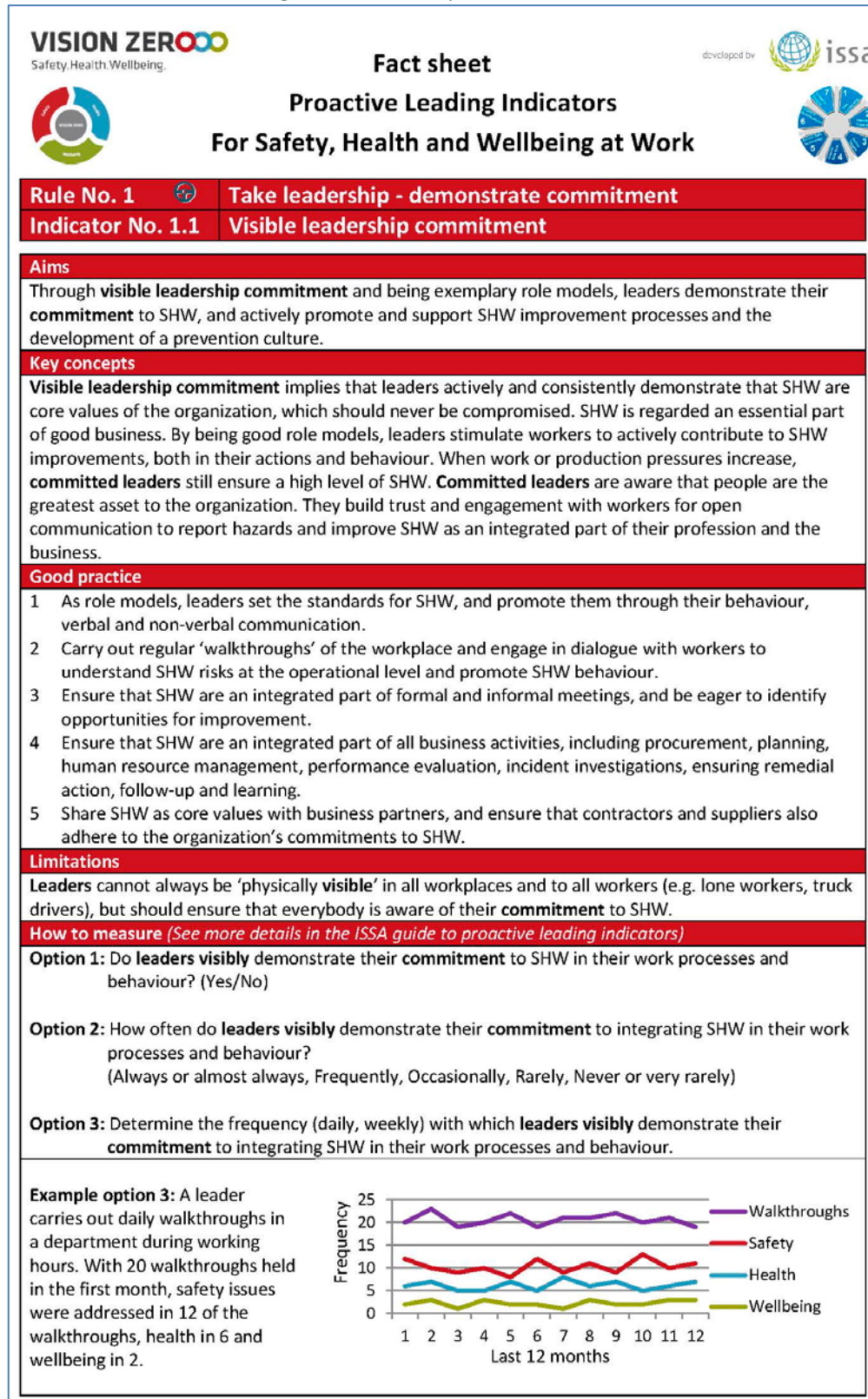


Figure 3. A radar or spider diagram of presenting an overview of all the indicators

It is important to acknowledge that VISION ZERO is meant to address all three aspects of Safety, Health and Wellbeing. Having a good indicator score for safety is not the same as a good score for VISION ZERO; in fact, it makes up only one-third of the score for VISION ZERO. It can therefore be useful to differentiate between the outcomes for the three aspects SHW, as shown in the figure above, but it

may also be useful to combine the three aspects into one VISION ZERO overview (see the example in the guide). Below an example of a factsheet is given (Figure 4).

Figure 4. An example of a factsheet



CHEMICAL EXPOSURES IN MINING: PRIORITY ACTIONS FROM AN OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH PERSPECTIVE

H. Graczyk ^{1*}

¹ *Technical specialist, International Labour Organization (ILO)*
(*Corresponding author: graczyk@ilo.org)

ABSTRACT

Occupational exposure to chemicals in the mining sector continues to pose a major safety and health risk to miners around the world. A number of toxic chemicals are commonly used in mining practices, including mercury, cyanide, sulfuric acid and solvents, as well as dangerous explosives. It is estimated that up to 19 million miners are exposed to mercury alone in artisanal and small-scale mining operations, giving an indication of the scale of the problem. Occupational exposure to these hazardous chemicals can severely impact various body systems and organs, leading to disability, life-long illness and even death. Workers in Low to Middle Income Countries (LMICs) and in informal settings are particularly at risk, with health effects undiagnosed or misattributed, unrecorded and unaddressed.

The International Labour Organisation (ILO) has long recognised that protecting workers from hazardous chemicals, including those used in mining, is essential to ensuring safe and healthy populations, as well as sustainable environments. The complexity and widespread problem of chemical exposure requires comprehensive as well as integrated responses following a national OSH systems approach, leveraging established international labour standards, global platforms and initiatives, as well as practical enterprise level actions that prioritize prevention and elimination. Key ILO conventions in this area include the Chemicals Convention, 1990 (No.170), the Safety and Health in Mines Convention, 1995 (No.176), as well as a number of fundamental OSH Conventions. Mercury use in mining specifically should be phased out and replaced with mercury-free alternatives, in line with the Minamata Convention and Convention No. 170. A strong OSH system is critical for the effective implementation of policies and programmes on OSH and the sound management of chemicals at the enterprise level. Targeted strategies include the implementation of a workplace level strategy involving chemical identification, comprehensive risk assessment and implementation of control measures following the hierarchy of controls.

Keywords: Chemical Exposures, Occupational Safety and Health, ILO

PREVENTING COAL DUST EXPLOSIONS IN UNDERGROUND COAL MINES – THE EXPERIENCES IN POLISH COAL MINING

A. Koteras^{1*}

¹ *Central Mining Institute, Katowice, Poland*
(*Corresponding author: akoteras@gig.eu)

ABSTRACT

The article presents issues related to the occurrence of coal dust explosion hazard in underground mines. The statistics of accidents in the Polish mining industry caused by coal dust explosion has been presented. In relation to this, the research and solutions developed to reduce or prevent the risk were discussed, and some legal requirements for Polish mines were presented.

Keywords: Underground coal mining, Occupational health and safety, Mining accidents, Coal dust hazard, Hazard prevention.

INTRODUCTION

Dust hazard is one of the primary hazards in coal mining. The risk of coal dust explosion is still one of the most dangerous ones, as it causes accidents with many fatalities. The formation of dust is directly related to the coal mining process. The mining of coal seams, the preparatory works, the transport of spoil and its storage generate significant amounts of coal dust. It is estimated that up to 3% of mined coal is pulverized during the excavation or transport process. It means that dust is ubiquitous in an underground mine that extracts minerals using a mechanized or shooting method. The regions with the greatest amount of it are mainly the areas of longwalls, face, spoil haulage routes, transfer points or areas of shaft coal tanks. In addition, the current of the ventilation air carries fine dust grains to further areas of the mine. Dust hazard in mining industry poses a risk of explosion and health hazards (occupational diseases). The threats have their characteristics. The explosion hazard depends on several factors, including the diameter of explosive dust grains of 30-1000 μm . These grains are deposited in the workings in the form of dust. Under the influence of a pressure wave, usually from the primary methane explosion or blasting works, they rise, form a cloud and get ignited, carrying the explosion over long distances. Such a situation occurs when coal dust accumulates somewhere at high concentrations (300-500 g/m^3 of air), which, in combination with an ignition caused by, e.g., explosion, under certain conditions, it spreads.

On the other hand, the diameter of harmful dust particles is smaller than 30 μm , and the most dangerous are dust grains smaller than 10 μm (respirable dust). They can constantly float in the air at workplaces and are inhaled by employees who may develop an occupational disease- pneumoconiosis after exceeding a specific dose of dust accumulated in the lungs. The necessary conditions for the formation of a coal dust explosion are as follows:

- coal dust must be explosive, i.e., it must contain over 10% of volatile parts in anhydrous and ash-free coal substance,
- must be crushed – grains that do not pass through a 1.0 x 1.0 mm sieve are not considered dust,
- coal dust must be mixed with air at a concentration of 50 to 1000 g/m^3 ,
- when we have a mixture that meets the above conditions, only the ignition (temperature) is needed for the explosion to occur.

COAL DUST EXPLOSION HAZARD AND ACCIDENTS IN POLISH MINING INDUSTRY

Virtually all natural hazards typical for underground mining are present in Polish hard coal mines. It applies especially to the so-called catastrophic threats that can trigger dangerous events, often of high intensity and range, causing damage to mine property and accidents among employees. Coal dust causes one of such hazards since an explosion in one location can spread to other parts of the mine as it creates new dust clouds that continue to explode. In such a way, the blast may cover more and more groups of mine workings. A developing detonation can affect a large part of a mine or even an entire mine. The presence of methane increases the explosive capacity of the pulverized coal. For example, at a methane concentration of 2%, a coal dust explosion can occur at a dust concentration in the air of 10 g/m³. In the history of mining there are known accidents of truly catastrophic consequences. The largest mining disaster in European history occurred at a French coal mine in Courrières in 1906, where 1,099 miners, including many children, died due to the disaster. The disaster in Courrières was the second most tragic accident in the history of the world mining, following the tragedy at the mine in Benxi, China, which killed 1,549 miners (Vuters, 2006). Between 1922 and 2005, there were 31 coal dust explosions and ignitions in Polish hard coal mines. A methane explosion preceded twelve coal dust explosions, and a fire gas explosion preceded two of them. As a result, 508 people were injured, including 243 people who died (NETTG 2019). The largest Polish mining tragedies involving coal dust were a collective accident in JSW SA's Jas-Mos mine in 2002, where ten miners died and two were seriously injured; and a tragedy in the Halemba mine four years later, in 2006. There was a methane explosion there, which initiated a coal dust explosion. As a result of the disaster, 23 miners died. The catastrophe went down in the history of Polish mining as the most tragic one in the last 25 years. The rescue operation was conducted for over 37 hours (WUG website). The investigation into the causes and circumstances of the accident lasted nearly two years. The last time a coal dust explosion occurred in the Polish mining industry was in 2008. In the Mysłowice-Wesoła mine, spontaneous coal combustion and methane ignition and explosion in the sealed-off part of the roadway in seam 510, at 665 metres triggered a dust explosion (CIRE 2018). The table below lists the disasters caused by coal dust explosions in the Polish mining industry from 1970 to 2021.

Table 1. Mining catastrophes, 1970 – 2021

Date	Coal mine	Number of accidents		Causes of the tragedy
		Fatal	Other	
28.06.1974	Silesia	34	-	Coal – dust and methane explosion
10.10.1979	Dymitrow	35	5	Coal – dust explosion
04.02.1987	Mysłowice	19	27	Coal – dust and methane explosion
06.02.2002	Jas-Mos	10	2	Coal – dust explosion
21.11.2006	Halemba	23	-	Methane and coal-dust explosion
13.01.2008	Mysłowice-Wesoła	2	1	Methane and coal-dust explosion

START OF RESEARCH ON COAL DUST AND TECHNOLOGIES DEVELOPED FOR COMBATING DUST HAZARD

The dust hazard was first identified after the Courrières mine explosion in France. It initiated research on the threat, which is still carried out today. The Polish school of combating the effects of coal dust and methane explosions is widely known worldwide. Its creator, professor Wacław Cybulski, investigated and described this threat in 1952. Since then, many experiments have been carried out in the Barbara Experimental Mine (the Central Mining Institute's research unit), and their results are used in prevention of the phenomenon. It should be noted that the "Barbara" Experimental Mine of the Central Mining Institute has a scientific and research base that is unique on a European scale, enabling a wide range of research on hazards, including the possibility of coal dust explosion. This equipment includes, among others, an experimental tunnel (fig.1) 100 m long (2 m in diameter, with measuring

points every 10 m, with the possibility of making various types of primary explosions) used, among others, for:

- coal dust explosion propagation tests, including a hybrid mixture with methane,
- testing the extinguishing properties of stone dust,
- training purposes - performing coal dust explosion demonstrations (for mine workers, students and apprentices of mining technicians).

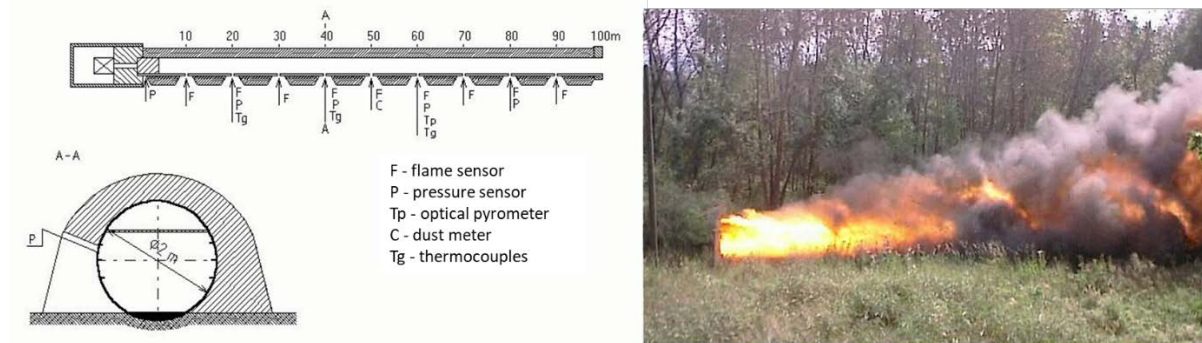


Fig. 1. Diagram of a 100 m long experimental tunnel with a measuring system (left) and a coal dust explosion in a 100 m experimental tunnel (right) [source: GIG].

Since the launch of the installation in the 1960s, the experimental tunnel has been used to perform over 3,500 tests of dust explosions and hybrid mixtures. Most of them were tests of various types of coal dust. The findings of the experiments conducted in KD Barbara-GIG are reflected in the health and safety regulations. Researchers from the Barbara Experimental Mine showed that under specific conditions, an explosion of a hybrid mixture of coal dust and methane can occur at a concentration of 2% of methane in the air, and the amount of dust can even be lower than 30 grams per cubic meter of air. They consider 300 to 500 grams of pulverized coal per cubic meter of air to be the quantity that will surely cause such a phenomenon. The energy needed to ignite the coal dust is at least one hundred times greater than the energy required to ignite the methane. Therefore, coal dust explosions are much less frequent than methane explosions (WUG, 2021).

There are different techniques for reducing dust at its source and in the subsequent stages of its spread. The risk of coal dust explosion is combated by using four lines of defence. Lines 1 and 2 are preventive measures related to reducing dust formation, its removal, neutralization and fighting the ignition, and lines 3 and 4 effectively prevent the development of an explosion and limit its range (Cybulski, 2015). These are:

Line 1. Combating coal dust where it is generated through:

- use of coal mining techniques that produce the least dust,
- removing coal dust,
- proper blasting method,
- proper selection of sprinklers,
- making coal dust less volatile.

Line 2. Combating ignition with:

- efficient ventilation and methane control,
- safe electrical equipment.

Line 3. Preventing propagation of an explosion with stone dust or water safety zones.

Line 4. Limiting the range of an explosion through building barriers.

The primary method of protecting coal dust against the initiation and spread of an explosion is its neutralization with water and/or stone dust. Sprinkling or spraying water in the form of a cloud of droplets is considered the optimal method of removing the dust from the air closest to its source.

Spraying the stream of water under the pressure of up to 10MPa takes place through nozzles mounted on mining machines, transfer cases and in the area of blasting works. Sprinkling is commonly used on mining machines. In all the countries the regulations require the machines to be equipped with an efficient sprinkler system. The final element of any sprinkler system is a nozzle that sprays water in the form of a mist. The number of nozzles and their output must be selected to achieve the maximum reduction of dust concentration in the air without wetting the spoil excessively. The use of sprinkler systems requires appropriate designs and materials for nozzles, clean water (impurities clog the nozzles) and thus the use of water filters, and above all, pumps and fittings capable of ensuring the pressure at the nozzle of 3.5 to 10MPa. Such a value of pressure ensures the effectiveness of sprinkling. The use of sprinkling nozzles on mining machines is also designed to cool the trace of the rock cutting knife, which can be a source of methane ignition. The nozzles are also ventilation devices that ensure air movement around the cutting head and thus reduce the concentration of methane around the shearer. At present, mining machines without an efficiently operating sprinkler system are not allowed to operate.

Neutralizing coal dust with stone dust is, apart from sprinkling, the primary prevention method. By adding an appropriate amount of stone dust to the residual coal dust, the resulting dust mixture is characterized by a high content of non-flammable solids, which prevent the propagation of the explosion. Such activities constitute over 80% of dust explosion prevention in the Polish hard coal mining industry. Meeting the mining regulations in this aspect, in conditions of methane hazard, requires at least 4 kg of stone dust for the proper neutralization of 1 kg of coal dust (GIG 2021). However, it should be remembered that two types of stone dust are used in mining: a regular one and a waterproof one.

Ordinary stone dust is used only in dry workings. Only in dry workings it maintains the necessary volatile properties, which are the essential in explosion prevention. Therefore, in workings with high humidity, it is required to use waterproof stone dust, which retains its volatile properties longer.

Stone dust in mines is used to maintain safety zones, as an extinguishing agent in dust barriers and as a primary means of dusting mining excavations. The data for the years 2011-2020 on the total amount of used stone dust, taking into account the share of waterproof stone dust, are presented in the table below (GIG 2021).

Table 2. The amount of stone dust used in Polish hard coal mines, 2011–2020.

Amount of stone dust used, t			
	Total	Waterproof stone dust	Share of waterproof stone dust, %
2011	84,142	44,856	53.3
2012	88,145	44,234	50.2
2013	81,795	40,407	49.4
2014	77,065	29,255	38.0
2015	69,355	29,688	42.8
2016	62,853	25,796	41.0
2017	54,984	24,272	44.1
2018	52,798	22,879	43.3
2019	51,073	19,367	37.9
2020	47,842	22,424	46.9

On the other hand, air movement control as a dust prevention technique is mainly used when coal dust hazard poses a threat to health.

LEGAL REQUIREMENTS

Geological and Mining Law and the Ordinance of the Minister of Energy of November 23, 2016 (on detailed requirements for operating underground mining plants) provide exact requirements for the operation of underground mining plants in conditions of coal dust explosion hazard. According to the regulations, in mining plants with underground mine workings driven in hard coal seams, it is necessary to organize a service to combat the risk of coal dust explosion. The regulations also define the rules for testing the coal seam or part of it towards the risk of coal dust explosion and limiting the spread of coal dust. They also describe how to classify coal seams, workings or sections of workings into appropriate categories of coal dust explosion hazard and designate safety zones protecting against the propagation of a coal dust explosion. The requirements described are only some of the requirements in force in the Polish mining industry. Currently, the regulations provide two classes of coal dust explosion hazard, i.e. class A and class B. However, for coal seams or their parts and workings or sections of workings, class A coal dust explosion hazard includes coal seams or their parts, together with workings driven in the seams or parts of the seams with naturally protected coal dust. Class B of coal dust explosion hazard includes coal seams or their parts, together with workings driven in the seams or parts of the seams, which do not meet the requirements for class A.

As for the classes of coal dust explosion hazard for workings or their parts, class A of coal dust hazard includes workings or sections of workings with naturally protected coal dust, up to 30-metre-long sections with unprotected mine dust, with a distance at least 100 metres in between. Class B of coal dust explosion hazard includes workings or sections of workings that do not meet the requirements for class A.

Classifying longwalls, mine workings and sections of mine workings into the appropriate classes means different requirements for the zones preventing the propagation of coal dust explosions. In workings classified as class A or class B of coal dust explosion hazard, zones protecting against the propagation of the blast should be maintained. The workings in the protective zones should be washed with water or dusted with stone dust along the sidewalls, roof and floor, at least 200 metres from the place where the explosion may start.

In the methane areas, additional safety zones should be kept:

- along the whole mine working ventilated with a ventube,
- in mine workings classified as areas of class C methane explosion hazard, in the sections with installed cables and electric wires.

Also, driven roadways with hazardous coal dust must be washed or sprinkled in the zone near the mining face. The content of non-flammable parts in the mixture of coal dust and stone dust in the area should be at least:

- in methane fields — 80%,
- in non-methane fields — 70%.

In workings where it is impossible to maintain safety zones, their substitutes are dust or water barriers. Such barriers are made in workings classified as class B of coal dust explosion hazard, where it is necessary to use:

- main barrier systems — built at the inlet and the outlet of each ventilation area and in all the mine workings connecting the areas,
- auxiliary barrier systems — built in ventilation areas at a distance of 60 – 200 metres from the places where coal dust explosion may be initiated. In justified cases the distance may be decreased to 40 metres or increased over 200 metres

If the length of the mine working makes it impossible to build the entire barrier, at least half of the barrier should be built in the mine working, and the remaining part of the barrier — in each adjacent mine working. The stone dust (a) and water barriers (b) in a mine working are presented on the Fig. 2.



Fig. 2. Stone dust (a) and water (b) barriers in a mine working

Classic dust and water barriers are commonly used in the Polish mining industry. Their advantages are (Lebecki, 2015):

- high efficiency in suppressing coal dust explosions, confirmed in real explosions in mines, where they effectively prevented the explosion from spreading over long distances
- simplicity of construction and maintenance, not requiring advanced electronics and high-tech elements in general
- widespread acceptance and habituation of mining crews to their installation in workings.

Nevertheless, some inconveniences should be noted. These are:

- the effectiveness in extinguishing the flame when the barrier is set at a distance of 60 m from the place where the explosion started (in some exceptional cases 40 m) what causes a lack of protection of the crew between the place where the explosion originated and the barrier,
- large dimensions of the dam, reaching several dozen meters in length, which causes traffic problems,
- the necessity to move the dam with the advance of the face, in order to keep the distance not greater than 200 m from the place where the explosion started.

CURRENTLY CONDUCTED RESEARCH ON THE EXPLOSION OF COAL DUST HAZARD

The anti-dust prophylaxis used in coal mines is highly effective. Nevertheless, many researchers point out some issues that require further research in order to eliminate the risk of coal dust explosion. Various issues are discussed here, including the imprecision of regulations, such as in the case of risk assessment and classification in mining shafts, the need to improve sprinkling methods, and the aforementioned issues of securing the space between the place of explosion initiation and the first barrier. Cybulski and Michałek (2015) pointed out the need to change the regulations regarding the assessment of the risk of coal dust in mineshafts. Based on the results of tests that were carried out in 24 shafts of various purposes, they found, inter alia, different variations in the moisture content of the residual coal dust. Thus, they indicated that due to the specific design of the shafts, in order to assess the state of the coal dust explosion hazard, methods that take into account the quantity and quality of the residual coal dust should be used. They also indicated the need to take into account the method of sampling and determining the dustiness of the mining excavation.

The conducted research also concerns the issue of the effectiveness mine dust wetting. The needs of research and evaluation the effectiveness of the effects was indicated (Cybulski et al, 2015) in order to select optimally the type of wetting agents and their concentration in water solutions depending on coal dust's properties (type of coal the particular dust comes from) and on percentage participation of non-inflammable parts which are constant in mine dust. On the basis of the conducted research, the authors indicate much better effectiveness of wetting mine and coal dust with water solutions of wetting agents as the application of such solutions with relation to the use of “pure” water, reduces considerably the time of wetting regardless of the level of coalification of coal. Attention should also be paid to research on dustiness in protective zones, as well as on methods and devices for sprinkling. The conducted research allows for the improvement of existing solutions such as the concept of an automatic barrier (Prostański et al., 2013; Lebecki 2015) and applied risk prevention,

such as the methodology of designing, applying and implementing security zone solutions based on air-water spraying (Malich et al., 2021; Prostański et al., 2016; Prostański 2013).

CONCLUSION

The fight against the risk of coal dust explosion is based on the use of dust explosion prevention. The prevention and prevention methods developed over the years are very effective. The lines of defence against coal dust explosion used in the Polish mining industry systematize the actions that should be taken. Nevertheless, there are still areas where there is room for improvement in rules, methods, devices and regulations. Effective prophylaxis is very important for maintaining work safety in mining. Therefore, it is crucial to keep trying to improve the quality of prevention, which is fundamental for the safety of mines.

REFERENCES

- Cybulski, K., Mailich, B., Wieczorek, A. (2015). Evaluation of the effectiveness of coal and mine dust wetting. *Journal of Sustainable Mining*: Vol. 14 : Iss. 2 , Article 3.
- Cybulski, K., Michałek, A. (2015). Ocena i klasyfikacja zagrożenia wybuchem pyłu węglowego w szybach kopalń węgla kamiennego. *Przegląd Górniczy*, 71(7), 16–20.
- Cybulski, K., Wieczorek, A., Malich, B. (2015). Zwilżacze jako element pyłowej profilaktyki przeciwwybuchowej w polskim górnictwie węgla kamiennego, *Przegląd Górniczy*, T. 71, nr 12
- GIG, (2021). Raport roczny o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Katowice, Wydawnictwo GIG, 2021
- Lebecki K. (2015): Explosion barriers - and what next? - Information booklet of CSRG.
- Malich, B., Cybulski, K., Wysocka, M., Skubacz, K., Michałek, A. and Urban, P. (2021). The level of securing dust deposits against the possibility of coal dust explosion in the drilled dog headings. *Journal of Sustainable Mining*: Vol. 20 : Iss. 1 , Article 4. Available at: <https://doi.org/10.46873/2300-3960.1039>
- Prostański, D., Bałaga, D., Kalita, M., Siegmund, M. (2016). Badania zapylenia w strefach zabezpieczających. *Maszyny Górnicze* 1/2016.
- Prostański, D. (2013). Stosowanie zraszania powietrzno-wodnego dla ograniczenia zapylenia w kopalniach. *J. Sust. Min.* Vol. 12, No 2, str. 28
- Prostański, D., Jedziniak, M. (2013) Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych. *Maszyny Górnicze* 2/2013
- Vuters, B. (2006). *Courrières 10 mars 1906: la terrible catastrophe*. Lille: Editions La Voix du Nord. 48 pp. ISBN 2-84393-100-2.
- WUG, (2021). Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2020 roku. Wyższy Urząd Górniczy.
- NETTG, (2019). Zabójczy pył węglowy – zagrożenie opanowane?.
<https://nettg.pl/news/158125/zabojczy-pyl-weglowy-zagrozenie-opanowane>
- CIRE, (2018). Katastrofy górnicze w polskich kopalniach węgla kamiennego.
<https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/134913-katastrofy-gornicze-w-polskich-kopalniach-wegla-kamiennego>

MINE SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH LEGISLATION, GOVERNANCE, AND STANDARDS IN QUEBEC, CANADA

M. du Cluzeau¹, M. Kumral^{1*}

¹*McGill University, Montreal, Canada*

(*Corresponding author: mustafa.kumral@mcgill.ca)

ABSTRACT

Canada is one of the major mining countries. There are a large number of mines producing gold, oil sands, coal, uranium, phosphate, nickel, diamond, copper, etc. The mines operating with large production sizes require the highest level of mine safety and occupational health legislation, governance, and standards. This paper aims to share and speculate how mining stakeholders can contribute to capturing the high safety and health practices in mining operations. The Canadian mine safety legislation and regulations will be elucidated in the beginning. Then, the Canadian cases regarding mine organization, culture, and governance will be demonstrated. Finally, how safety and occupational health standardization and certification processes can be enhanced will be illustrated.

Keywords: Mine safety, Occupational health; Mining industry; Canadian framework

INTRODUCTION

Mining workers are exposed to a staggering number of technical and operational risks associated with mining methods, exposure to hazardous chemicals and substances, subsidence, stability issues, or moving heavy equipment (amongst others). Unsafe conditions in mines lead to many accidents and cause loss and injury to human lives, damage to property, and ultimately, can very much affect production and performance. From both a moral and industrial or productive standpoint, awareness was raised concerning the safety of working conditions and of the staggeringly high numbers of incidents and accidents, so much that the legislation began to enforce and regulate safety conditions by promoting and enforcing Occupational Health and Safety (OHS).

In Quebec, the succession of laws and regulations since the initial 1979 Loi sur la Sécurité et de la Santé du Travail (LSST, chapitre S-2.1) (Act respecting occupational health and safety), more specialized OHS regulations oriented towards mining have stemmed, like the Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines (chapitre S-2.1, r.14) (Regulation respecting occupational health and safety), from which organizations and committees, like the Commission on workplace standards, fairness, health and safety (CNESST), were founded to best promote and enforce set OHS standards in Quebec mines by providing products and services to companies like inspections, certificates, training and mine rescue personnel, and ultimately help companies strive towards a sustainable OHS management system. This paper will provide an overview of Quebec's framework to address the issues of health and safety in mining, covering the different legislations, the relevant committees, and focusing on aspects of inspection, training, and mine rescue.

The purpose of this paper is to equally give an account of the manners OHS management systems that account for legislation, can integrate companies' risk management strategies, allowing them to best calibrate the dangers associated with their practices and methods and better consider the importance of OHS in their productivity and well-being.

LEGISLATION: BACKGROUND AND TERMINOLOGY

Quebec's history with legislation regarding occupational health and safety in the workplace can be traced back to the end of the 19th century with a succession of laws and acts meant to regulate and protect the worker's integrity and health, like the "Actes des Manufactures de Québec" in 1885 (Manufacture's Act of Quebec), as industrialization was slowly developing in the province. An inspectors commission, "la Commission royale d'enquête sur les relations entre le capital et le travail » is put in place in 1888 as the awareness is raised against the treatment and harsh working conditions fuelled by poor and conflictual employee-employer relations. The commission offered a wide range of recommendations for better communication from one side to another and ultimately enhance working conditions (CNESST, 2016). These types of actions taken by the Quebec underpins their awareness on the importance of occupational health and safety in industrial performance, especially at a time where worker's rights were not particularly regarded as a priority in other vastly industrialized countries. Later on, more occupational health and safety-related legislation was passed this time regarding workplace accidents, such as the "Loi des accidents du travail et Commission des accidents du travail" in 1931 (Law on work accidents and work accidents Commission) and a program allowing workers victim of work accidents to be readapted and indemnified (CNESST, 2016).

In the late 60s, a reform structure started to form related to the respective responsibilities of workers and employers, notably in terms of health and safety (CNESST, 2016). Resulting from this is a succession of bills emphasizing that strategic prevention should be instated and in 1979, the provincial government of Quebec voted in the "Loi sur la santé et sécurité du Travail (LSST, L.R.Q. c.S-2.1)" (Law on workplace/occupational health and safety). Comprised of 338 articles, this law today acts as the back bone of Quebec's legislation on worker's rights and ensuring their integrity vis-à-vis to their employer and working conditions (Act Respecting Occupational Health Safety). Broadly speaking, it was put in place to control, regulate, and ultimately prevent accidents and illnesses linked to poor or inadequate workplace conditions, and is frequently updated with the addition, modification, and sometimes omission of articles. To achieve this goal, the law thoroughly establishes the responsibilities and conditions of participation of employees, employers as well as site managers and suppliers. For instance, the legislation states that employers must "protect the health and assure the security and physical integrity of the worker" (article 51), "Conceive and apply a programme of prevention for the establishment" (article 59), and "Engage (writing) in respecting the programme put in place by a site manager", while the employee must "Contribute in assuring the health and security of the workplace" and has "the right to refuse to work if there are reasonable motives of believing that the work exposes the he/she or another to health or safety hazard" (article 12). The site manager, along with also applying article 51, is also given responsibility to "Conceive and apply a prevention program on the site the activity will involve at least 10 workers" (article 198) and "Present a written report on all events that cause the death of several workers or injuries or damage to material and/or equipment" (article 62). Responsibilities given to the supplier in the scope of health and safety include "Assure(ing) the security character of their products" (article 63). Along with the thoroughly addressing the respective responsibilities of the actors of an organization, the LSST studies a wide array of different aspects challenging occupational health and safety: Chapter IV explains how organisations involved in the sectors like construction and mining, are to establish a health and safety committee made up of at least 20 members (half workers of the establishment, other half to site managers and employers) to discuss and address any issues relating to OHS. The legislation explains that representatives from these committees are designated to carry out a "prevention" role involving inspections, receiving complaints from fellow workers, identifying hazardous situations, and intervening when the worker exercises his right to refuse to work. Equally, the LSST encourages sectorial associations, where workers from the same activity sector can assemble to aid in formulating awareness and training programmes relative to the H&S issues in their sector to help prevent incidents. The legislation then elaborates the obligation an organization must implement and apply a strict health and safety programme to every aspect of its day-to-day activities. The LSST is conceived in a way that allows organisations to carry out safe production in a controlled work environment by highlighting the necessity for not only fit for

purpose equipment, but equally competent and trained personnel with responsibilities (Badri, Nadeau and Gbodossou, 2013). These are set towards the well-being of the work place and work colleagues and adapted safety work practices, encouraging organisations to put into place occupational health and safety management systems (OHSMS). This concept relies on the competency and management skills of company workers to apply the strict policy in an effective, organised, adapted and standardized structure in the view of ensuring workplace health and safety. The resulting system clearly delineates the responsibilities of all to implement a systematic approach toward every aspect of an organisation's functions and be able to measure performance against strict standards (Rasche and Woolley, 2000). These notions are elaborated upon in section II.

The legislation then describes the organism charged with the enforcement, regulation and supervision of the law, known as the "Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail" (CNESST) (Commission of occupational norms, equity, and health and safety). With a board made up of various members of different sectors of activity, the aim of the commission is to not only enforce the LSST but, more importantly, alongside other governmental or semi-governmental organizations, provide products and services to assist companies in minimizing H&S related accidents. Services and activities, most notably inspection and accident investigation, performed by the CNESST are further elaborated in a later section of this paper.

The LSST (S-2.1) legislation provides a broad and general ruling and guidance on the application and regulation of worker's rights and responsibility and occupational health and safety. In Quebec, each legislation includes a wide range of regulations, which act as specifications of the LSST towards a particular sector or aspects of the law: the LSST has, since its implementation expanded towards 49 regulations, specific to sectors like construction, forestry work or refineries or aspects like the CNESST and the handling of dangerous products (CSST, 2005). The LSST regulation specific to the Quebec mining industry is known as the "Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines" (S-2.1, r.14) (Regulation on occupational health and safety in mines) elaborates a total of 538 articles that encompass the standards of safe practices specifically applicable to mining. These are split in several categories meant to capture the very concentrated occupational health and safety challenges the mining industry faces. These categories include firstly general responsibility allocations between the workers, site managers, and employers, applying principles very similar to those found in the general LSST and emphasizing the importance of role allocation in the scope of accident and incident prevention. It equally covers precautions to take in underground mining activities: regulating the attendance, verification of work stations, employing regular communication, applying reliable signaling, and minimum required equipment in underground safety kits (e.g., oxygen masks with a minimum of 60 minutes usage, devices to measure air quality to detect most notably flammable gases, a roping system appropriate for the evacuation of a victim). Equally covered is the necessary training and formation due to being received by workers working in diverse activities: for example, since 2009, any worker due to carry out activities in underground activities has to complete a modular training course provided by the Educational Commission of l'Or-et-des-Bois, which is made up of 7 modules (I-VII), obtained within 6 months of the date of hiring. Specialized modules VIII to XII are meant for operators for machines such as winch scrapers, mine loaders, drills, and extraction machinery, to which around 100 to 200 hours of training with the machine must be added (Act Respecting Occupational Health Safety) (CNESST, 2016).

The 2-2.1, r.14 regulation equally includes mining-related categories elaborating strict standards and minimum requirements. These elaborate comprehensive and objective articles provide compulsory technical and behavioural measures to take for a wide array of industry aspects that may represent a risk to workers. To limit ambiguity around the procedures, the technical content relies on numerical values to follow, acting as maximum or minimum benchmarks companies must comply to: these include for instance, minimum safe distances for a blasting procedure or maximum speed a vehicle can travel at underground, or even as detailed as stating a minimum brightness of the head lamp. These benchmarks are obtained from the Canadian Standard's Association (CSA), a standards organization which, through government-

funded experimenting, testing and research, provide numerical standards for very specific technical aspects of the industry. The CSA assembles numerous volunteer experts from the mining industry to consult regarding their research and look to publish standards in numerical form to help companies with less or without expertise, to operate in the safest manner possible, targeting less obvious safety risks (Canadian Center for Occupational Health and Safety, 2019). Through projects financed by provincial, territorial, and federal governments, the CSA has published around 250 published and accessible standards, which are updated annually. Standards pertaining to mining include ones for general practices such as "Steel wire rope for general purposes and for mine hoisting and mine haulage" (2009), as well as OHS related standards like "Fall-proof safety belts and adjustment ropes fall-proof for the industries of construction and mining" (1976). Also referenced in the LSST 2-2.1, r.14 are the U.S. National Institute of Standard and Technology (NIST), the American National Standards Institute (ANSI), the American Society for Testing and Materials (ASTM), the International Electronic Commission (IEC) which, like the CSA, develops science-related standards relevant to the mining industry (amongst others). These standards are the product of extensive research and experiments by the companies and can be regarded as a common quantifiable boundary between the safe and unsafe practice of a particular machine, installation, or device in mining. These standards have been examined thoroughly by mining experts and consultants for the Quebec government in the elaboration of the legislation of 2-2.1, r.14, and several sections include data tables indicating values to use based on circumstances. For instance, article 416 provides a table detailing the radial distance around an explosive storage space based on the amount (weight) of explosives to be stored. Hence, through the use of set standards, companies can easily apply legislation without any ambiguity and effectively measure the degree of implementation of occupational health and safety according to the legislation.

The 'organization of work place' (Section III) involves subcategories for ground stabilization, underground circulation, protective systems for openings, access and exits, and groundwater management. For ground stabilization, for example, the regulation sets standards of geological ground study, permanent surveillance for seismicity and instability of any sort, along with reinforcement of unstable ground. Importantly, the regulation emphasizes that inspections, analysis, and any necessary reinforcement of an unstable tunnel or slope must be carried out prior to any work-related activities (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

Section IV of the regulation, titled 'Quality of the workplace' provides the standards of air quality, lighting, and sanitation underground mines must respect. For instance, this details that the concentration of oxygen must reach at least 19.5% at a normal atmospheric pressure (article 85), the ventilation systems put in place must function mechanically and the introduced air must be uncontaminated by output air or any combustion and introduced at a rate of 15 m³/min for each worker underground based on the US Code of Federal Regulations, Mine Safety and Health Administration (article 101). The subcategory for lighting states that each worker is obligated to wear a lamp, able to provide a level of lighting of at least 1,500 lux at 1.2 m from the source of lighting (article 108.1) and that fixed lighting installed at regular interval must be able to provide a minimum of 50 lux lighting (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

Section V, 'Security Measures during certain events' provides required guidelines to follow to best prepare and handle unwanted events that challenge the health and safety of workers: subcategories covered include alarm systems, mock emergency exercises, safe rooms, fire extinction equipment, fire exits, combustible and inflammatory materials, and methane. The standards for the alarm system include its ability to withstand all types of weather and that personnel should be able to trigger it whenever needed (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

The following section, Section VI, pertains to the motorized vehicles, detailing the strict norms each vehicle must follow if it is to be used for mining purposes. The legislation relies on norms provided by the

CSA and for example, details the type equipment the vehicle must have (in terms of lighting and brakes for instance) or the vehicle types obligated to have a or side mirrors or warning buzzer when retreating. Furthermore, the section provides specific guidelines on the use of motorized vehicles such as shutting off the vehicles completely when they are stationary underground or going as far as providing the minimum dimensions of the seats, which are mandatory for the transport of workers. It equally prohibits the transport of "dangerous material" unless it is contained in a closed recipient, referring to the first article of the LSST, and provides norms on the use of remote-controlled vehicles and the minimum requirements for 4x4 vehicles to enter an underground mine (e.g., must be on four wheels and equipped with a beacon at least 2 m from the ground) (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

Next, Sections VII and VIII pertain to extractive installations and general installations, respectively. Under general dispositions, for extractive vehicles, it states guidelines for machine operators, such as that they must have a valid medical certificate within 12 months before working and cannot work beyond 12 hours in a single shift. Concerning the machine itself, it cannot be used without the operator being supplied with the engineering plans indicating parameters like the maximum load and the maximum off balance the machine can sustain. Any change of mode of operation must be approved by an engineering expert on the machines in question. The section further details guidelines for machines powered by electricity or powered by hydraulics, as well as for remote-controlled machines; the last update for the latter specifies that any new installation starting on the 26 November 2015 must be equipped with a surveillance device recording the load amount transported. The section goes on to detail guidelines relative to signaling, cabling, and dimensional norms for buckets, pulleys, and rollers, which all stand under strict dimensional norms. For diverse installations, guidelines are provided for hauling and hoisting equipment, which for instance must be equipped with an emergency braking system, for conveyors, which must be equipped with a system preventing the fall of objects and with visual and sonar signalling, and for any equipment under pressure (such as heat or mud), which must be examined and cleaned every 12 months and for which a report detailing the results of the examination must be produced (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

The contents of the law covering the handling and usage of explosive materials and devices are found in section X and are detailed in 73 articles. These are split in categories, starting with general provisions and storage conditions and then following the basic procedure in a blasting procedure: transport of explosives, blast-hole drilling, charging, ignition, delay, and misfires. The contents of general provisions rely on data elaborated by other institutions, for instance: 'explosives of class I' (list and classes provided by the Ministry of Energy, Mines, and Resources of Canada) cannot be used unless the mine is evacuated before the detonation and the quality of air responds to norms set by the 13th regulation of LSST. Other basic terms in this category include the prohibition of using the safety fuse, that the oldest explosives must be used in priority, or that damaged explosive devices mustn't be used and must be discarded as soon as possible. The category on storage defines the terms guaranteeing the safest conditions of storing the dangerous material by enforcing elements such as that surface storage space must remain in a 15 m radius zone free of combustible materials and must be at a distance greater than 55 m from the nearest electricity circuit. Underground storage space must be equipped with air vents with a minimal area of 0.06 m², and a 6 mm thick steel door, and in the case of several storage rooms, these must be split by rock walls of at least 6 m thickness. Under the transport category, the legislation expands on the vehicle usage, storage, and the behaviour workers must have: for instance, vehicles cannot be loaded over 80% of their capacity or over 6,000 kg of load and cannot be transported with other material types. The regulation enforces drilling and charge loading safety with articles stating, for instance, that at the intersection with a tunnel, the drill hole must be cemented at a maximum length of 5 m and the minimal distance between hole drilling and charging in a simultaneous series is of 8 m. Finally, safety procedures for detonation are strict, obligating companies to use an alarm system with one sounding at the detonation and another 1 minute before, all radio and telephone networks must be shut down within 20 m around the detonating site, and following a detonation, mining personnel must remain in the shelter at least 10 minutes after the circuits have been

closed (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

Prior to the final provisions, the regulation details safety measures relating to the use of electricity in the mine, with subcategories including infrastructure, control dashboards, cabling, safety device, the burial of circuits, and signaling and telephone equipment. Broadly speaking, through a total of 61 articles, this section covers all the compulsory technical and behavioural safety measures regarding the use and maintenance of electric equipment: it provides different applications based on the relative voltage, where equipment (cables, conductors, transformers, etc.) linked to higher voltage necessitate higher precaution. The benchmarks 150 V and 300 V are used: for example, any cable supplying at least 150 V must be completely surrounded by a rigid metallic tubing cover that is easily openable without tools and any cabling system supplying above 300 V must be installed at least 3.5 m away from a well. Basic security measures state, for instance, that a barrier or screen must protect all non-isolated electric conductors, dashboards can be installed at a maximum height of 2 m above the floor, and protective devices against over-tension (e.g., fuses, breakers) must be installed at both ends of cables. The regulation details measures to take against floods, obligating the installment of security devices signaling risk of floods and isolation devices for cabling devices against flooding (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety).

The 14th regulation of the LSST for mining-related occupational health and safety is very detailed and complete coverage of safety measures, one that relates to all aspects of the practice involving risk and supplying mining companies with comprehensive and reasonable procedures paired with reliable measurement units and benchmarks. Since its implementation, the government has carried out numerous updates, with the latest one in August 2017 (as of March 2019), relating to training programs for extraction machine operators and an increase in the number of rescuers in a reconnaissance mission (CNESST, 2016). Although it has suffered a few set-backs since its implementation, notably with a few fatal accidents, the last 15 years have shown some improvement in the number of casualties of all types and this is in part due to the Quebec government and all related institutions and associations showing continuous concern and striving for 0 accident run of operations.

ENFORCEMENT OF THE LEGISLATION AND REGULATION OF OHS BY THE CNESST

As mentioned in the LSST, the Quebec government created a commission charged with enforcing the law on occupational health and safety across all industries subject to health and safety risks. The 'Commission de la Santé et de la Sécurité du travail', or simply known as the CSST, was put into place in 1980 following the passing of the LSST and was put into place to manage the framework for health and safety in the workplace, but since 2016, a law merged the commission with the 'Commission des normes du travail' (CNT) (Commission for labour norms) and the 'Commission de l'équité salariale' (CES) (Commission for salaral equity) to form the 'Commission des normes, de l'équité salariale, de la santé, et de la sécurité du travail' (CNESST), a larger, more structured commission to oversee all three topics, including occupational health and safety the application of the LSST (Bourque and Chabit, 2016).

Commission structure towards Occupational Health and Safety

Regarding OHS in mining, the commission is charged with the promotion and enforcement of the rights and obligations in terms of labour OHS, fulfilling a social contract towards the labour force, assuring their integrity and promoting maximum health and safety in work environments like mine sites (Bourque and Chabit, 2016). In addition, the commission aims to take measures to prevent any industrial accidents and occupational diseases from occurring. It takes on its mission by acting as a public insurer for both workers and employers, in providing services for which they are entitled, in the form of training, inspections, access to documentation, with an end goal of achieving a healthier, risk-free work environment in total compliance with the law (CNESST, 2016).

The CNESST is comprised firstly of a management committee that oversee the organization's activities and focus on the various aspects: salarial equity, labour norms, finances, communications, operations, and consulting, domains which are supervised by the chairman or chairwoman and four other general directors. Equally, the chairman is the head of the board of directors, made up of 14 other members (CNESST, 2019). These members are either employees or employers and there is an equal amount of both (seven representatives of each party), each appointed by the Quebec government. This board of directors meets regularly to develop and manage occupational health and safety programs: significant input on potential solutions or improvement from each member pertaining to their respective industry is accounted for and decisions can be made very efficiently (CNESST, 2019). These are then carried over to the management committee charged with implementing and executing any of these developments. The CNESST has 20 regional branches along with their central headquarters located in Montreal, which are well distributed across the province and each has specific expertise in particular industries: the CNESST branch focused on Quebec's mining activities is located at Val d'Or due to its proximity to the Abitibi region and the extensive local mining activity (CNESST, 2019).

As stated in the LSST, the commission is funded by the companies operating in Quebec based on the number of workers it employs and their working conditions. Once it starts operating or employs a new worker, a mining company in Quebec has 14 days to declare its workers' wages and an overview of his/her activities. Based on this information, the CNESST decides then on the value of the premium the company will pay monthly to the CNESST to support its workforce. On average, the premium is equivalent to \$1.79 per \$100 payroll (Bourque and Chabot, 2016). It is a mandatory insurance service which, by notably covering any victims of accidents, protects the company against the risk of having to bear a major financial burden that could be caused by an employment disease or injury.

Action Plan and intervention

To best apply the terms set by the legislation and continuously improve occupational health and safety in mines across Quebec, the CNESST has set its axis in a defined action plan. This takes the form of a multi-phase intervention program that has been in the process of implementation since its foundation in 1992, as accidents and casualties related to underground mining were the cause of major concern in the province at the time (CNESST, 2019). Currently, the program is comprised of 6 phases, focusing on the following aspects:

- **Phase 1:** Dangerous openings, drilling installations and unstable rock blocks
- **Phase 2:** Methods in mining practices, including the sub-phases:
 - 1. Stability of surface pillars
 - 2. Stability of underground excavations
 - 3. Mining activities
- **Phase 3:** Extraction Machinery
- **Phase 4:** Motorised vehicles and various machinery, including:
 - 1. Safety
 - 2. Occupational Hygiene
 - 3. 'Structure de protection contre les chutes d'objets' (SPCO) (protection installations against falls) on underground mining vehicles
- **Phase 5:** Ventilation and air quality, with focus on silica air content
- **Phase 6:** Occupational health and safety management pertaining to the reinforcement of the prevention programme. Focus on reduction of occupational diseases such as musculoskeletal problems, Raynaud syndromes and carpal tunnel lesions.

The process of implementation for the first five phases is now considered complete: the CNESST, through the health and safety committees established at each mine, has reached out toward the

management and imposed the methodology and procedures to apply to the mining practices. These were prioritized based on the common aspects that were the origin of common accidents, hence, the action was aimed toward excavation, extractive machinery, ventilation, volatile silica and unstable blocks (CNESST, 2019). Today, these are better controlled based on the number of related accidents: by closely assessing the root of common accidents and addressing its action plan towards these specific aspects, the CNESST has successfully contributed to dividing by 3 the number of accidents in Quebec in the last 15 years, shifting from 636 (for 12,261 workers) to 150 (for today 9,230 workers) (CNESST, 2019). Much of the technical solutions offered by the action plan originates not only from the CSA and other standards agencies, but notably from the 'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail' (IRSST) (Robert Sauvé Research Institute on occupational health and safety), which the CNESST funds to carry out studies and contribute to the advancement in health and safety preventive measures. The action plan behind the success of the CNESST relates to efforts made in both prevention measures, an important concept already highlighted in the LSST and implemented through strict inspections, the introduction of thorough OHS management systems, and relief measures, relating to better organized and structured mine rescue organisms.

Prevention Measures and Mine Inspections

The essence behind successful health and safety managed at a provincial scale are accessible and structured prevention measures. At the forefront of this is the cooperation between the workers and employers and the establishment of the 20-member health and safety committees, with a designated representative in charge of assuring that OHS measures are adequately implemented and communicate any hazards and seek aid and assistance from the CNESST (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety). Via a well-organized health and social services network spread across the region (though most operations will seek after the Val-d'Or-based branch), the CNESST personnel can easily respond to any demands with (para)-medical personnel prevention-oriented health services adapted to mine-related hazards.

The CNESST has developed a network of mine inspectors to intervene in specific cases when the health and safety of workers is at risk. These inspectors are former mineworkers or engineers with at least 10 years' experience and with a depth of knowledge of the industry and common mining practices. Upon entering the CNESST, these receive extensive training over a period of 8 to 9 months. There is no set schedule or frequency at which an inspector will intervene to encourage mine health and safety committees to take charge and the established communication between the companies and the CNESST develops a more self-sustainable and working sustainable model. Hence, an inspector will intervene at the mine when a complaint is made: this can be carried out by any worker who deems his safety at risk and through the health and safety committee representative or by the representative himself (Kennedy, 2005). In this case, an inspection can be requested to the CNESST through forms accessible on the CNESST website, and the inspector arrives on site un-announced to the employer and carries out an inspection of the identified hazard and/or any other aspect he/she deems necessary. The inspections will take place at any reasonable hour and the inspector must be granted access to all records. When any conflict or dispute arises between the employer and the prevention representative and his/her committee, an inspector can be called upon and act as a mediator (Kennedy, 2005). As detailed in the LSST article 12, the worker has the right of a refusal to work when he/she deems that the work conditions are not up to standards: in the case where the company's health and safety committee is unable to resolve the conflict, an inspector will intervene to render a decision and impose a solution to the company if required as well as a fee associated to any recognized acts of non-compliance to regulations (Regulation respecting occupational health and safety in mines Act respecting occupational health and safety). The inspector can intervene on-demand to support the employer or workers in their prevention efforts, accompanied by other trained CNESST team-members: on site, the personnel offers technical and professional training, information, research and counseling services to workers and employers. Importantly, these can oversee the technicalities of the

present health and safety committee and aid in setting it up in a pertinent way to aid to help the present workforce to develop self-protect themselves with site-specific preventive measures (Kennedy, 2005).

CONCLUSION

This paper analyzed the evolution of health and safety systems in Quebec, Canada. A historical perspective of this evolution is given. Current act and regulations are introduced and some articles of these legislations are reviewed. An important issue is how the legislation and regulations are enforced by government agencies. In this context, the role and activities of the supporting agencies are discussed. The implementation success, to a large extent, depends on the performance of CNESST. The structure of the commission is provided in detail. In addition to the legislative framework, safety culture and organization and safety risk management are very important. These aspects should be investigated to develop a strong safety system as a future work.

REFERENCES

- Act Respecting Occupational Health Safety.S-2.1., <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/en/document/cs/S-2.1>
- Association Minière du Quebec. (2019). [online] Available at: <https://www.amq-inc.com/> [Accessed 21 Feb. 2019].
- Badri, A., Nadeau, S. and Gbodossou, A. (2013). A new practical approach to risk management for underground mining project in Quebec. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(6), pp.1145-1158.
- Bourque, G., Chabot, L. (2016) Outil de diagnostic : Prise en charge de la santé et de la sécurité du travail, CNESST, Direction des ressources matérielles – CNESST
- CNESST (2016) Secourisme en milieu de travail – Sauvetage minier, CNESST, Direction des ressources matérielles – CNESST
- CNESST (2019). Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). [online] Available at: <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/accueil.aspx> [Accessed 15 Mar. 2019].
- Commission Scolaire de l'Or-et-des-Bois (2019). *Centre de formation professionnelle - Commission scolaire de l'Or-et-des-Bois*. [online] Csob.qc.ca. Available at: <http://www.csob.qc.ca/formation-professionnelle/CFPVD> [Accessed 25 Apr. 2019].
- Kennedy, E., Laberge, S. (2005) Understanding Quebec's Occupational Health and Safety Plan, CSST, Bibliothèque nationale du Quebec
- Rasche, T., Woolley, K. (2000) Importance of Risk based integrity Management in your Safety Management System – Advanced Methodologies and Practical Examples

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACH TO IMPROVE SAFETY IN UNDERGROUND MINING

A. Sarı^{1*}

¹ The Robert M. Buchan Department of Mining, Queen's University, Kingston K7L 3N6, Canada
(*Corresponding author: y.sari@queensu.ca)

ABSTRACT

The mining industry's goal is to achieve a zero-incident work environment, which requires a continuous cycle of training workers, risk management, evaluation of the current practices and improving the current standards by exchanging knowledge and experience. As technology advances and mining faces new challenges such as new depths and rock types, continuous improvement is needed to maintain occupational health and safety in the workplace. Underground mining poses various safety threats to workers including rockbursts, strainbursts and pillar collapses. The complex mechanisms that underlie these incidents are still not fully understood. Given sufficient data, artificial intelligence has the potential to model the interaction between various factors and outcomes, and use them to aid the decision making process of mine design. With the insights gained from data analysis, it is possible to decrease the incident risks and maintain a safer work environment.

Keywords: Machine learning, Artificial intelligence, Underground mining

INTRODUCTION

Mine safety

In order to keep up with the high production targets, a typical mining operation operates continuously. In such a functional production environment, it is crucial to keep safety paramount in planning and execution. Achieving a zero-incident work environment requires a continuous cycle of training employees, managing risk, evaluation of the current practices and improving the standards by exchanging knowledge and experience. This requires implementing the state-of-the-art approaches and technological advancements in improving the current practices. In owing to the developing internet-of-things technology, data collection and storage has been streamlined. Machine learning approaches can make use of this big data through data mining, feature extraction and developing prediction models. In this article, machine learning approaches to improving mine safety will be discussed.

OHSAS18001 is an occupational health and safety assessment standard that has been developed to minimize the risk to employees and other parties that may be exposed to occupational health and safety risks. To comply with the OHSAS18001 standard, it is required to follow the plan-do-check-act (PDCA) cycle in carrying out change in operation planning, personnel management and operational control. The PDCA approach necessitates continuous planning, evaluation of the current procedures, analysis, identification of needs for change and taking action to lead a change to improve safety. A part of this approach requires following the advancements in research and technology and gradually adapting these into the safety practices.

There are various factors in open pit and underground mines that can cause accidents or other safety incidents. Particularly in open pit mines, typically very large scale, highly specialized equipment are used that may be automated, which decreases the number of workers present on site. Despite the

transition to automation, there are still dangers in open pit mines. Some safety incidents that can take place in a mine are presented as follows:

Transport accidents: The large dump trucks of up to 120 t have blind spots that can cause accidents and mechanical injuries. In the Sijiaying open pit mine, there were 15, 17 and 14 accidents in 2006, 2007 and 2008 respectively and more than 70% of these accidents were transport accidents (Lu et al., 2012). As long as workers will be present on the site, even if the trucks are automated or teleoperated, transport accidents will continue to be a danger.

Electric shock accidents: The high voltage equipment at mine sites such as surface down-the-hole drill rigs, rotary blasthole drill rigs, shovel excavators, illumination control switches and belt conveyors. Electric shocks can happen where the equipment is damaged and necessary protection gear is not worn.

Pit slope accidents: This is a type of accident that may happen in open pit mines. Open pit mines can be very deep and the stability of the slope may be effected by the vibration caused by blasting and weather conditions such as snow, ice and rain (Lu et al., 2012).

Blasting accidents: Blasting takes place both in open-pit and underground mines. Blasting causes vibration in open pit mines, as well as causing other dangers such as flyrock and landslide. In underground mining, blasting can trigger seismicity, potentially causing rockburst.

Rockburst phenomenon is the unexpected sudden release of accumulated energy of a rockmass (Stacey, 2016). It is an important threat to underground mine safety. The frequency and intensity of the rockburst can be high and it is correlated with excavation depth (Keneti & Sainsbury, 2018). Rock instability is a highly complex phenomenon because it is dependent on many factors such as rock properties, geological features, stress, water presence and extraction sequence (Naji et al., 2019). In cave mining, when the rockmass is less strong, a gradual failure of the rockmass across drift called collapses may occur (Pardo et al., 2012). Due to this plastic strain mode of failure, the deformations become visible over time. Although this kind of failure is less risky compared to rockburst thanks to its continuous but slow progression, it can create other types of dangers since collapse can happen to the point of closing of the galleries and the tunnels.

Managing safety in underground mining can be very complex due to the number of unknown features of the mine such as the rock properties at any given point and stresses. Moreover, the ever progressing mining activity causes changes in stresses over time. Although some contributors are already identified, the underlying mechanisms of such geomechanical failures are not completely understood. For pillar collapses, some of the risk can be mitigated through installing support but in order to minimize the safety risks, ideally the formation of high stress areas should be avoided. With sufficient data, the relative contribution of each individual cause to these failures can be modelled with machine learning.

MACHINE LEARNING

Machine learning is a subfield of artificial intelligence and consist of a set of methods that aim to automatically detect patterns in data. These set of methods are based on statistics and the pattern detection property can be used for various tasks such as decision making and forecasting. They can also be described as models that map a set of input data to an output value or values (Murphy, 2012). Machine learning algorithms learn to achieve a task from the available data, although the way they approach and treat the data can vary very much from one approach to another. In addition to providing outputs such as

prediction or recommendations, some models can provide probabilities and the ranking of input importances. Machine learning approaches are capable of defining complex non-linear relationships between input parameters, which makes it a powerful tool for modeling geomechanical interactions and relationships.

Two categories of approaches in machine learning can be used for modeling such behaviours: supervised learning and unsupervised learning. For supervised learning, a labeled dataset is needed. This means that for every set of input measures, an outcome needs to be present in the data. Supervised learning aims to infer a mapping of an input vector $\mathbf{x}$ to the outputs y in a labeled training set D :

$$D = \{(\mathbf{x}_i, y_i)\}_{i=1}^N$$

The output can be continuous or finite discrete where the task would be called regression and classification respectively. Using algorithms that are based on modeling statistical relationships, an unknown function f that represents the mapping from the inputs to the outputs is derived:

$$y = f(x)$$

By dividing the dataset in two sets called training and testing, the first set can be used for finding the unknown function f . The second set is then used for validating the derived function f by comparing the result of the inputs from the second set with the outputs. This division of the dataset is critical for evaluating the machine learning model's accuracy because it makes sure the underlying relationships are learned so that the model is as generalized as possible. Skipping this step can cause overfitting the model to the training data and create misleading results regarding the accuracy.

The other category of machine learning for modeling geomechanical failures is called unsupervised learning. Unsupervised learning does not use any labeled data, therefore cannot map input features to a given output feature. A common reason for using unsupervised learning is to perform clustering, which is the discovery of groups of similar examples within the data, exploring the trends in the data. Although clustering is commonly used when labeled output features are not available, it is also possible to use clustering as a preprocessing step before supervised learning to visualize the data or understand the patterns in the data and use this information for feature selection or transformation.

Some machine learning approaches that are used to model geomechanical failures include logistic regression, naïve Bayes, Gaussian processes, deep neural networks, support vector machines, decision trees and ensemble learning. For predicting rockburst, microseismic monitoring is used and the data can be analyzed with machine learning. Some examples for machine learning approaches to predict rockburst include the study conducted by Jian et al. (2016) where a stochastic gradient boosting model was used to predict the field rockburst damage. Feng et al. (2019) used mean impact value algorithm, the modified firefly algorithm and an optimized probabilistic neural network model to predict rockburst in the deep tunnels of the hydropower stations. Cai et al. (2018) applied a fuzzy comprehensive evaluation methodology to a coal mine in China to forecast rockbursts. The results were obtained by integrating the maximum membership degree principle and the variable fuzzy pattern recognition. As summarized in the literature review by Liang et al. (2020), there are other machine learning approaches to predicting short-term and long-term rockbursting such as neural networks, support vector machines based approaches, regression models and ensemble learning. The choice of the method depends on the characteristics of the problem and the data as most machine learning methods have underlying assumptions or data requirements.

Therefore, it is important to understand the problem and the data well, as well as having a deep knowledge of the chosen machine learning approach.

CONCLUSION

Given the recent developments in the internet-of-things technology and machine learning algorithms, it is imperative that these approaches are put into use towards improving mine safety. Although safety concerns exist in both open pit and underground mines, geomechanical phenomena of underground mines are much more complex, making the empirical and numerical approaches insufficient in some cases. Predicting such disasters in short-term or long-term can help putting necessary measures in measure such as installing supports or removing any workers from the site in time. If enough data and/or knowledge of the system are present, machine learning approaches can be used for prediction. In the literature, successful results of prediction using machine learning are present, demonstrating the promise of the approach.

REFERENCES

- Cai, W., Dou, L., Zhang, M., Cao, W., Shi, J.-Q., & Feng, L. (2018). A fuzzy comprehensive evaluation methodology for rock burst forecasting using microseismic monitoring. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 80, 232-245.
- Feng, G., Xia, G., Chen, B., Xiao, Y., & Zhou, R. (2019). A method for rockburst prediction in the deep tunnels of hydropower stations based on the monitored microseismicity and an optimized probabilistic neural network model. *Sustainability*, 11(11), 3212.
- Jian, Z., Shi, X.-z., Huang, R.-d., Qiu, X.-y., & Chong, C. (2016). Feasibility of stochastic gradient boosting approach for predicting rockburst damage in burst-prone mines. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 26(7), 1938-1945.
- Keneti, A., & Sainsbury, B.-A. (2018). Review of published rockburst events and their contributing factors. *Engineering geology*, 246, 361-373.
- Liang, W., Sari, A., Zhao, G., McKinnon, S. D., & Wu, H. (2020). Short-term rockburst risk prediction using ensemble learning methods. *Natural Hazards*, 104(2), 1923-1946.
- Lu, M. J., Zhu, M., Liu, W. S., Zhang, A. X., Ai, L. X., Peng, J. H., Ning, L. G., & Li, H. (2012). Study on safety assessment modeling in Sijiaying open-pit iron mine. *Advanced materials research*,
- Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: a probabilistic perspective*. MIT press.
- Naji, A. M., Emad, M. Z., Rehman, H., & Yoo, H. (2019). Geological and geomechanical heterogeneity in deep hydropower tunnels: A rock burst failure case study. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 84, 507-521.
- Pardo, C., Villaescusa, E., Beck, D., & Brzovic, A. (2012). Back Analysis of intensive rock mass damage at the El Teniente Mine. CRC-Mining Conference, Brisbane, Queensland University,
- Stacey, T. (2016). Addressing the consequences of dynamic rock failure in underground excavations. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49(10), 4091-4101.

**İŞ KAZALARINDA, KOLLUK KUVVETLERİ-SAVCILIK SORUŞTURMASI- BİLİRKİŞİ RAPORLARININ
YARGILAMAYA ETKİSİ- ÖNERİLER**
*IN OCCUPATIONAL ACCIDENTS, LAW ENFORCEMENT OFFICERS-PROSECUTOR'S INVESTIGATION-EFFECT
OF EXPERT REPORTS ON JUDGMENT-RECOMMENDATIONS*

B. Tekin^{1*}

¹TMMOB Makina Mühendisleri Odası
(*Sorumlu yazar: ankara@mno.org.tr)

ÖZET

Ülkemizde her yıl iş kazalarında en az 1.500 emekçi hayatını kaybetmektedir. Elbette ki, öncelikli olarak, iş kazalarının, meslek hastalıklarının önlenmesidir. Bunun yanında, iş kazaları meydana geldikten sonra da, kazaların iyi analiz edilerek tekrarlanmaması için değerlendirmeler yapmak gerekir. Ayrıca, Kolluk kuvvetleri, savcılık, mahkeme aşamasında da kazaların nedenlerinin bilinçli bir şekilde değerlendirilerek, yargılamanın yapılması da, hem adil yargılama için, hem de, kazaların tekrarının önlenmesi için gereklidir. Bu bildiri de; Kaza sonrasında, kolluk kuvvetleri değerlendirmesi, savcılık, mahkeme ve bilirkişi aşamasında yapılanlara ilişkin örnekler üzerinden değerlendirme yapılarak, yargılamanın adil bir şekilde yapılması için ilgililer nezdinde en azından bir tartışma başlatılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: İş kazaları, Kolluk kuvvetleri, Savcılık, Bilirkişi raporu

YERALTI MADEN OCAKLARINDA TRIGGER ACTION RESPONSE PLANS (TARPs) UYGULAMALARI APPLICATIONS OF TRIGGER ACTION RESPONSE PLANS (TARPs) METHOD IN UNDERGROUND MINES

N. Kurşunoğlu^{1*}

¹Batman Üniversitesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü
(*Sorumlu yazar: nilufer.kursunoglu@batman.edu.tr)

ÖZET

Madencilik sektörü doğası gereği içerdiği riskler nedeniyle, ağır ve tehlikeli sektörlerin başında gelmektedir. Çalışılan ortamın ve üretim süreçlerinin yetersiz koşulları, çalışanların en temel hakkı olan sağlıklı yaşam ve çalışma hakkına tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli önlemlerin alınması bir zorunluluk haline gelmiştir. İş kazalarının ve meslek hastalıklarının ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir seviyelere indirilmesi; teknolojik ve bilimsel gelişmelerin sağladığı olanakların uygulanması ile mümkündür. Bu kapsamda, risklerin doğru tanımlanması, hazırlık ve üretim sürecindeki gelişmelerin bilimsel yöntemlerle desteklenmesi ve yapılan iş esnasında gerekli güvenlik önlemlerinin artırılması gerekmektedir. Madenlerde meydana gelen yangın, göçük, patlama gibi birçok tehlike bir arada görülebilmekte, felaketlerle sonuçlanmakta ve çalışanların ölümüne sebep olmaktadır. Ayrıca çok sayıda çalışanın ortam koşulları sebebiyle sağlık yönünden çeşitli problemler yaşamasına neden olmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında, risk yönetim yöntemi olan Trigger Action Response Plans (TARPs) kullanılarak madenlerde oluşabilecek risklerin analizi yapılmıştır. TARPs metodu, oluşabilecek riskleri uyarı seviyelerine göre derecelendirerek, riskleri azaltmak veya ortadan kaldırmak için ilgili önlemlerin alınmasına olanak sağlar.

Anahtar Sözcükler: Yeraltı kömür madeni, Risk, Güvenlik, Trigger action response plan

ABSTRACT

The mining sector is one of the dangerous industries due to the nature of containing risks. The unfavourable conditions of the working environment and production processes threaten the employees' right to a healthy life and work. Thus, it has become a necessity to take required precautions regarding occupational health and safety. It is possible to eliminate occupational accidents and diseases or to reduce them to acceptable levels by applying the opportunities provided by technological and scientific developments. In this context, it is necessary to define the risks correctly, to support the developments in the preparation and production process with scientific methods, and to increase the required safety measures during the work. Many dangers such as fires, collapses, and explosions occurring in mines can occur simultaneously, resulting in disasters and causing the death of employees. In addition, it causes many employees to experience various health problems due to environmental conditions. Therefore, the aim of the study, the risks occurring in mines were analyzed using Trigger Action Response Plans (TARPs), which is a risk management methodology. The TARPs method grades the risks according to their warning levels, allowing the relevant measures to be taken to reduce or eliminate the risks.

Keywords: Underground coal mine, Risk, Safety, Trigger action response plan

INTRODUCTION

The mining sector is one of the heavy and dangerous industries due to the nature of containing risks. It requires knowledge, experience, and constant supervision. During the operations such as preparation, production, filling, discharging, crushing, screening and transportation in mining, various dust is produced in the coal mines depending on environmental conditions and production methods. Various lung diseases can occur in employees breathing this dust for a long time. It is known that free

silica minerals and silicates are the main cause of pneumoconiosis. Employees should be protected against occupational diseases to provide a comfortable and safe working environment, reduce the loss of labor caused by occupational diseases, and increase production. Dust continues as a potential hazard to both the health and safety of miners as it creates occupational disease. Moreover, coal dust causes an explosion of coal dust due to its explosive properties.

Inadequate and unfavorable conditions of the working environment and production processes endanger the healthy working environment of the employees. For this reason, it has become a necessity to take necessary precautions regarding occupational health and safety. Elimination or reduction of work accidents and occupational diseases to acceptable levels; is possible by applying the opportunities provided by technological and scientific developments to these areas. It is necessary to define the risks correctly, to support the planned work and developments in the production process with scientific methods, and to increase the necessary safety measures during the work. Occupational accidents are mostly experienced in mining, metal, machinery, furniture, textile, transportation, and construction sectors (SSI, 2017). Many dangers such as fire and explosion in mines can be seen together, resulting in disasters and causing the death of employees. In addition, they cause a large number of health problems. The main objective of the study is to determine the causes of the accidents such as fire, methane, and dust in underground mines implementing the TARPs method. Thus, a methodology can be developed to decrease the risks and subsequently declining the injury and fatality rates. The result of the study can be performed to prepare a control risk assessment plan for the particular mines and others as well.

TARPs METHOD

A suitable risk assessment methodology should be performed to determine hazards and risks. Risk assessment involves several contributors such as safety experts, administrators, designers, and employees. One of the general benefits of risk assessment is fewer workplace accidents since it eliminates them and also maintains to define the parameters systematically which causes accidents. Risks management objects to decrease the risks of exposures to hazards in workplaces. It is a decision-making process and combining the results of the accidents with the possibility of exposure to risk. There are several qualitative, quantitative, and hybrid risk assessment methodologies in the literature. Qualitative risk assessment methods comprise the “what-if” analyses, checklists, task analyses, safety audits, sequentially timed event plotting (STEP) technique, and hazard and operability (HAZOP). Quantitative risk assessment methods comprise the proportional risk-assessment technique (PRAT), failure mode and effects analysis (FMEA), Fine Kinney, decision matrix risk-assessment (DMRA), and weighted risk analysis (WRA). Hybrid risk assessment methods comprise human error analysis techniques (HEAT), fault-tree analysis (FTA), event tree analysis (ETA), and risk-based maintenance (RBM) (Oraee et al., 2011; Özkılıç, 2014). A flowchart of risk management was given in Figure 1.

TARPs is a risk management technique that is widely used in the Australian mining industry. The TARPs system is related to the cautioning level. All parts of the system are based on the take related measures to decrease or even eliminate the warning level, diminishing the risk and cost. TARPs methodology generally involves 4 levels such as normal level (the first level), abnormal level (the second level), really abnormal level (the third level), and very dangerous level (the fourth level) that all personnel must evacuate to provide the safety (Longkang et al., 2015). According to Cliff (2009), the TARPs system should follow some principles. The TARPs can be an efficient method to use for monitoring. This management method summarizes the general monitoring regulations and also indicates the actions that need to be taken. The general benefit of a TARPs is that it supplies a summary of the considered and prearranged early responses. The TARPs should include:

1. Simplicity – simple to understand triggers designed for employees.
2. Clear linkage – the actions that need to be taken are linked and appropriate to the trigger that starts the action.

3. Clear liability – the actions are allocated to a location that the authority has to take the appropriate actions and that is accessible in a suitable timeframe to take that action.
4. Communication – there is a clear communication link between relevant mining employees (such as operators, engineers, and so on) and also between shifts.
5. Testing incidence – risks can differ during the mining operations and this should be reflected in monitoring rates and triggers for all stages of the cycle.
6. Acceleration – there are raising activities related to deteriorating conditions (usually comprises the stopping operations and evacuation at the greater trigger levels).
7. Focus on significant substances –The TARP should focus on the most significant things rather than trying to cover all likelihoods.

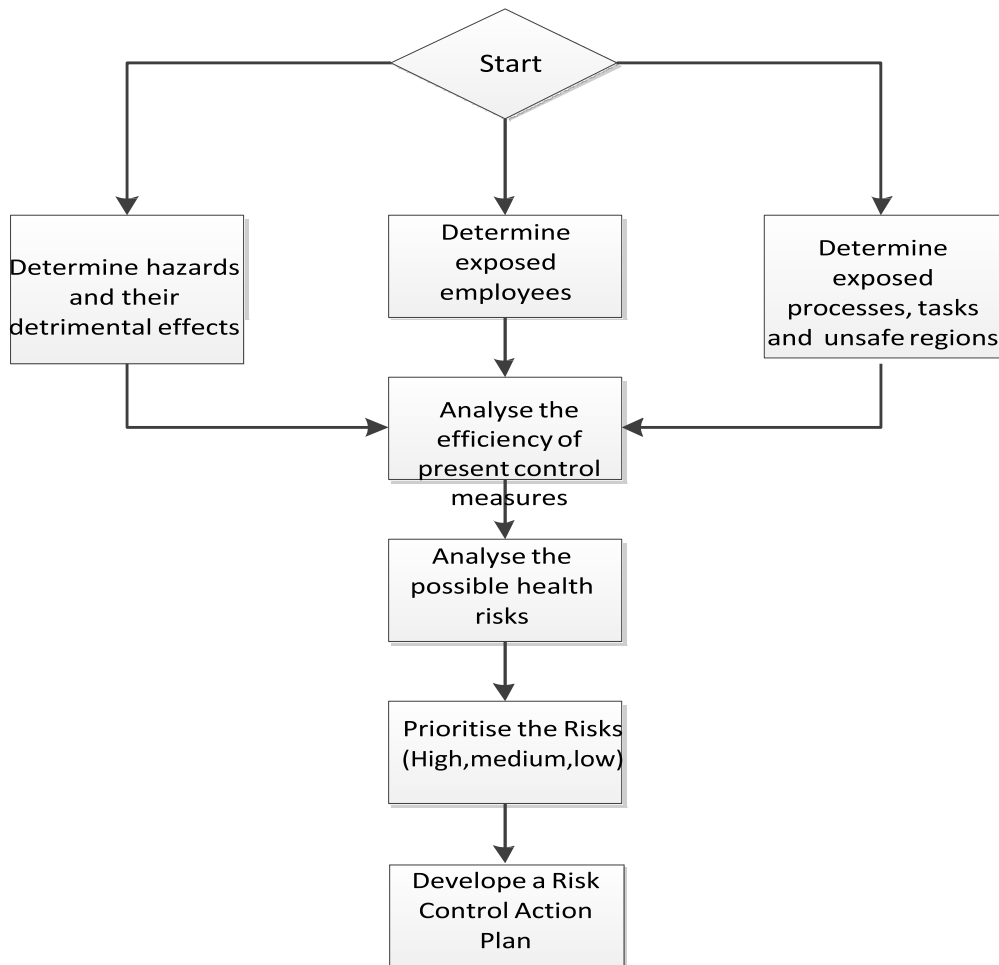


Figure 1. Risk management flowchart (Oraee et al., 2011)

APPLICATION OF TARPs METHODOLOGY

The risks that cause fire, gas, and dust explosions in coal mines were determined in the first step of the study. In the next stage, identified risks were divided into levels. The risks that may occur were graded and it will be possible to take the necessary measures to reduce or eliminate the risks in advance. TARPs system is an advanced risk management tool and has great significance for mine safety prediction. This part analyzes the implementation of the TARPs system in coal mines' safety management. Table 1 illustrates the level descriptions of the TARPs system. If the hazard level of fire, gas, and dust explosion accidents is Level 1, routine processes and operations can continue normally. If the hazard level is Level 2 or Level 3, appropriate measures must be taken based on the related regulations, field data, and current conditions. Once the hazard level is decreased to an adequate range,

applications can be ceased. According to the practical conditions of the underground coal mines, a TARPs application was designed in Table 2.

Table 1. Level descriptions of the TARPs

TARPs level	Typical mine responses
1	Routine process and operations
2	Mining can continue under controlled situations
3	Mining activities may need to be stopped

Table 2. TARPs application for underground coal mines

	Responsible person	Level 1	Level 2	Level 3
FIRE	Occupational health and safety engineer	□ Continuous monitoring. □ Report unusual conditions. □ Work in accordance with instructions.	□ Examine the reasons of the alarm. □ Inform to the shift manager.	□ Retreat a safe region. □ Apply emergency instructions.
	Ventilation engineer	□ Make sure the reliance of monitoring system. □ Consider the changes in ventilation system.	□ Use suitable monitoring equipment to analyze the pressure differences, coal temperatures. □ Instantly inform the manager in case the alarm causes can not find. □ Determine the spontaneous combustion risk area. □ Inform general administration	□ Retreat a safe region. □ Apply emergency instructions. □ Apply and develop a recovery plan.
	Management	□ Check spontaneous combustion plans. □ Assess the causes of the unusual phenomenon.	□ Inform the related departments. □ Install supplementary support.	□ Check the situation of the whole event. □ Apply incident management team (IMT) plan.
GAS	Occupational health and safety engineer	□ Measure and record regularly gas concentrations. □ Methane measurements before filling and disposal.	□ Suitable explosives (dynamite). □ Ignition by qualified employees. □ Periodic maintenance and control plan.	□ Retreat a safe region. □ Apply emergency instructions.
	Ventilation engineer	□ Sufficient air quantity. □ Update plan/directive.	□ Progress with control drillings. □ Apply the provisions of the outburst directive. □ Keep ventilation values within the legal limits.	□ Self-activation of the booster fan in case of failure. □ Cease electric energy according to gas concentration.
	Management	□ Provide qualified human resources. □ Provide sufficient information, instructions, and training to employees in the repair, control, and maintenance of work equipment.	□ Ensure the sufficient number of calibrated portable gas measuring devices for each team working at different points. □ Supply monitoring systems such as tube bundle systems (TBS) to supply environmental data from sealed zones where the usage of electronic sensors is not possible.	□ Emergency intervention personnel. Implement an effective fire fighting plan.
DUST	Occupational health and safety engineer	□ Determine explosive coal dust. □ Dilution by airflow.	□ Appropriate blasting material. □ Water spraying before and after blasting. □ Use coal dust explosibility meter. □ Suppression of dust at source by using water sprays or foggers. □ Determine the maximum likely concentration of flammable gas.	□ Stone-dust barrier applications. □ Water barrier.
	Management	□ Dust minimization plan. □ Analysis of post-explosion dust samples. □ Determine the maximum likely concentration of flammable gas in intake roadways within face zones and in return roadways.	□ Use available technologies and practices to eliminate any ignition of gas that could initiate a coal dust explosion. □ Use incombustible material.	□ Install an automatic methane monitor on a continuous mining machine or on the return side of a longwall. □ Install a recording methane detector on a continuous mining machine or on the return side of a longwall.

CONCLUSIONS

To ensure safe working conditions in coal mines, it is essential to examine the factors that lead to the formation of flammable and explosive atmospheres within the scope of risk assessment. Risk levels were determined by implementing the TARPs technique. In consideration of the practical conditions of the mines, a TARPs system can be designed which will comprise specific actions to be

executed by underground staff in response to different risk levels of the accidents. The TARPs method is an improved safety management tool for mine risks. The TARPs should focus on control and prevention through early detection. Setting triggers need comprehensive knowledge of what is normal. If a TARPs indicates an action, then that action must be performed accurately and promptly. The TARPs need to be frequently revised and reviewed.

REFERENCES

- Cliff, D. (2009). Trigger action response plans (TARPs) in underground coal mines-tips, tricks and pitfalls. In *Proceedings of the Queensland Mining Industry Health & Safety Conference* (pp. 23-26). Townsvill.
- Longkang, W., Tingxiang, R., Baisheng, N., Yang, C., Changqing, L., Haoyang, T. and Jufeng, Z. (2015). Development of a spontaneous combustion TARPs system based on BP neural network. *International Journal of Mining Science and Technology*, 25, 803-810.
- Oraee, K., Oraee-Mirzamani, N. and Goodarzi, A. (2011). A Management System to Develop Occupational Health & Safety in Ground Control Operations of Underground Mines. In *31st International Conference on Ground Control in Mining* (pp. 1-8). Morgantown, WV, USA.
- Özkılıç, Ö. (2014). Risk Assessment. Ankara: Turkey Confederation of Employers' Union.
- SSI, (2017). Social Security Institution. http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari. Date of access: 14.09.2019.

DOĞALTAŞ MADENCİLİĞİNDE EKSKAVATÖRDE FARKLI UÇ KULLANIMININ TİTREŞİM MARUZİYETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USE OF DIFFERENT TOOLS ON VIBRATION EXPOSURE IN NATURAL STONE MINING

A.E. Arıtan^{1*}, Z. Memiş¹

¹*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü*
(*Sorumlu yazar: aritan@aku.edu.tr)

ÖZET

Madencilik çok tehlikeli iş kolları arasında yer almaktadır. Ülkemizde yaygın olarak gördüğümüz madencilik üretim şekli açık ocak madenciliğidir. Çalışanlar açık işletme madenciliğinde birçok riskle karşı karşıyalardır. Bunlar genel olarak; toz, gürültü, termal konfor, titreşim, makinelerden/mekanizasyondan kaynaklanan riskler ve tabiatın oluşturduğu risklerdir. Titreşim belki de bu riskler arasında en az araştırılan konulardan bir tanesidir. Doğaltaş madenciliği Ülkemizde açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Doğaltaş madenciliğinde titreşime maruziyet oluşturan makinelerden biri de ekskavatördür. Ekskavatör hem el-kol hem de tüm vücut titreşimi oluşturmaları bakımından insan sağlığına etkisi farklı boyutlarda karşımıza çıkmaktadır. Ekskavatörler genel manada 3 farklı (kova, kırıcı ve riper) uçla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Afyonkarahisar il sınırları içerisinde bulunan altı farklı doğaltaş ocağında çalıştırılan ekskavatörde kırıcı ve kova uç kullanımı sırasında ölçümler alınmıştır. İki farklı uç takılı iken oluşan titreşim maruziyetinin farklılıkları incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Doğaltaş, Tüm vücut titreşimi, Ekskavatör

ABSTRACT

Mining is one of the most dangerous business lines. The type of mining production that we see commonly in our country is open pit mining. Employees face many risks in open pit mining. These are generally; dust, noise, thermal comfort, vibration, risks arising from machinery/mechanization and risks posed by nature. Vibration is perhaps one of the least researched of these risks. Natural stone mining is carried out by open pit mining method in our country. One of the machines that creates exposure to vibration in natural stone mining is the excavator. Excavator has different effects on human health in terms of creating both hand-arm and whole-body vibration. In general, it is used with 3 different (bucket, breaker and ripper) tips. In this study, measurements were taken during the use of crusher and bucket tip in an excavator operated in a natural stone quarry within the borders of Afyonkarahisar Province. The differences in vibration exposure when two different tips are attached are investigated.

Keywords: Natural stone, Whole body vibration, Excavator

GİRİŞ

Madencilik en tehlikeli çalışma alanlarından ilk üçünün (inşaat, metal, maden) arasında yer almaktadır. Madencilik genel manada yeraltı, deniz, sondaj, cevher ve açık işletme olarak ayrılmaktadır. Açık ocak madenciliği faaliyetlerinde; termal konfor, aydınlatma, gürültü, titreşim, toz gibi fiziksel risk etmenleri mevcuttur. Doğaltaş ocağında çalışan operatörler diğer çalışanlarla birlikte toz, termal konfor, gürültü gibi etmenlere maruz kalmanın yanında titreşim riskine de maruz kalmaktadırlar

Ekskavatörün ortaya çıkardığı titreşim insan vücuduna aktarıldığı zaman bazı sağlık problemleri ortaya çıkarmaktadır. Titreşime maruz kalan operatörlerde el ve parmaklarda hassasiyetin azalması,

sıcak ve soğuğa karşı dirençlerinin azalması, denge kaybı, baş ve sırt ağrıları gibi sağlık problemlerinin ortaya çıktığı görülmektedir.

Ekskavatörle kazı işlemi üç farklı uç (kova, kırıcı ve ripper) kullanılarak yapılmaktadır. Ekskavatör kullan operatörlerin tüm vücut titreşimine maruz kaldığı bilinmektedir. Kullanılan ataşmanların farklılığı ve oluşturdukları titreşimin de farklı olacağı mantığından yola çıkarak kova ve kırıcı uç takılıken maruziyet değerlerinin değişiklik gösterebileceği araştırılmıştır. Çalışmada, doğaltaş ocaklarında çalışan operatörün ekskavatörde kırıcı ve kova uç takılıken maruz kaldığı tüm vücut titreşim değerlerinin farklılığının tespiti için gerekli ölçümler alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre değerlendirme yapılmış ve alınacak önlemler belirtilmiştir.

TİTREŞİM

Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye, kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkan yüksek genliğe ve alçak frekansa sahip katı ortamlarda yayılan ve insan vücudunda hissedilen mekanik salınımlardır (Şahin ve Işık, 2007).

Titreşim değeri, frekans (Hz) ile büyüklüğü (m/s^2) ile doğru orantılıdır. Titreşim gürültü gibi ses dalgalarıyla tekrarlar ve saniyede belirli bir sayısı olan dalgadır. Gürültü; sesin hava yolu ile iletilirken titreşim sert dalga hareketlerinin vücuda girmesiyle yayılır (Akduman, N., 2008).

Titreşim, insan vücudunda ve makinede oluşmaktadır. İnsan vücudunda oluşan titreşimi 2013 yılında 28743 sayılı resmî gazetede yayınlanan titreşim yönetmeliğine göre el-kol titreşimi ve tüm vücut titreşimi olarak ikiye ayrılmıştır (Aritan vd. 2016).

Titreşim yönetmeliğinde, insanda el-kol sistemine aktarılan; damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına yol açarak işçi sağlığı ve güvenliği için risk oluşturan mekanik titreşime el-kol titreşimi adı verilir. İnsan vücudunun tümünde hissedilen özellikle bel ve omurgada tramvaya yol açarak işçi sağlığı ve güvenliği için risk ortaya çıkaran mekanik titreşime tüm vücut titreşimi adı verilir (Yönetmelik, 2013).

TÜM VÜCUT TİTREŞİMİ

Tüm vücut titreşimi, insan vücudunda hissedildiğinde, özellikle çalışanın omurgasının alt sırt hastalık oranını ve travmasını arttırarak sağlık ve güvenlik riskini ortaya çıkartan mekanik bir titreşimdir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). Çalışan otururken, ayakta dururken veya titreşim kaynağıyla temas halindeyken tüm vücut titreşimine maruz kalabilir (ISO 2631-1,1997).

Titreşimin insan vücudunda sebep olduğu rahatsızlık, titreşimin yönüne, frekansına, maruziyet süresine ve vücuda iletildiği noktaya bağlıdır. Titreşim salınıminin vücuda girdiği noktaya yakın olamadan organları da etkileyebilme potansiyeline sahiptir (Zeyrek, 2009).

Uzun süre tüm vücut titreşimine maruz kalan çalışanın omurgasında, omurga uç plaklarında, omurlar arası disklerde ve bel kaslarında mekanik hasar görmesine sebep olarak meslek hastalıkları ortaya çıkabilir (Wikstrom vd. 1994).

Ayrıca, uzun süre tüm vücut titreşimine maruz kalan çalışanların işgücündeki verimlilikleri azalır, fizyolojik fonksiyonları olumsuz anlamda etkilenir. Titreşime maruz kalmaya bağlı olarak vücutta hassasiyet azalması, sıcak-soğuk ve ağrı uyarılarına karşı direnç oluşur (Camkurt, 2007).

Yapılan araştırmalarda yoğun titreşime maruz kalan çalışanlarda kas hastalıkları, denge kaybı, dolaşım bozuklukları, alt sırt ağrıları, otonom sinir sistemi bozuklukları, duyma ve göz problemlerine

sebebi olduğu kesinleştirilmiştir. Titreşim maruziyetinin disk dejenerasyonuna sebebi olduğu bilinmekle beraber yapılan araştırmalarda bel fıtığıyla bir ilişkisi bulunamamıştır (Salmon vd., 2007).

Belirli bir işin yapılması veya bir aracın kullanımı sırasında maruz kalınan titreşim değerinin büyüklüğü değişken olabilir. Çalışma yapılan zeminin yapısı, kullanılan aracın durumu, operatörün çalışma tekniği ortaya çıkacak olan titreşim değerini etkileyebilmektedir. Çok sert magmatik yapıya sahip doğaltaş ocakları varken yumuşak sedimanter yapıda kayaca sahip olan ocaklarda bulunmaktadır.

Yönetmelikte çalışanların titreşimle ilgili sağlık problemleri oluşmamasına dair, günlük maruziyet değerlerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması konusunda işveren yükümlü tutulmaktadır. Maruz kalınan titreşim değeri aşılma olasılığı olduğu durumları önleyici tedbirler alınmalıdır. Çalışanların maruz kaldığı titreşim değerleri ve çalışma süresiyle günlük maruziyet hesaplanabilir (Camkurt, 2007; Yönetmelik, 2013).

MATERYAL

Çalışma, Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan altı farklı doğaltaş ocağında, 2021 yılı Haziran ayında yapılmıştır. Tüm vücut titreşim ölçümleri ISO 2631-1 standardına göre, Cesva VC431- titreşim ölçüm cihazı tüm vücut uygulamaları için AC033 üç eksenli ivmeölçer ile yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Titreşim ölçüm cihazı

Ocakta bulunan kırıcı uç ve kovalı çalışan ekskavatörlerde titreşim maruziyet ölçümleri yapılmaya başlanmadan önce, normal çalışma şartlarına ulaşmak amacıyla, ekskavatörün ısınması için yeterli zaman (en azından 10 dakika), ekskavatörün belirli bir aralıkta hareket ettiği ve koltuk süspansiyon mekanizmasının (yerleştirilmişse) çalışması sağlanmıştır (TS EN 1032+A1, 2011).

Standart dikkate alınarak ekskavatör operatörünün maruz kaldığı tüm vücut titreşimini ölçmek için kullanılan prob, koltukta otururken kalçasının altına, -x eksenini operatöre doğru yerleştirilmiştir.

ISO 2631-1 (1997) standardında belirtildiği üzere ölçüm alınacak süre 8 saat içerisinde 7 dakikadan az olmayacak şekilde, m/s^2 biriminden genliği belirlenerek frekans ağırlıklı ivmenin en yüksek RMS (Root Mean Square) değerinde ölçümler alınmıştır.

Ekipman, üretici firma tarafından önerilen yöntem kullanılarak kalibre edilmiştir. Her ölçümden sonra sonuçlar dizüstü bilgisayara kaydedilerek günlük maruziyet değerleri hesaplamaları yapılmıştır.

YÖNTEM

Doğaltaş açık işletmesinde çalışanın bir günde maruz kaldığı titreşimi ölçüm cihazıyla x, y ve z eksenlerine ait ivmeler, EU Good Practice Guide'in 2006 da yapmış olduğu Guide To Good Practice On Whole Body Vibration çalışmasında Çizelge 1'deki denklemler kullanılarak bu üç eksendeki günlük maruziyet hesaplanabilmektedir.

Çizelge 1. Günlük titreşim maruziyeti hesaplama denklemleri

Eksen Yönü	8 saatlik titreşim maruziyeti
Ax (8)	$1.4awx \sqrt{\frac{T}{T_0}}$
Ay (8)	$1.4awx \sqrt{\frac{T}{T_0}}$
Az (8)	$awz \sqrt{\frac{T}{T_0}}$

Yukarıdaki denklemlerde;

T: günlük vibrasyona maruz kalınan süreyi,
T₀: günlük çalışma süresini (8 saat) ifade eder.

Ax (8), Ay (8) ve Az (8) arasındaki en yüksek değer günlük vibrasyona maruziyet değeridir (Işıkel, 2005; Eger vd., 2011; Anonim 1).

23/12/2013 tarihinde 25325 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Titreşim Yönetmeliği'nin 5. maddesine göre, bütün vücut titreşim için;

1. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 1,15 m/s².
2. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 0,5 m/s².

Ekskavatöre kova ucu ve kırıcı uç takılıyken operatörün maruz kaldığı tüm vücut titreşim ölçümleri 8 saatlik sürelerle alınmıştır. Maruz kalınan titreşim sonuçlarıyla 3.1, 3.2 ve 3.3 eşitlikleriyle günlük maruziyet değerleri sonuçlandırılmıştır. Günlük maruziyet sınır değerlerine göre değerlendirme yapılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6 farklı doğaltaş ocağından, ekskavatörde kova ve kırıcı uç takılıyken operatörün maruz kaldığı titreşim değeri sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

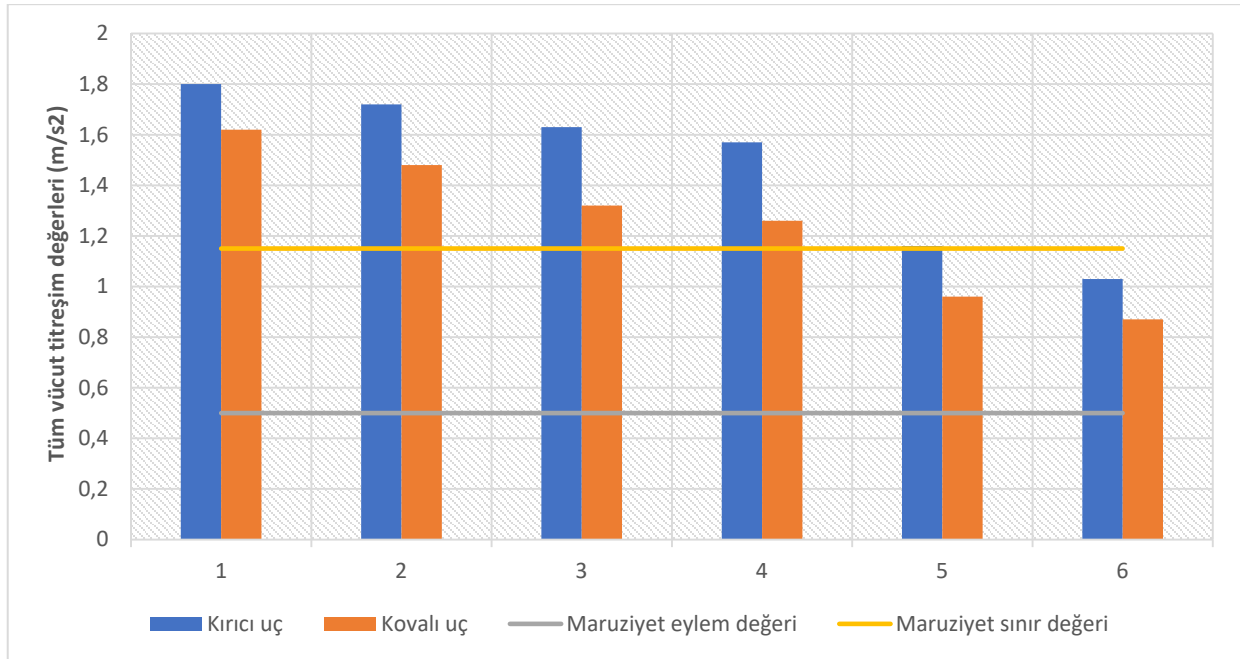
Kovalı uç kullanılırken dolum faktörü devreye gireceğinden operatör deneyimi, malzemenin yüklenme açısı ve parça boyutu titreşim değerini etkilemektedir (Mallı vd., 2005). Kırıcı uç takılıyken ekskavatörün kazış gücü, motor gücü devreye girerek makine daha yüksek enerjiyle çalışacağından daha fazla titreşim çıkaracağı sonucuna varmaktayız (Akkoyun ve Ergene, 2015).

Ocaklardan aldığımız ölçüm sonuçlarına bakarak yönetmelikte verilen günlük maruziyet sınır değerini (1,15 m/s²) göz önüne alarak değerlendirme yapılmıştır.

Şekil 2'de ekskavatörde kırıcı uç takılıyken D6 ocağı haricindeki tüm ocaklarda çalışan operatörlerin maruz kaldığı tüm vücut titreşim değerlerinin sınır değerini aştığı görülmüştür.

Çizelge 2. Kırıcı ve kovalı uç takılıken tüm vücut titreşim değerleri

Doğaltaş Ocağı	Tüm Vücut Titreşimi (m/s^2)	
	Kırıcı Uç	Kovalı Uç
D1	1,80	1,62
D2	1,72	1,48
D3	1,63	1,32
D4	1,57	1,26
D5	1,16	0,96
D6	1,03	0,87



Şekil 2. Ekskavatör operatörünün tüm vücut titreşim değerleri

Aynı şekilde görüldüğü üzere 6 ocaktan 4'ünde (%66,6) kovalı ucla çalışan ekskavatörleri kullanan operatörlerin maruziyet sınır değerinin üzerinde çalıştıkları görülmüştür.

Doğaltaş ocaklarında ekskavatör operatörlerinin kırıcı uca göre kovalı ucu kullanırken daha az titreşime maruz kaldığı görülmüştür. Ancak her iki uç kullanılırken de titreşim maruziyet değerini aştıkları için yüksek titreşime maruz kaldıkları sonucuna varılmıştır.

Her iki uç kullanımı içinde; operatöre en düşük düzeyde titreşim maruziyeti oluşturacak şekilde önlemler alınmalıdır. Ekskavatörün; periyodik bakımları aksatılmamalı, operatörlere iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri düzenli olarak verilmeli ve yüksek titreşim yoğunluğu ortaya çıkaracak iş zamanları belirlenerek dinlenme araları konulmalıdır.

Ayrıca, çalışanın yaşına ve şahsi hassasiyetine göre de maruziyet düzeyi değişebilmektedir. Kas-iskelet rahatsızlıkları bulunan kişiler titreşim maruziyetinden daha fazla etkileneceklerdir. Bu vesile ile genç ve sağlıklı çalışanların tercih edilerek istihdam edilmelerinin daha uygun olacağını söylemek yanlış olmayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akduman, N. (2008). Metal işleme tesisinde titreşim ve gürültü ölçümlerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Akkoyun, Ö. ve Ergene, S. B. (2015). Kazıcı- yükleyici (ekskavatör) karşılaştırması yapan bir simülasyon programının geliştirilmesi, Türkiye 5. Uluslararası Maden Makinaları Sempozyumu, Eskişehir.
- Anonim 1. (2021). <https://www.ailevecalisma.gov.tr/medias/11209/butunvucuttitresimrehberi.pdf>
- Arıtan, A.E., Şensöğüt, C., Ören, Ö. ve Tümer, M. (2016). Kırmataş sektöründe titreşim problemine genel bakış, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 439-444, Kütahya.
- Arıtan, A.E., ve Tümer M. (2018). Doğaltaş ocaklarında ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyetinin incelenmesi, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., 7/2, ss. 321-330.
- Camkurt, M.Z. (2007). İşyeri çalışma sistemi ve işyeri fiziksel faktörlerinin iş kazaları üzerindeki etkisi, Tühis İş Hukuku ve İktisat Dergisi, Cilt 20, Sayı 6, Cilt 21, Sayı 1, 80-106, Türkiye.
- Eger, T., Contratto, M. and Dickey, J.P. (2011). Influence of driving speed, terrain, seat performance and ride control on predicted health risk based on ISO 2631-1 and EU directive 2002/44/EC, Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control, 30(4), 291-312.
- EU. (2006). Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations), Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, European Commission, 61.
- ISO 2631-1. (1997). Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements, Geneva.
- Işikel, K. (2005). Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü ve Uygulamaları, 7. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss.343-348, Türkiye.
- Mallı, T., Aksoy, C.O. ve Köse, H. (2005). Küçük ölçekli madencilikte tekerlekli yükleyiciler için ekonomik taşıma mesafesi, IMCET2005, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, 93-97, İzmir.
- Resmi Gazete (28743 Sayılı), (2013). Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik, Ankara.
- Salmonı, A.W., Cann, A.P., Gıllın, E.K. and Eger, T.R. (2007). Case studies in whole body vibration assessment in transportation industry-challenges in the field. International Journal of Industrial Ergonomics,.
- Şahin, M.N. ve Işık, G. (2007). Titreşim, iş sağlığı ve iş güvenliği açısından etkileri risklerin kontrolü ve uygulamalar, İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Ankara, 241 s.
- TS EN 1032+A1. (2011). Türk Standartları, Mekanik titreşim-titreşim emisyon değerinin belirlenmesi amacıyla hareketli makinaların deneye tabi tutulması, TSE, Ankara.
- Wikstrom, B.O., Kjellberg, A. and Landstrom, U. (1994). "Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review", International Journal of Industrial Ergonomics, Cilt 14, 273-292.
- Zeyrek, S. (2009). Titreşim, iş sağlığı ve güvenliği, Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

AÇIK İŞLETME MADENCİLİĞİNDE WBGT TERMAL KONFOR İNDEKSİNİN KULLANIMI *USING THE WBGT THERMAL COMFORT INDEX IN OPEN PIT MINING*

A.E. Arıtan^{1*}, Z. Memiş¹

¹*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü*
*(*Sorumlu yazar: aritan@aku.edu.tr)*

ÖZET

Madencilik çalışmalarında uygulanan ana üretim yöntemlerinden biri olan açık işletme madenciliği barındırdığı birçok riskle çok tehlikeli iş kollarından biridir. Açık havada yapılan çalışmalar sırasında; toz, gürültü, güneş ışınları, makinelerden kaynaklanan riskler gibi birçok riski bünyesinde bulundurmaktadır. Literatür incelemelerine bakıldığında birçok konuda çalışma olduğu halde fiziksel risk etmenlerinden biri olan termal konfor konusunda inkâr edilemeyecek boyutta az ve eksiktir. Termal konfor, her ne kadar sadece sağlık riski olarak görülse de aslında çalışanların verimli bir üretim yapabilmeleri açısından da büyük bir risk taşımaktadır. Kendisini rahat hissetmeyen bir çalışanın maksimum verimde çalışması düşünülemez. Tabi termal konfor riskleri araştırılırken alınan ölçümlerin doğru yorumlanması ve bu yorumlamaların ışığında doğru tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Bu bildiride; saha çalışanlarının yüksek sıcaklıktaki termal konfor riskleri tespit edilmiştir. Riskli alanlarda ölçümler alınmıştır. WBGT indeksi kullanılarak termal rahatlık değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Doğaltaş, Termal konfor, WBGT

ABSTRACT

Open pit mining, which is one of the main production methods applied in mining works, is one of the very dangerous business lines with many risks. During outdoor work; it includes many risks such as dust, noise, sun rays, and risks arising from machinery. When we look at the literature review, although there are many studies on thermal comfort, which is one of the physical risk factors, it is undeniably small and incomplete. Although thermal comfort is only seen as a health risk, it actually carries a great risk in terms of efficient production of employees. It is unthinkable for an employee who does not feel comfortable to work at maximum efficiency. Of course, while investigating the thermal comfort risks, it is of great importance to interpret the measurements taken correctly and to take the right precautions in the light of these interpretations. In this statement; thermal comfort risks of field workers at high temperatures have been determined. Measurements were taken in risky areas. Thermal comfort was evaluated using the WBGT index.

Keywords: Natural stone, Thermal comfort, WBGT

GİRİŞ

Madencilik her geçen gün büyüyerek teknolojinin gelişmesine katkı sağlayan bir sektördür. Gelişen teknolojiyle doğaltaş üretimi hızlanarak; çoğu alanda kullanıma talebi artmıştır. Hızlanan üretim faaliyetleri sırasında fiziksel risk etmenleri ortaya çıkmaktadır. Doğaltaş üretimi esnasında fiziksel risk etmenleri (gürültü, termal konfor, aydınlatma, titreşim, toz, basınç ve radyasyon) ortaya çıkmaktadır.

Açık ocakta en çok maruz kalınan hava sıcaklığı faktörü termal konfor parametrelerinden biridir. Hava sıcaklığı; hava akım hızı, nem, radyan ısı gibi çevresel faktörlere bağlı olarak çalışanın cinsiyeti, yaşı, beslenmesi ve metabolizma hızı gibi kişisel faktörlere bağlı olarak maruziyet değerleri değişiklik göstermektedir (Arıtan ve Memiş, 2019).

Sahada çalışan operatörler güneş ışığına direk maruz kalırken kapalı kabin içerisinde çalışanlar kabinin ısınmasıyla farklı derecede hava sıcaklığına maruz kaldıklarından termal konfor değerleri değişiklik göstermektedir. Termal rahatlığın yüksek olduğu çalışma ortamında iş randımanı da artmaktadır (Olesen, 1985).

Termal konfor ölçümlerinin değerlendirilmesinde birçok endeks kullanılmaktadır (Aritan ve Memiş, 2019). WBGT (Yaş- hazne küre sıcaklığı) indeksine göre ısının çalışan üzerindeki baskısı çok fazla değerlendirilmediği araştırılmıştır.

Sahanın farklı bölgelerinden termal konfor ölçümleri alınarak WBGT (ıslak ampul küresel sıcaklık) endeksi (ISO 7243: 2017) kullanılarak çalışan üzerinde ısı stresinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

WBGT

Çalışma esnasında yüksek sıcaklıktan kaynaklanan hastalıkların risklerini incelemek çalışanların sağlığı ve iş randımanını iyileştirmek için faydalı olmaktadır (Xiang vd., 2014). Yüksek sıcaklığa maruz kalan çalışanlarda; sıcaklık çarpması, ısı yorgunluğu, ısı krampları, kurdeşen, şiddetli yorgunluk gibi rahatsızlıklara maruz kalmaktadırlar (OSHA, 1999; NIOSH, 2009).

Sıcaklığın çalışan üzerindeki etkilerini değerlendirirken ortam sıcaklığıyla beraber ortamın nem oranı, hava hızı ve atmosfer basınç değerlerine de dikkat edilmesi gerekmektedir (Budd, 2008).

Yaş termometre küre sıcaklık endeksi (WBGT) 50 yıldan daha uzun bir zaman önce icat edilmiştir. WBGT endeksi, bir kişinin maruz kaldığı ısı baskısını gösteren deneysel endekslerden birisidir (Alfano vd., 2014).

WBGT ölçümleri ortamdaki havanın hızına duyarlı değildir. Açık ocak maden işletmeciliğinde hava hızı önemli bir etkidir. Ancak ölçüm alınan zaman diliminde havanın durgun olması sebebiyle WBGT endeksine göre değerlendirme yapmaya karar verilmiştir.

WBGT değerlerinin hesaplanabilmesi için yaş sıcaklık (WB), kuru sıcaklık (DB) ve radyant sıcaklık (GT) gerekmektedir. WBGT ölçümleri kapalı ve açık alanda farklı değerlerde hesaplamalarla sonuçlandırılmaktadır (Echt ve Kelly, 1991).

Kapalı alanda WBGT Eşitlik 1 ile bulunabilmektedir.

$$WBGT = 0,7(WB) + 0,3(GT) \quad (1)$$

Açık alanda WBGT Eşitlik 2 ile bulunabilmektedir.

$$WBGT = 0,7(WB) + 0,2(GT) + 0,1(DB) \quad (2)$$

Yüksek sıcaklıktaki çalışma ortamlarında iş randımanının artması ve verimli çalışma ortamının sağlanabilmesi için WBGT değerinin 26°C'yi geçmemesi belirlenmiştir (NIOSH, 1972).

ASHRAE (1995) yapmış olduğu çalışmada ise 26,7°C değerini limit olarak kabul etmiş ancak yapılan işin ağır olması durumunda WBGT değerinin en fazla 25°C olması gerektiği belirlenmiştir (Erdem ve Güyagüler, 2009).

MATERYAL

Bu çalışma 2021 yılı Haziran ayında, Afyonkarahisar ili İscehisar ilçesinde bulunan doğaltaş ocağında yapılmıştır. Termal ölçümleri alınması için; kamyon, yükleyici, ekskavatör operatörlerinin çalıştıkları; sahanın farklı yerlerinde bulunan elmas tel kesme makinesi ve martopikör kullanan operatörlerin bulundukları bölgeler seçilmiştir.

Ölçümler DELTA OHM WBGT 32.3 cihazıyla (Şekil 1), TS EN ISO 7243 standardına uygun özel problarla alınmıştır.



Şekil 1. Termal konfor ölçüm cihazı

YÖNTEM

Maruziyet ölçümleri yapılırken saha alanında ısı baskısının en yüksek olduğu bölgeler belirlenmiştir. Ölçüm süreleri TS EN ISO 7243 standardı rehber alınarak ölçüm süreleri görevlerin maruziyet süreleriyle orantılı olarak belirlenmiştir. Ölçüm alınan doğaltaş ocağında 8 saatlik periyodlarla çalışma yapılmaktadır. 8 saatlik maruziyet değerinin hesaplanabilmesi için en az 1 saat ölçüm alınmasına karar verilmiştir. Çalışma koşullarına uygun problar takılmıştır. WBGT endeksi kullanılarak ölçüm aldığımız cihazın kalibrasyon kabul kriterleri belirlenirken doğruluğu kontrol edilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

Her bir görev için $WBGT_{eff}$ değerinin hesaplanmasında $WBGT_{effn} = WBGT_n + CAV_n$ formülü kullanılır. 8 saat ağırlıklı WBGT hesaplanırken Eşitlik 3 kullanılır (Xiang vd., 2014).

$$WBGT_{twa} = \frac{(WBGT_{eff1} \times t_1) + (WBGT_{eff2} \times t_2) + \dots + (WBGT_{effn} \times t_n)}{480} \quad (3)$$

WBGT değerlerinin hangi iş yoğunluğunda maksimum hangi değerlere yükselebileceği Çizelge 1'de verilen değerlere göre değerlendirilmiştir (Jacklitsch vd., 2016).

Çizelge 1. WBGT değerlerinin hangi iş yoğunluğunda maksimum değerleri

İş Yoğunluğu	ACGIH	AIHA	OSHA	ISO	NIOSH
Dinlenme		32,2°C (90°F) 100 kcal·h ⁻¹ (117 W)		33°C (91,4°F) ≤100 kcal·h ⁻¹ (117 W)	
Hafif	30°C (86°F) 100–200 kcal·h ⁻¹ (117–233 W)	30°C (86°F) 200 kcal·h ⁻¹ (233 W)	30,0°C' (86°F) 32,2°C* (90°F) <200 kcal·h ⁻¹ (233 W)	30°C (86°F) 100- 201 kcal·h ⁻¹ (117–234 W)	30°C (86°F) <200 kcal·h ⁻¹ (233 W)
Orta	26,7°C (80°F) 201–350 kcal·h ⁻¹ (234–407 W)	26,7°C (80°F) 300 kcal·h ⁻¹ (349 W)	27,8°C' (82°F) 30,6°C* (87,1°F) 201–300 kcal·h ⁻¹ (234–349 W)	28°C (82,4°F) 201–310 kcal·h ⁻¹ (234–360 W)	28°C (82,4°F) 201–300 kcal·h ⁻¹ (234–349 W)
Ağır			26,1°C' (79°F) 28,9°C* (84°F) >301 kcal·h ⁻¹ (350 W)	25°C' (77°F) 26°C* (78,8°F) 310–403 kcal·h ⁻¹ (360–468 W)	26°C (78,8°F) 301–400 kcal·h ⁻¹ (350–465 W)
Çok ağır	25°C (77°F) 350–500 kcal·h ⁻¹ (407–581 W)			23°C' (73,4°F) 25°C* (77°F) >403 kcal·h ⁻¹ (468 W)	25°C (77°F) 401–500 kcal·h ⁻¹ (466–580 W)

*Düşük hız; *yüksek hız; kcal.h⁻¹ = saatteki kilokalori (AIHA, 2003).

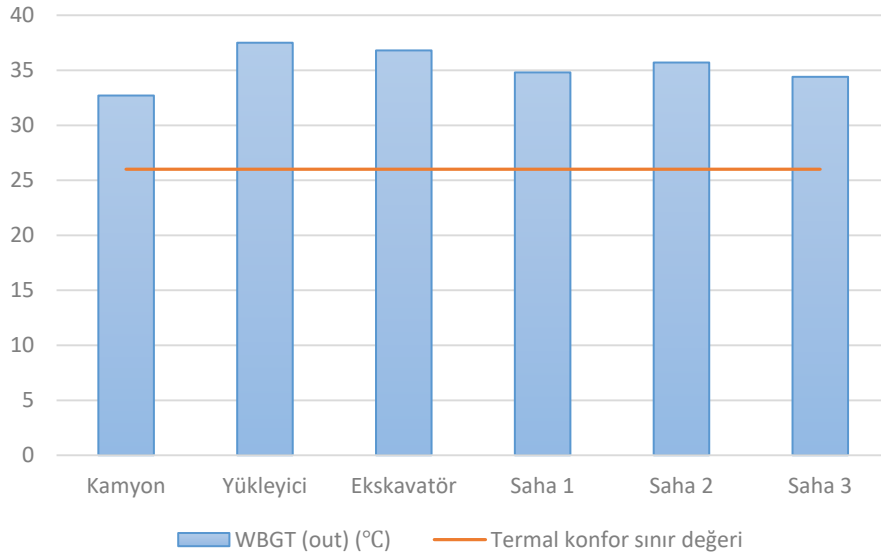
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bir açık ocak maden işletmeciliğinde çalışan işçiler Çizelge 1'e göre ağır iş yapmaktadırlar. Çizelgede ISO standardına göre çalışan işçilerin WBGT (°C) sonuçları 26°C' yi geçmemesi önerilmektedir. Çizelge 2'de operatörlerin maruz kaldığı termal konfor sonuçları ve Şekil 2'de WBGT değerlerinin maruziyet sınırıyla kıyaslanması verilmiştir.

Çizelge 2. Operatörün maruz kaldığı termal konfor sonuçları

Ölçüm	Kamyon	Yükleyici	Ekskavatör	Saha 1	Saha 2	Saha3
Tnw (°C)	31,8	35,7	35,1	33,4	32,9	32,4
Tg (°C)	35,4	41,4	41,2	35,7	40,8	38,7
Ta (°C)	31,9	36,6	38,2	34,5	34,7	34,2
WBGT (in) (°C)	33,1	38,1	37,4	35,9	36,3	34,8
WBGT (out) (°C)	32,7	37,5	36,8	34,8	35,7	34,4

Ocaklardaki genel termal rahatlığın yaz aylarında sınır değerinin çok üstünde olduğunu gözlenmiştir. Bununla birlikte ocaklarda çalışan tüm işçilerin WBGT değerlerinin Şekil 2'de sınır değerini aştığı görülmektedir.



Şekil 2. WBGT değerlerinin maruziyet sınırıyla kıyaslanması

Çalışanların termal rahatlığını sağlayabilmek ve iş randımanını yükseltebilmek açısından, iş kıyafetlerinin ortam termal konforuna göre düzenlenmesi esastır. Bu esasa göre hareket edilerek termal konfor sağlayan kıyafetler tercih edilmesi gerekmektedir. Ortam hava hızının yeterli hale getirilmesi için iklimlendirme cihazları kullanılmadığıdır. Çalışma süreleri hava sıcaklığına göre belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- AIHA, (2003). Adapted from the American Industrial Hygiene Association.
- Alfano, F.R., Malchaire, J., Palella, B.I. and Riccio, G. (2014). WBGT index revisited after 60 years of use, The Annals of Occupational Hygiene, Volume 58, Issue 8, Pages 955–970.
- Anonim1.http://jsums.medsab.ac.ir/article_852.html?langhttp://jsums.medsab.ac.ir/article_852.html?lang=en=en. 27.08.2021
- Arıtan, A.E. ve Memiş, Z. (2019). Doğaltaş ocağında çalışan işçilerin ısı konfor şartlarının incelenmesi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana.
- Arıtan, A.E. ve Memiş, Z. (2019). Doğaltaş ocağında çalışan operatörlerin termal konfor şartlarının incelenmesi, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana.
- Arıtan, A.E. ve Memiş, Z. (2021). Bir doğaltaş işleme fabrikasında çalışanların metabolizma hızları göz önüne alınarak termal konfor şartlarının incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 36(1):25-32.
- Budd, G.M. (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations, Journal of Science and Medicine in Sport Volume 11, Issue 1, January 2008, Pages 20-32
- Echt, A. and Kelly, J., (1991). Health hazard evaluation report, HHE Report No. HETA-91-007-2163, University of Virginia, Charlottesville, Virginia.
- Erdem, Ö. ve Güyagüler, T. (2009). Yüksek ısınin metabolizma ve çalışma performansı üzerindeki etkisi, Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Ankara.
- Jacklitsch, B., Williams, W.J., Musolin, K., Coca, A., Kim, J-H. and Turner, N. (2016). Occupational Exposure to Heat and Hot Environments, Criteria for a Recommended Standard.
- NIOSH, (2009). NIOSH safety and health topics: heat stress, National Institute for Occupational Safety and Health.
- Olesen, B.W. (1985). A new simpler method for estimating the thermal insulation of a clothing ensemble. ASHRAE Transactions, 91, 478-492.
- OSHA, (1999). Technical manuel, United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration.

- TS EN 7243, (2017). Sıcak Ortamlar WBGT (Yaş-Hazne Küre Sıcaklığı) İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D. and Hansen, A. (2014). İşyerinde ısıya maruz kalmanın sağlık üzerindeki etkileri: epidemiyolojik bir inceleme. Sağlık. 52 (2): 91-101.

**MADENLERDE ACİL DURUM HAZIRLIĞI: TUNÇBİLEK ÖMERLER YERALTI OCAĞI ULUSAL MADEN
TATBİKATI ÖRNEĞİ**
*EMERGENCY PREPAREDNESS IN MINES: TUNCBİLEK UNDERGROUND QUARRY NATIONAL MINING DRILL
EXAMPLE*

S. A. Şimşek^{1*} M. S. Akdağ¹

¹*Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, ANKARA*
(*Sorumlu yazar: simseks@tki.gov.tr)

ÖZET

Acil durum, işyerinin tamamında veya bir kısmında meydana gelebilecek yangın, patlama, tehlikeli kimyasal maddelerden kaynaklanan yayılım, doğal afet gibi acil müdahale, mücadele, ilkyardım veya tahliye gerektiren olaylardır. Acil durum hazırlığı ise işyerlerinde meydana gelebilecek acil durumlarda yapılacak iş ve işlemler dâhil bilgilerin ve uygulamaya yönelik eylemlerin yer aldığı planın yürütümünü ifade etmektedir. Ülkemizde faaliyet gösteren maden ocaklarında meydana gelebilecek kazalara önleyici faaliyetlerde bulunulması, meydana gelen bir kaza esnasında sağlıklı bir organizasyon ile yönetiminin sağlanması ve kaza sonrasında yapılacak iyileştirme alanlarının belirlenmesi bu çalışmanın ana gayelerinden olmuştur. Temel olarak “hazırlık/planlama” ve “zarar azaltma” aşamalarından oluşan acil durum hazırlık faaliyetleri, toplumsal zarar görülebilirliğin azaltılmasına fayda sağladığı kadar, beklenmedik acil durum vakalarına yapılan müdahalenin etkinliğinin artırılmasında da hem yöneticilere hem de uygulayıcılara ihtiyaç duydukları desteği sağlamaktadır. Söz konusu acil durum hazırlık faaliyetleri kapsamında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Acil Durum ve Kriz Yönetimi Merkezi oluşturulmuş ve Türkiye Afet Müdahale Planı doğrultusunda maden sektörü ile ilgili kurum ve kuruluşların katılımıyla sektörel toplantılar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Acil Durum Planları doğrultusunda acil durum önleme ile müdahaleyle ilgili kurum ve kuruluşlardan oluşan ağın etkinliğini değerlendirmek ve tüm tarafların gerçekleştirilecek görevler konusunda nasıl bir katkı sağladığını görmek amacıyla Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından planlanan, hazırlanan ve Türkiye’de ilk kez yapılmış olan 2019 Ulusal Maden Tatbikatının hazırlık aşamaları ile değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Acil durum, Kriz, Tatbikat, Madencilik

ABSTRACT

An emergency is an event that requires an emergency response, struggle, first aid or evacuation, such as fire, explosion, and spread of hazardous chemicals, natural disaster, which may occur in all or part of the workplace. Emergency preparedness refers to the execution of the plan including information and practical actions, including work and operations to be performed in case of an emergency in the workplace. The main objectives of this study are to provide preventive activities for the accidents that may occur in the mines operating in our country, to ensure the management with a healthy organization during an accident and to determine the improvement areas to be made after the accident. Emergency preparedness activities, which mainly consist of “preparation / planning” and “harm reduction” phases, provide both managers and practitioners with the support they need in reducing the risk of social vulnerability as well as increasing the effectiveness of the intervention in unexpected emergencies. and Energy Within the context of emergency preparedness activities Natural Resources Ministry Emergency and Crisis Management Center was established to Turkey Disaster Response sectoral meetings with the participation of relevant institutions and organizations with the mining sector in the Plan line was carried out. This study includes the evaluation and preparing steps of the 2019 National Mining Exercises which planned and prepared by Turkish Coal Enterprises. This Exercise also has the feature of first being arranged of Turkey. The main aims of The Exercises are evaluate the effectiveness of the institution and organizations related to intervention with emergency

prevention and see how they are contribution to the tasks to be carried out by all parties in order planned by Turkish Coal Enterprises.

Keywords: Emergency, Crisis, Drill, Mining

GİRİŞ

Gazetelerde her gün kayıpları azaltacak ve yaralanmaları önleyecek yeterli ekipman, malzeme veya insan olmadığı için meydana gelmesi önlenemeyen trajediler hakkında haberler okuruz.

Her gün normal olarak meydana gelen günlük rutinlerimizle ilgileniyoruz. Yine de hazırlıksız güne başlamıyoruz. Bir fırtına tehdit ediyorsa yağmurluklarımızı alırlar. Plaja gittiğimizde güneş kremi alıyoruz. Yapacak ağır işlerimiz olduğunda fazladan bir kişiyi yanımıza alıyoruz. Başka bir deyişle, günlük yaşamın taleplerini öngörüyor ve hazırlıyoruz. Bilgi, gazete, radyo ve televizyon kaynaklarımız tarafından belirtildiği gibi gün içinde meydana gelebilecek olası olaylara bakar ve daha sonra kayıp şansımızı azaltmak için gereken malzeme, ekipman ve personel hakkında bilinçli kararlar alırlar.

Endüstride de aynı durum söz konusudur. Özellikle, maden, inşaat ve metal-makine sektörü gibi iş kazalarının yoğun yaşandığı bu üç sektörde acil durum hazırlıklarına ayrı bir önem verilerek, önleyici ve düzeltici çalışmalarla desteklenmektedir.

Madencilik, doğası gereği zor şartlarda üretimin gerçekleştirildiği, iş kazası ve meslek hastalığına maruz kalma potansiyeli taşıyan eski bir meslektir. Herhangi bir maden kazası gerçekleştiğinde bu kazanın doğurduğu kayıplar düşünüldüğünde çok daha büyük olabilmektedir. Çin, Fransa ve Japonya başta olmak üzere dünyanın birçok ülkesindeki maden ocaklarında meydana gelen kazalarda, binlerce kişi hayatını kaybetmiştir. Tarihte meydana gelen en fazla ölümlü 12 maden kazasında 6 bin 811 maden işçisi yaşamını yitirmiştir. Maden kazaları genellikle gaz sıkışması, grizu patlaması, karbon monoksit zehirlenmesi, kömür tozu patlamasından kaynaklanmaktadır.

Bununla birlikte, kayıplarının büyüklüğü düşünülerek, hazırlıklar daha büyük bir ölçekte ele alınmaktadır. Bu büyük kayıp potansiyeli, maden sektörü profesyonellerinin daha iyi bilgilendirilmesi ve daha iyi hazırlanmasını gerektirmektedir. Aslında, bu durum maden endüstrisinden acil durum hazırlık gerekliliklerini karşılamasını talep etmektedir.

Bu çalışmada Acil Durum Planları doğrultusunda acil durum önleme ile müdahaleyle ilgili kurum ve kuruluşlardan oluşan ağın etkinliğini değerlendirmek ve tüm tarafların gerçekleştirilecek görevler konusunda nasıl bir katkı sağladığını görmek amacıyla Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından planlanan, hazırlanan ve Türkiye’de ilk kez yapılmış olan 2019 Ulusal Maden Tatbikatının hazırlık aşamaları ile değerlendirilmesine yer verilmiştir.

GENEL BİLGİLER

Acil Durum Hazırlığı

Acil durum, işyerinin tamamında veya bir kısmında meydana gelebilecek yangın, patlama, tehlikeli kimyasal maddelerden kaynaklanan yayılım, doğal afet gibi acil müdahale, mücadele, ilkyardım veya tahliye gerektiren olaylardır. Acil durum hazırlığı ise işyerlerinde meydana gelebilecek acil durumlarda yapılacak iş ve işlemler dâhil bilgilerin ve uygulamaya yönelik eylemlerin yer aldığı planın yürütümünü ifade etmektedir.

Temel olarak “hazırlık/planlama” ve “zarar azaltma” aşamalarından oluşan acil durum hazırlık faaliyetleri, toplumsal zarar görülebilirliğin azaltılmasına fayda sağladığı kadar, beklenmedik acil durum vakalarına yapılan müdahalenin etkinliğinin artırılmasında da hem yöneticilere hem de uygulayıcılara ihtiyaç duydukları desteği sağlamaktadır.

Acil durum hazırlığının ana aşamalarından birisi, ihtiyaca hizmet eden iyi bir acil durum planının oluşturulmasıdır. Acil durum planı hazırlanırken birçok sorunun sorularak uygun bir şekilde cevaplanması gereklidir. Örneğin;

- Muhtemel acil durumlar nedir?
- Acil durumları önlemek için ne gibi önlemler alınmalıdır?
- Acil durumların etkilerini en aza indirmek için hangi önlemler alınmalıdır?
- Risk analizi yapıldı mı?
- Senaryolar oluşturuldu mu?
- Belirlenen acil durumlarda yapılması gerekenler belirtildi mi?
- Acil durum personelinin belirtilen prosedürleri yerine getirebilmek için gerekli becerileri var mı?
- Acil durumun yönetimini kim üstlenecek?
- Acil durum operasyonunun hangi bölümünden kim sorumludur?
- Kurtarma operasyonun yönetiminde iç ve dış kaynaklar belirlendi mi?
- Kritik kararlar alma konusunda görevlendirilen personel yeterli bilgi birikimine sahip midir?

Acil durum planı tüm işletmeler için hayati önem arz eden bir plandır. Bu nedenle her işletme kendine özgü, uygulanabilir ve etkili acil durum planlarını hazırlamalıdır.

Madenlerde Acil Durum İle İlgili Yasal Prosedürler

Madenlerde acil durumlar gerçekleştiğinde nasıl davranılması gerektiği konusunda açıklamalarda bulunan iki tane yönetmelik mevcuttur. Bunlar; “Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği” ve “İşyerlerinde acil durumlar hakkında yönetmelik” dir. Bu iki yönetmelik hükümlerine göre işyerleri acil durum yönetimleri oluşturmalı ve yönetmelidir. 28770 sayılı ve 19.09.2013 ve tarihli Resmi Gazete 'de yayınlanan “Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği” yönetmeliğinde, maden işyerleri için acil durum yönetimi ile ilgili maddeler şu şekildedir:

- 5 inci maddenin birinci fıkrası a) bendinde “18.6.2013 tarihli ve 28681 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak yeterli ilk yardım donanımı sağlanır ve en geç 6 ayda bir olmak üzere düzenli olarak gerekli tatbikatlar yapılır” ibaresi bulunmaktadır.
- EK-1: 14.1. İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak, çalışanlar herhangi bir acil durumda nasıl davranmaları gerektiği konusunda eğitilirler. Arama, kurtarma ve tahliye konusunda yeterli sayıda destek elemanı görevlendirilir. İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğin 11 inci maddesinin birinci fıkrası kapsamında görevlendirilen destek elemanı sayısının 10'dan az olduğu ocaklarda en az 10 çalışanın konu ile ilgili eğitim alması sağlanır.
- Çalışan sayısının 10'dan az olduğu durumlarda bu eğitimi her çalışanın alması sağlanır. Bu eğitimler; yapılan işin niteliğine uygun olarak ve gerekli teorik ve pratik eğitimleri içerecek şekilde verilir, belgelendirilir ve bu eğitimler her altı ayda bir yenilenir. Arama, kurtarma ve tahliye için kullanılacak ekipmanlar, kolayca ulaşılabilecek uygun yerlerde kullanıma hazır durumda bulundurulur ve Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliğine uygun olarak işaretlenir.
- EK 1: 14.3. Yer altı maden işyerlerinde arama, kurtarma ve tahliye ekiplerinin hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edebilmesi için uygun bir kurtarma istasyonu kurulur. Bu istasyonda bulunacak malzeme ve ekipmanların özellikleri ve sayısı ile bu ekipmanların periyodik kontrolleri ve kalibrasyon sıklıkları sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilir. Ancak, yarıçapı en çok 50 kilometre olan alan içinde bulunan maden işyerleri; merkezi bir yerde, ortaklaşa bir kurtarma istasyonu kurabilirler. Bu hüküm, aynı işyerinin çeşitli ocakları için de geçerlidir. İşyerleri, bu istasyonun kuruluş ve yönetim giderlerini, çalıştırdıkları çalışanların sayısına göre aralarında paylaşırlar.

- EK-3. 18. Yeraltı madenlerinde, hazırlık faaliyetlerinin yapıldığı alanlar ve üretim panoları gibi yeraltı maden işletmesinin bütün bölümlerini kapsayacak şekilde ve çalışanların yerüstüne çıkmalarını kolaylaştıran; yanmaya, kopmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı bir hayat hattı kurulur. Bu hatlar acil durum planlarına uygun olarak yerleştirilir.

Madenlerde Acil Durum Hazırlığının Ana Unsurları

Maden işyerlerinde acil durum yönetimi üç aşamalı olmalıdır.

- Acil durum öncesi yapılacaklar
- Acil durum esnasında yapılacaklar
- Acil durum sonrası yapılacaklar

Acil durum yönetiminde dikkat edilmesi gereken birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden önemlileri aşağıda sunulmuştur.

Acil Durum Eğitimi ve Kişisel Koruyucu Donanım

Acil bir durumda, madencileri, duman hissettiğinde, kokusunu aldığı anda veya ortamda herhangi bir gazın varlığının arttığı tespit edildiğinde acil çıkışa yönelmeleri ve gaz maskelerini takmaları konusunda bilgilendirilmektedirler. Fakat bu konudaki eğitim ve bilgilendirmelere rağmen, bazen kendilerinin ve diğer çalışanların hayatlarını tehlikeye atacak davranışlarda bulunabilmektedirler. Vaught vd. (2000) tarafından maden yangınlarındaki işçi davranışlarını değerlendirmek için yapılan bir araştırma, 48 madenciden 29'unun (%60,4) gaz maskelerini giyerken solunum güçlüğü çektiğini belirtmişlerdir. Bu grubun 29'undan 27'si (%93) ise daha fazla hava elde etmek için gaz maskesinin ağız kısmını kısmen çıkarmışlardır. Diğer araştırmalarda da, madencilerin riskli durumlarda konuşmak için maskelerini çıkardıkları ve maskeden yeterli hava almadıklarına inandıkları belirtilmiştir. Gerçek acil durumlarda madencilerin %50'sinden fazlasının kendilerini tehlikeye attığı gerçeği, yeterli eğitimin başarılmadığını temel insan davranış problemlerinin acil durumlarda daha etkin olduğunu göstermektedir. Vaught vd. (1993) tarafından yapılan başka bir araştırmanın en önemli bulgusu, madencilerin gaz maskelerinin kaçış sırasında düzgün çalışmadığını hissettikleri fikridir. Bu nedenle, madencilerin, bir üniteden nefes almanın nasıl olduğunu anlamalarına yardımcı olmak için teorik eğitimin yanında, kaliteli ve uygulamalı bir eğitimin almaları şarttır.

Acil Durum Planı ve Eğitimi

Acil durumlar ile ilgili çıkarılan yasalar ve iş güvenliği uzmanlarının madenlerde çalıştırılmaya başlanması ile birlikte eskiye oranla, acil durum eğitimleri daha iyi yapıldığı ifade edilebilir. Bununla birlikte, bazı işletmeler, 6 ayda bir zorunlu olan tatbikatları üretimi aksatma gibi nedenlerden yapmaktan kaçınmaya çalışabilmektedirler. Maden işletmeleri yasada zorunlu olduğu için bir acil durum planı hazırlamaktadırlar. Fakat bu plan bazen o işletmeye özgü olmamakta ya da düzensiz, yetersiz hazırlanmaktadır. Kaliteli bir acil durum planına sahip olmayan işletme, acil durum gerçekleştiğinde büyük zararlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Bu nedenle, maden işletmelerin acil durum planının öneminin farkına varması ve kaliteli, yeterli, özgün ve uygulanabilir bir plan hazırlayarak devreye almalıdırlar.

Haberleşme ve İzleme Sistemi

Son zamanlarda dünyada meydana gelen maden kazaları sonucu, özellikle yeraltı madencileri ile dışarıdaki personel, kurtarma ekipleri ve acil durum komuta merkezi arasında düzgün ve iki yönlü iletişim ihtiyacının gerekliliği daha belirgin hale gelmiştir. Ayrıca, madencilerin konumlarının ve hayatta olup

olmadıklarının belirlenmesi gerekliliğinin farkına varılmıştır. Madenciler ağızlarında gaz maskeleriyle acil çıkışa doğru hareket ettiklerinde, kendi aralarında sözlü iletişim kuramadıklarını ve bu nedenle tedirginliklerinden ve organizasyonun sıkıntıya düştüğünü vurgulamışlardır. Bu nedenle, bu soruna teknolojik olarak bir çözümün gerektiğini belirtmişlerdir (Alexander vd., 2010).

Kişisel Davranışlar

Acil durum tespit edildiğinde insanların tepkileri acil durumun üstesinden gelebilmekte önemli bir yer alır. Kowalski ve Vaught (2001) yapmış olduğu çalışmada, acil durumlarda insanların davranışında kişisel, sosyal ve çevre faktörlerinin etkili olduğu belirtilmiştir. Bu diğer acil müdahale ile ilgili diğer araştırmaları doğrulamaktadır. Yani, acil durumlarda insanların panik yapmamaları ve işlerin “normal” seyrinde gittiği düşüncesi ile davranma eğiliminde olmaları sonuç almada daha etkilidir. Bununla birlikte, stresli tepkilere sahip olmanın, yüksek stres durumlarının kafa karışıklığına ve kötü karar verme sürecine yol açabileceğini, bir kaçış planını ve icrasını etkileyebileceği unutulmamalıdır. Acil durum gerçekleştiğinde hayatta kalmak, telaş yaparak ve olaylardan kaçınma yolunu seçerek değil de, problemleri tanıyarak ve çözerek, potansiyel olarak tehdit görülen durum, olay veya ortamla başa çıkma yeteneğinin geliştirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Madencilerin yaşamları tehlikede olduğunda, acil müdahale planı ve sistemleri hızlı ve etkin bir şekilde devreye alınmalıdır.

Madenciler acil durum esnasında farklı tepkiler verebilmektedirler. Fakat kurtulma-kurtarma eylemlerinin sıralaması şu sırada yürütülmelidir:

- Çalışanın acil durum prosedürlerine uygun bir şekilde kaçışa yönelmesi veya korunaklı bir yere sığınması
- Maden işletmesindeki acil durum ekiplerinin müdahalesi
- Dış acil durum kurtarma kaynakların müdahalesi

Maden işyerlerinde başarılı bir acil durum yönetiminin sağlanabilmesi için 4 önemli faktör bulunmaktadır. Bu dört faktörün dördünde sağlanabildiği maden işyerinde acil durum gerçekleştiğinde, işletme ve çalışanlar zarar görmeden ya da çok az zararla atlatırlar. Madenlerde acil durum yönetiminde rol oynayan dört önemli aşama şu şekildedir.

- Teknolojik gelişmelerin işyerinde uygulanması
- İnsan faktörlerinin en aza indirilmesi
- Etkili ve yeterli bir acil durum planının hazırlanması
- Acil durumda karar verme kriterlerinin geliştirilmesi

Dünyada Acil Durum Hazırlığı

Bilindiği üzere dünya tarihi boyunca yeniliklerin, icatların ve gelişmenin büyük bir kısmı, bir ihtiyaç nedeniyle ortaya çıkmıştır. *Acil Durum Hazırlığı* için de bu durum değişmemiş, insanlık, tarih boyunca yaşadığı beklenmedik gerek beşeri gerek doğal kaynaklı olaylardan ders çıkarmış ve hem bu olaylara daha etkin müdahaleyi hem de bu olayların etkilerinin nasıl azaltılabileceğini sürekli sorgulayarak yeni yöntemler geliştirmiştir.

Bununla ilgili ilginç örneklerden bir tanesi, Roma İmparatorluğu zamanını işaret etmektedir. Dönem içerisinde yangınlar ile sıkça karşılaşan Roma halkının taleplerine uyan İmparator Augustus, “The Vigiles” ismi verilen ve kölelerden kurulmuş olan itfaiye gruplarını M.S. 6 yılında oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Roma İmparatorluğu Söndürme Ekibi

Pompalar, kancalar, sopalar ve benzeri malzemeler kullanan bu gruplar, aynı zamanda Roma'nın polis gücü görevini de yerine getirmişlerdir. Gece ve gündüz devriyeleri olarak hizmet veren bu gruplar, ilerleyen dönemlerde yüzlerce kişiden oluşan ekiplere dönüştürülmüş ve dönemin koşulları içerisinde yangınlara müdahale etmeye devam etmişlerdir.

Yakın tarihten bir başka örnek verecek olursak; yaklaşık 40 yıl önce, Galler'de bir kömür atığı yığını kayarak bölgede yaşayan bazı insanların, balçık ve çamur denizi içerisinde boğulmasına sebep olmuştur. O zamandan bugüne kadar, madencilik ve metal sanayisinin, sosyal ve çevresel sorumluluk alanlarındaki diğer güzel ilerlemelere gölge düşüren birçok felaket daha vuku bulmuştur. (Örneğin son 25 yıl içerisinde, 49 adet maden atığı baraj çökmesi gerçekleşmiştir.). Bu felaketlerin neticesinde çevreye kazara saçılmalar, insan sağlığı ve geçimi üzerinde oluşturulan tehlikeler, civar toplumlarda ölümler, mal ve tarım arazilerinde fiziksel hasarlar meydana gelmiştir. Bu olayların birçoğu, müdahil olan şirketler için ağır mali sonuçlara da yol açmıştır. Tüm bunlar, bir bütün olarak sektörün itibarını ciddi ölçüde zedelemiştir.

Felaketlerin dehşetengiz sonuçları, halkın hafızasında uzun süre yer eder. Sektörün ve operasyonlarının önemli bir kısmının boyutu ve ölçeği düşünüldüğünde, büyük ölçekli kaza sayısı azdır ancak çoğu kişi, sadece bir kazayı dahi gereğinden fazla olarak addedecektir. Son yıllardaki büyük ölçekli felaketlerin tek kaynağının madencilik ve metal sanayisi olduğunu ileri sürmek için de herhangi bir dayanak söz konusu değildir (Valdez, Bhopal ve Seveso, bu sanayiyle alakası olmayan felaketlerden sadece üçüdür).

Felaketlerin önlenmesi, hazırlıklı olunması ve yönetimi konusunda bir ilerleme kaydedilmediğini söylemek de hatalı olacaktır. 1990'lı yıllar boyunca madencilik ve metal sanayisi – diğerlerinde olduğu gibi – büyük ölçekli olayların etkilerini önden tahmin edebilmek için ileriye dönük olarak planlama yapmanın gerekli olduğunu kabul etmiş ve bu yönde çalışmalar başlatmıştır.

Maden Sektörü Acil Durum Hazırlığında Gelişmiş Ülkelerden Örnekler

Avustralya

Avustralya'da acil durum eylem ve kurtarma çalışmaları "Recognised Standard 8 Conduct of Mine Emergency Exercises" isimli standartta belirtilmektedir. Maden işletme müdürleri madende çalışan yer üstü ve yer altı sorumlularının ve genel maden sorumlularının acil durum eylem ve kurtarma eğitimlerinin almasını sağlamak ile mükelleftirler. Yasaya göre her sene acil durum eylem ve kurtarma tatbikatları yapılmak zorundadır. Devlette görevli kişiler acil durum yönetimi prosedürlerinin

geliştirilmesinde, uygulanmasında, iyileştirilmesinde, izlenmesinde ve denetlenmesinde katkıda bulunmaktadır.

Standartla tahlisiye merkezlerinde bulunması gereken araçlar tanımlanmaktadır. Buna göre bu merkezlerde; Solunum cihazı, Kaçış ekipmanı, İlk yardım ekipmanı, Gaz ölçüm aleti ve Sedyeler bulunmalıdır. Tahliye ekiplerinde bulunan acil durum müdahale araçlarında bulunması gerekli ekipmanlar ise: El aletleri ve KKD, Basınçlı hava solunum cihazı, Halatlar, Pnömatik kaldırma araçları, İlk yardım aletleri, Hidrolik kurtarma ekipmanları, Aydınlatma ekipmanlarıdır. Tahlisiye çalışanları aşağıdaki konularda yetkin olmak zorundadırlar:

- Elektrik kazalarına da müdahale edebilecek şekilde ilk yardım bilgisi.
- İletişim.
- Yangınla mücadele.
- Ferdi kaçış: ilk tepki.
- Yardımlı kaçış. Yardımlı kurtarma.

Çin Halk Cumhuriyeti

Kömür endüstrisi bakanlığı tarafından kurulmuş bir ulusal maden tahlisiye eğitim merkezi bulunmaktadır. Bu merkezde takım liderleri, mühendisler, teknisyenler, yönetim liderleri ve tahlisiye ile sorumlu yönetim personeline yönelik eğitimler verilmektedir. Bir kömür tahlisiye merkezinde bulunacak ekipmanlar aşağıdaki gibidir:

- Oksijen solunum ekipmanı,
- Otomatik solunum cihazı,
- Ferdi kurtarıcı maske,
- Arama ve kurtarma ekipmanları,
- Afet yardımı için iletişim ekipmanı,
- Afet bölgelerinde çevre gaz ölçüm ekipmanı,
- Yüksek genleşmeli köpüklü yangın söndürücü.

Çin Halk Cumhuriyeti için tahlisiye eğitimi içeriğinin genel prensipleri şu şekildedir:

(1) Maden tahlisiye ekiplerinin ve destek tahlisiye ekibi liderlerinin tahlisiye teorisi, teknoloji ve becerilerinde zorunlu temel eğitimi almadan ve sınavı geçip yeterlilik belgesini almadan önce kurtarma çalışmalarına girmelerine izin verilmemektedir. Yönetmeliklere uygun temel eğitim için nesneler ve şartlar şunlardır:

- Kadro seviyesinin (mühendislik teknisyenleri dahil) üstündeki liderlerin, üç aydan az olmamak kaydıyla, temel eğitimi almadan önce takım idaresini ele almalarına izin verilmemektedir. İdareyi almadan önce, ekip liderleri, sınavı geçerek ve pratik deneyime sahip olacak şekilde, en az bir buçuk aylık temel eğitim almaktadırlar.
- 3 aylık temel eğitimden sonra, yeni takım üyelerinin formasyonda üç aylık bir uygulama daha almaları gerekmektedir. Kapsamlı değerlendirme yapmadan önce düzenli ekip üyeleri olarak nitelendirilemezler.
- Nitelikli destek tahlisiye ekibi üyeleri, maden kurtarma ekibinin temel eğitiminde bir buçuk ay yer alan ve sınavdan sonra yeterlilik belgesini alan kişilerdir.
- Destek tahlisiye ekip üyelerinin kurtarma görevine katılmadan önce, her yıl bir hafta eğitim almaları gerekmektedir.

(2) Kömür sanayi bakanlığı; mühendislik teknisyenleri, yönetim liderleri, maden liderleri ve maden tahliye yönetimi personelinin sorumluları, filo liderleri ve takım liderlerini eğitmek için ulusal maden tahliye eğitim merkezini yetkilendirmiştir. Büyük bölgesel maden kurtarma ekipleri, eğitim organizasyonları kurmakta ve gerekli eğitim personeli, ekipman ve tesislerle donatılmaktadır. Büyük maden tahliye ekipleri için eğitim organizasyonlarının ana görevleri şunlardır:

- Maden tahliye ekiplerinde ve destekli tahliye ekiplerinde teknik eğitim ve liderlerin özel eğitiminden sorumlu olmak.
- Tahliye liderleri için sürekli eğitim ve bilgi güncelleme eğitimi düzenlemek.
- Maden kurtarma ve tipik maden kurtarma vakaları için yeni teknolojilerin ve ekipmanın tanıtımı, uygulanması ve eğitilmesi konusunda özel dersler vermek.
- Kömür madeni işçilerine yönelik maden tahliye bilgilerinin evrensel eğitimini yapmak.

Amerika Birleşik Devletleri

Amerikan Kongresi 2006 yılındaki Sago Maden patlamasının sonucu olarak Maden İyileştirme ve Yeni Acil Durum Müdahale Yasası'nı (MINER) yürürlüğe koymuştur. Maden Yasası, kazaya hazır halde olma durumunu geliştirmek için yer altı kömür madenlerinin işletmecilerine ihtiyaç duymaktadır. Maden Yasası, kömür madenciliği şirketlerini faaliyet gösterdikleri her madene özel bir acil durum müdahale planı geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu mevzuat yer altı kömür madenciliği faaliyetlerine özel olmasına rağmen, tüm madencilik operasyonları için formüle edilebilecek acil durum müdahale planları için temel ilkeleri ortaya koymaktadır.

Acil Durum Planlaması ve Toplumun Bilgilendirilme Hakkı Yasası (EPCRA) kapsamında gerekli olan acil müdahale planları, kaza durumunda toplumun ve acil durum müdahalesinin kullanabileceği kritik bilgileri içermektedir. Bu planlar yıllık olarak güncellenmekte ve aşağıdaki bilgileri içermektedir:

- Çok tehlikeli maddeleri içeren tesisleri ve ulaşım yolları.
- Açık ve kapalı saha, acil durum müdahale prosedürleri.
- Planı uygulamak için bir topluluk koordinatörü ve tesis koordinatörleri belirlenmesi.
- Acil durum bildirim prosedürleri.
- Etkilenen bölge ve popülasyonun nasıl belirleneceğinin açıklaması.
- Yerel acil durum ekipmanlarının ve tesislerinin tanımı ve bunlardan sorumlu kişilerin belirlenmesi.
- Tahliye planları.
- Acil müdahale ekipleri için eğitim programları (programlar dahil).
- Acil durum müdahale planlarını uygulamak için yöntemler ve programlar.

Amerika Birleşik Devletleri Maden Kanunu "Bölüm 50-Madenlerdeki kazaların, yaralanmaların, hastalanmaların bildirilmesi, araştırılması, raporlanması ve kaydedilmesi" Altbölüm B-Derhal Bilgilendirme başlığına göre: İşletmeci, bir kaza meydana geldiğini bildikten veya bilmesi gerektiği andan itibaren gecikmeden 15 dakika içerisinde MSHA'yı aramaktadır. Kaza olarak nitelenen olaylar:

- Madendeki bir bireyin ölümü;
- Madendeki bir kişinin ölümüne sebep olabilecek makul bir potansiyeli olan bir zedelenme;
- Madendeki bir kişinin ölümüne sebep olabilecek makul bir potansiyele sahip bir sıkışma; veya
- Başka herhangi bir kaza.

Yine aynı bölümde "Araştırma" başlığı, "Maden işletmecisi tarafından bir kaza bildirildikten sonra, MSHA Bölge Müdürü bir kaza araştırması yapıp yapılmayacağına karar vererek operatöre derhal

bildirecektir" ifadesi yer almaktadır. MSHA bir kaza hakkında karar vermeyi kararlaştırırsa, incelemeyi 24 saat içinde başlatmaktadır.

Maden Kanunu'nun 49. bölümü acil durumlarda desteğe gidecek olan maden tahlisiye takımlarını tanımlamaktadır. Özel durumlar hariç her yer altı maden işletmesi:

(1) Madencilerin yer altında bulunduğu zamanlarda mevcut olan en az iki maden tahlisiye ekibi kurmak veya

(2) Madencilerin yer altında bulunduğu zamanlarda en az iki maden tahlisiye ekibinin bulunmasını güvence altına alan maden kurtarma hizmetleri için bir düzenleme yapmak zorundadır.

Her maden tahlisiye ekibi, acil maden kurtarma hizmeti sağlamak için tam donanımlı, eğitilmiş ve donanımlı beş üyeden ve bir alternatiften oluşmaktadır. Maden tahlisiye ekibi üyeliği için her kişi son beş yıl içinde en az bir yıl için bir yer altı madeninde çalışmış olmalıdır. Sadece maden kurtarma çalışmaları için, yer üstünde çalışan ancak yer altında düzenli olarak çalışan madenler, tecrübe şartlarını karşılamaktadır.

Alternatif durumlar dışında, maden tahlisiye ekibi; tahlisiye ekibinin bağlı olduğu maden istasyonundan 2 saatlik kara yolculuğundan daha uzakta olmayacaktır. Maden tahlisiye ekipleri, ekiplerin hizmetlerini gerektirebilecek bir durumun bildirilmesinden sonra makul bir süre içinde maden sahasında destek sunabilecekleri yerlerde bulunmaktadır.

Maden Kanunu'nun 49.9 numaralı bölümü maden acil durum bildirim planını tanımlamıştır. Buna göre her yer altı madeni, hizmetlerini gerektiren bir acil durum söz konusu olduğunda maden tahlisiye ekiplerine bildirimde bulunmak için izlenecek prosedürleri özetleyen bir maden tahlisiye bildirim planına sahip olmaktadır. [1-3]

Türkiye Maden Sektöründe Acil Durum Hazırlığı

Maden sektöründe çalışma hayatının düzenleyicisi olarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Bakanlığın sektörle ilgili Kuruluşları ile Aile, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı görev almaktadırlar. Bu Bakanlıklar hazırlamış oldukları kanun ve yönetmeliklerle çalışma hayatına yön vermektedirler. Bunlardan en önemli iki tanesi olan "*Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği*" ve "*İşyerlerinde acil durumlar hakkında yönetmelik*" madenlerde personel güvenliği ve acil durumlar gerçekleştiğinde nasıl davranılması gerektiği konusunda açıklık getirmiş ve çalışan ile iş verene çeşitli sorumluluklar yüklemiştir.

Bu iki yönetmelik hükümlerine göre işyerleri acil durum yönetimleri oluşturulması ve yönetilmesi zorunlu tutulmaktadır. İşveren, madendeki çalışma ortamı, kullanılan maddeler, iş ekipmanı ile çevre şartlarını dikkate alarak meydana gelebilecek ve çalışan ile çalışma çevresini etkileyecek acil durumları önceden değerlendirerek muhtemel acil durumları belirlemelidir. Çalışanlar ise acil durum planında belirtilen hususlar dâhilinde alınan önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlere uymalı ve acil durum ile karşılaştıklarında; hemen en yakın amirine, acil durumla ilgili görevlendirilen sorumluya veya çalışan temsilcisine haber vermelidirler.

28770 sayılı ve 19.09.2013 ve tarihli Resmi Gazete 'de yayınlanan "*Maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği*" yönetmeliğinde, maden işyerleri için acil durum yönetimi ile ilgili maddeler şu şekildedir:

- 5 inci maddenin birinci fıkrası a) bendinde "18.6.2013 tarihli ve 28681 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak yeterli ilk yardım

donanımı sağlanır ve en geç 6 ayda bir olmak üzere düzenli olarak gerekli tatbikatlar yapılır” ibaresi bulunmaktadır.

- EK-1: 14.1. İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak, çalışanlar herhangi bir acil durumda nasıl davranmaları gerektiği konusunda eğitilirler. Arama, kurtarma ve tahliye konusunda yeterli sayıda destek elemanı görevlendirilir. İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğin 11 inci maddesinin birinci fıkrası kapsamında görevlendirilen destek elemanı sayısının 10'dan az olduğu ocaklarda en az 10 çalışanın konu ile ilgili eğitim alması sağlanır.
- Çalışan sayısının 10'dan az olduğu durumlarda bu eğitimi her çalışanın alması sağlanır. Bu eğitimler; yapılan işin niteliğine uygun olarak ve gerekli teorik ve pratik eğitimleri içerecek şekilde verilir, belgelendirilir ve bu eğitimler her altı ayda bir yenilenir. Arama, kurtarma ve tahliye için kullanılacak ekipmanlar, kolayca ulaşılabilecek uygun yerlerde kullanıma hazır durumda bulundurulur ve Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliğine uygun olarak işaretlenir.
- EK 1: 14.3. Yer altı maden işyerlerinde arama, kurtarma ve tahliye ekiplerinin hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edebilmesi için uygun bir kurtarma istasyonu kurulur. Bu istasyonda bulunacak malzeme ve ekipmanların özellikleri ve sayısı ile bu ekipmanların periyodik kontrolleri ve kalibrasyon sıklıkları sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilir. Ancak, yarıçapı en çok 50 kilometre olan alan içinde bulunan maden işyerleri; merkezi bir yerde, ortaklaşa bir kurtarma istasyonu kurabilirler. Bu hüküm, aynı işyerinin çeşitli ocakları için de geçerlidir. İşyerleri, bu istasyonun kuruluş ve yönetim giderlerini, çalıştırdıkları çalışanların sayısına göre aralarında paylaşırlar.
- EK-3. 18. Yeraltı madenlerinde, hazırlık faaliyetlerinin yapıldığı alanlar ve üretim panoları gibi yeraltı maden işletmesinin bütün bölümlerini kapsayacak şekilde ve çalışanların yerüstüne çıkmasını kolaylaştıran; yanmaya, kopmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı bir hayat hattı kurulur. Bu hatlar acil durum planlarına uygun olarak yerleştirilir.

Enerji ve Doğal Kaynaklar Sektöründe hizmetlerin sunulmasında meydana gelebilecek beklenmedik acil durum ve/veya krizleri en az zararla atlatmak, enerji arz güvenliğini sağlamak ve faaliyetleri tehlikeye girmeyecek şekilde sürdürmek amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde 1133 sayılı Bakan Olur'u ile Acil Durum Kriz Yönetimi Merkezi kurulmuştur.

Acil Durum Kriz Yönetimi Merkezi sektörün, özel ve kamu kuruluşu olan, ilgili paydaşları ile belirli aralıklarla; madenlerde acil durum hazırlığı ile ilgili olarak mevcut durumun tespiti, eksikliklerin giderilmesi ve iş birlik ve koordinasyonun güçlendirilmesi için toplantılar düzenlemektedir.

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumunun Acil Durum Hazırlığı Kapsamındaki Faaliyetleri

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu olarak iş yerlerimizde acil durum yönetimini, olay öncesi, esnası ve sonrasında yapılacaklar şeklinde 3 aşamalı olarak gerçekleştirmekteyiz. Bu kısımda yukarıda *Madenlerde Acil Durum Hazırlığının Ana Unsurları* başlığı altında incelendiğimiz konuları kurumumuz üzerinden kısaca ele alınmaktadır.

Kişisel Davranışlar

Acil durum tespit edildiğinde insanların tepkileri acil durumun yönetiminde önemli bir rol aldığı bilinmektedir. Kurum içi yapılan eğitimlerde çalışanlara acil durumlarda panik yapmamaları gerektiği ve her şeyin normal seyrettiğini düşünmeleri gerektiğinin üzerinde durulmaktadır. Çalışanlara, acil durum gerçekleştiğinde hayatta kalmak telaş yaparak ve olaydan kaçınma yolunu seçerek değil de, problemleri tanıyarak ve çözerek, potansiyel olarak tehdit görülen durum, olay veya ortamla başa çıkma yeteneğinin geliştirilmesi gerektiği bilinci aşılanmaktadır.

Bununla birlikte çalışanların acil durum esnasında farklı tepkiler verebileceğinin düşünülmesinden hareketle eğitimlerde kurtulma-kurtarma eylemlerinin sıralaması hakkında bilgilendirme yapılmaktadır.

Acil Durum Planı ve Eğitimi

İyi bir acil durum planına sahip olmayan işletmelerin istenmeyen durumların yaşanması halinde büyük zararlarla karşılaşabileceğinin bilinciyle acil durum planları hazırlanmış olup, çıkarılan yasalar kapsamında belirlenen sürelerde ve durumlarda güncellenmekte ve çalışanlara gerekli eğitimleri verilmektedir.

Haberleşme ve İzleme Sistemi

Son zamanlarda dünyada meydana gelen maden kazaları sonucu, özellikle yer altı madencileri ile dışarıdaki personel, kurtarma ekipleri ve acil durum komuta merkezi arasında düzgün ve iki yönlü iletişim ihtiyacının gerekliliği daha belirgin hale gelmiştir. Ayrıca madencilerin konumlarının ve hayatta olup olmadıklarının belirlenmesi gerekliliğin farkına varılmıştır. Bunların bilinciyle kurumumuz GLİ Ömerler Yeraltı ocağında personel takip sistemini devreye sokmuş olup çalışanların her an nerede olduğunu tespit edebilmekte ve herhangi bir acil durumu çalışana bildirebilmektedir. Ayrıca iki yönlü iletişimin kurulması için ocak içinde belirli noktalarda telefon bulunmaktadır.

Acil Durum Eğitimi ve Kişisel Koruyucu Donanım

Acil durum eğitimlerinde çalışanlar, duman hissettiğinde, kokusunu aldığında veya ortamda herhangi bir gazın varlığının arttığı tespit edildiğinde acil çıkışa yönelmeleri ve gaz maskelerini takmaları konusunda bilgilendirilmektedir. Yapılan araştırmalarda çalışanların kaçış sırasında maskelerin düzgün çalışmadığı hissine kapıldığı bulgusu nedeniyle eğitimlerde maske kullanımı teorik bilgiler yanında uygulamalı olarak da anlatılmaktadır.

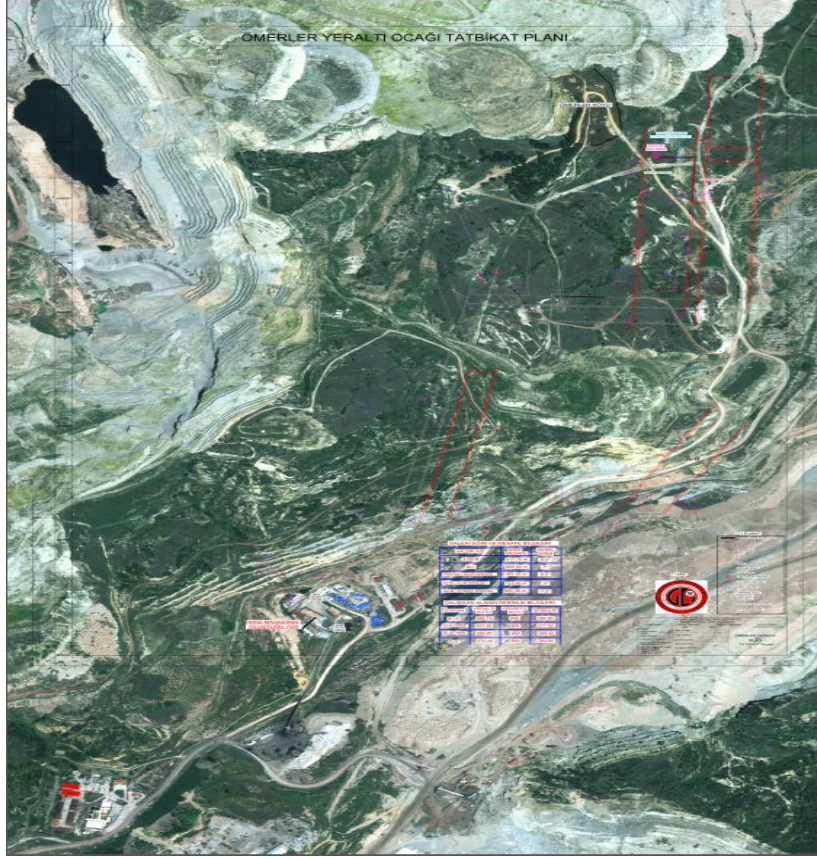
GEREÇ YÖNTEM

Tunçbilek Ömerler Yeraltı Ocağı Ulusal Maden Tatbikatı Örneği

Tatbikat Hakkında Genel Bilgiler

Ömerler yeraltı ocağında ulusal düzeyde 3. Seviye maden tatbikatının gerçekleştirilmesi fikri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Acil Durum ve Kriz Yönetimi Merkezi (ADKYM) Koordinatörlüğü ile Bakanlık binasında yapılan sektör toplantılarında gündeme gelmiştir. 26.04.2019 tarihinde yapılan toplantıda tatbikatın Ömerler yeraltı ocağında yapılması kararlaştırılmıştır.

Türkiye Kömür İşletmeleri teknik personelince tatbikat yapılmasına karar verilen Ömerler yeraltı ocağında ocağın güncel şartlarının da göz önünde bulundurulmasıyla senaryo hazırlama çalışmalarına başlanmıştır. Senaryonun ocakta faal üretim panolarından biri olan A6 panosunda kurgulanmasına karar verilmiştir. Bu aşamadan sonra senaryo hazırlıklarına başlanarak senaryoya kısa sürede hazırlanmıştır. Tatbikata hazırlık çalışmaları doğrultusunda çalışma komisyonları oluşturularak işletme içinde ve işletme dışında paydaşlarla toplantılar yapılmıştır. Şekil 2'de Ömerler yeraltı ocağı tatbikat planı görülmektedir.



Şekil 2. Ömerler yeraltı ocağı tatbikat planı

Tatbikat hazırlıkları en ince ayrıntısına kadar değerlendirilerek tatbikatta gerekli olabilecek araç gereçlerin teminleri sağlanmıştır. Tatbikat hazırlıkları boyunca T.K.İ Kurum Merkeziyle sürekli iletişim sağlanmış ve bilgi alışverişinde bulunulmuştur. Tatbikat tarihi itibarıyla tatbikat hazırlıkları büyük oranda tamamlanmıştır.

Maden Kurtarma tatbikatı ile;

- Maden kurtarma tatbikatı, yeraltı kömür ocaklarında meydana gelecek kömürün kendiliğinden yanması ve sonrasında zararlı gazların ocak ortamına yayılmasına karşı yapılacak kurtarma çalışmalarını kapsamaktadır.
- Genel olarak maden kazalarına müdahale konusunda bir yol belirlemek.
- Bu tatbikat ile yeraltı kömür ocağında meydana gelecek bir maden kazasına hızlı bir şekilde müdahale ederek, ortaya çıkacak kayıpları en aza indirmek amaçlanmıştır.
- Ülke içinde faaliyet gösteren yeraltı maden ocaklarında meydana gelebilecek maden kazalarının gerek kaza meydana gelmeden önce önleyici faaliyetlerde bulunulması, gerekse de meydana gelen bir maden kazası esnasında sağlıklı bir organizasyon ve yönetiminin sağlanması ve kaza sonrasında yapılacak iyileştirme alanlarının belirlenmesi bu tatbikatın ana gayelerinden biridir.
- Maden kazası meydana geldikten sonrasında ana amaç yeraltında mahsur kalan madencilerin ocak dışına çıkarılması olmaktadır. Kendi imkânlarıyla ocaktan çıkamayan madenciler, yine yeraltında çalışan yeraltı maden arama kurtarma konularında eğitilmiş Tahlisiye ekiplerince kurtarılmaktadır. Bu sayede tahliye çalışmalarının, yeraltı maden ocağı konusunda bilgisi olan tecrübeli ekiplerce yapılması sağlamaktadır.
- Bu tatbikat ile Ülke içinde meydana gelecek maden kazalarının Bakanlık bünyesinde kurulu bulunan ADKYM Koordinatörlüğüne görüntülü olarak görülebilmesi ve bu sayede Bakanlığın kurtarma çalışmalarına müdahil olmasını ve tatbikatı yönlendirmesi amaçlanmıştır.

- Maden arama kurtarma tatbikatının bir diğer amacı, Ülke içinde farklı bölgelerde faaliyet gösteren tahlisiye ekiplerinin kurtarma faaliyetlerine katılarak birbirlerini tanımalarını sağlamaktır. Böylelikle bu tatbikatla aynı maden kazasında birlikte çalışan ve farklı bölgelerden gelen kurtarma ekiplerinin birbirleriyle koordineli çalışabilmelerinin sağlanması amaçlanmıştır.
- Meydana gelecek bir maden kazasına hızlı ve etkin bir şekilde müdahale etmeyi sağlamak.
- Tahlisiye ekiplerinin olası bir maden kazasına hazırlanmasını ve ekiplerin kendilerini hazır hissetmesini sağlamaktır.
- Tahlisiye ekipleri arasında etkin bir iletişim sağlamak ve iletişim eksikliklerini tespit etmektir.
- Bu tatbikatın amaçlarından biri de tahlisiye ekiplerinin olası bir maden kurtarma kazasında tecrübe kazanmalarını sağlamaktır.
- Ülke içindeki farklı maden ocaklarında faaliyet gösteren Tahlisiye ekiplerinin bir komuta altında hareket edebilme kapasitelerini sağlamaktır.
- Olası bir maden kazasında görev alan Kamu Kurum ve Kuruluşları ile Özel sektör İşletmeleri arasındaki koordinasyonu sağlamaktır.
- Maden kazasında kriz masasının eksikliklerini tespit ederek olası bir kazanın daha etkin bir şekilde yönetilmesi için gerekenler neler olabileceğinin ortaya çıkarılmasını sağlamaktır.
- Kriz masasında İşletmelerin hangi disiplinlerinden yetkililerin olması gerektiğinin belirlenmesidir
- Bakanlık merkezinin görüntülü bağlantı ile tatbikat alanını izleyebilmesi ve kriz masasıyla görüntülü iletişimin sağlanması,
- Maden kazalarında ortaya çıkabilecek eksikliklerin tespit edilmesini sağlamak,
- Yeraltı maden ocağında bir maden kazası meydana geldiğine gerekli olabilecek araç gereç ve malzemelerin tespit edilmesini sağlamak.
- Maden kazalarında kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyacağı malzemelerin tespitini yapmak ve kurtarma çalışmaları için kaza bölgesinde ihtiyaç duyulacak araç gereçlerin, maddeleri tespit etmek
- Tatbikata katılan Kamu Kurum ve Kuruluşların ve STK'ların maden kazalarında ocak dışındaki konumlanmalarının nasıl olması gerektiğini belirlemek,
- Maden kazası meydana geldiğinde ocak dışı sahanın yönetilebilir hale gelmesini sağlamak,
- Maden ocakları yönetimi ile AFAD ve diğer paydaşlar arasında koordinasyonu sağlamak amaçlanmıştır.

Planlama Süreci

Ömerler yeraltı ocağında 3. Seviye ulusal düzeyde tatbikat gerçekleştirilmesi fikri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Acil Durum ve Kriz Yönetimi Merkezi (ADKYM) Koordinatörlüğü ile Bakanlık binasında yapılan sektör toplantılarında gündeme gelmiştir. 26.04.2019 tarihinde yapılan toplantıda tatbikatın Ömerler yeraltı ocağında yapılması kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda Garp Linyitleri İşletmesi teknik personelince senaryo çalışmalarına başlanmıştır. Tatbikat hazırlıkları kapsamında Kütahya Afet ve Acil Durum Kriz Yönetimi (AFAD) ile irtibata geçilmiştir. Tatbikat hazırlıkları süresince AFAD ve diğer paydaşların yetkilileri ile irtibat halinde kalınmış bilgi alışverişinde bulunulmuştur.

20.09.2019 tarihinde Garp Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Merkezinde Kütahya ve Tavşanlı'da bulunan Kamu Kurum ve Kuruluşları ile il içinde ve dışında faaliyette bulunan özel sektör İşletmelerinden 45 katılımcının iştirakiyle geniş kapsamlı bir toplantı yapılmıştır. Bahsi geçen katılımcıların tatbikat hakkındaki görüşleri alınarak bir yol belirlenmeye çalışılmıştır. Ömerler yeraltı ocağı sahasında bulunan Tahlisiye Merkezinde Kütahya AFAD yetkililerinin katılımıyla 27.09.2019 tarihinde 2. toplantı yapılmıştır. Bu toplantı sonucunda Ömerler yeraltı ocağı harici karo sahasında keşif yapılmıştır. Tatbikat günü hangi birimin hangi noktaya konuşlanacağı belirlenmiştir. Kurumumuz ve paydaşları arasında 3. Toplantı tarihinde Tavşanlı İşletme merkezinde yapılmıştır. İşletmemizce oluşturulan tatbikat düzenleme alt Komisyonu ve Kütahya AFAD yetkilileri ile 4. Toplantı 05.11.2019 tarihinde Kütahya AFAD İl Müdürlüğünde yapılmıştır. Tatbikata hazırlık alt komisyonumuz ve Kütahya AFAD yetkilileri ile yapılan 5.

ve son toplantı tatbikattan iki gün önce 11.11.2019 tarihi saat 14:00'da Kurumumuz Tahlisiye merkezinde yapılmıştır. Bu toplantıda tatbikatla ilgili son değerlendirmeler yapılmış ve devamında hazırlıklar tamamlanmıştır.

Kurumumuz Garp Linyitleri İşletmesi bünyesinde, 18.10.2019 tarihinde tatbikata hazırlık alt komisyonu kurulmuştur. Bu komisyon 23.10.2019 tarihinde birinci ve 31.10.2019 tarihinde ise ikinci toplantısını Ömerler yeraltı ocağı idari binasında gerçekleştirmiştir. Komisyon üyelerinin tatbikat hazırlığı kapsamında görev dağılımları yapılmıştır. Tatbikat hazırlığı için yol haritası belirlenmiştir. Tatbikat için yapılacaklar tutanakla kayıt altına alınmıştır. Tatbikatta gerekli olacak malzemeler ve araç gereçler belirlenerek temini için çalışma başlatılmıştır. Komisyon son iki toplantısından birisini Kütahya AFAD yetkilileri ile Kütahya AFAD İl Müdürlüğünde diğerini ise AFAD yetkilileri ve diğer katılımcı Kurum, Kuruluş ve özel sektörden firma yetkililerinin katılımıyla, tatbikattan 2 gün önce ocak sahasında bulunan Tahlisiye Merkezinde yapmıştır.

Bu yapılan toplantılarla paralel olarak senaryo çalışmaları da devam etmiş, eksikler giderilmiştir. Tatbikat ile ilgili hazırlıklar tamamlanmıştır.

Senaryo

Tatbikat senaryosu Ömerler yeraltı kömür ocağında üretim panosu olan A6 pano ayak içinde kömürün kendiliğinde yanması ve sonrasında tahkimat tavanında birikmiş olan açık alevin madencilerin çalışma bölgesine akması neticesinde, ocak havasına karışan zararlı gazların madencileri zehirlenmesi üzerine kurgulanmıştır.

Tatbikatın düzenlendiği A6 panosu, tam mekanize olarak çalışan içinde 54 tahkimatın bulunduğu ve 90 metre ayak uzunluğu olan bir üretim panosudur. Panoda kömür damarının kalınlığı ortalama 8 metredir. Ayakta üretim çift tamburlu kesici yükleyici makine ile yapılmaktadır. Tahkimatlarının önünde ve arkasında olacak şekilde 2 konveyör bulunmaktadır. Ön konveyör kesici makinenin aynadan kestiği 3,5 metrelik kömür dilimini toplayıcı konveyöre taşımakta, arka konveyör ise geriye kalan ve tavanda bulunan 4,5 metrelik kömürü yine aynı şekilde toplayıcı konveyöre taşımaktadır. Panoda üretim yöntemi geri dönüşlü arkadan göçertmeli uzun ayaktır. Ocakta çalışma 3 vardiya halinde 24 saat yapılmaktadır. Üretim bölgesinin ocak dışına olan uzaklığı yaklaşık 1392 metre, derinliği ise yeryüzünden 191 metredir. Maden kazasının meydana geldiği noktanın kotu 716'dır.

Maden kazasına neden olan kömürün kendiliğinden yanması olayı, 05.11.2019 tarihi vardiya 1, saat 05:20'de ayak içinde 40. tahkimatın tavanında birikmiş olan açık alevin 13.11.2019 vardiya 2, saat 09:30'da yangın söndürme çalışmaları sırasında öngörülmeyle üretim ortamına boşalmasıyla meydana gelmiştir. Açık alevin çalışma ortamına akmasıyla ortamda yüksek miktarda duman geliri olmuştur. Havanın akış yönünde bulunan ayağın motor başı bölgesi ve A6 kömür galerisi yüksek oranlarda zararlı gazların etkisinde kalmıştır. Ayak motor başı ve A6 kömür galerisinde görevli 18 madenci ortaya çıkan gazın etkisinde kalmıştır.

Ocakta faal olan haberleşme ve personel takip sisteminden (PTS) elde edilen bilgiler doğrultusunda, ocak içinde göçük bölgesinin motor başı tarafında 18 madenci olduğu tespit edilmiştir. Bu madencilerden 6 kişinin ayak içinde, 8 kişinin sabit konveyör ve A6 kömür galerisi boyunda, 4 kişinin ise 100 A galerisinin kuyruk bölgesinde oldukları görülmüştür. Kaza haberi hızlı bir şekilde 112 Acil Çağrı Merkezine bildirilmiş, kazadan ilgili Kamu Kurum ve Kuruluşları haberdar edilmiştir. Ocakta aynı vardiyada görevli tahlisiyecilerden 3 ekip oluşturulmuş, 100 A galerisinin kuyruğunda oldukları tespit edilen 4 madenci yaralı olarak kurtarılmıştır. Şekil 3'de yaralı madencinin kurtarıldıktan sonra yer üstüne ulaştırılma görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Yaralı madencinin kurtarıldıktan sonra yer üstüne ulaştırılma görüntüsü

A6 pano ayak içinde zararlı gazlara maruz kalan 6 madenciye, A6 kömür yolu sabit konveyör boyunda 4 madenciye ve aynı galerinin baş tarafının 170. metresinde de 4 madenciye daha ulaşılarak toplamda 14 madenciye ulaşılmıştır. Yapılan temel yaşam desteği sonucunda bu kişilerin hayatlarını kaybettikleri anlaşılmıştır. Şekil 4'de kurtarılan yaralı madencinin yerüstünde beklemekte olan sağlık ekiplerine teslim edilme görüntüsü görülmektedir. Ocaktan çıkarılan kazalı madenciler sağlık kuruluşlarına sevk edilmiştir.



Şekil 4. Kurtarılan yaralı madencinin yerüstünde beklemekte olan sağlık ekiplerine teslim edilme görüntüsü

Maden kazasının İşletmenin kendi imkânlarıyla üstesinden gelemeyeceği anlaşıldıktan sonra, kaza haberi T.K.İ Genel Müdürlüğüne bildirilmiş, Genel Müdürlük Bakanlık ADKY Merkezi Koordinatörlüğünün toplanması için çağrıda bulunmuştur. Bu aşamadan sonra Bakanlıkça Kriz Masasının başına İşletme Müdürü atanmıştır. Bu aşamadan sonra Kurtarma faaliyetleri Bakanlık temsilcisi Başkanlığında yürütülmüş ve sonuçlandırılmıştır.

DEĞERLENDİRME

Tatbikat planlandığı şekilde vardiya 2'de saat 09:30'da başlamıştır. Tatbikat süresinde senaryoda öngörülen saatler büyük oranda bağlı kalınmıştır. Kaza haberinin yeraltından vardiya mühendisince Daimi Nezaretçiye bildirilmesine müteakip, daimi nezaretçi zaman kaybetmeden kazayı İşletme

Müdürüne bildirmiştir. Kazanın işletme imkânlarıyla üstesinden gelinemeyeceği anlaşıldıktan sonra, kriz masasınca kaza haberi Kurum Genel Müdürlüğüne bildirilmiştir. Kurum Genel Müdürü kısa sürede Bakanlıkla irtibata geçmiştir. Kaza haberinin ulaşmasından sonra Bakanlık bünyesinde ADKYM toplanmıştır. Bakanlıkça İşletme Müdürü kriz masasının başına atanmıştır (Şekil 5). Bakanlıkla kriz masası arasında görüntülü bağlantı sağlanmıştır. Kurtarma çalışmaları kriz masasının yönetimine Bakanlık'ın Talimatları doğrultusunda devam etmiştir. İşletme Müdürü saatinde 112 Acil Çağrı Merkezini aramıştır. Böylelikle Türkiye Afet Müdahale Planına (TAMP) kayıtlı Kamu Kurum ve Kuruluşların kazadan haberdar edilmeleri sağlanmıştır.



Şekil 5. Kriz masası başkanlığını yürüten Kütahya Valisi Sn. Ömer TORAMAN'ın GLİ Müdürü Sn. Recep ÇELİK'ten bilgi aldığı anların görüntüsü

Kaza haberini alan; Kütahya Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Ulusal Medikal Kurtarma Ekibi (UMKE), ekipleri ve Tavşanlı itfaiyesi olay bölgesine intikal etmiştir. Ömerler ocağına yakın bölgelerde faaliyet gösteren özel firmalara ait Tahlisiye ekipleri, kurtarma çalışmalarında görev almak için Ömerler yeraltı ocağına gelmiştir. AFAD ve UMKE ekipleri gerekli hazırlıklarını yaparak ocak girişine yakın bölgelerde tertibatlarını almışlardır. AFAD yetkilileri kriz masasıyla toplantı yaparak durum değerlendirmesinde bulunmuştur. Kurtarma çalışmalarında gerekli olabilecek araç gereçler tespit edilerek teminleri sağlanmıştır.

Jandarma ve Kurumun Özel Güvenlik ekipleri ocak sahası girişi bölgesinde gerekli emniyet tedbirlerini almış, ocak giriş galerilerinin etrafını emniyete alarak, ocakla ilgisi olmayan kişilerin ocağa girmesine engel olmuştur.

Olayı haber alan madenci yakınları ve çevre yerleşimindeki vatandaşlar Ömerler yeraltı ocağı sahasına gelmiştir. Ocaktan kendi imkânlarıyla çıkan yaralı madencilere ve madenci yakınlarına UMKE ve 112 sağlık ekipleri gerekli desteği sağlamıştır.

KAYNAKLAR

<https://www.cdc.gov/niosh/topics/emergency.html>

Madenlerde acil durum yönetimi ve dikkat edilmese gereken hususlar - Niyazi bilim, atıye bilim

<https://www.medak.org.tr/faydali-bilgiler/dunyada-afet-yonetimi-ve-gelisimi/>

[Acil durum hazırlığı ve müdahalesinde doğru uygulamalar icmm/unep](#)

[Etkb madenlerde güvenlik projesi raporu](#)

**İŞ KAZALARININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN NİTELENDİRİLMESİ VE İŞVERENİN
SORUMLULUĞU**
*QUALIFICATION OF WORK ACCIDENTS IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AND
EMPLOYER'S RESPONSIBILITY*

T. Karadağ^{1*}, Z. E. Şapçı²

¹ Boğaziçi Üniversitesi Öğretim Üyesi

² İzmir Barosu Avukatı

(*Sorumlu Yazar: turabikaradag@windowslive.com)

ÖZET

Ülkemizde ve dünyada iş kazaları, çalışma hayatının en önemli sorunları arasında yer almaktadır. İş kazaları, çalışan ve işveren açısından olduğu kadar, sigortalısına karşı riskleri üstlenmiş olan Sosyal Güvenlik Kurumu açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle iş kazaları, gerek bireysel iş hukuku açısından gerekse sosyal güvenlik hukuku açısından yargının ve öğretinin en güncel konularından birini oluşturmaktadır. Çalışanı için iş kazası primi ödeyen işverenin, iş kazasının meydana gelmesi ile birlikte Kuruma karşı da sorumluluğu doğmaktadır. Çalışmamızda, işverenin iş kazasından kaynaklanan hukuki sorumluluğu incelenmeye çalışılmış, özellikle yargılamada karşılaşılan sorunlara değinilerek bu sorunların giderilmesine yönelik öneriler getirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: İş kazası, İş güvenliği, İş hukuku, Hukuk

ABSTRACT

Occupational accidents are among the most important problems of working life in our country and in the world. Occupational accidents have important consequences for the employee and the employer as well as for the Social Security Institution, which has undertaken the risks against its insured. For this reason, occupational accidents constitute one of the most up-to-date subjects of the judiciary and doctrine in terms of both individual labor law and social security law. The employer, who pays the work accident premium for his employee, has a responsibility towards the Institution with the occurrence of the work accident. In our study, the legal responsibility of the employer arising from the work accident was tried to be examined, especially by addressing the problems encountered in the judgment, and suggestions were made to overcome these problems.

Keywords: Occupational accident, Occupational safety, Labor law, Law

GİRİŞ

Bir işin görülmesi, çalışma eyleminin gerçekleşmesiyle meydana gelmektedir. Çalışma eylemi de; insanoğlunun gündelik yaşamının ayrılmaz bir parçasıdır. İş görme edimi yerine getirilirken herhangi bir kaza geçirmemek esastır. Fakat ne kadar önlem alınırsa alınsın kazanın gerçekleşmesi de kaçınılmaz bir gerçektir. Çünkü insanoğlu, robotik özelliklere sahip değildir.

Ancak ana hedef, gerekli öngörü ve bilince sahip olup iş kazalarını en düşük seviyede tutmak olmalıdır. İş kazası, iş ilişkisinin meydana geldiği her noktada büyük veya küçük olarak varlık gösterebilmektedir. Özellikle ekonominin temelinde iş bulunmaktadır.

İŞ KAZASININ KAVRAMSAL YAPISI

Bir olayın iş kazası sayılıp sayılmayacağı noktasında; hukuk sisteminin gelişmişliği, düzenlemenin kazuistik (aşırı düzenleyici) olup olmadığı, ülkedeki rejimin sosyal devlet yönü ve ülkelere özgü diğer bazı durumlar etkili olabilmektedir (Yılmaz, 2013).

Üretimin herhangi bir yerinde insan olduğu sürece iş kazalarının da olacağı yadsınamaz bir gerçek olmakla birlikte bu kazaların kavramsal anlamının tespit edilmesi gerekmektedir. İş kazalarının tanımsal yapısının tespiti açısından da iş kazalarının hukukî temelini irdelenmesi önem taşımaktadır. İş kazası, Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından, “Bir veya birden fazla işçinin kişisel yaralanma, hastalık veya ölümüyle sonuçlanan, şiddet olayları da dahil iş ile bağlantılı beklenmedik ve planlanmadık olay” olarak tanımlanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü ise, iş kazasını “önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara, makinelerin, araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olay” olarak tanımlamıştır. Her iki tanıma da baktığımızda, planlanmayan olay ve yaralanmayla sonuçlanması bakımından ortak hükümler yer almakla birlikte, kazaya maruz kalan kişinin beden ve ruhen özüne uğramasına değinilmemiş, sonucunda ölüm gibi vahim bir hadisenin oluşabileceğinden de bahsedilmemiştir. Bu yaklaşımın doğal sonucu olarak, işyerinde ve yapılan işle bağlantılı olarak gerçekleşen zararlandırıcı olayların iş kazası sayılması, genel anlamda dünyada kabul görmüş ortak bir kriter haline gelmiştir.

İş kazasına ilişkin en dikkat çekici tanımlamalardan biri Alman mevzuatında kendisine yer bulmuştur. Alman Sosyal Kanunu’nun Yedinci Kitabının sekizinci başlığında iş kazası kavramı, oldukça detaylı şekilde ele alınmış ve sigorta yardımlarına konu olan bu olgunun çerçevesi olabildiğince net çizilmiştir. Alman Sosyal Kanunu’nun sekizinci bölümünde düzenlenmiş olan iş kazası, sigortalıların çalışma kapsamının ayrıntılı bir şekilde düzenlendiği kanunun 2. 3. ve 6. bölümünde “belirtilen kapsamlardaki sigortalılık faaliyetlerinden doğan kazalar olarak ifade edilmiştir.

Dikkat edilirse Alman Hukuku ve Fransız Hukuku düzenlemelerinde yargı organlarının yorum alanı dar kalırken, Anglo-Sakson hukuk düzeninde yargısal yorum öne çıkmaktadır. Türk Hukuk sistemi ise bu bağlamda sistemsel olarak Kıta Avrupası içinde olmakla birlikte; Alman Hukuku ile kıyaslandığında iş kazası düzenlemesinde bazı açılardan yargısal yoruma daha açık bir düzenlemeye sahiptir. Bunun sebebi Türk Hukukundaki yaklaşımın nispeten daha az detaylı düzenleme metoduna tabi olmasıdır (Yılmaz, 2013).

TÜRK HUKUKUNDA İŞ KAZASI

5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununda İş Kazası

Türk hukukunda iş kazası ayrı ayrı hem 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununda hem de -4857 sayılı İş Kanunu’nun, iş sağlığı ve güvenliği hükümlerini yürürlükten kaldıran- 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda düzenlenmiştir. 2008 yılında yürürlüğe giren 5510 sayılı Kanun ile aslında iş kazalarının sosyal güvenlik sistemi açısından hukukî sonuçları düzenlenmiştir. 5510 sayılı Kanun, bu bakımdan iş kazası ile karşılaşan çalışanlara ve ölümleri hâlinde de geride kalan hak sahiplerine bu Kanun kapsamında sağlanan haklardan yararlanabilmeleri için hangi hâllerin iş kazası olarak nitelendirilebileceğine ilişkin düzenlemeler içermektedir. Bununla birlikte 5510 sayılı Kanunun ilk halinde, 13. maddede sayılan ve iş kazası olarak kabul edilen durumların 4/1, a, 4/1, b ve 4/1, c sigortalıları yönünden uygulanacağı kabul edilmişken, 14.07.2008 tarih ve 5754 sayılı Kanunun 65. maddesi ile yapılan değişiklikle, 4/1, c kapsamındaki sigortalılar bu madde kapsamından çıkarılmıştır. Kanunun halihazırdaki düzenlemesine göre, iş kazası hükümleri, yalnızca bir hizmet akdiyle çalışan sigortalılar ile bağımsız çalışan sigortalılar hakkında uygulanacaktır (Yüksel, 2015).

5510 sayılı Kanunda açık bir tanıma yer verilmemiş olmakla birlikte, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda iş kazası, "işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olayı... ifade eder" şeklinde tanımlanmıştır (6331 Sayılı Kanun). Maddenin gerekçesinde bu tanımın, 5510 sayılı Kanundaki tarifi de kapsayacak, daha genel/üst bir tanım olduğu belirtilmiştir.

Gerekçede ayrıca iş kazası kavramının bu şekilde geniş tutularak 5510 sayılı Kanun'daki tanımın kısıtlanmamasını sağladığına yer verilmiştir. 6331 sayılı Kanun'un 3/I-g hükmüne göre bir olayın iş kazası sayılabilmesi için kazanın işyerinde ya da işin yürütümü nedeniyle olması ve çalışanın ölümüne, vücut bütünlüğünün bozulmasına veya ruhen ya da bedenen engelli hâle gelmesine neden olması gerekmektedir.

İş kazası kavramı 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununda ise 13 üncü maddesinin birinci fıkrasında tanımlanmıştır. Buna göre iş kazası:

- "a) Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada,
- b) İşveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle,
- c) Bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,
- d) Bu Kanunun 4 üncü maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi kapsamındaki emziren kadın sigortalının, iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,
- e) Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen engelli hâle getiren olay" olarak hüküm altına alınmıştır (5510 sayılı Kanunu).

Bu hükmün tam anlamıyla tanım içeren bir düzenleme olduğu söylenemese de, hukuk tekniği açısından tanımlayıcı bir hukuk kuralı olduğu söylenebilir. Bu konudaki bir Yargıtay kararında, "Anılan hüküm tanımlayıcı hüküm niteliğindedir ve bir konuda tanımlayıcı hüküm olunca, tanımlamada o hükmün göz önünde tutulmasına yasal ve hukuksal zorunluluk vardır. Daha açık bir anlatımla, nasıl, bu hükmün dışında bir olayı bu hükmün belirlediği tanıma uymamasına rağmen başka bir görüş ve esastan hareketle, iş kazası saymak mümkün değilse, bu tanımın belirlediği bir çerçeveye giren bir olayı da, aynı şekilde iş kazası olarak tanımlamamak mümkün değildir" ifadeleriyle hükmün tanımlayıcı hukuk kuralı yönü vurgulanmıştır (Kazancı, 2020).

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu da benzer bir şekilde, iş kazasının yasada tanımlanmadığını, ancak bir kazanın hangi hal ve durumlarda iş kazası sayılacağına yer ve zaman koşullarıyla sınırlanarak Kanunda belirtildiğine hükmetmiştir. Söz konusu kararında Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, iş kazasını "maddede sayılı olarak belirtilmiş hal ve durumlardan herhangi birinde meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedence veya ruhça arızaya uğratan olay" olarak tanımlamıştır (Yargıtay, 2004).

Bir başka Yargıtay kararında ise iş kazası "işçinin, işverenin otoritesi altında bulunduğu bir zamanda vukua gelen her kaza iş kazasıdır" tanımlaması benimsenmiştir. Doktrindeki yaklaşımlara bakıldığında ise genellikle aynı tanım üzerinde bir uzlaşma olması dikkat çekicidir. Bu kapsamda iş kazası genel itibarıyla, işçinin işverenin otoritesi altında bulunduğu bir sırada, işveren için yaptığı iş veya bu iş nedeniyle aniden ve dıştan gelen olay sonucu onu bedenen veya ruhça zarara uğratan olay şeklinde ifade edilmiştir (Eren, 1974). Buna karşın doktrindeki bir diğer tanımda ise geniş bir yaklaşım benimsenmiş ve "birdenbire veya hiç değilse kısa bir zaman parçası içinde meydana gelmiş zarar verici bir olay" iş kazası olarak kabul edilmiştir (Tunçomağ, 1982).

Daha dar bir yaklaşımı tercih eden yazarlar ise sigortalının çalıştığı sırada iş gücüne zarar veren her olay, genellikle sosyal sigorta bakımından bir mesleki riski anlamında iş kazasıdır ifadesini benimsemişlerdir (İzveren, 1970).

Ancak netice itibarıyla 5510 sayılı Kanununun anılan hükmünden de anlaşılacağı üzere, Sosyal Sigortalar Hukuku anlamında iş kazasının unsurları; bir kazanın (zararlandırıcı olay) meydana gelmesi, kazaya maruz kalanın sigortalı olması, kaza sonucunda sigortalının ruhen veya bedenen engelli hale gelmesi, kaza ile ortaya çıkan zarar arasında illiyet bağı bulunması ve kazanın maddede belirtilen (md. 13/1(a)'dan (e)'ye kadar sayılan) hallerden birine uygun olarak gerçekleşmesidir (Şakar, 2015).

İş Kazasının Unsurları

5510 sayılı kanunda iş kazasının unsur ve koşulları sayılmıştır iş ve işverenle ilgisi olmalıdır diye Anılan hükümden de anlaşılacağı üzere, Sosyal Sigortalar Hukuku anlamında iş kazasının unsurları; bir kazanın (zararlandırıcı olay) meydana gelmesi, kazaya maruz kalanın sigortalı olması, kaza sonucunda sigortalının ruhen veya bedenen engelli hale gelmesi, kaza ile ortaya çıkan zarar arasında illiyet bağı bulunması ve kazanın maddede belirtilen (md. 13/1(a)'dan (e)'ye kadar sayılan) hallerden birine uygun olarak gerçekleşmesidir (Şakar, 2015). Söz konusu hüküm gereğince bir olayın iş kazası sayılabilmesi için, kazayı geçiren kişinin sigortalı olması, sigortalının işyerinde veya işyerinden sayılan yerlerde bulunması, olayın işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle meydana gelmesi, kaza ile sonuç arasında uygun bir illiyet bağının bulunması, kaza sonucu bedence veya ruhça öze uğraması ve bu unsurların bir arada gerçekleşmesi gerekmektedir. Ancak iş kazası işin yürütümü sırasında meydana gelen olayı ifade etmekte ise de, yapılan işle ilgisi olmayan bazı hal ve durumlarda meydana gelen olayları da kapsadığı gözden uzak tutulmamalıdır (Tuncay ve Ekmekçi, 2019).

Kazaya Uğrayan Kimsenin Sigortalı Sayılması

Meydana gelen olayın iş kazası olup olmadığı değerlendirilirken, sigortalı için prim ödenmiş olması veya sigortalının belirli bir süre çalışmış olması gibi koşullar aranmayacağı gibi, iş kazasının meydana geldiği tarihte sigortalının yaşının küçük olması veya sigortalının emekli iken çalışıyor olması da önem arz etmeyecektir (Akdeniz vd., 2014). Aynı şekilde, sigortalının kısmi zamanlı veya tam zamanlı çalışması da iş kazası yönünden fark yaratmayacaktır. Ancak önemle belirtmek gerekir ki kazaya uğrayanın fiilen sigortalı olması yani sigortalılık niteliklerine sahip olması şarttır. Bu bağlamda, gerçekte bir hizmet ilişkisine bağlı olarak fiilen çalışmadığı halde sigorta primleri yatırılan ve sadece kayden sigortalı görünen bir kişinin kazaya uğraması halinde, iş kazasının varlığından söz edilemeyecektir. Kısacası, burada "sigortalı" kavramı, işverene bağlı olarak çalışan iş göreni ifade etmektedir. Kayıt dışı çalıştırılıyor olması" sigortalı" olması gereğini ve bu sıfattan dolayı doğacak haklarını ortadan kaldırmamaktadır.

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası kapsamında bulunan ve 4207 sayılı Yasa ile değişik 3308 sayılı Mesleki Eğitim Yasasında düzenlenen aday çırak, çırak ve işletmelerde meslek eğitimi gören öğrenciler, sosyal güvenlik destek primine tabi olarak çalışan emekliler ve ayrıca ceza infaz kurumları ile tutukevleri bünyesinde oluşturulan tesis, atölye ve benzeri ünitelerde çalıştırılan hükümlü ve tutuklular, Türkiye İş Kurumu tarafından düzenlenen meslek edindirme, geliştirme ve değiştirme eğitimine katılan kursiyerler, sanatçılar, koruma bekçileri ve genel ev kadınları da iş kazası kapsamı içerisindedir. Öte yandan elliden az işçinin çalıştığı tarım ve orman işleri İş Kanunu'nun kapsamı dışında kalmasına karşın, söz konusu işlerde sürekli olarak çalışan tarım işçileri 5510 sayılı Kanun kapsamında sigortalı kabul edildiklerinden, bu kişilerin maruz kaldıkları kazalar da iş kazası olarak kabul edilmektedir. Kısacası, burada "sigortalı" kavramı, işverene bağlı olarak çalışan iş göreni ifade etmektedir. Kayıt dışı çalıştırılıyor olması" sigortalı" olması gereğini ve bu sıfattan dolayı doğacak haklarını ortadan kaldırmamaktadır.

Kazanın Gerçekleşmiş Olması

Borçlar hukuku açısından kaza, borçlunun kusur ve iradesi dışında meydana gelen, önceden görülemeyen, kaçınılması mümkün olmayan zarar doğuran ve borçluyu sorumluluktan kurtaran herhangi bir olaydır.

Gerçekleşen bir olayın iş kazası olarak değerlendirilebilmesi için sigortalıda bedence veya ruhça arıza oluşturan veya ölümüne neden olan olayın, dış etki sonucu ortaya çıkmış olması gerekmektedir. Yine, sigortalının kastı veya suç sayılır bir hareketi sonucu olayın meydana gelmiş olması, iş kazası sayılma niteliğini ortadan kaldırmayacaktır (Çolak, 2005). İşyeri sınırları içerisinde sigortalının intihar sonucu vefat etmesi durumlarında her ne kadar görünürde bir dış etki olmadığı düşünülse de intihar olaylarında kişinin intihar eylemini gerçekleştirdikten hemen sonra fakat ölümden çok kısa bir süre önce intihar iradesinden vazgeçtiği, bu iradesini eyleme dökmesinin mümkün olmaması sonucunda ölümün gerçekleşmiş olduğu, dolayısıyla ölen kimsenin iş kazası geçirdiği kabul edilmektedir (Geçer, 2004). Nitekim Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2016/21 sayılı Genelgesinde (29.09.2016 tarihli Kısa Vadeli Sigorta Kolları Uygulamaları Genelgesi) sigortalıların işyeri sayılan yerlerde; avluda yürürken düşmesi, dinlenme saatinde top oynarken ayağının burkulması, bahçede meyve ağacından meyve toplarken düşmesi, tarlada çalışır iken traktör ile kaza geçirmesi, yemek yerken elini kesmesi, dinlenme odasında dinlenirken sobadan zehirlenmesi, işyerinde intihar etmesi, işyeri sınırları içinde bulunan havuzda boğularak ölmesi, ücretli izinli bulunduğu sırada çalıştığı işyerindeki arkadaşlarını ziyaret için geldiğinde kaza geçirmesi, araçlarla çalışanların bu araçlarda geçirecekleri kazaların iş kazası olarak kabul edileceği belirtilmiştir. Buna göre Kurum uygulamasında, olayın harici bir etkenle olup olmadığı üzerinde durulmaksızın, Kanunun 13. maddesinde sayılan unsurlar çerçevesinde gerçekleşen tüm kazalar iş kazası olarak kabul edilmektedir.

Kaza Olayının Bedence ve Ruhça Zarar Vermesi

Herhangi bir kazanın 5510 sayılı Yasa hükmünce iş kazası sayılabilmesi için kazanın sigortalıyı bedence veya ruhça bir arızaya uğratması gerekmektedir. Yani kaza geçiren kişinin beden ya da ruh bütünlüğünde bir bozulma veya zarar meydana gelmesi gerekmektedir. Bedence ya da ruhça arıza veya zarara uğrama halinin hemen ya da sonradan ortaya çıkmış olmasının bir önemi yoktur. Dolayısıyla sigortalının iş kazası sonucunda sigorta yardımlarına hak kazanabilmesi için hemen veya sonradan bir zarara uğraması gereklidir (Yargıtay 21. HD 29.04.2013, 2012/3393 E., 2013/8223 K. sayılı kararda, işyerinde muhasebe müdürü olarak çalışanın farklı işyerlerince ortak kullanım alanında olan otoparktaki aracın bagaj kapağını açarken beyin kanaması geçirip hastanede vefat etmesini iş kazası kabul eden yerel mahkemenin kararını şu gerekçelerle bozmuştur: "Somut olayda; davacının eşinin olay sırasında binmek üzere olduğu aracın kime ait olduğu, bu araç işyerine ait ise müteveffanın bu aracı hangi amaçla, hangi zaman dilimlerinde kullandığı gibi hususlar saptanmadan ve olayın meydana geldiği otopark, yerinde görülerek işyeri ile olan bağlantısı da araştırılmadan yazılı şekilde karar verilmiş olması isabetsiz olmuştur." (Yargıtay Kararları 2020). Söz konusu zarar kapsamına gelir kaybının yanı sıra, vücut bütünlüğünde ve ruhta ortaya çıkan zararlarla ölümden girmektedir (Yılmaz, 2017). Dolayısıyla bedenlen sağlıklı durumda olan sigortalının kaza sonucunda psikolojik olarak zarara uğraması halinde dahi olay, iş kazası olarak kabul edilecektir. Netice itibarıyla meydana gelen kazanın sigortalının vücut bütünlüğüne zarar vermesi esastır. Sigortalının malvarlığında meydana gelen zararlar, örneğin sigortalının elbisesinin yırtılması, çantasının yanması gibi olaylar iş kazası olarak kabul edilmeyecektir.

Görüldüğü üzere sigortalı işçinin maruz kalmış olduğu iş kazası nedeniyle "hemen veya sonradan bedenlen ya da ruhen engelli hale gelmesini" diğer bir anlatımla "hemen veya sonradan bedenlen ya da ruhen zarara uğramasını", 5510 sayılı Kanunun, 13' üncü maddesinin 3 Mayıs 2013 tarihli ve 28636 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 25.04.2013 tarihli ve 6462 sayılı Kanunun 1' inci maddesiyle değiştirilmeden önceki hali dikkate alındığında "hemen veya sonradan bedenlen ya da ruhen özüre uğramasını" ifade etmektedir. Dolayısıyla, sigortalıların maruz kaldıkları kaza olaylarının, 5510 sayılı Kanun kapsamında bir

iş kazası olarak kabulü için, iş kazasının diğer unsurları/şartları ile birlikte, söz konusu olay nedeniyle sigortalının hemen veya sonradan “bedenen ya da 29 ruhen engelli hale gelmesi/zarara uğraması/özre uğraması” unsurunun da varlığı şarttır. Zira sigortalının hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen herhangi bir şekilde zarara uğraması söz konusu değilken bir iş kazasından bahsedilebilmesi mümkün değildir. Örneğin, işverenin yanında hizmet akdine tabi çalışan sigortalılar ile kendi adına ve hesabına bağımsız çalışan sigortalı işverenin, işyeri sınırları içerisinde bulunan malzeme hangarında çalışırken ve malzemelerin yerlerini değiştirirken malzemeler devrilerek sigortalıların hafif şekilde yaralanmasına neden olmuş, sigortalılar kendi imkanları ile tedavi olmuşlar ve işlerine devam etmişler. Bu olay esnasında veya sonrasında herhangi bir zarar görmemişlerdir. Meydana gelen kaza olayı neticesinde sigortalıların vücut bütünlüğünde bir hasar meydana gelmemiş ya da manevi olarak olumsuz bir etkiye neden olmamış olması, olayın 5510 sayılı Kanun kapsamında bir iş kazası olarak kabul edilmemesini neden olmuştur. Ancak söz konusu olayda sigortalıların bedence veya ruhça zarara uğramaları unsuru da gerçekleşmiş olsaydı 5510 sayılı Kanun kapsamında bir iş kazasının kabulü mümkün olabilecektir.

Uygun İlliyet Bağının Bulunması

Sigortalının maruz kalmış olduğu her kaza iş kazası olarak nitelendirilmemektedir. Yani bir kaza olayının varlığı o olayın iş kazası olması için yeterli değildir. Söz konusu olayın iş kazası olarak kabul edilmesi için uygun illiyet bağının varlığı gereklidir (Süzek, 1985). Uygun illiyet bağı, olayların normal akışına ve genel hayat tecrübelerine göre gerçekleşen türden zararlı bir sonucu meydana getirmeye elverişli ya da böyle bir sonucun gerçekleşmesini kolaylaştıran sebeple sonuç arasındaki bağıdır (Uyar, 2003). Bununla birlikte Türk Sosyal Güvenlik Hukuku düzenlemesinde iş kazası, tek basamaklı bir illiyet bağı üzerine temellenmiş ve yürütülen işle meydana gelen kaza arasında herhangi bir ilişkinin bulunması gerekliliği öngörülmemiştir. Ancak önemle belirtmek gerekir ki görülen işle kaza arasında nedensellik bağının aranması, işverenin iş güvenliği önlemlerini alma borcundan kaynaklanmaktadır. Haliyle işveren iş güvenliği önlemlerini almadığı için bundan doğan zararlardan sorumlu olacağı için; bu sorumluluğun sınırının belirlenmesi anlamında meydana gelen kaza ile zarar arasında uygun illiyet bağının varlığı aranacaktır. Kaldı ki illiyet bağının tespiti, meydana gelen kazanın iş kazası olup olmadığını da ortaya koyacaktır (Yargıtay 21. HD 25.11.2013, 2012/17141 E., 2012/21766 K. sayılı kararında, iş kazası tespiti istemine ilişkin davada yerel mahkeme kararını bozmuştur. Kazazede merhum, bilgisayar şirketine bağlı sigortalı olarak Şırnak Devlet Hastanesi’nde otomasyon biriminde görevlidir. Olay günü, çocuğa cinsel istismar suçundan cezaevinde tutuklu bulunan bir mahkûm tedavi için hastaneye getirilir; akabinde halk bu kişiye linç girişiminde bulunur. Bu sırada hastane kampüsünde tek katlı bir inşaatla çalışan işçiler tutuklu kişiye taş atarlar. Bu işçileri uyarmak için inşaatçı çıkan kazazede sigortalı, çıkan tartışma sonucu ateşli silahla öldürülür. Yerel mahkemenin iş kazası tespitini Yargıtay şu düşünceyle bozmuştur: “Somut olayda, davacılar murisi Şırnak Devlet Hastanesi bilgisayar otomasyon sistemine veri girişi içinde çalışmaktadır. Vefat ile sonuçlanan olay ise hastane bahçesinde bulunan ve yapımı devam eden inşaat halindeki tek katlı binanın üzerinde meydana gelmiştir. Ayrıca davacılar murisinin inşaat halindeki bina üzerinden taş atan kişileri yatıştırmak, onlara engel olmak veya onları aşağı indirmek gibi herhangi bir görevi de bulunmamaktadır. Dolayısıyla olay işyerinde ve işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle meydana gelmemiştir. Meydana gelen olayla murisin yaptığı iş arasında illiyet bağı bulunmamaktadır. Bu nedenlerle davanın reddi gerekirken yazılı şekilde kabulüne karar verilmesi usul ve yasaya aykırı olup bozma nedenidir.” Bu karara göre hastane bahçesindeki inşaat, işyerinden sayılmamış, bu yüzden de iş kazası kabul edilmemiştir (Yargıtay Kararları, 2020).

İlliyet bağı iş kazaları açısından iki yönde kurulabilir. Sigortalının gördüğü iş ile meydana gelen kaza arasında bir bağın mevcudiyeti gereklidir. Uğranılan kazanın, görülen iş dolayısıyla meydana gelmesi durumunda iş ile kaza arasında illiyet bağının var olduğu kabul edilmektedir. Örnek bir olayda, mezbaha işyerinde haftada iki gün gelip kesim yaparak çalışan sigortalı, o gün sarhoş durumda çalışırken bıçağı hayvana saplayacağı yerde bacağına saplayarak kan kaybından ölmüştür. Yargıtay olayı SSK md.11/A ‘nın a ve b fıkraları göz önüne alınıp değerlendirerek bunu iş kazası saymıştır (Y. 10.HD, T. 23.3.1992, E.91/12579, K.92/3624, Y.K.D., Mayıs 1992, s.172).

Bu olayda işçi sarhoş dahi olsa çalışırken uğranılan kaza iş kazasıdır. Çünkü olay işyerinde ve işverenin otoritesi altında, işveren tarafından yürütülmekte olan iş dolayısıyla meydana gelmiştir. Ancak bu noktada önemle belirtmek gerekir ki iş kazası tanımlamasının yapılması için kazanın işyerinde gerçekleşmesi zorunlu bir unsur değildir. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu 10.6.1983 tarihli, 382/652 sayılı kararında bir kadın işçinin süt izni süresi içinde işyerine gitmek üzere yolda karşıdan karşıya geçerken bir aracın çarpması sonucu ölmesini iş kazası olarak kabul etmiştir. Yine Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2016/21 sayılı Kısa Vadeli Sigorta Uygulamaları Genelgesi'nde de şöyle denilmektedir: "Kadın sigortalının çocuğunu emzirmek için belirlenen zamanda işyerindeki emzirme odasında merdivenden düşmesi sonucu meydana gelen kaza, çocuğun bulunduğu yere gidiş gelişi esnasında geçirdiği trafik kazaları iş kazası sayılmalıdır (Yargıtay Kararları, 2020).

Olayın iş kazası olarak değerlendirilmesinde sigortalının kendi dikkatsizliği kusur ya da kastının da bir önemi yoktur. Belirtmek gerekir ki, "bir olayın meydana gelmesi" ifadesi ile, sonucunda bir zararın meydana geldiği, ani veya kısa sürede gerçekleşen bir olay ifade edilmektedir. Türk Hukukunda olay kavramına, sigortalının kastı ya da kusuru ile meydana gelen olaylar -örneğin intihar- da dâhil edilmiştir. Böyle bir durumda bile olay iş kazası olarak kabul edilecektir (Yargıtay Kararları 2020). Her ne kadar iş kazası tanımı yapılması hususunda olayın işyerinde gerçekleşmesi zorunlu olmamakla birlikte Yargıtay iş kazasının oluşumu için kazanın işyeri sınırları içerisinde meydana gelmesini yeterli bulmakta, ayrıca kazanın yapılan işle ilişkisi olup olmadığını araştırmamaktadır. Örneğin Yargıtay işçinin düşmanları tarafından öç almak kastıyla işyeri sınırları içerisinde öldürülmüş bulunmasını iş kazası olarak kabul etmiştir (Yargıtay 10. H.D., T. 30.04.1974, 38091/14209, Yargıtay 21. H. D., T. 03.11.2004, 8871/9254, , Legal İçtihat Bankası, Erişim Tarihi 25.10.2020. Yargıtay 21. HD 18.06.2013, 2012/7530 E., 2012/12862 K. sayılı kararında ise, belediye başkanı tarafından başka bir köye gitmesi için görevlendirilen sigortalının kahvede oturduğu sırada husumeti olan başka bir kişi tarafından bıçaklanarak öldürülmesini iş kazası sayan yerel mahkemenin kararını şu gerekçelerle bozmuştur: "Somut olayda, ölüm olayı işveren tarafından verilen işin yapıldığı esnada ve işyerinde meydana gelmemiştir. Muris kahvehanede otururken öldürülmüştür. Yasanın aradığı iş kazası unsurları bu olayda mevcut değildir. Bu nedenle murisin ölüm olayının iş kazası olmadığı açıktır." Yargıtay'ın bu şekilde verdiği karara katılmak mümkün değildir. Yargıtay HGK 09.10.2013, 2013/21-102 E., 2013/1456 K. sayılı kararında, zararlandırıcı olayda işverenin sorumluluğu hususunda şunları belirtmiştir: illiyet bağının mücbir sebep, zarar görenin veya üçüncü kişinin ağır kusuru nedenleriyle kesilmesi halinde işverenin sorumluluğuna gidilmesi mümkün değildir. Somut uyuşmazlıkta, pilotun üçüncü kişi olduğu ve pilotaj hatasının da sorumluluğun tüm halleri için gerekli illiyet bağını keseceği gözetilmek suretiyle Mahkemece olayın niteliğine göre işverenin alması gerekli veya alabileceği önlemlerin olup olmadığı, varsa bunlardan hangi önlemleri aldığı, hangi önlemleri almadığı, alınan önlemlere işçinin uyup uymadığı gibi hususlar belirtilerek, işverene atfedilebilecek bir kusur veya üçüncü kişi olarak pilot hatasının bulunup bulunmadığı hususları ile, olayda mevcut ise kusurun aidiyeti ve oranının hiçbir kuşku ve duraksamaya yer vermeyecek biçimde belirleneceği bir rapor alınıp irdelenerek, sonucuna göre karar verilmelidir. O halde, yetersiz kusur raporuna dayalı olarak olayda illiyet bağının kesildiğinin yöntemince kanıtlanamadığı gerekçesiyle davalı işverenin sorumluluğuna dair kararda direnilmesi isabetsizdir (Yargıtay Kararları, 2020).

SONUÇ ve ÖNERİLER

İş kazası, gerek Bireysel İş Hukukunun gerekse Sosyal Güvenlik Hukukunun en güncel çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Esasında bu kavramların gelişimi, İş Sağlığı ve Güvenliği alanlarının gelişimi ile de paralellik göstermektedir. Sanayi devrimi ile birlikte daha çok bedenen çalışmaya dayalı olarak gelişen işçi – işveren ilişkisi özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısındaki teknolojik gelişmelerle birlikte daha farklı bir görünüme sahip olmuştur. Günümüzde ise sanayinin klasik üretim biçimlerinin yanında özellikle yapay zeka kavramı, üretim biçimlerini şekillendirmeye başlamıştır. Yaşanan tüm bu değişimler, işçi, işveren ve işyeri başta olmak üzere gerek İş Hukuku alanındaki ve gerekse Sosyal Güvenlik Hukuku alanındaki en temel kavramların da yeniden yorumlanması ihtiyacını beraberinde getirmektedir.

İş kazası ve kavramı da yaşanan gelişmelerle birlikte yeniden yorumlanmaya ve değerlendirilmeye ihtiyaç durmaktadır. İş kazası denildiğinde, ilk olarak işçi ve işveren ilişkisi üzerine etkileri akla gelmektedir. Konunun bu yönü, sözleşmeye aykırı bir davranıştan kaynaklanması nedeniyle bireysel iş hukukunu ilgilendirmektedir. Öte yandan, aynı iş kazası kaynaklı olarak Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından, sigortalı veya hak sahiplerine yapılan yardım ve ödemeler nispetinde Kurumun bir zarara uğradığı da açıktır. Kurum, 5510 sayılı Kanunun kendisine tanıdığı yetki doğrultusunda, yapmış olduğu yardım ve ödemeleri işverenden talep etmektedir. İş kazasının bu yönü ise, Sosyal Güvenlik Hukuku'nun konusunu oluşturmaktadır. İş kazası sigortasına ilişkin primlerini ödeyen işverenin, prim ödeme borcunu yerine getirmesine karşın Kuruma karşı iş sağlığı ve güvenliği anlamında sorumluluğunun ortadan kalkmaması, konuyu daha da önemli hale getirmekte ve özellikle tazminat davaları anlamında işverenin sorumluluğunu ciddi anlamda ön plana çıkarmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akdeniz, A.L. (2014). İşverenin İş Kazası ve Meslek Hastalığından Kaynaklanan Sorumluluğunun Hukuki Niteliği, Prof. Dr. Berin Ergin'e Armağan, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, C. LXXII, S. 2, Legal Yayınevi, İstanbul.
- Çolak, M. (2005). Sosyal Sigortalar ve İş Hukuku Uygulama Rehberi, Ankara, Yaklaşım Yayıncılık, Ekim.
- Eren, F. (1974). Borçlar Hukuku ve İş Hukuku Açısından İşverenin İş Kazası ve Meslek Hastalığından Doğan Sorumluluğu, Ankara.
- Geçer, B. (2004). İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı, Yaklaşım Yayıncılık, Ankara.
- İzveren A. (1970). Sosyal Politika ve Sosyal Sigortalar, Ankara.
- Süzek, S. (1985). İş Güvenliği Hukuku, Savaş Yayınları, Ankara.
- Şakar, M. (2015) İş ve Sosyal Güvenlik Hukuku, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Tuncay, A.C. ve Ekmekçi, Ö. (2019) Sosyal Güvenlik Hukuku Dersleri, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Tunçomağ, K. (1982). Sosyal Güvenlik Kavramı ve Sosyal Sigortalar, İstanbul.
- U.Ç.Ö. Sözlüğü, ILOSTAT, Glossary, <https://ilostat.ilo.org/glossary/occupational-accident/>
- Uyar, T. (2003) Açıklamalı İċtihatlı Borçlar Kanunu Sorumluluk ve Tazminat Hukuku, C. 2, Seçkin Yayınevi, İstanbul.
- Yargıtay Kararları, (2020). <https://krararama.yargitay.gov.tr/YargitayBilgiBankasiIstemciWeb/ErisimTarihi05.12.2021>
- Yılmaz, A. (2017). Sosyal güvenlik hukukunda iş kazası kavramı: Kıta Avrupası ve Anglosakson Hukuk sistemlerinden birer örnek ile Türk hukuku karşılaştırması. Sosyal Güvence, (11), 107-127.
- Yılmaz, G. 2013 İş Kazalarından Doğan Sorumluluklar, Mühendislik ve Makina Dergisi, C.46, S.543, s.5.
- Yüksel, H. (2016) Sosyal Güvenlik Hukuku, Primli & Primsiz Rejim, Ekin Yayınevi, Bursa.

KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ UYGULAMALARI RISK MANAGEMENT PRACTICES IN COAL MINING

M. Uygun^{1*}

¹ TKİ Genel Müdürlüğü, Maden Yüksek Mühendisi
(*Sorumlu yazar: uygunm@tki.gov.tr)

ÖZET

Türkiye’de ilgili mevzuatlara göre yapılan iş sağlığı güvenliği uygulamalarının yanında, mevzuatla sınırları çizilen yaklaşımların çok ötesinde uygulamaları da görmek oldukça memnuniyet vericidir. Güvenlik kültürü, en temel tanımıyla, çalışanların iş kazası ve meslek hastalıkları konusunda paylaştığı fikir, anlayış, inanç ve alışkanlıklarının tümü olarak ifade edilmektedir. Bir işletmenin güvenlik kültürü; işletmenin sağlık ve güvenlik yönetimine bağlılığını belirleyen bireysel ve takım değerlerinin, tutumların, algıların, yeterliliklerin ve davranış kalıplarının ürünüdür. Güvenli, sürdürülebilir ve sorumlu bir şekilde faaliyet göstermek, madencilik sektörü ve risk yönetimi stratejisinin ayrılmaz bir parçası olmaya devam etmektedir. Madenlerde güvenlik kültürünün amacı, insanları zararlardan koruyan ve onların sağlık ve refahını yükselten, sürekli bir iyileştirme kültürünü oluşturmak ve bu kültürü insanlara aşılaktır. Böyle bir sistemin kurulması, uygulanması ve sürdürülebilmesi için, risk kontrol yönetimi çerçevesinde kritik süreçler açısından istisnai ve gelişmiş protokollere sahip olunması gerekmektedir. Bu amaçla ISO 45001 yönetim sisteminin yanında en iyi uluslararası uygulamaların hayata geçirilmesi hususu da önem kazanmıştır. Özellikle risk yönetimi anlayışının yaygınlaştırılması; sadece İSG alanında değil; tüm süreçlerin planlanması ve yürütülmesi sırasında yol gösterici olmuştur. Risk temelli düşünce dönüşümünün, maden işletmelerinin stratejik planlarına, iş programlarına ve yıllık performans hedeflerine etkisinin artırılması için, Kurumsal kapasiteyi arttıran ve geliştiren faaliyetlere devam edilmelidir. Bu makalede, yönetim sistemi süreçlerinden ve özellikle uluslararası uygulamalarda önemli yer bulan risk yönetimi süreçlerinden bahsedilecektir.

Anahtar Sözcükler: Kömür, Güvenlik kültürü, Risk yönetimi

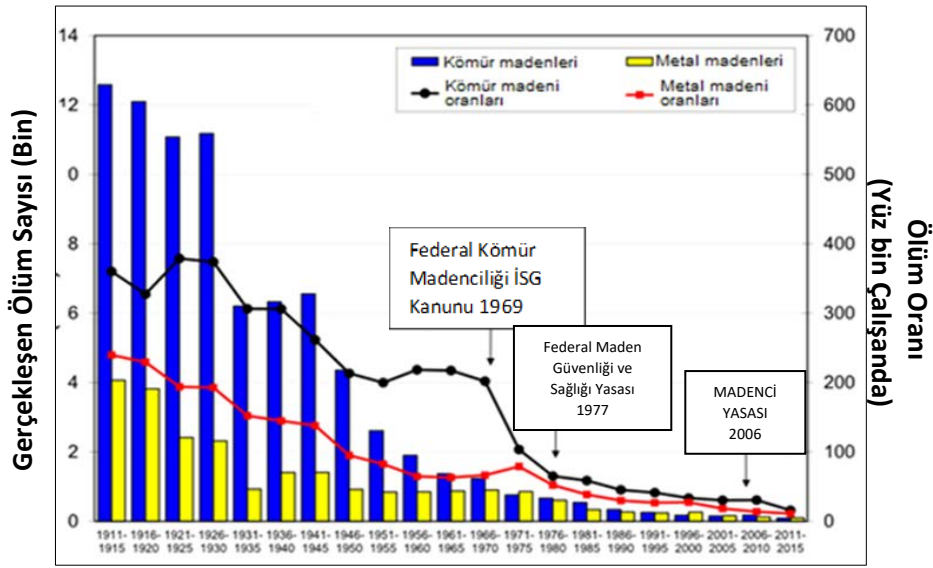
ABSTRACT

In addition to the occupational health and safety practices carried out following related legislation, it is very pleasing to see practices far beyond the approaches drawn by the legislation in Turkey. With its most fundamental definition, safety culture is expressed as all ideas, understanding, beliefs, and habits that employees share about work accidents and occupational diseases. A company's safety culture is the product of individual and team values, attitudes, perceptions, competencies, and behavioural patterns that determine the company's commitment to health and safety management. Operating safely, sustainably, and responsibly remains an integral part of the mining industry and risk management strategy. Safety culture in mines aims to create a culture of continuous improvement that protects people from harm and improves their health and well-being. In order to establish, implement and maintain such a system, it is necessary to have exceptional and advanced protocols in terms of critical processes within the framework of risk control management. For this purpose, besides the ISO 45001 management system, implementing the best international practices has gained importance. In particular, dissemination of the risk management cognizance, not only in the field of OHS, has been a guide during the planning and execution of all processes. In order to increase the impact of risk-based reasoning transformation on the strategic plans, work programs and annual performance targets of mining enterprises, activities that increase and develop institutional capacity should continue. This article will discuss management system processes, especially risk management processes that have an important place in international practices.

Keywords: Coal, Safety culture, Risk management

GİRİŞ

Madencilik sektörü gündeme geldiğinde akla öncelikle iş sağlığı ve güvenliği konusu gelmektedir. Bu durum ülkemiz için geçerli olduğu gibi, diğer pek çok ülke için de geçerlidir. Dünyada madencilik alanında öne çıkan Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Kanada, Almanya, Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Afrika gibi ülkelerin madencilik sektörleri incelendiğinde, geçmişte bu ülkelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından iyi durumda olmadıkları ancak atılan adımlar sonrasında zamanla gelişme gösterdikleri izlenmektedir. Sıfır kaza hedefi doğrultusunda çalışan ve oldukça düşük kaza istatistiklerine sahip olan söz konusu ülkelerin, bugünkü iyi noktalara gelebilmesinde şüphesiz yapılan yasal düzenlemelerin yanında, güvenlik kültürü olgunluk seviyesinin artırılması da önem taşımaktadır. Aşağıda sunulan Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te verilen grafikler incelendiğinde, madencilik sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği risklerinin iyi planlanıp yönetildiğinde kabul edilebilir seviyelere çekilebildiği görülmektedir (Ünver, 2018).

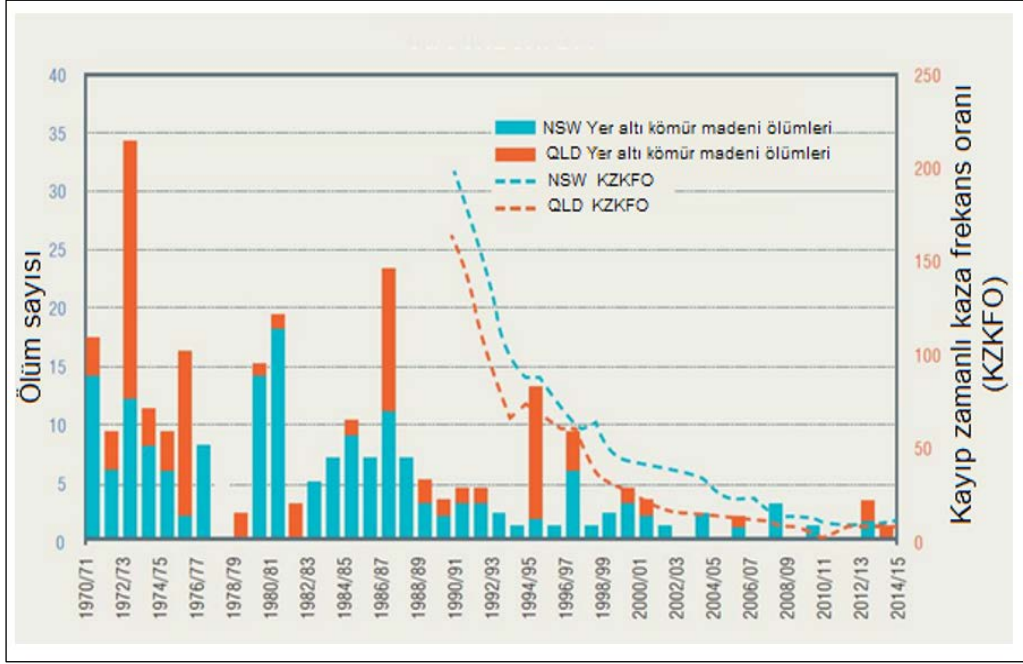


Şekil 1. ABD madencilik sektörü ölüm oranları (1911-2015)

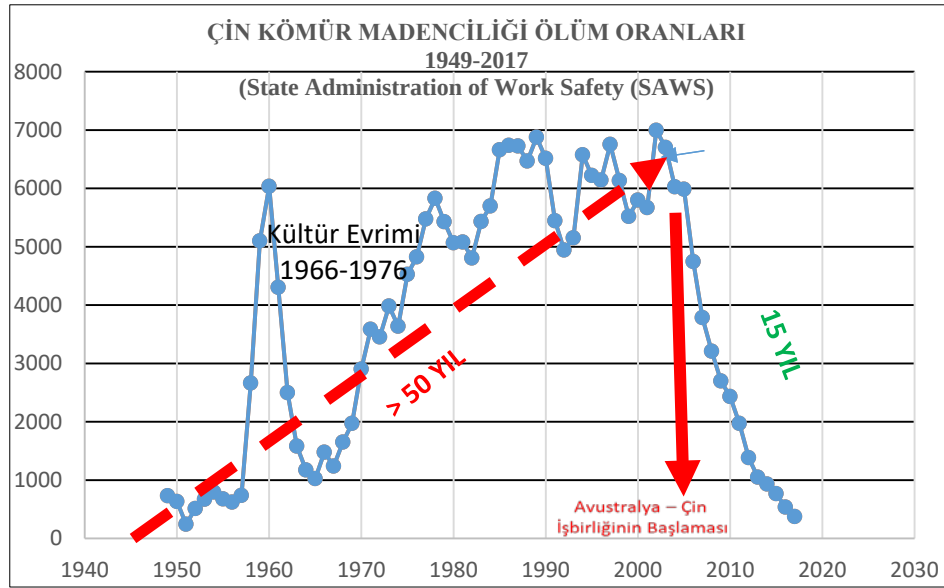
Çin hükümeti tarafından küçük ölçekli madenlerin kapatılması veya mücavirindeki madenlerle birleştirilerek büyük ölçekli hale getirilmesi, sanayiye yönelik uygulama adımlarının atılması, çeşitli eğitim kampanyalarının düzenlenmesi, iş güvenliği kültürünün geliştirilmesi, Avustralya-Çin işbirliğinin başlatılması gibi yapılan çok yönlü çalışmalarla, iş güvenliğinde çok önemli ilerlemeler sağlanmış ve Şekil 3'te de görüleceği üzere son 15 yılda ölümlü iş kazası sayıları çok ciddi oranda azalmıştır.

Ülkemizde de Covid 19 pandemisinin getirdiği tüm olumsuz koşullara rağmen sürdürülebilir ve büyüyen bir madencilik sektörüne ilişkin dönüşüm yaşanmakta; yukarıda bahsedilen ülkelerin yaşadıklarına benzer bir süreçten geçilmektedir.

Bir maden işletmesinin güvenlik kültürü, işletmenin sağlık ve güvenlik yönetimine bağlılığını belirleyen bireysel ve ortak değerlerin, tutumların, algıların, yeterliliklerin ve davranış kalıplarının ürünüdür. Olumlu bir güvenlik kültürüne sahip olan organizasyonlar, karşılıklı güvene dayalı iletişimle, güvenliğin önemine dair ortak algılar üretir ve organizasyon tarafından geliştirilen önleyici tedbirlerin etkinliğine dair güçlü bir güven duygusu uyandırır. Proaktif olması gereken güvenlik kültürüyle birlikte, sürdürülebilir ve sorumlu bir şekilde sürdürülen işletmecilik, risk yönetimi stratejisinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Avustralya, New South Wales ve Queensland Yer altı kömür madenlerindeki ölüm sayıları



Şekil 3. Çin iş güvenliği kültürü gelişimi grafiği

Güvenlik kültürü, en temel tanımıyla, çalışanların iş kazası ve meslek hastalıkları konusunda paylaştığı fikir, anlayış, inanç ve alışkanlıklarının tümü olarak ifade edilmektedir. Madencilik, doğası gereği içerdiği riskler nedeniyle özellikle arz eden, bilgi, deneyim, uzmanlık ve sürekli denetim gerektiren sektörlerin başında gelmektedir. İş kazaları ve meslek hastalıkları açısından en riskli sektörler arasında olan madencilikte de güvenlik kültürünün temel amacı, insanları zararlardan koruyan ve onların sağlık ve refahını yükselten, sürekli bir iyileştirme kültürünü oluşturmak ve bu kültürü insanlara aşılaktır. Böyle bir sistemin kurulması, uygulanması ve sürdürülebilmesi için, risk kontrol yönetimi çerçevesinde kritik süreçler açısından istisnai ve gelişmiş protokollere sahip olunması gerekmektedir.

Türkiye, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun 2012 yılında yasalaşmasından sonra; iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında önemli değişimlerin ve gelişmelerin yaşandığı bir süreçten geçmektedir. Bu dönemde, AB'nin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki kapsamlı mevzuatının uyumlaştırılması, bu mevzuatın getirdiği risk değerlendirmesine dayalı önleyici yaklaşım ve sürekli

iyileşme anlayışının çalışma hayatına yerleştirilmesi için tüm sosyal taraflarca önemli çalışmalar yapılmıştır.

Enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi, yerli kaynakların kullanımı ve öngörülebilir piyasa koşullarının tesis edilmesine yönelik ortaya konulan politikaların; özellikle enerji ve madencilik alanında, kapsamlı bir dönüşüm sürecinin başlatılmasına ve iş kazalarına ve güvensiz işletmeciliğe sıfır toleransla yaklaşılmasına yönelik adımların atılmasına katkı sunacak şekilde uygulaması kaçınılmaz olmuş; sonrasında ise iş sağlığı ve güvenliği alanındaki göstergelerde olumlu değişiklikler gözlenmeye başlanmıştır (Uygun vd., 2019).

Bu dönemde ülkemizin kömür madenciliğinin köklü kuruluşlarından olan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), İSG alanındaki güçlü deneyimlerini; yeni yasaları uygulayarak tahkim etmiş, dünyadaki iyi uygulamaları işyerlerinde hayata geçirerek, bu alanda örnek olmaya devam etmiştir. Özellikle OHSAS 18001 yönetim sisteminin uygulanmaya başlanması sonrasında; risk yönetimi adına atılan adımlar; Kurumun ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 ve nihayetinde ISO 45001 yönetim sistemi süreçlerinde de rehber olmuştur.

Özellikle risk yönetimi anlayışının yaygınlaştırılması; sadece iş sağlığı ve güvenliği alanında değil; tüm süreçlerin planlanması ve yürütülmesi sırasında yol gösterici olmuştur. Risk temelli mental dönüşümün, Kurumun stratejik planlarına, iş programlarına ve yıllık performans hedeflerine etkisinin artırılması için, Kurumsal kapasiteyi arttıran ve geliştiren faaliyetlere devam edilmektedir.

Bu çerçevede, yönetim sistemi süreçlerinin, madencilik faaliyetlerinden kopmadan yürütülebilmesi için organizasyonel adımlar atılmakta; yeni durumlara uygun görev, yetki ve sorumluluklar tanımlanmaktadır.

Kurumsal risk yönetimi tanım olarak; Kurumu etkileyebilecek potansiyel olayları tanımlamak, riskleri Kurumun kurumsal risk alma profiline uygun olarak yönetmek ve Kurumun hedeflerine ulaşması ile ilgili olarak makul bir derecede güvence sağlamak amacı ile oluşturulmuş; Kurumun yönetim kurulu, üst yönetimi ve tüm diğer çalışanları tarafından etkilenen ve stratejilerin belirlenmesinde kullanılan, kurumun / kuruluşun tümünde uygulanan sistematik bir süreçtir.

RİSK YÖNETİMİ

Risk Yönetimi, ISO 73 Kelime Bilgisi Rehberinde, bir kurumun/kuruluşun risklerle ilgili olarak yönlendirilmesi ve kontrol edilmesi için yapılan düzenli faaliyetler olarak tanımlanır. Bununla beraber risk yönetimi, kurumların / kuruluşların hedeflerine ulaşmasını engelleyici risklerin ve hedeflere ulaşımı kolaylaştırıcı fırsatların önceden fark edilerek yönetilmesini sağlayan dinamik ve disiplinli bir sistemdir ve risk yönetimi kendiliğinden gelişen bir disiplindir.

Madencilik endüstrisinin gelişmiş olduğu ülkelerde büyük önem verilen risk yönetimi kavramından hareketle, iş sağlığı ve güvenliği konusunda maden işletmelerince İSG yönetim sistemlerinin kurulması zorunlu tutulmaktadır. Bu ülkelerde Sağlık ve Güvenlik Risk Yönetimi Rehberleri de yayınlanmıştır.

Bunun yanında madencilik şirketlerinin bağlı olduğu mesleki ve sektörel üst birlikler de risk yönetimine ilişkin çalışmalar yürütmektedir. Örneğin, ICMM (Uluslararası Maden ve Metal Konseyi) üyelerinin bağlı oldukları yasal düzenlemelerin üzerinde madencilik ilkeleri yayınlayarak, üyelerinin bu ilkelere uyumunu kontrol etmektedir.

TKİ'de Risk Yönetimi Uygulamaları

TKİ tarafından yürütülen İSG faaliyetlerinde, “risk yönetimi” kavramı öne çıkmaktadır. Ülkemizde daha çok iş sağlığı ve güvenliği ile finans sektöründe çalışanların dile getirdiği risk yönetimi kavramı, dünyadaki pek çok üniversitede, öğrencilerin öğrenim hayatlarının başında okutulmakta; öğrencilerin öğrenimleri ve hayatları süresinde yaptıkları çalışma ve projelerde risk yönetimi anlayışına uygun olarak hareket etmeleri beklenmektedir. Genel anlamda Risk Faktörü; sürdürülebilir gelişmede, belirsizliklerin, hedefler üzerindeki etkileşimidir. Özellikle günümüz dünyasında gittikçe artan belirsizlikler, kurumların sürdürülebilir rekabet ve karlılık gücünü yakından etkilemekte ve hedeflere ulaşmadaki belirsizliğin yaratacağı olası risklerle başa çıkmak için, “risk yönetimi” kritik bir “disiplin” olarak iş dünyasındaki yerini almaktadır. Potansiyel risklerimizin sistematik olarak saptanması ve önümüze çıkacak fırsatların da değerlendirilerek, olası zararların etkilerini azaltacak yönde, verilere dayalı kararların ortaya konması ISO 31000 Risk Yönetimi'nin standartlarıdır.

TKİ'de yürütülen risk yönetimi projesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı madencilikle ilgili kurum ve kuruluşlar ile İTÜ /Türkiye, Pretoria Üniversitesi/Güney Afrika ve bu konuda yetkinliği olan danışmanların katılımıyla gerçekleştirilmiştir.

TKİ'de yürütülen Risk Yönetimi Projesi ile Ülkemiz madencilik koşullarını karşılayan uygulama rehberlerinin hazırlanması ve eğitimcilerin yetiştirilmesine de olanak sağlayacak şekilde ülkemizdeki madenlerin bu konuda detaylı olarak incelenmesi ile kaza riski olanların rehabilite edilmesinin ve kritik kontrol yönetiminin tüm maden işyerlerine yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak proje süresince:

- a) Sektöre ve uluslararası standartlara uygun risk değerlendirme yöntemlerinin öğrenilmesi,
 - b) Mevcut risk değerlendirmelerinin uluslararası kriterlere uygunluğu,
 - c) Uluslararası uzmanlarla birlikte risk değerlendirmesi yapılması,
 - d) Her kademe yönetici ve çalışanın eğitilmesi,
 - e) Eğitimcilerin eğitilmesi,
 - f) Risk yönetimi veri sistemi oluşturulması,
 - g) Kritik kontrol değerlendirmeleri ve ilgili kritik kontrol yönetimi için yazılım oluşturulması,
 - h) Risk yönetim rehberi, majör tehlike yönetim planı ve kritik kontrol rehberlerinin hazırlanması
- süreçleri tamamlanmıştır.

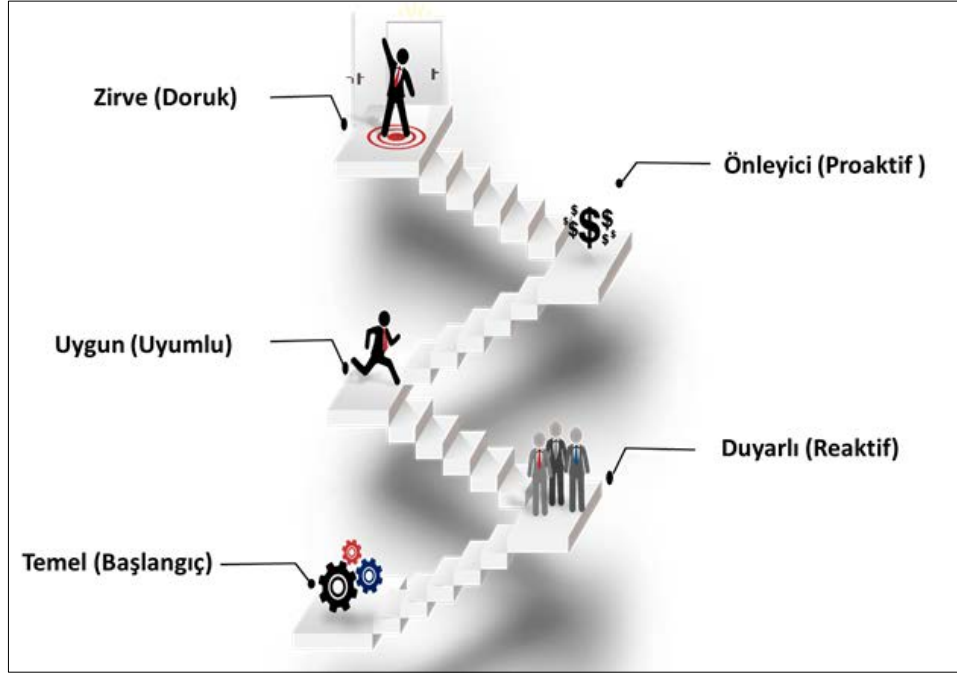
Yürütülen risk yönetimi uygulamalarında, uluslararası standartlar (ISO 31000, ISO 31004, ISO 31010, ISO 73, ICM, vb.) ve endüstrideki en iyi uygulamalar doğrultusunda, “Kurumsal Risk Yönetimi” ve “Risk Değerlendirme Sistemi” yapılan eğitim ve uygulamalar ile geliştirilmiştir. Bu doğrultusunda risk yönetimi rehberleri (*Risk Yönetimi Katmanlı Yaklaşım Uygulama Rehberi, Büyük Tehlike Yönetim Plan Uygulama Rehberi, Kritik Kontrol Uygulama Rehberi*) hazırlanmıştır.

Kurumun kendi risk kültürü olgunluğunu ölçmesini sağlayacak standartlar benimsenmiş; Kurumsal Risk Yönetimine özgü, iyi bir şekilde tasarlanmış katmanlı yaklaşım geliştirilmiştir. Dünya genelinde yaygın şekilde kullanılan en iyi uygulamalar da detaylı olarak irdelenmiştir. Proje esnasında yapılan tüm eğitimler ve uygulamalar, sağlık ve güvenliği dikkate almanın yanı sıra çevreye karşı sorumluluklarını en öncelikli olarak değerlendirilmesine ve iş sağlığı ve güvenliğinin temel ilkesi olan “Sıfır Zarar” ilkesinin başarıya ulaşmasını sağlamaya yönelik olarak gerçekleştirilmiştir (İlhan, 2019).

Proje, tamamen tehlike tanımlaması, risk değerlendirmesi, kurum/kuruluş kültürüne bir farkındalığın kazandırılması ve kontrol mekanizmalarına uyumun güçlendirilmesi için sürekli iyileştirme sürecine odaklanmıştır.

Olgunluk Modeli

Kurumda güvenlik ve risk kültürünü oluşturmak amacıyla Olgunluk Modeli yaklaşımı benimsenmiştir. Buna göre Kurumla ilgili risk yönetim çalışmalarının başında bir boşluk analizi yapılmakta ve insan ve sistem temelli 23 konuda Kurumun/organizasyonun olgunluk seviyesi tespit edilmeye çalışılmaktadır. Genel olarak, Şekil 4'te de gösterildiği üzere beş seviye tanımlanmıştır (İTÜNOVA, 2018).



Şekil 4. Risk yönetimi olgunluk seviyesi

1. Seviye: Temel (Başlangıç)

- Güvenlik, temel bir iş riski olarak görülmez.
- Güvenliğin, birincil olarak güvenlik departmanının sorumluluğunda olduğu düşünülmektedir.
- Birçok kaza kaçınılmaz olarak ve işin bir parçası olarak görülür.

2. Seviye: Duyarlı (Reaktif)

- Yöneticiler, kazaların çoğunun personelin tehlikeli davranışlarından kaynaklandığını düşünmektedir.
- Güvenlik performansı, gecikmeli göstergelere dayanılarak ölçülür.
- Kıdemli yöneticiler, sağlık ve güvenlik alanları katılımında reaktiftirler.

3. Seviye: Uygun (Uyumlu)

- Kaza oranları nispeten düşüktür, belli bir seviyeye çekilmiştir ancak o seviyede durağan olarak seyretmektedir.
- Yöneticiler, çok çeşitli faktörlerin kazalara neden olduğunu ve kök-nedenlerin genellikle yönetim iradesinden/kararlarından kaynaklandığını kabul eder.
- Çalışanların çoğunluğu kendi sağlık ve güvenlikleri için kişisel sorumluluğu kabul etmektedir.

4. Seviye: Önleyici (Proaktif)

- Şirketteki personelin çoğunluğu, sağlık ve güvenliğin hem ahlaki hem de ekonomik açıdan önemli olduğuna inanmaktadır.

- Yöneticiler ve personel, çok çeşitli faktörlerin kazalara neden olduğunun farkındadır ve kök-nedenlerin yönetim kararlarına geri dönüşü muhtemeldir.

5. Seviye: Zirve (Doruk)

- Tüm kazaların veya çalışanlara (hem işte hem de evde) gelebilecek zararların önlenmesi temel bir şirket değeridir.
- Kuruluş uzun yılları bir kaza ya da yüksek kaza ihtimali olmadan geçirmiştir fakat memnuniyet hissi yine de yoktur.
- Kazanın her an olabileceği endişesiyle /paranoyasıyla yaşarlar.

Kapsam

Proje uygulama sürecinde, kuruma bağlı bir işletmenin sınırları dahilinde olan kısmi veya tüm alanlarında veya varlıkları düzeyinde uygulanacak ayrıntılı, iyi tasarlanmış prensipler ifade edilmeye ve oluşturulmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilen bu risk yönetimi ve risk değerlendirme projesi, eğitim ve uygulamalarda işlenen birçok önemli adımı içeren sistematik bir yaklaşım gerektirmiştir.

- Kurumsal Risk Yönetimi durum analizi/boşluk analizi.
- İşletme sınırları içindeki tüm alanlara ait uygulama planlarının tanımlanması amacıyla kapasite geliştirme gereksinimleri.
- Katman 1: Temel ve Büyük Tehlike Risk Değerlendirme süreci.
- Katman 2: Yaşam Döngüsü Sorun Bazlı, faaliyet bazlı ve proje risk değerlendirme süreci.
- Katman 3: Sürekli risk (Mini Risk) değerlendirme süreci ve ilgili faaliyetler.
- Büyük Tehlike Risk Yönetimi süreci.
- Papyon Analizi süreci.
- Kritik Kontroller yönetim süreci.

Proje sürecinde, projenin gereksinimlerine uygun olarak deneyimli uzman ve profesyonel kişiler tarafından işletmelerin mevcut/güncel durumunun belirlenmesine yardımcı olunmuş; kuruma bağlı işletme yönetimine tavsiyelerde bulunulmuş, destek ve koçluk sağlanmıştır.

Proje aşamaları

Mevcut Durum Analizi:

Bu bölüm iki ayrı aktiviteden oluşmuştur ve tepeden aşağı yaklaşım izlenmiştir.

- Grup Boşluk Analizi (Yönetişim, risk güvencesi ve uyum bütünleşmesi): Bu faaliyet, risk yönetimi olgunluk değerlendirmesinin temelini oluşturmaktadır. Projenin uygulanması için bir tablo düzenlenmektedir. Projenin ilk adımında yapılan bu çalışma, Kurumun risk iştahını, kaynaklarını ve hedeflerini belirleyen Kurum üst yöneticilerin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Kabul edilen proses **Hudson** modelinden uyarlanarak Kurumun risk yönetimi sürecine yeniden tanımlanmıştır. Bu konsept işletmelerin fonksiyonları ve prosesleri arasındaki yatay değerlendirmeyi de içermektedir. Olgunluk seviyesinin uyumlaştırması (23 risk yönetim unsurunun her biri için tanımlanmış hedeflerle oluşturulan 5 olgunluk seviyesi), işletmeler üzerinde boşluk analizi için standartların belirlenmesi ve Kurumsal Risk Yönetim Sistemi ile entegrasyon sağlanması bu aktivitenin kapsamı arasında sayılabilir.

- Operasyonel Boşluk Analizi (Yönetişim, risk güvencesi ve uyum bütünleşmesi): İşletmelerde grup boşluk analizinde ele alınan risk yönetimi olgunluk değerlendirmeleri ile ilgili olarak seçili işletmelerde uyum toplantıları yapılmıştır. Bu çalışmada işletmelerin mevcut durumu ve işletme bazında risk olgunluk elementlerinin değerlendirilmesi ve bir önceki grup çalışmasında oluşturulan risk olgunluk standartları ile karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışmalar, önerilen 4 Risk Değerlendirme katmanını kapsayan dikey bir yaklaşımla yürütülmüştür.

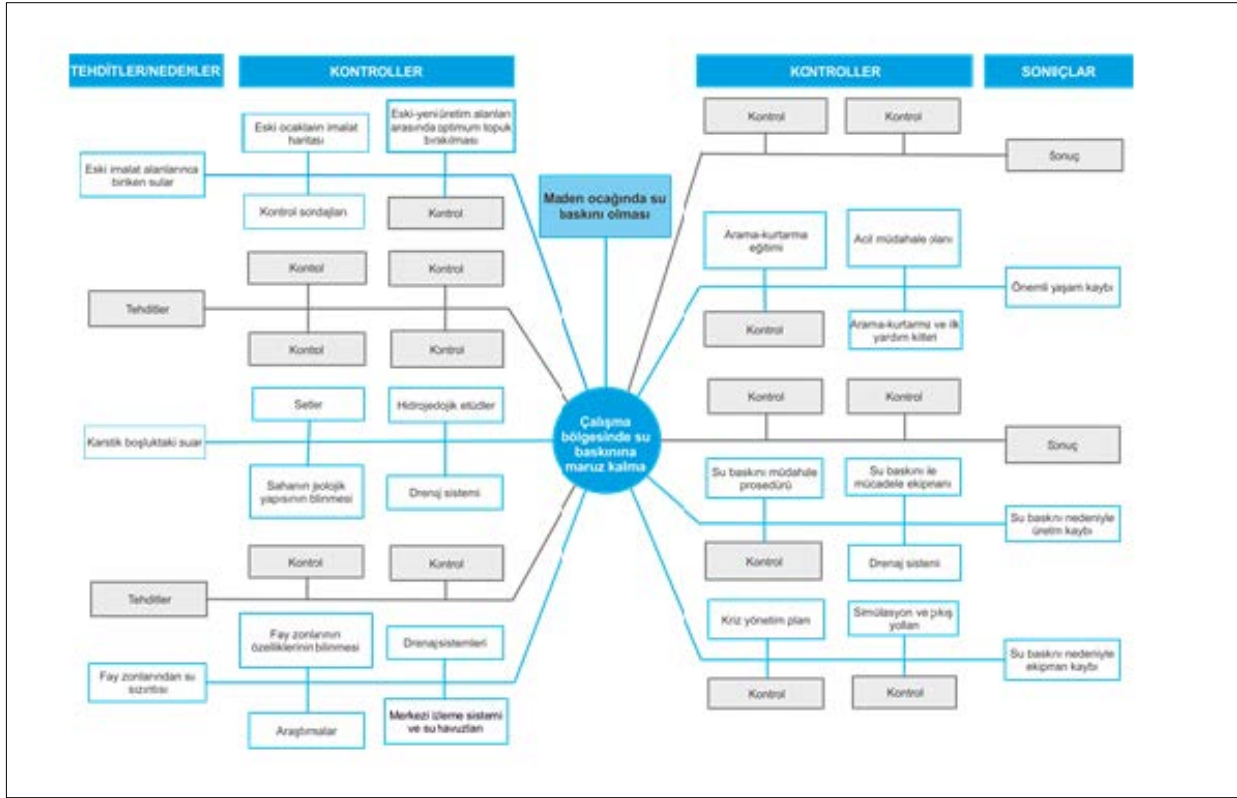
Eğitim Programı:

Bu aşamada üst yöneticilere yönelik Seviye 4 eğitimleri ile kolaylaştırıcılar içi ön şartlandırma ve eğitimcilerin eğitimi (Seviye 3) kursları tamamlanmıştır.

Sürdürülebilir bir Kurum içi eğitim sistemi, iyi eğitilmiş bir iç kapasite gerektirmektedir. Bu nedenle proje eğitmeni, eğitim çıktısının en iyi şekilde olması için danışmanlar tarafından eğitimler sırasında bilgi, eğitim ve rehberlik sağlanmıştır.

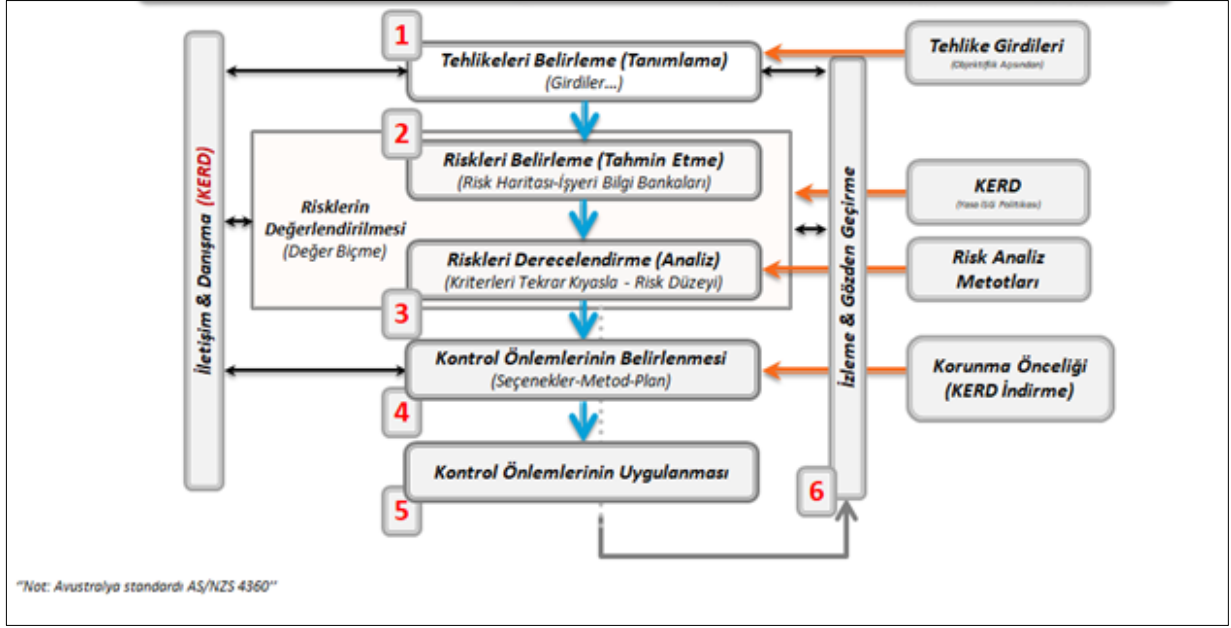
Sonrasında Seviye 1 ve seviye 2 için eğitimciler eğitilmiştir.

Majör Tehlike Yönetim Planı Eğitimi, Papyon (Bow Tie) Analizi Masterclass Eğitimi (örnek diyagram Şekil 5'de verilmiştir.), Papyon Tetikleyici Eylem Müdahale Planı Eğitimi, WRAC Eğitimi (Temel & Yaşam Döngüsü Sorun Bazlı RD) , HAZOP Eğitimi, FMECA Eğitimi, FTA, ETA Eğitimi, Maden Kaza Araştırması, ISO 31000 Uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

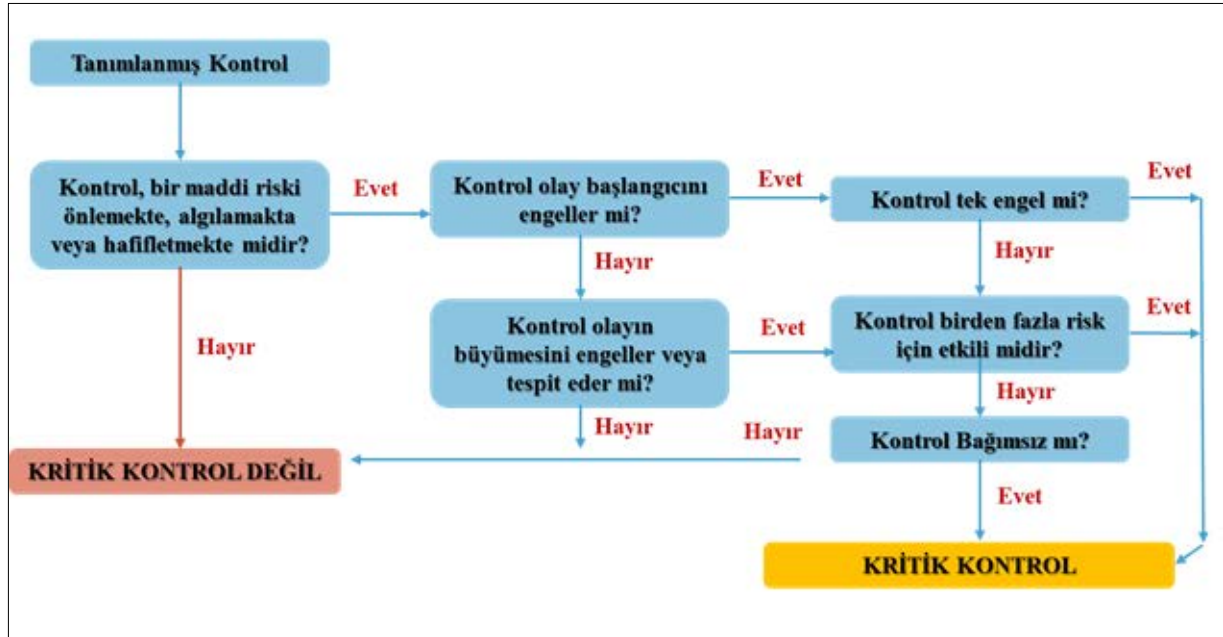


Şekil 5. Bow Tie analiz çalışması örneği (Aksoy, 2017)

Sonrasında alınan eğitimler doğrultusunda, Temel Risk Değerlendirmesi, Yaşam Döngüsü Risk Değerlendirmeleri, Papyon (Bow Tie) Analizi, Kritik kontrol Performans Standartları ile Denetim ve Doğrulama Standartlarının belirlenmesi süreçleri gerçekleştirilmiştir. Tetikleyici Eylem Müdahale Planları (TARP's) ve Kritik Kontrollerin Görevlere Entegrasyonu sonrasında Kritik Kontrollerin SLAM Prosesine Entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Risk Yönetimi Süreci



Şekil 7. Kritik kontrol karar ağacı

Risk Yönetim Katmanlı Yaklaşım Rehberi, Büyük Tehlike Yönetim Plan Rehberi ve Kritik Kontrol Rehberi hazırlanmıştır.

Kurumsal Risk Yönetimi Yol Haritası

1. Mevcut Durum Analizi ve Hedef Yapının Belirlenmesi: Kurumun mevcut risk yönetim altyapısının ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi ve iyileştirmeler sonrasında erişilmesi arzu edilen hedef yapının belirlenmesi için yapılacak çalışmalardır. Bu çalışmalar; mevcut durum ile erişilmesi arzu edilen hedef yapı arasındaki farkın tespiti ve buna uygun olarak detaylı bir aksiyon planının oluşturulmasını kapsamaktadır.

2. Hedeflerin Belirlenmesi: Risk yönetimi kurum kültürüne dahil edilmek zorundadır. Kurum kültürü yönetim kurulunun ve yöneticilerin desteğini içermelidir. Bu bağlamda yapılması gereken çalışmalar:

- Kurum içi risk profilinin oluşturulması;
- Kurumun risk yönetim anlayışını ve beklentilerini açıklayan yazılı bir “risk yönetim politika” belgesinin hazırlanması;
- Kurumun risk iştahı (risk alma isteği) seviyesi ve buna bağlı olarak risk iştahı beyanının oluşturulması;
- Risk yönetimi ve risk stratejilerinin oluşturulması;
- Risk politika ve stratejilerinin taktiksel ve operasyonel hedeflere dönüştürülmesi;
- Kurum paydaşlarının bilgilendirilmesi ve eğitimi;

3. Olay Tespiti: Kurum hedeflerinin gerçekleştirilmesinde etkili olabilecek iç ve dış faktörlerin tespiti ve tehdit ve fırsatlar arasında ayırma gidilmesi.

4. Risk Değerlendirmesi: Risklerin nasıl yönetileceklerine temel oluşturmak üzere oluşma ihtimallerinin ve etkilerinin dikkate alınarak katmanlı risk değerlendirme çalışmalarının (Temel Risk, Sorun Bazlı Risk ve Mini Risk Değerlendirmeleri) uygulamalı olarak hayata geçirilmesi (riskin tanımı, belirlenmesi, derecelendirmesi, analizi, iyileştirilmesi, kontrol hiyerarşisi, vb.).

Bu risk değerlendirmelerine bağlı olarak

- Büyük Tehlike Yönetim Planının;
- Kritik Kontrol Rejiminin ve
- Tetikleyici Eylem Müdahale Planının oluşturulması.

5. Prosedürler: Risklere karşı etkili çözümler üretebilmek için politika ve prosedürlerin oluşturulması, kurulması ve uygulanması.

6. Bilgi ve İletişim: Çalışanın görevini yerine getirmesini sağlayacak bilgi zamanında ve form şeklinde ilgili kişilere iletilmelidir. İletişim, aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya, çapraz gibi geniş bir bağlamda ele alınmalıdır. Bu yüzden bilgi ve iletişimi, risk yönetimi sistemine en doğru ve hızlı bir şekilde entegre edebilecek çözümler için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

7. İzleme: Kurumsal risk yönetiminin bütünlüğünün gözden geçirilmesi ve gerekli olan düzeltmelerin yapılması gerekmektedir.

SONUÇ

Madencilikte iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının sistematik bir yapıda, organizasyon içerisinde herkesin katılımıyla sürdürülmesi önem arz etmektedir. Bunu sağlamanın önemli unsurlarından biri İSG faaliyetlerinin bir yönetim sistemine bağlı olarak sürdürülmesidir. Maden işletmelerimizde risk yönetimi anlayışının her alanda uygulanabilmesi, işletmelerimizin İSG olgunluk seviyesinin yükseltilmesine olumlu katkı sunacaktır.

Yürütülen risk yönetimi çalışmalarından başarı elde edebilmek için, maden işletmelerinin tüm personeline önemli görevler düşmektedir. Buradaki asıl önemli kişiler ise maden işletmesinin üst yönetimi ve yöneticileridir. Bu kişilerin, risk yönetimiyle ilgili olarak yapılan tüm çalışmaları sahiplenmesi, desteklemesi, izlemesi, her çalışanın önemli role sahip olduğunu bilmesi, ortak bir risk yönetim dili geliştirmesi, rehberlik ve danışmanlık etmesi, izleme, değerlendirme, iletişim (istişare) ve raporlamaya önem vermesi gerekmektedir.

Yapmaları gereken tüm bu görevler, üst yönetim ve yöneticilerin; Kurumsal Risk Yönetimindeki liderliklerinin, riskin stratejik bakış açısını (geleceğe yönelik risk stratejileri ve eylemler) belirlemek ve risk

iştahını ayarlamak ile olan sorumluluklarının, risk yönetim yapısını sağlayacak mekanizmaları oluşturma ve tutarlı bir şekilde yapılmasını sağlama görevleri ile izlemeyi ve risk yönetim etkinliğini teşvik ederek en belirgin riskleri göz önünde bulundurarak organizasyonu kriz anında yönetmelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, O. (2017). Türkiye Kömür İşletmeleri'nde Kritik Kontrol Yönetimi Ders Notları
Değer, A.R. (2004). Kurum Kültürü Stratejileri & Risk Yönetimi ISO 31000 (2017), www.krcyonetim.com
İlhan, S. (2019). İTÜNOVA Risk Yönetim Projesi Sonuç Raporu
İTÜNOVA, (2018). Risk Yönetimi Uygulama Rehberi -Katmanlı Yaklaşım.
Uygun, M., Aktan, M. ve Öncü, H. (2019). Madenlerde güvenlik kültürü, Madencilik Türkiye, 76. Sayı, s.78-81.
Ünver, B. (2018). HTTM Maden Güvenlik Kültürü (MAGÜK) Projesi Sektör Yöneticilerini Bilgilendirme Çalıştayı Sunumu

YERALTI MADEN İŞLETMELERİ DENETİMİ GERÇEKLEŞTİREN DENETİM EKİPLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNE BAKIŞ

AN OVERVIEW OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY TRAININGS OF INSPECTION TEAMS PERFORMING UNDERGROUND MINING SUPERVISION

R. Kocaman^{1*}, B. Kocaman²

¹*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Koordinatörlüğü*

²*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Kömür Koordinatörlüğü*

(*Sorumlu yazar: rkocaman074@hotmail.com)

ÖZET

Günümüzde çalışma ortamları bünyesinde birçok riskleri barındırmaktadır. İş kollarına bakıldığında, maden sektörü en fazla risk teşkil eden sektörlerden biridir Yeraltı üretim yöntemi içinde çeşitli riskler barındıran yöntemle madenlerin üretilmesi, işletmelerdeki risklerin daha da artmasına neden olmaktadır. Yeraltında çalışan personellerin tamamı mevcut tüm risklere maruz kalma potansiyeline sahip olabileceğinden dolayı, yeraltı denetimi yapan denetim ekipleri de istenmeyen çeşitli olaylara maruz kalabilmektedir. İş kazalarının gerçekleşme nedenleri incelendiği zaman kazaya sebep olan en önemli faktörlerden biri olarak eğitim eksikliği göze çarpmaktadır. Eğitim, kazaların azaltılmasında önemli faktörlerden biridir İstenmeyen olayların yaşanmaması, kazaların en az seviyeye düşürülmesi amaçlanarak eğitimin önemi vurgulanmalı ve ön plana çıkarılmalıdır. Tıpkı tatbikatların sık sık yapılması gerektiği gibi, kazaların azaltılması içinde eğitimlerin sık sık tekrarlanması gerekmektedir. Denetim ekiplerinin eğitimleri “Denetime Başlanılmadan önce Yapılacak İşleri, Denetim Esnasında Yapılacak İşleri ve Denetim Sonrasında Yapılacak İşler” şeklinde üç başlıkta incelenecektir. Eğitimlerin gerçekleşmesiyle yeraltı denetimlerinde görev alan ekiplerin iş güvenliği kültürünün artırılması sağlanacaktır. Denetim yapan ekiplerin denetim esnasında istenmeyen olayların yaşanmaması sağlayacaktır. Denetim esnasında çevresindekileri de tehlikeli durumlar ile ilgili konularda uyaracak, farkındalık oluşturarak, güvenlik kültürünün oluşmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada eğitimin sadece çalışanlara değil Yeraltında bulunan tüm personele verilmesi gerektiği üzerinde durulmuş, Denetim ekiplerinin de eğitim alması ve eğitimlerinin belirli periyotlarda tekrarlanması gerektiği vurgulanmıştır

Anahtar Sözcükler: İş sağlığı ve güvenliği, Denetim ekipleri, Eğitim, Yeraltı

ABSTRACT

As in other sectors, the mining sector poses the most risk due to the working environment—working with methods with high risks underground increases the risks that may be encountered. All personnel currently working underground and the supervisor team coming from time to time may be exposed to various undesirable events. When the causes of occupational accidents are examined, it is observed that the most critical factor is the lack of education. Therefore, the importance of education should be emphasized and brought to the forefront so that the rate of accidents is minimized as much as possible. In addition to the fact that the exercises are held frequently, same importance should be given to the training to be given to the personnel, and it should be repeated. The training of the inspection teams will be examined under three headings: "Work to be done before start of the audit, the work to be done during the audit, and work to be done after the audit." As a result of the training, teams responsible for inspection will develop underground culture, OHS awareness, and behavior towards dangerous situations. All personnel should receive this training ultimately, and training must be repeated at specific intervals

Keywords: Occupational health and safety, Inspection teams, Training, Underground

GİRİŞ

Geçmişten günümüze iş güvenliği ve sağlığı ile ilgili birçok araştırmalar yapılmıştır. Sanayi Devrimi ile başlayan endüstrileşme sürecinde, çalışanların çalışma koşullarının iyileştirilmesi için yapılan çalışmalar iş sağlığı ve güvenliği kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Zaman içinde multidisiplinler arası bir gelişme sağlayan iş sağlığı ve güvenliği kavramı günümüzde bağımsız bir bilim dalı haline almıştır. İş sağlığı ve güvenliği; iş kazaları ve meslek hastalıklarının nedenleri, sonuçları ve bunların önlenmesi için gerekli olan yöntemleri belirlemeyi ve uygulamayı amaçlayan bir sistem halini almıştır. İş sağlığı ve güvenliğinin ana hedefi bilimsel veriler ışığında çalışanlara daha sağlıklı ve daha güvenli istenmeyen olayların yaşanmayacağı tehlikesiz bir iş ortamı sağlamaktır. İş sağlığı ve güvenliği sistemi günümüzde teknolojik gelişmelerden doğrudan etkilendiği için teknolojideki yeni gelişmelere paralel olarak dinamik bir şekilde kendini zorunlu geliştirmektedir. Madenlerde insan gücü yerine mekanize sistemlere geçilmesi kazaları oluşmasını azaltmıştır. Söz konusu kazalara yol açan en önemli nedenin insan faktörü olduğu da göz önüne alınırsa, İSG eğitimlerinin ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Çalışanların sağlıklarını ruhen ve bedenen korumaları için istenmeyen olayların yaşanmaması için her alanda olduğu gibi iş sağlığı ve güvenliği alanında da eğitimlerin belli periyotlarda devam etmelidir. İşverenler bunu mevzuat gereği de yerine getirmekle yükümlüdürler İş güvenliği kültürünü içinde yer alan çalışanların ve çalışanlardan sorumlu yöneticilerin benimsenmeleri ve bunula ilgili çalışmalar yapmaları gerekmektedir. Yöneticilerin İş Sağlığı ve Güvenliği alanında çalışmalar katılmaları önem vermeleri uygulamanın daha başarılı olmasını sağlayacaktır. İş sağlığı ve güvenliğinde İSG Üçgeni; işveren, çalışan ve devlet açısından olmak üzere üç farklı yönden incelenmektedir. İş sağlığı ve güvenliğin sağlanması konusunda devlet dâhil olmak üzere sendikalar işverenler ve işçiler üzerlerine düşen görevleri yerine getirmeleri gerekmektedir. Güvenlik kültürü bilincinin çalışanlar içerisinde yaygınlaşmaması ve kazalara yönelik gerekli bilgilerin paylaşılmaması kazaların meydana gelmesinin temelini oluşturmaktadır. Bu sebeple, işverenlerin güvenlik kültürünün oluşturulmasını sağlayarak işletmelerin ve çalışanların menfaati yönünde hareket etmeleri gerekmektedir. Örgütlerde, güvenlik kültürü aracılığıyla, güvenli davranış örüntülerinin oluşturulması sağlanmaktadır. Oluşan kazaların sebeplerinin araştırılmaması da kazaların tekrarlanmasına yol açmaktadır. Her kaza araştırılmalı tekrarlanmaması için etkili önlemler alınmalıdır.

Çalışma hayatı insan yaşamının en aktif dönemini kapsar bu sebepten dolayı da çok önem arz etmektedir. İşyerleri çalışanın sağlığını etkileyecek tehlike ve riskler taşıması sebebiyle bedensel, ruhsal ve sosyal yönden sağlığı etkileyebilmektedir. Çalışanın sağlığı ve güvenliği bakımından önemli tehlike ve riskler taşıyan çalışma ortamlarında fiziksel, kimyasal, biyolojik, ergonomik, çevresel, psikososyal tehlike ve risklerle karşı karşıyadır. Bu tehlikeler ise sağlık çalışanlarında iş performanslarının azalmasına neden olmakla birlikte, iş kazaları ve meslek hastalıklarına sebep olabilmektedir. Bu durum hem sağlık çalışanını hem de işyerinin güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, çalışma ortamının iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı hükümlerine uygun hale getirilmesi, sağlıklı ve güvenli çalışma ortamı oluşturmak gerekmektedir (Solmaz vd., 2017). Mevzuat gereği de işveren eğitimlerin tatbikatların düzenli olarak mevzuata uygun yapılmasını sağlamalıdır.

Çalışma alanlarında güvenlik kültürünü olumlu yönde etkileyen sağlık ve güvenliğe ilişkin faaliyetlerden en önemlisi şüphesiz ki iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri olmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi, işyeri ve iş ile ilgili tehlikelerin, alınması gereken önlemlerin, işin doğru ve güvenli biçimde yapılması için uyulacak kuralların bildirildiği, çalışanların yeterli sağlık ve güvenlik düzeyine ulaşmaları amacıyla düzenlenen eğitimler olmaktadır. Aynı zamanda eğitim, potansiyel tehlikeler hakkında çalışanlara gereken bilgiyi nasıl edinecekleri konusunda yol göstericidir. Eğitimin iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasında oynadığı rol günümüzde yürütülen iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının etkisi ile toplumda daha anlaşılır bir hale almıştır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi, insanlara bir idrak kazandırarak onları, iş kazalarını önlemede kendi kişisel sorumluluklarının bulunduğunu kabul etmelerine ve güvenliklerini temin için farkındalık oluşturmaya daha istekli hale getirmektedir. Çalışanlara verilen bu eğitim, işyerinde bir tehlikelerin oraya çıkması işlevini de görmektedir. İş güvenliği eğitimi, iş kazaları ve bunlarla

beraber ortaya çıkan maliyetler karşısında bir önleyici işlev örmektedir. İş güvenliği eğitimi, günümüzün hızla değişen yüksek teknolojisi ve işyeri talepleri nedeniyle artık daha da önemli hale almıştır. Bu nedenle, işyerlerinde günlük çalışmaları sırasında karşılaşılabilecekleri tehlikeler ve risklere karşı çalışanların, iş güvenliği bilincini geliştirmek amacıyla uygun türde ve yeterli miktarda iş güvenliği eğitimi alması zorunlu bir hal almıştır. İş güvenliği eğitimi, çalışanları, yapılan iş sırasında iş sağlığı ve güvenliğini dikkate alacak kadar hazır hale getirmekte, çalışanları olumlu bir tutum kazandırmakta, becerilerini geliştirip bilgilerini çoğaltmaktadır. Diğer hususlarla ile beraber iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin de etkisiyle pozitif yönde gelişen güvenlik kültürü sayesinde çalışma alanlarında, çalışanların, sağlık ve güvenliğe ilişkin bilgi, düşünce, tutum ve davranışlarında olumlu değişimler yaşanmasını neden olmaktadır. Söz konusu değişimler, yapılan işler sırasında sağlık ve güvenliğe ilişkin farkındalığın ve kaygıların artmasını sağlamakta dolayısıyla bireyler tarafından sağlık ve güvenliğe ilişkin tedbirlerin alınmasında, alınan tedbirlere ve konulan kurallara uyulmasında daha çok sağlamıştır.

Kaymakoğlu vd., (2019) iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yapılan incelemelerde en önemli konulardan birinin eğitim olduğu belirlenmiştir. Eğitim iş sağlığı ve güvenliği bilincinin oluşmasında önemli bir yer tutmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimine ilişkin olarak İş Sağlığı Güvenliği Kanunu madde 17 ve Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik incelendiğinde; İş sağlığı güvenliği hem işveren hem de işçi açısından yükümlülükler içermektedir. Eğitimlerde işin çeşidine göre program yapılması, yer, araç gereç temin edilmesi gerekmektedir. Eğitim konusunda işverenin yükümlülüğü daha fazladır. İşveren hem eğitim sağlamakla, hem de çalışanların eğitime katılımlarını, eğitimin etkinliğini denetlemekle yükümlüdür ibaresi yer almaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi sonucunda iş güvenliği kültürünün oluşması ile istenmeyen olayların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır (Ateş, 2020).

İş sağlığı ve güvenliği kültürünün çalışma alanlarında yapılan işin ve toplumun her seviyesinde yaygınlaştırılması, okullarda ve işyerlerinde verilen etkili iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ile sağlanabilir. Eğitimlerinde yaygın olarak kabul gören uygulamalı eğitimler ve günümüz şartlarının gerektirdiği videolu eğitimler iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinde geçen zaman içinde yaygınlaşmaktadır. Yapılan değerlendirmelerde uygulamalı iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri alan çalışanların videolu eğitimler ve sınıf eğitimleri alan çalışanlardan daha başarılı olduğu belirlenmiştir (Özbek ve Kol, 2021).

Günümüzde iş sağlığı ve güvenliği kültürünü geliştirmek için Çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Eğitim çalışmaları da İş Sağlığı ve Güvenliğinin gelişimine Önemli katkılar sağlamıştır. Proaktif çalışmalarda farkındalık oluşturma en geçerli yolu eğitimden ve tatbikatlardan geçmektedir. Çalışanların karşılaşılabilecekleri olumsuzluklarla ilgili önceden bilgilendirilmesi ve gerekli önlemleri almalarının sağlanması yine eğitimle mümkün olmaktadır.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNE İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ARAŞTIRMALAR VE ÇALIŞMALAR

Kaymakoğlu vd. (2019) yapmış olduğu “Türkiye’de maden mühendisliği ve cevher hazırlama mühendisliği bölümlerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitime genel bakış” isimli çalışmada; Ülkemizin önemli sektörlerinden olan ve sanayi için hammadde sağlayan madencilik sektörü, doğası gereği içerdiği riskler nedeniyle bilgi, deneyim, uzmanlık ve sürekli denetim gerektiren sektörlerin başında gelmekte olduğu belirtilmiştir. Madencilik sektörü yoğun emek harcanan bir iş kolu olması sebebiyle daha çok kazalarının meydana gelmesi üzerinde durmuştur. Yer altı madenciliği, açık ocak madenciliği ve cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinde çok sayıda İSG kurallarının olduğu. Senelerin birikimi ve tecrübesiyle günümüze kadar geliştirilerek gelen bu kurallar, birçok risk ve tehlikenin önemli düzeyde azaltılmasını sağladığını vurgulamıştır. Ülkemizde İSG son yıllarda önem kazanmış olsa da, eğitimlerin oldukça yetersiz durumda olduğunu vurgulamışlardır. Çok tehlikeli meslekler grubunda olan Maden Mühendisliği ve Cevher Hazırlama Mühendisliği bölümlerinde İSG kültürü oluşturulması için daha çok eğitim verilmesini gerekten olduğu bahsetmiştir.

- Hali hazırda bazı üniversitelerde İSG derslerinin seçmeli olmasından dolayı tüm üniversitelerdeki Maden Mühendisliği ve Cevher Hazırlama Mühendisliği bölümlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği derslerinin zorunlu hale getirilmesi önermişlerdir.
- İş Sağlığı ve Güvenliği derslerinin, öğrencilerin temel mühendislik eğitimini tamamladıkları ilk iki yıldan sonra müfredata eklenmesi önermişlerdir.
- Bakanlıkça belirlenen İSG konularının tamamının öğretilmesi için bir dersin yetmeyeceği aşikâr olduğunu, bu nedenle, öncelikli olarak İSG hakkında detaylı bilgilerin öğrenileceği “İş Sağlığı ve Güvenliği I” ve “İş Sağlığı ve Güvenliği II” derslerinin verilmesi önerilmektedir. Bu derslerin 6. ve 7. dönem verilmesinin daha uygun olacağı düşünülmekte olduklarını belirtmişlerdir.
- İş Sağlığı ve Güvenliği I” ve “İş Sağlığı ve Güvenliği II” derslerini başarıyla tamamlayan öğrencilerin, maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili detaylı teknik bilgiye sahip olabilmeleri için “Madencilikte İş Sağlığı ve Güvenliği” adı altında ayrı bir ders verilmesi sonuçlarına ulaşmıştır

Topgöl ve Alan (2017) yapmış oldukları “Öğrencilerin İş Güvenliği Ve İş Güvenliği Eğitimi Algısının Değerlendirilmesi” isimli çalışmalarında; Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri bölümünde okutulan işçi sağlığı ve güvenliği dersinin öğrencilerin iş güvenliği eğitime ilişkin algısında yarattığı farklılık düzeyini ölçmekte olduğunu. Ortaya çıkabilecek riskler konusunda gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacağını, en önemli nokta ise eğitimler yolu ile iş sağlığı ve güvenliği bilinci oluşturmak ve bunu bir güvenlik kültürü haline getirmek olduğunu, eğitim kurumlarının iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanında iki temel amacı olduğunu. Bunlardan biri iş sağlığı ve güvenliği programlarının olduğu meslek yüksekokulları, yüksek lisans ve doktora programları ile bu alanda uzman açığını kapatacak kişileri yetiştirmek olduğunu. Belirtmiştir. Diğer yandan ise, farklı programlarda zorunlu ya da seçmeli ders olarak verilerek farkındalığın ve bilincin artırılması amaçlanmakta olduğunu vurgulamışlardır. Örneklem sayısı artırılarak çok boyutlu bir iş güvenliği eğitim algısı ölçeği oluşturulabileceği. Farklı şehirlerde iş sağlığı ve güvenliği eğitimi veren meslek yüksekokulu öğrencilerinin, eğitim aldıkları yüksekokula göre algılarının değişip değişmediği araştırılabilir sonuçlarına varmışlardır.

Çavuş ve Keskin (2020) “İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Sağlık Sektöründe Güvenlik Kültürü Üzerindeki Etkilerinin Analizi” isimli çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği, işin yapılması sırasında işyerindeki fiziki çevre şartları sebebiyle çalışanların maruz kaldıkları kazalar ile mesleki risklerin azaltılmasını amaçlayan inceleme ve uygulamalar bütünü olarak tanımlanabilmekte olduğunu, iş sağlığı ve güvenliği sistemi ile birlikte güvenlik kültürünün oluşturulabilmenin en önemli yöntemi iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri olduğunu ve çalışanlar, iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri yoluyla elde ettikleri bilgi ve becerileri sonucu çalışmalarında sağlıklı ve güvenli davranışlar sergilediklerinden bahsetmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; Güvenlik Kuralları” faktörüne ilişkin görüşlerde erkek katılımcılardan kaynaklanan bir farklılık görülmüş olduğunu. Buna göre “Güvenlik Kuralları” faktörünün erkek katılımcılar üzerinde olumlu bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Katılımcıların yaş grupları, meslek grupları ve mezuniyet derece grupları dikkate alındığında “Güvenlik Eğitim” faktörüne ilişkin değerlendirmelerinde farklılıklar görülmüş olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kılış (2012) yapmış olduğu “İşverenin İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Verme Yükümlülüğü Üzerine Bir İnceleme” isimli çalışmada; İş sağlığı ve güvenliği, işin yapılması sırasında işyerindeki fiziki çevre şartları sebebiyle çalışanların maruz kaldıkları kazalar ile mesleki risklerin azaltılmasını amaçlayan inceleme ve uygulamalar bütünü olarak tanımlanabilmekte olduğunu. İş sağlığı ve güvenliği sistemi ile birlikte güvenlik kültürünün oluşturulabilmenin en önemli yöntemi iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri olduğundan bahsetmiştir. İSG alanında yapılacak ilk iş ve alınacak en önemli önlem eğitim olduğunu vurgulamıştır. İş kazası ve meslek hastalıklarından korunmanın tek yolu işin getirdiği riskleri tanımak, alınan önlemleri bilmek ve bunları uygulayarak tehlikelerden kaçınmak olduğu. Bu da ancak eğitimle

sağlanabileceği. İSG'nin sağlanmasında interaktif eğitimler, görsel iletişim araçları ve alışkanlıkların kazanılmasında uygulamaların önemi göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır

Güğercin vd., (2016) yapmış oldukları "İş Güvenliği Uzmanı Adaylarının Aldıkları Eğitim Hakkındaki Görüşleri" isimli çalışmalarında; Ülkemizde mal ve can kaybına neden olan iş kazalarının önlenmesine yönelik olarak yürütülen geniş kapsamlı çalışmalar içerisinde, eğitim faaliyetleri öncelikli hale gelmiş olduğunu. Bu nedenle, 2012 yılında uygulamaya konulan 6331 sayılı Yasa ile İş Güvenliği Uzmanlığı kavramı ve iş güvenliği uzmanlarının eğitimi konusunda düzenlemeler yapıldığını. Ancak son dönemde, söz konusu düzenlemeler doğrultusunda başlayan eğitim faaliyetlerinin yetersizliği ve eğitimlere katılanların nitelikleri konusu tartışılmaya başlanmış olduğundan bahsetmişlerdir. Bu amaçla iş güvenliği uzmanlığı eğitimi veren iki ayrı kurumun 5 ayrı sınıfındaki toplam 112 adaya, derslik ortamında, 19 sorudan oluşan bir anket uygulanmışlar. Söz konusu anketin değerlendirilmesi sonucunda; İş Güvenliği Uzmanlığı eğitimine devam eden ve uygulamalı eğitim aşamasına gelmiş olan adayların, aldıkları uzaktan eğitimin ve teorik eğitimin yeterliliği konusunda kuşkularının olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Özgüler vd., (2013) yapmış oldukları "Meslek Yüksekokullarında İş Sağlığı Ve Güvenliği Eğitiminin Gerekliliği" isimli çalışmalarında; Çalışmalarında meslek yüksekokulu teknik programlar öğrencilerinin büyük bir kısmı İş sağlığı ve Güvenliği kanunu hakkında bilgi sahibi olmadıkları, bu konunun çok önemli olduğunun düşündüklerini vurgulamışlardır. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili ders olmasını çok sayıda öğrenci istemekte olduğunu ve işverenin iş sağlığı ve güvenliğine önem vermesi, iş verimliliğini ve kalitesini artıracığı neredeyse bütün öğrenciler tarafından kabul edilmiş olduğundan bahsetmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği kültürünün iş yerlerindeki çalışanlara eğitimle kazandırılacağı düşünüldüğü, bu eğitimin ilk defa işletmelerde verilmesinin çok geç olacağı, bu kültürü oluşturabilmek için iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin teknik eleman yetiştiren meslek yüksekokullarının ders müfredatlarına konulması gerektiği. Sadece meslek yüksekokullarında bu eğitimin verilmesi de yetersiz kalabileceği. İlkokuldan itibaren eğitim müfredatlarına iş sağlığı ve güvenliği eğitimi konulması gerektiği, işçi sağlığı ve güvenliği eğitiminin imalat sektörüne teknik eleman yetiştiren başta meslek yüksekokulları olmak üzere tüm teknik eğitim okullarında verilmesi günümüzde kaçınılmaz hale gelmiş olduğunu sonucuna ulaşmışlardır.

Ertuş (2016) yapmış olduğu "Maden Arama Sondajlarının İş Sağlığı ve Güvenli Yönünden Değerlendirilmesi" isimli çalışmada; Günümüzün hızla değişen yüksek teknolojisi ve işyeri talepleri nedeniyle, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) eğitimi, günden güne daha da önemli bir hale gelmiş olduğunu. Bundan dolayı, çalışanların işyerlerinde günlük çalışmaları sırasında karşılaşılabilecekleri tehlikeler ve risklere karşı iş güvenliği bilincini artırmak amacıyla her çalışanın İSG eğitimi alması gerekmekte olduğundan bahsetmiştir.

İSG eğitimi, çalışanları yapılan iş sırasında iş sağlığı ve güvenliğini dikkate alacak kadar yetkin kılmakta, çalışanlara olumlu bir tutum kazandırmakta ve çalışanların becerilerini geliştirip bilgilerini arttırmakta olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Tüm yapılan araştırmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili her iş kolunda (madencilik, sondaj çalışmaları, sağlık, öğrenciler, meslek dalları) ilkokuldan itibaren doktora seviyesindeki eğitimlerin her aşamadaki öğrenim sürelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimlerinin verilmesi gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Madencilik sektörünün çok tehlikeli riskleri bünyesinde barındırdığı bu sebepten dolayı da her aşamasında eğitimlerin uzman kişiler tarafından verilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Kazaların büyük bir kısmının %98 nin önlenbilir olduğunu ve bunu önlemede eğitimin en başında geldiğini vurgulamışlardır.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KANUNUNA GÖRE VERİLEN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİ

Ülkemizde İSG eğitimleri temel olarak 6331 Sayılı Kanun'un 17. maddesinde ve 15.05.2013-28648 tarih-sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik" (İSGE Yönetmeliği) kapsamında ayrıntılı olarak düzenlenmiştir. İSGE Yönetmeliği'nin dışında da spesifik İSG eğitimleri farklı yönetmeliklerde düzenlenmiştir. 6331 Sayılı Kanun ve bu Kanun'a göre yayınlanan İSGE Yönetmeliğinde, İSG eğitimlerinin içeriği, esasları, süresi, periyodu ve eğiticilerin nitelikleri açıkça düzenlenmiştir. 6331 sayılı Kanun'un 4. maddesinde, işverenin çalışana karşı genel yükümlülükleri arasında belirtilen İSG eğitimi, Kanun'un 17.maddesinde "Çalışanların Eğitimi" başlığı altında daha ayrıntılı şekilde hükme bağlanmıştır. Maddeye göre; *"işveren, çalışanların İSG eğitimlerini almasını sağlayacaktır. Bu eğitim özellikle; işe başlamadan önce, çalışma yeri veya iş değişikliğinde, iş ekipmanının değişmesi hâlinde veya yeni teknoloji uygulanması hâlinde verilecektir. Eğitimler, değişen ve ortaya çıkan yeni risklere uygun olarak yenilenir, gerektiğinde ve düzenli aralıklarla tekrarlanmalıdır"*

Ayrıca;

- a) Çalışan temsilcileri özel olarak eğitecektir.
- b) Mesleki eğitim alma zorunluluğu bulunan tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işlerde, yapacağı işle ilgili mesleki eğitim aldığını belgeleyemeyenler çalıştırılmayacaktır.
- c) İş kazası geçiren veya meslek hastalığına yakalanan çalışana işe başlamadan önce, söz konusu kazanın veya meslek hastalığının sebepleri, korunma yolları ve güvenli çalışma yöntemleri ile ilgili ilave eğitim verilerek herhangi bir sebeple altı aydan fazla süreyle işten uzak kalanlara, tekrar işe başlatılmadan önce bilgi yenileme eğitimi verilecektir.
- d) Tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde; yapılacak işlerde karşılaşılabilecek sağlık ve güvenlik riskleri ile ilgili yeterli bilgi ve talimatları içeren eğitimin alındığına dair belge olmaksızın, başka işyerlerinden çalışmak üzere gelen çalışanlar işe başlatılmayacaktır.
- e) Geçici iş ilişkisi kurulan işveren, iş sağlığı ve güvenliği risklerine karşı çalışana gerekli eğitimin verilmesini sağlayacaktır.

Söz konusu 17. madde kapsamında verilecek eğitimin maliyeti çalışanlara yansıtılmayacak ve eğitimlerde geçen süre çalışma süresinden sayılacaktır. 6331 Sayılı Kanun'un "Çalışanların bilgilendirilmesi" başlıklı 16. maddesinde, işverenin çalışanlara İSG riskleri, bunlara karşı alınan tedbirler, acil durumlar için görevlendirilen kişiler hakkında eğitim vermesi gerektiği belirtilmektedir. İSGE Yönetmeliğinin 4. maddesinde eğitimler; *"işe başlama eğitimi, temel eğitim ve uzaktan eğitim"* olmak üzere üç farklı şekilde düzenlenmiştir. İşe başlama eğitimi, *"çalışanın fiilen çalışmaya başlamadan önce, çalışanın yapacağı işe, varsa kullanacağı iş ekipmanına ve işyerine özgü iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini içeren konularda uygulamalı olarak verilen eğitimi"* içermektedir. İkinci eğitim türü olan temel eğitim, *"İSGE Yönetmeliğinin ekinde yer alan Asgari Ek-1'de belirtilen konuları içeren ve düzenli aralıklarla tekrarlanan eğitimi"* tanımlamaktadır. Son olarak düzenlenen uzaktan eğitim, *"iletişim teknolojileri aracılığıyla elektronik ortamda gerçekleştirilen eğitim faaliyetlerini"* ifade etmektedir. Temel eğitim (İSGE Yönetmeliği Ek:1), her çalışanın her işyerinde karşılaşılabileceği genel risklere, İSG mevzuatı ve çalışanın hak ve sorumluluklarına ilişkin konular asgari eğitim içeriği olarak belirlenmiş ve ilgili Yönetmelik'te temel eğitim dört ana başlık altında düzenlenmiştir.

Buna göre eğitim konu başlıkları;

1. Genel konular (Çalışma mevzuatı ile ilgili bilgiler, çalışanların yasal hak ve sorumlulukları, işyeri temizliği ve düzeni, iş kazası ve meslek hastalığından doğan hukuki sonuçlar),
2. Sağlık konuları (Meslek hastalıklarının sebepleri, hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulanması, biyolojik ve psikososyal risk etmenleri, ilkyardım, tütün ürünlerinin zararları ve pasif etkilenme),

3. Teknik konular (Kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri, elle kaldırma ve taşıma, parlama, patlama, yangın ve yangından korunma, iş ekipmanlarının güvenli kullanımı, ekranlı araçlarla çalışma, elektrik, tehlikeleri, riskleri ve önlemleri, iş kazalarının sebepleri ve korunma prensipleri ile tekniklerinin uygulanması, güvenlik ve sağlık işaretleri, kişisel koruyucu donanım kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği genel kuralları ve güvenlik kültürü, tahliye ve kurtarma),

4. Diğer konular (çalışanın yaptığı işe özgü yüksekte çalışma, kapalı ortamda çalışma, radyasyon riskinin bulunduğu ortamlarda çalışma, kaynakla çalışma, özel risk taşıyan ekipman ile çalışma, kanserojen maddelerin yol açtığı olası sağlık riskleri ve benzeri) olarak düzenlenmiştir.

İSGE Yönetmeliğinin 11. maddesinde eğitim süreleri düzenlenmiştir. Söz konusu maddeye göre, “çalışanlara verilecek temel eğitimler, işin devamı süresince belirlenen düzenli aralıklar içinde;

a) Az tehlikeli işyerleri için en az sekiz saat,

b) Tehlikeli işyerleri için en az on iki saat

c) Çok tehlikeli işyerleri için en az on altı saat

olarak her çalışan için düzenlenmesi zorunludur. Yine ilgili Yönetmeliğin 6/4. Maddesine göre, “değişen ve ortaya çıkan yeni riskler de dikkate alınarak eğitimler;

a) Çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde yılda en az bir defa,

b) Tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde iki yılda en az bir defa

c) Az tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde üç yılda en az bir defa tekrarlanmalıdır.

Özel hastaneler çok tehlikeli sınıfta yer almaktadırlar. Bu durumda hastane çalışanlarının ayrıca mesleki eğitim alma zorunlulukları bulunmaktadır. Mesleki eğitim zorunluluğunun aranmasında çalışanın işyerinin tehlike sınıfı değil, çalışanın yaptığı iş esas alınmaktadır. Bu işler de ilgili 13.07.2013-28706 Tarih-Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Tehlikeli ve Çok Tehlikeli Sınıfta Yer Alan İşlerde Çalıştırılacakların Mesleki Eğitimlerine Dair Yönetmelik” ekinde belirtilen işlerdir. İşyeri çok tehlikeli veya tehlikeli sınıfta yer alsa da çalışanın yaptığı iş yönetmeliğin ekinde sayılan işlerden değilse, 6331 Sayılı Kanun kapsamında çalışan için mesleki eğitim zorunluluğu bulunmamaktadır.

GENEL MÜDÜRLÜĞÜMÜZDE VERİLEN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİ

2017 yılında, Genel Müdürlüğümüz, en az beş yıl yeraltı çalışma tecrübesine sahip 69 Yeraltı Maden Uzmanı istihdamı gerçekleştirmiştir. Alınan uzmanlar, işbaşı yapmadan önce 15 gün yoğunlaştırılmış eğitim almışlardır. Tahkimat, havalandırma, iş güvenliği, mevzuat, işyerinin iş ve işlemleri, denetim başlıkları altında mesleki eğitimler verilmiştir Her yıl verilen Temel İş sağlığı ve Güvenliği ve yenileme eğitimleri de verilmektedir.

Genel Müdürlüğümüzde 2020 yılında alınan 25 Yeraltı Maden Uzmanına da Temel İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimleri verilmiştir. Yeraltı Maden İşletmeleri Denetimi Gerçekleştiren Denetim Ekiplerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerine yönelik olarak İşyeri Hekimi ve İş Güvenliği Uzmanı tarafından eğitim sunumları hazırlanmıştır.

İşyeri Hekimi tarafından hazırlanan eğitim başlıkları;

- Madenlerde Solunum Gazları ve Sağlık Üzerine Etkileri başlıklı İSG eğitiminden görünüm Şekil 1’de verilmiştir



Şekil 1. Madenlerde solunum gazları ve sağlık üzerine etkileri İSG eğitimlerinden görünüm

Madenlerde Solunum Gazları Ve Sağlık Üzerine Etkileri

Ocak havasındaki gazlar ve etkileri

1. Oksijen (O_2)
2. Azot (N_2)
3. Karbondioksit (CO_2)
4. Hidrojen (H_2)
5. Hidrojen Sülfür (H_2S)
6. Karbon monoksit(CO)
7. Karbon dioksit(CO_2)
8. Kükürt dioksit (SO_2)
9. Azot Oksitleri (N_2O , NO_2 , N_2O_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5)
10. Metan (CH_4)

Kırık Çıkık ve Burkulmalarda İlk Yardım

Kırık çıkık ve burkulmalarda ilk yardım konularında görsel materyaller ve kendi tecrübelerini anlattığı sunumunu içermektedir.

Ocak Tozları

Ocak tozlarının limit değerleri, insan sağlığına zararları, korunma yöntemleri, ilk müdahale şekli gibi konularda; İşyeri hekimi tarafından Genel Müdürlüğümüzde çalışan ve farklı kurumlardan geçici olarak arazi görevlendirmelerine katılan uzman ekiplere, yukarıda bahsedilmiş olan konularla ilgili eğitimler verilmiştir. Arazi görevlerinde özellikle yeraltında karşılaşabilecekleri sağlık sorunları ile ilgili konular üzerinde durulmuştur. İlk yardım gerektiren hususlarda (akrep/yılan sokması, vb.) arazi koşullarında neler yapılması gerektiği konusunda bilgi verilmiştir. Ocak tozunun zararları, pnömokonyoz (akciğer hastalıkları) ve ocak gazlarının zararları (zehirlenme, boğulma, patlama) gibi genel konular anlatılmıştır. Ocak gazlarının çalışma ve etkilenme limit değerleri ve korunma yolları anlatılmıştır. Meslek hastalıklarına neden olabilecek konular üzerinde durulmuş ve mevcut bilgilerin yeniden hatırlanması sağlanmıştır.

İş Güvenliği Uzmanı tarafından hazırlanan eğitim üç ana başlıkta toplanmıştır. Eğitim sunumlarının giriş sayfası şekil 2 deki verilmiştir.



Şekil 2. Arazi denetim personel İSG eğitimlerinden görünüm

Denetime Başlanılmadan Önce Yapılacak İşler

Denetime başlanılmadan önce yapılacak işler ile ilgili slaytlar basit anlaşılır şekilde hazırlanmıştır. Ocak denetimleri yapılmadan nelere dikkat edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Denetime başlanılmadan önce yapılacak işler ile ilgili görsel şekil 3 de verilmiştir.



Şekil 3. Denetime başlanılmadan önce yapılacak işler ile ilgili isg eğitimlerinden görünüm

Denetim Esnasında Yapılacak İşler

- **Tahkimat Kontrolü:** Eğitim içerikleri yeraltı ocaklarında kullanılan tahkimat çeşitlerini kapsamıştır.
- **Gaz Kontrolleri:** Eğitim içerikleri yeraltı ocaklarında bulunan gaz çeşitlerini kapsamıştır
- **Havalandırma Kontrolleri:** Eğitim içerikleri yeraltı ocaklarında havalandırma sistemlerini kapsamıştır.
- **Haberleşme Kontrollü:** Eğitim içerikleri yeraltı ocaklarında yeraltı ve yerüstü haberleşme sistemlerini kapsamıştır.
- **Toz Kontrolleri:** Eğitim içerikleri yeraltı ocaklarında hava içinde bulunan toz çeşitlerini kapsamıştır.

Denetim esnasında yapılacak işler beş başlık altında toplanmış olup, gaz kontrolleri ile ilgili sunum Şekil 4 de verilmiştir. Her başlık için ayrı slaytlar hazırlanarak konu ile ilgili yaşanmışlıklardan ve pratik tecrübelerden bahsedilerek dinleyicilerin daha çok anlamaları sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4. Denetime esnasında yapılacak işler ile ilgili İSG eğitimlerinden görünüm

Denetim Sonrasında Yapılacak İşler

İş Güvenliği Uzmanı tarafından Genel Müdürlüğümüzde çalışan ve farklı kurumlardan geçici olarak arazi görevlendirmelerine katılan uzman ekiplere, yukarıda bahsedilmiş olan konularla ilgili eğitimler verilmiştir.

Denetim çalışmaları; Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğünün görev ve yetkileri çerçevesinde; “*Tabii kaynakların verimli ve etkin kullanımını sağlamak üzere, kamu kurum ve kuruluşları ile ruhsat, sertifika ve izin sahiplerinin ilgili mevzuattan kaynaklanan yükümlülüklerini denetlemek, denetimlerin etkin olması amacıyla gerekli mali harcamaları yapmak, gerektiğinde hizmet satın almak ve ilgili kamu kurum ve kuruluşlarıyla protokol yapmak*” hususları yer almaktadır.

Bu kapsamda yapılan denetimler sürecinde de İş Sağlığı ve Güvenliği kurallarına da uyulması gerekmektedir. Arazi denetimi gerçekleştiren denetim ekipleri de her türlü riskle karşı karşıya olabileceğinden dolayı proaktif bir yaklaşımla eğitimler hazırlanmış ve mevcut bilgilerin yeniden hatırlanması sağlanmaya çalışılmıştır. Eğitimler covid-19 pandemi döneminde bulaş risklerine karşı e-Eğitim (mapuzem-Mapeg Akademi Uzaktan Eğitim) portalı üzerinden verilmiştir. Eğitim sonrasında çoktan seçmeli sınav yapılarak başarılı olanlara sertifika düzenlenmiştir. Başarısız olanlar, kuruma sonradan gelenler ve sınava giremeyenler için de telafi eğitimleri yapılmıştır. Sertifikalar e-imza ve barkot okutabilir şekilde istenildiği zaman e- devlet üzerinden de çıktı alabilecek şekilde hazırlanmıştır.

SONUÇ

Ülkemizdeki iş kazalarının sayısındaki artış kamu kurumlarını, işverenleri, sendikaları, çalışanların örgülerini ve çalışanları iş kazalarını azaltmak ve yok etmek için yeni arayışlara sürüklemiştir. Bu nedenle, bahsedilen konularla ilgili çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Günümüzde de yürütülmeye, yeni arayışlara ve araştırmalara devam edilmektedir. Kazalar genel olarak dikkatsiz davranış, yetersiz ekipman, uygun olmayan işyerleri, eğitimlerin eksik olması ve iş ile ilgili yetersizlikten kaynaklanmaktadır. İstenmeyen olayların, kazaların, yaralanmaların ve hastalıkların engellenmesinde iş güvenliği eğitimi etkin bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğitimin hayatımızın her aşamasında gerekli olduğu gibi, çalışma yaşamımızda da yeri ve önemi azımsanamayacak kadar fazladır. Bu sebeple eğitimlerin kazaların yaşanmamasında da önemli bir yeri vardır. İş Sağlığı ve Güvenliğinde proaktif yaklaşımlarda eğitim ve tatbikatlar olmasa olmazlardandır. Maden denetimlerinde de Denetim Ekipleri de çeşitli tehlikelere

maruz kalabileceklerinden, söz konusu ekipler için de eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir. Eğitimlerin gerçekleşmesiyle yeraltı denetimlerinde görev alan ekiplerin iş güvenliği kültürünün artırılmasını sağlayacaktır. Denetim yapan ekipler, denetim esnasında istenmeyen olayların yaşanmamasını sağlayacaktır. Denetim esnasında çevresindekileri tehlikeli durumlarla ilgili konularda uyaracak, farkındalık oluşturarak güvenlik kültürünün oluşmasına katkı sağlayacaktır. Eğitim çalışmaları ile eğitimin sadece çalışanlara değil yeraltında bulunan tüm personele verilmesi gerektiği üzerinde durulmuş, denetim ekiplerine de eğitimlerinin verilerek sık sık tekrarlanması vurgulanmaya çalışılmıştır. Madenlerde tüm çalışanların ile farklı görevler için kısa süreli olarak yeraltında bulunanların eğitim alması ve bu eğitimlerin periyodik olarak tekrarlanması gerekmekte olup, eğitimlerin eksikliğinden oluşacak olan istenmeyen olayların yaşanmaması temenni edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ateş, Z.G. (2020). Çalışanların, 2020, iş sağlığı ve güvenliği açısından eğitilmeleri, Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 10.15337/suhfd.738406, Konya.
- Çavuş, Ö.H. ve Keskin, R. (2020). İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin sağlık sektöründe güvenlik kültürü üzerindeki etkilerinin analizi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Yönetim ve Ekonomi Dergisi, Cilt:27 Sayı:3.
- Ertuş, S.,b(2016). Bakanlığı, Maden arama sondajlarının iş sağlığı ve güvenli yönünden değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Genel Müdürlüğü, Ankara, 129s.
- Güğercin, Ö., Baytorun, N., Güğercin, U., Sezen, S.M. ve İlhan, İ. (2016). İş güvenliği uzmanı adaylarının aldıkları eğitim hakkındaki görüşleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 23-34 ss.
- Kaymakoğlu, B., Kara, T.D. ve Ehsani, A. (2019). Türkiye’de maden mühendisliği ve cevher hazırlama mühendisliği bölümlerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitime genel bakış, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2(2), Aralık 2019, 29-41.
- Kılış, İ. ve Demir, S. (2012). İşverenin iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verme yükümlülüğü üzerine bir inceleme, Çalışma İlişkileri Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, Sayfa: 23-47.
- Özbek, S. ve Kol, İ. (2021). İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim Uygulamalarının Karşılaştırılması, İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi, , Cilt 4, Sayı 1, Sayfa: 1-14 , e-ISSN: 2630-578X.
- Özgüler, A.T. ve Koca, T. (2013). Meslek yüksekokullarında iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin gerekliliği, Electronic Journal of Vocational Colleges- UMYOS Özel Sayı.
- Solmaz, M. ve Solmaz, T. (2017). Hastanelerde iş sağlığı ve güvenliği, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 6(3): 147-156.
- Topgöl, S., Alan, Ç., (2017). Öğrencilerin iş güvenliği ve iş güvenliği eğitimi algısının değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.22, S.2, s.587-598.

KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASI VE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ (İSG) ACISINDAN ÖNEMİ SELF-COMBUSTION OF COAL AND ITS IMPORTANCE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (OHS)

S. Yılmaz¹, H. Demirkan², H. Duru¹, İ. Toroğlu¹, E. Kaymakçı¹, A. Çakır¹, M. Bilen^{1*}

¹ Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

² Yerbilimleri, Maden ve Metalürji Profesyonelleri Birliği, Ankara

(*Sorumlu yazar: mehmetubilen@yandex.com)

ÖZET

Kömürün herhangi bir dış kaynaktan ısı alması, kendi kendine yanmaya başlaması, kömür madenciliğinde birçok istenmeyen olayların meydana gelmesine neden olmaktadır. Kendiliğinden yanmanın önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda yanma esnasında oluşan ısı, çevreye yayılan ısıdan daha fazla olması durumunda kömürün sıcaklığı gittikçe yükselmekte ve yanma olayı açık alevli yangına dönüşmektedir. Özellikle yer altı kömür madenciliğinde karşılaşılan kömürün kendiliğinden yanma olayları (endojen yangınlar, gizli yangınlar) üretimde aksamalara, büyük rezervlerin ve teçhizatın terk edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, yanma esnasında oluşan ve ocak havasına karışan zehirli, boğucu gazlar ile yanıcı ve patlayıcı gazların (metan) patlamaları sonucunda çok sayıda madenci yaşamını yitirmektedir. Diğer taraftan, kendiliğinden yanma olayları yer üstünde oluşturulan kömür stok sahalarında, bunkerlerde, atık stoklarında, kömürün özellikle uzun nakliyatı esnasında ve kömürün mikronize öğütülmesi sırasında da meydana gelebilmekte ve büyük parasal kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Kömürün kendiliğinden yanmasının ortaya çıkardığı sorunları ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için bu olayın meydana gelmesinde rol oynayan iç (endojen) ve dış (ekzojen) faktörlerin titizlikle belirlenmesi, kızışma olayının mümkün olduğunca erken tespiti ve gelişmesini sınırlandırmak için gerekli önlemlerin alınması gerekir. Bu çalışmada, kömürlerin kendiliğinden yanma indeks değerinin tespitine yönelik yöntemler, özellikle yeraltı kömür madencilik faaliyetleri esnasında işçi sağlığı ve çalışma ortamının güvenliği açısından ortaya çıkardığı riskler, sorunlar, yanma olayını önlemeye yönelik alınması gerekli iş sağlığı ve güvenliği (İSG) tedbirleri ve bu tedbirlerin mevzuatındaki yeri, mevzuattaki eksiklikler tartışılmış ve somut önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Kendiliğinden yanma, Risk faktörleri, İş sağlığı ve güvenliği, Kömür

ABSTRACT

Coals are objected to spontaneous combustion due to wide variety of reasons including heat transfer from external resources and spontaneous combustion either it is alone or the results at the end are one of the most undesired events in coal mining. When the precautions were not taken and when the heat accumulated is higher than the heat of combustion, self oxidation and combustion initiates with the increase in the temperature of coal. Spontaneous combustion of coal especially encountered in underground mines results in shortages of production and in most of the cases expensive mining equipments & investments are being abandoned. Some gases prouduct of spontaneous combustion is the main reason of health disorders for the mine operators and workser and sometimes spontaneous combustion triggers explosions. These abovementioned explosions are basically result of spontaneous combustion of coals and they result in a number of mine workers death. On the other hand, spontaneous combustion of coal can be faced at coal stockyards, bunkers, waste stocks. It can occur during long period of shipping and even during pulverized grinding. Result of spontaneous combustion is always cost of money and pollution to the environment. In order to minimize or solve the problems related with spontaneous combustion, internal & external factors interrelated to this event should be determined in a well manner. In addition to the abovementioned, early detection of spontaneous combustion is always significant and precautions to its quick spread should be taken immediately. In this study, methods to evaluate coal spontaneous combustion index, possible risks and problems associated

with spontaneous combustion in underground coal mining in terms of occupational health and safety were taken into consideration. Occupational health and safety precautions and the the rules&legislations in this context were widely discussed and significant suggestions were made.

Keywords: Self combustibility, Risk factors, Occupational health and safety, Coal

GİRİŞ

Özellikle yer altı kömür madenciliğinde karşılaşılan kömürün kendiliğinden yanma olayları (endojen yangınlar, gizli yangınlar) üretimde aksamalara, büyük rezervlerin ve teçhizatın terk edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, yanma esnasında oluşan ve ocak havasına karışan zehirli, boğucu gazlar ile yanıcı ve patlayıcı gazların (metan) patlamaları sonucunda çok sayıda madenci yaşamını yitirmektedir. Diğer taraftan, kendiliğinden yanma olayları yer üstünde oluşturulan kömür stok sahalarında, bunkerlerde, atık stoklarında, kömürün özellikle uzun nakliyatı esnasında ve kömürün mikronize öğütülmesi sırasında da meydana gelebilmekte ve büyük parasal kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Kömürün kendiliğinden yanmasının ortaya çıkardığı sorunları ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için bu olayın meydana gelmesinde rol oynayan iç (endojen) ve dış (ekzojen) faktörlerin titizlikle belirlenmesi, kızışma olayının mümkün olduğunca erken tespiti ve gelişmesini sınırlandırmak için gerekli önlemlerin alınması gerekir.

Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar

Kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili ilk bilimsel teori gözlemlere sonucu ortaya çıkmıştır. Nemli havaya maruz kalan ya da su ile ıslanan piritin ısınmaya başladığı, eğer nemli bir yığın olarak bulunursa kızgın hale geldiği içten içe yanarak daha sonra yangına dönüştüğü görülmüştür. Eğer pirit tek başına yanabiliyorsa bunun kömür ile karışınca daha kolaylıkla kendiliğinden yanabileceği öne sürülmüş ve bu öngörüye dayanarak ilk bilimsel teori olan pirit kuramı ortaya çıkmıştır. Daha sonra bakteri kuramı, nem kuramı ve oksidasyon kuramı ileri sürülmüştür.

Pirit Kuramı

Temelde piritin oksidasyonu sonucu kömür sıcaklığını artırdığı varsayılarak oluşturulmuştur. Kömür içerisinde piritin çok miktarda ve ince taneli halinde bulunması dışında kendiliğinden yanmaya etkisinin önemsiz olduğu vurgulanmıştır. Piritin oksijenle kimyasal reaksiyon denklemi aşağıda verilmiştir.



Bakteri Kuramı

Kendiliğinden yanmanın kömürün bünyesindeki bakterilerin sebep olduğu varsayılmıştır. Bakteriyel aktivitenin ısınmaya olan katkısı tam olarak açıklanamamakla beraber yapılan çalışmalardan bakterilerin çok zayıf miktarda ısınmaya neden olduğu belirtilmiştir. Bakteri kuramının kendiliğinden yanmasına etkisi kesin olarak tespit edilememiştir (Eroğlu ve Gouws, 1993; Yıldırım, 2002).

Nem Kuramı

Nem teorisinin temelinde kömürün ıslanması ve oksijen adsorbe etmesiyle ilgili yaklaşımlar yer almaktadır. Kömürün nem alması sonucu bir ısı açığa çıkarak oksidasyon tepkime hızında artış meydana gelmektedir. Nemli havada ısı daha iyi yayılmaktadır. Bunun nedeni hava içerisindeki hareketli halde bulunan su molekülleri nedeniyle ısının daha iyi iletilmesidir. Bu kuramda da temelde nemli ortamın

kömürün ısını yükseltmesi ve ısının yükselmesi sonucu oksidasyonun artması nedeniyle kendiliğinden yanma koşullarının oluşması sağlanmaktadır (Eroğlu ve Gouws, 1993; Wade, 1998).

Oksidasyon kuramı

Tüm bu kuramlar içinde oksidasyon kuramı birçok araştırmacı tarafından desteklenmiş ve kendiliğinden yanmanın sebebi olarak kabul görmüştür. Kömürün kendiliğinden yanmasının kömür bünyesinin oksidasyonu olduğuna inanılmış olup hızı sıcaklık ile doğru orantılıdır. Tüm kömürler oda sıcaklığında daha az ya da çok oksitlenmekte olup, ıslanma ile oluşan ısı ve pirit içerikleri bu oksidasyonun artmasına neden olan etkenlerdir. Bu etkenlerin katkısı ile kömür sıcaklığı ısınmasının çok daha hızlı olduğu ekzotermik reaksiyonun oluşacağı seviyeye çıkar ve yanmaya neden olur. Çeşitli parametrelerin oksidasyon üzerine etkileri Çizelge 1'de verilmiştir (Cudmore ve Sanders, 1984; Eroğlu, 1993; Biçer, 2011; Wang, 2012; Qui, 2018).

Çizelge 1. Çeşitli parametrelerin kömür oksidasyonun oranına etkisi

Parametre	Parametre artışının oksidasyon oranına etkisi
Tane İriliği	Azalır
Sıcaklık	Artar
Nem	Artar
Ön ısıtma	Artar
Oksijen	Artar
Oksijen Kısmi basıncı	Artar
Uçucu madde içeriği	Artar
Kömürleşme rankı	Azalır
Karbon içeriği	Azalır
Oksijen içeriği	Artar
İç nem	Artar

Kömürün Kendiliğinden Yanmasını Etkileyen Faktörler

Kömür oksitlenmeye eğilimli bir maddedir. Yeni açılan yüzeyler havaya temas eder etmez oksidasyon olayı başlar. Oksijen molekülleri kömürün yüzeyine fiziksel olarak bağlanır (adsorpsiyon) ve diffüzyon yoluyla mikro gözeneklere kadar ulaşır. Normal şartlarda oksidasyon sonucu açığa çıkan ısı, hava akımı ile taşınır ve oksidasyon, kızışma tehlikesi doğurmadan devam eder. Ancak, bazı durumlarda dışa verilen ısı ortamdan ayrılamaz ve sıcaklık zamanla yükselir. Yaklaşık 70 °C den sonra CO ve CO₂ yayılımının arttığı gözlenir. 125 °C dolaylarında da su buharı çıkmaya başlar. Sıcaklık artışı devam ederse, kömürün sıcaklığına (kritik sıcaklık) ulaşır ve kendiliğinden yanma olayı baş gösterir. Kömürlerin kendiliğinden yanmasını etkileyen faktörler üzerine çok sayıda araştırma yapılmış olmasına karşın , konu tam olarak aydınlatılamamıştır. Bunun nedeni kömürün karmaşık yapısı ve olaya etki eden faktörlerin çokluğudur. Kendiliğinden yanma olayı üzerinde rol oynayan faktörler: iç (endojen) faktörler (kömür özellikleri) ve dış (eksojen) faktörler olarak iki ana grupta toplanabilir.

İç (endojen) Faktörler:

Kömürün içsel faktörleri: Nem, kül ve mineral madde içeriği, kükürt içeriği, kömürleşme derecesi (rank), petrografik bileşen, tane boyutu ve yüzey alanıdır (Güney 1971; Ökten 1988).

Dış (Eksojen) Faktörler:

Dış faktörleri atmosferik koşullar, uygulanan madencilik tekniği ve jeolojik yapı olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Kömür ocağının sıcaklığı, nemi, oksijen oranı ve hava basıncı atmosferik koşullar olarak sayılabilir. Madencilik tekniği ve Jeolojik yapısı işletme koşulları ilgili olarak da göçükte kömür kaybı, gerilme boşalması, sığ damarlarda tasman nedeniyle yüzey ile bağlantı, kalın damarlarda göçertme yöntemi ile üretim, damarda kısmi üretim, havalandırmadaki anormallikler (engeller, dengesizlikler, yüksek basınç farkı, vb.) söylenebilir (Ökten, 1988; Kaymakçı vd., 2000; Karpuz vd., 2000).

Kendiliğinden Yanmayı Tespit Yöntemleri

Kömürün kendiliğinden yanma indekslerinin belirlenmesinde laboratuvarında uygulanan başlıca yedi adet yöntem bulunmaktadır. Bunlar:

1. Kesişme noktası yöntemi,
2. Adyabatik oksidasyon yöntemi,
3. Statik izotermal yöntemi,
4. İzotermal akış yöntemi,
5. Pota ısıtma yöntemi,
6. Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi,
7. Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemidir.

Bu yöntemlerden ilk ikisi yaygın olarak kullanılmakta olup, bu iki yönteme göre ülkemizde birçok çalışma bulunmaktadır.

Kendiliğinden Yanma Olaylarının Önlenmesine Yönelik Tedbirler

Kömürün kendiliğinden yanması sonucu yeraltı ocaklarında ortaya çıkan yangınlar büyük mal ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Bu nedenle kendiliğinden yanma olayının erken tespiti ve gerekli önlemlerin alınması esastır. Kömür ocaklarında oksidasyonun ilk belirtilerinin duyu organlarıyla algılanmasına kadar geçen zamana 'İnkubasyon Periyodu' denir. Bu periyod hiçbir belirti göstermeden birkaç saat, genellikle haftalarca sürebilir.

Kendiliğinden yanma olayının erken tespiti için oksidasyon ürünü olan CO ve N₂ gazlarının ocak havası içindeki oranlarının devamlı izlenilmelidir. Özellikle karbonmonoksit bir yangın olayının en belirgin ve kararlı göstergesidir. Fakat ocak havasındaki CO miktarı verilen hava miktarına bağlıdır ve CO oluşumuna neden olan başka kaynaklar da (ateşlemeler, dizel lokomotifler) bulunmaktadır. Bu nedenle oluşan karbonmonoksit miktarının tüketilen oksijen miktarına oranı esas alınmaktadır. Bu orana 'Graham İndeksi' veya 'Graham Katsayısı (K)' denir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K = \frac{CO \times 100}{(0,265 \times N_2 - O_2)} (\%)$$

K= Graham İndeks değeri

CO= Ocak havasındaki karbonmonoksit miktarı(%)

O= Ocak havasındaki oksijen miktarı (%)

N= Ocak içerisindeki azot miktarı (%)

Graham İndeks değeri K= 0,2 dolayında ise tehlike yoktur. K=0,5 üzerinde ve azalmıyorsa oksidasyon artmaktadır. K= 1,0'ın üzerinde ise tehlike vardır. Etkin mücadele başlatılmalıdır. K= 2,0'ye yaklaşması durumun çok tehlikeli boyutlara ulaşılmıştır. K= 3,0'e ulaşması yangın belirtisidir.

Alınan tüm önlemlere karşın, ocağın herhangi bir kesiminde kendiliğinden yanma olayının başladığı belirlenmişse, uygulanacak mücadelenin ana ilkesi, kızışma olan zon ile havanın ilişkisini kesmektir. Bu amaçla uygulanan yöntemler dört grupta toplanabilir.

- Yanan yeri kazarak uzaklaştırmak,
- Yanan kesimi izole etmek,
- Yangın sahasını su ile doldurmak (ambuayaj),
- Yangın bölgesine, azot, karbondioksit gazları enjekte ederek, inert bir ortam yaratmaktır.

Eğer kendiliğinden yanma tehlikesi ortadan kaldırılmamış ise ve patlayıcı gaz karışımı bekleniyorsa, yangın olan bölgenin giriş ve çıkışları barajlanarak kapatılmalı ve havası kesilmelidir (Ökten, 1988).

Mevzuatımızda Kendiliğinden Yanma

Kendiliğinden yanma olaylarından kaynaklanan problemlerin çözümü için mevzuatımızda bir dizi önlem verilmiştir. Önlemler ocak koşullarına göre şekillenmektedir. Kömürün kendiliğinden yanma riski varsa daha hassas önlemler alınmalıdır. Ocaklarda kendiliğinden yanma ile ilgili önlemler, 19 Eylül 2013'te 28770 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde" aşağıdaki gibi yer almıştır. Mevzuatımıza göre önlemler:

1-) Kendiliğinden yanmaya elverişli madenlerde, bekleme barajları dahil olmak üzere gerekli tedbirler alınır. Yangın veya sızdırmazlık bekleme barajlarını üretimi biten panoların ya da herhangi bir yangın riskine karşı asgari olarak her üretim panosunun alt taban ve üst taban yollarında kurulur, bunlar dışında kurulacak bölgeler sağlık ve güvenlik dokümanında belirlenir. Ocağın ana hava giriş ve çıkışında bir yangın tehlikesine karşı, ocağın giriş ve çıkışını tamamen kapatabilecek miktarda malzeme bulundurulur. Üretimi biten eski imalat ve panolardaki kalıcı bekleme barajları hava sızdırmaz, basınca dayanıklı ve tahrip olmayacak şekilde kurulur ve ocak gazları yönünden sürekli kontrol altında bulundurulur. Bu barajlar, baraj arkasında oluşabilecek gaz basıncı ve su baskınına karşı dayanımı hesaplanarak kurulan sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilir. Barajların arkasında bulunan oksijen, metan, karbonmonoksit, hidrojen sülfür vb. ocak gazları ile sıcaklık ölçümleri 10 günde bir, değişiklik tespit edilmesi halinde sürekli yapılır ve kayıt altına alınır. Barajların açılmasında gerekli güvenlik tedbirleri alınır. Bu barajlar hazırlanacak olan yeraltı çalışma planlarında gösterilir.

2-) Ocak grizulu veya damar kendi kendine yanmaya elverişli ise ayak arkası, tavan veya yanlarda meydana gelen boşluklar sıkıca doldurulur ve diğer sağlık ve güvenlik tedbirleri alınır. Tahkimatı yapılması zorunlu olan ocaklarda aşağıdaki ayrıntıları kapsayan ve ilgili mevzuat hükümlerinin de göz önünde tutulduğu bir yönerge hazırlanır ve çalışanların görebileceği yerlere asılır. Bu Yönergede; a-) Ocakta tahkimat gerektiren her kısımda (ayak, taban, vb.) tahkimattan sorumlu çalışanın belirlenmesi, b-) Kendiliğinden yanmaya meyilli ve grizulu ocaklarda tahkimat yapılması ile ilgili gerekli tedbirler yer alır.

3-) Grizulu veya yangına elverişli kömür damarlarının bulunduğu ocaklarda, tüm çalışanlar çalışma süresince, yanlarında Ek-1 inci maddede yer alan tabloda belirtilen kaçış sürelerini ve TS-EN 13794 sayılı standartta belirtilen kriterleri sağlayacak oksijenli ferdi kurtarıcı bulundurur ve gerektiğinde kullanır.

4-) Kendiliğinden tutuşmanın önlenmesi veya erken fark edilmesi için gerekli tedbirler alınır. Jeoloji ve damar yapısı müsaade ettiği müddetçe, ana yollar ve havalandırma yollarının kömür içerisinden sürülmemesi esastır. Bunun sağlanamadığı ana yollar ve havalandırma yollarında kömürün hava ile temasını tamamen kesecek gerekli tedbirler alınır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeraltı kömür ocaklarında kendiliğinden yanma olayının meydana gelmemesi için çalışmalar ocağın planlama aşamasında başlanmalı, kömürün özelliklerinin analizi iyi yapılmalı ve üretim yöntemi, ilerleme hızı, havalandırma parametreleri sağlıklı bir şekilde seçilmelidir. Üretim yöntemi olarak

ilerletimli ayak uygulaması dönümlü ayak uygulamasına göre üretim kaybı fazlalığı ve göçük içinde hava kaybı olacağı için riski daha fazla olabilmektedir. Ocak içerisindeki gaz içeriği titizlikle tespit edilmelidir. Kömür damarının durumu faylanma ve süreksizlikleri havalandırmayı doğrudan etkileyeceğinden ve kendiliğinden yanmaya uygun ortam hazırladığı için ocak jeolojisi iyi bilinmelidir. Göçük arkasında kalan kömürlere kısıtlı miktarda havanın ulaşması kızışmayı arttırıp kendiliğinden yanmayı başlatabilecek potansiyele sahip olduğu için göçük arkasında kömürün mümkün olan en az miktarda kalması sağlanmalıdır. Göçük arkasına havanın ulaşmaması için dolgu malzemeleri (rambleli çalışma, köpük dolgu) ile kapatılabilir. Yangın veya sızdırmazlık bekleme barajlarını üretimi biten panoların ya da herhangi bir yangın riskine karşı asgari olarak her üretim panosunun alt taban ve üst taban yollarında kurulur, bunlar dışında kurulacak bölgeler sağlık ve güvenlik dokümanında belirlenir. Ocağın ana hava giriş ve çıkışında bir yangın tehlikesine karşı, ocağın giriş ve çıkışını tamamen kapatabilecek miktarda malzeme bulundurulur. Üretimi biten eski imalat ve panolardaki kalıcı bekleme barajları hava sızdırmaz, basınca dayanıklı ve tahrip olmayacak şekilde kurulur ve ocak gazları yönünden sürekli kontrol altında bulundurulur. Barajların arkasında bulunan oksijen, metan, karbonmonoksit, hidrojen sülfür vb. ocak gazları ile sıcaklık ölçümleri 10 günde bir, değişiklik tespit edilmesi halinde sürekli yapılır ve kayıt altına alınır. Mevzuatımıza, patlamayı ve yanmayı önlemeye yönelik olarak grizulu ve yangına elverişli ocaklarda alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini de içeren bir yönergenin hazırlanarak kazandırılması gerekir.

KAYNAKÇA

- Biçer, İ. (2011). GLİ Tunçbilek Kömürlerinde Kendiliğinden yanmanın sıkışma etkisine bağlı olarak incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 64 s.
- Cudmore J.F. and Sanders, R.H. (1984). Spontaneous combustion of coal, mine fires and interpretation of analysis of mine gases-A literature review, Australian coal Industry Research Laboratories, Report No, 84-10.
- Eroğlu, H.N. and Gouws, M.J. (1993). Kömürün kendiliğinden yanmasına ait kuramlar, Madencilik Dergisi, Cilt XXXII, Sayı 2, s.15-18.
- Güney, M. (1971). An adiabatic study of the influence of moisture on the spontaneous heating of coal, CIM Bulletin, Vol. 64, pp.138-146.
- Güney, M. (1971). Oxydation und selbsterhitzung von steinkohle, Glückauf-Forschungshette, Nr.32, H.6.
- Ökten, G. (1988). Kömürün kendiliğinden yanması ve önlenmesi için alınacak tedbirler, Kömür , Ed. O.Kural, s.103-113.
- Ünal, S., Pişkin, S. and Dinçer, S. (1993). Autoginition tendencies of soma Turkish lignites, Fuel, Vol.72, No.9, pp. 1357-1359.
- Qui, L. (2018). A study on the prediction method of coal spontaneous combustion development period based on critical temperature, Environmental Science and Pollution Research, 25:35748-35760, <http://doi.org/10.1007/s11356-018-3464-2>.
- Wade, L. (1998). The Propensity of south African coals to spontaneously combustion, Doktora tezi, Univ. of Witwatersrand, Johannesburg.
- Wang, D.M. (2012). Mine ventilation and safety. China University of Mining and Technology Press.
- Yıldırım, Ö.S. (2002). Kömürde kendiliğinden yanmaya yatkınlığın, elektriksel, renksel ve termogravimetik açıdan modellenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 123 s. Isparta.

**TUFANBEYLİ LİNYİT SAHASI ŞEVLERİNİN ArcSAR RADAR SİSTEMİ İLE İZLENMESİ VE İŞ SAĞLIĞI
GÜVENLİĞİNE KATKISI**
*OBSERVATION OF TUFANBEYLİ LIGNITE OPEN PIT SLOPES WITH ArcSAR RADAR SYSTEM AND ITS
CONTRIBUTION TO OCCASIONAL HEALTH AND SAFETY*

A. Aydın^{1*}, Y.S. Karahan¹, E. Çörekçioğlu¹, F.T. Akbaş¹, N.S. Çağan¹

¹Enerjisa Enerji Üretim A.Ş., Tufanbeyli Termik Santrali, Kayarcık Mevkii, Tufanbeyli/Adana
(*Sorumlu yazar: arif.aydin@enerjisauretim.com)

ÖZET

Adana ili, Tufanbeyli ilçesinde Enerjisa Üretim A.Ş. firmasına ait Tufanbeyli Termik Santrali 2016 yılında devreye alınmıştır. Santralin üretim kapasitesi 450 MW, linyit yakıt ihtiyacı günlük yaklaşık 20000 tondan fazladır. Açık maden işletmesinde gerçekleşebilecek şev hareketleri üretimin aksaması, can ve mal kaybına yol açabilir. Bu sebeple santralin yakıt ihtiyacının karşılanması ve üretimin devamlılığının sağlanması için linyit sahasındaki şevlerinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu olumsuz durumun önüne geçilmesi için linyit sahası şevlerini anlık takip edebilmek amaçlı 29 Ekim 2019 tarihinde IBIS-ArcSAR Lite radar sistemi kurulumu gerçekleştirilmiştir. Yersel radar sistemi verilerinin sürekli takip edilmesi linyit sahasındaki olumsuz durumları kontrol altına almak için önemlidir. ArcSAR radar sistemi maden sahasındaki hareketlilikleri 7gün 24 saat izlemeye fırsat verdiği için önlem almak için fırsat tanımaktadır.

Anahtar Sözcükler: ArcSAR, Yersel Radar, Linyit Sahası, Tufanbeyli, Enerjisa Üretim

ABSTRACT

Tufanbeyli Thermal Power Station of Enerjisa Üretim Inc. started its service in 2016, Tufanbeyli/ADANA. The power station has capacity of 450 MW and it needs approximately 20,000 tons of lignite per day. Movements of slope for every unit in the mining field may disturb the production, cause loss of life and equipment. Due to that, it is very important to observe the slopes for every unit in the lignite open pit to meet fuel needs of the power station and have continuous production. To prevent the possible negative cases, ArcSAR Radar System was installed on 29 October 2019. Continuous tracking of data from the ground radar system is has significant place at prevention unwanted circumstances. By ArcSAR Radar System, observation is done in 7 days 24 hours. It gives chance to take proactive action to prevent.

Keywords: ArcSAR, Ground Radar, Lignite Mine, Tufanbeyli, Enerjisa Üretim

GİRİŞ

Şev tasarımı, açık maden işletmeciliğın de dikkat edilmesi gereken en önemli husustur. Şev tasarımı güvenli, ekonomik ve sürdürülebilir bir işletme sürecinin başlangıcıdır. Bu süreçte jeoteknik modellerde tespit edilemeyen yersel farklılıklar, madencilik faaliyetlerini aktararak şev yenilmelerine ve iş güvenliği risklerine yol açabilmektedir. Açık ocak şevlerinde risk yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesi için şev hareketlerinin büyüklüğü, hızı ve hareket yönünün tespit edilmesi gerekmektedir. Bu süreç için şev izleme sisteminin maden sahasında kurulması ve takip edilmesi gerekmektedir.

Açık ocak işletmelerinde, maden sahasında yapılan dekapaj kazısı, nakliyat, kömür ve cevher üretimi, atık yönetimi vb. gibi tüm madencilik faaliyetlerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için şev stabilitesi hayati derecede önemlidir. Açık ocakta olası bir şev kayması, yakın alandaki yapılara,

insanlara ve ekipmanlara tehlike yaratabilir. Ayrıca maden üretiminin aksamasına ve üretim maliyetlerinin artmasına neden olabilir (Tunçdemir vd., 2013; Lilly vd., 2000; Kido vd., 2000; Bromhead, 1992).

Şevlerde meydana gelen deformasyonlar yerüstü ve yeraltı izleme teknikleri olarak iki ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlardan yüzeyden yapılan şev izleme teknikleri noktasal olarak ekstansometreler, elektronik mesafe ölçerler, total station gibi jeodezik ölçüm teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda açık maden işletme şevleri ve heyelanlar, yersel radar ve lazer tarayıcı sistemlerle daha geniş alanlarda ise uydu bazlı radar sistemleri ile şev deformasyonlarının izlenmesi giderek artmaktadır (Pieraccini ve Miccinesi, 2019; Eberhardt vd., 2020).

Tufanbeyli Enerjisa Termik Santrali Linyit Açık Maden Sahası şevleri için Yersel Radar Sistemi ile şev durumu sürekli olarak gözlenmekte, deformasyon miktarı ve hızları değerlendirilerek erken önlem alınması için takip edilmektedir.

TUFANBEYLİ ENERJİSA LİNYİT SAHASI GENEL ÖZELLİKLERİ

Tufanbeyli bölgesi Orta Toroslar içinde yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 10°C olup, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri -35°C ve 37°C arasında değişmektedir. Karasal iklim özellikleri bölgede yazların serin ve kurak, kışların soğuk ve yağışlıdır.

Tufanbeyli Enerjisa Termik Santrali Linyit Maden Sahası yakın çevresinde, temelde kumtaşı ve şeyl birimlerinden oluşan Alt Devoniyen Ayıtepesi Formasyonu (Özgül vd., 1973) ve başlıca kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan, Orta Devoniyen Şafaktepe (Demirtaşlı, 1967) ve Üst Devoniyen Gümüştalı Formasyonları (Demirtaşlı, 1967) yüzeylemektedir.

Temel birimler üzerinde, açısal uyumsuzlukla, linyit havzasını oluşturan Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Evciköy Formasyonu (Özgül vd., 1973) ile Kuvaterner çökelleri yer almaktadır. Evciköy Formasyonunun alt seviyelerinde bulunan taban kili üzerine) Linyitli Gidya kompleksi gelmektedir. En üstte ise kil ve marnlı seviyelerden oluşan tavan seviyesi ve Kuvaterner birimleri bulunmaktadır. Linyitli Gidya kompleksinin kalınlığı güneyden kuzeye doğru gittikçe kalınlaşarak 200 m'ye ulaşmaktadır (Vattenfall, 2012). Maden sahasının genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

IDS IBIS-ArcSAR Lite YERSEL RADAR SİSTEMİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

IDS IBIS-ArcSAR Lite (ArcSAR) Yersel Radar (Şekil 2) sistemi 360 derece dönebilen bir mekanizma üzerine yerleştirilmiştir. MIMO (Multiple Input Multiple Output) radar sistemi olarak bilinen, iki verici ve iki alıcı anten ile tarama yapmaktadır.

Radar sisteminin özellikleri;

1. Ölçüm Mesafesi; 2,5 km,
2. Düşey Kapsama alanı; 60°,
3. Yatay Kapsama alanı; 360°,
4. Ölçüm Hassasiyeti; 0,1 mm,
5. İki Ölçüm arası Süre; 4 dk'dır.



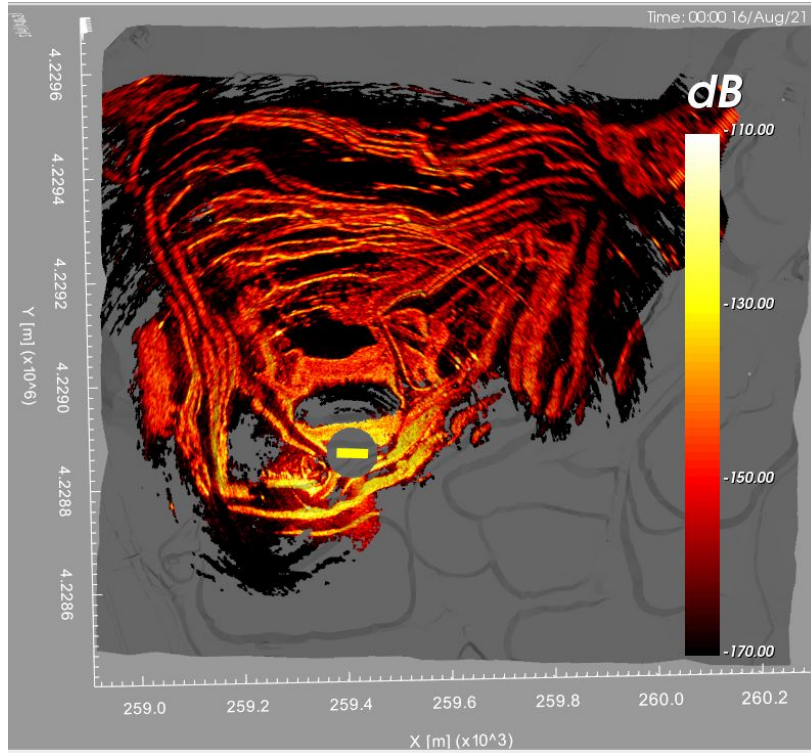
Şekil 1. Tufanbeyli linyit sahası genel görünümü



Şekil 2. ArcSAR radar sistemi

YERSEL RADAR SİSTEMİ İLE ŞEV DEFORMASYONLARININ İZLENMESİ

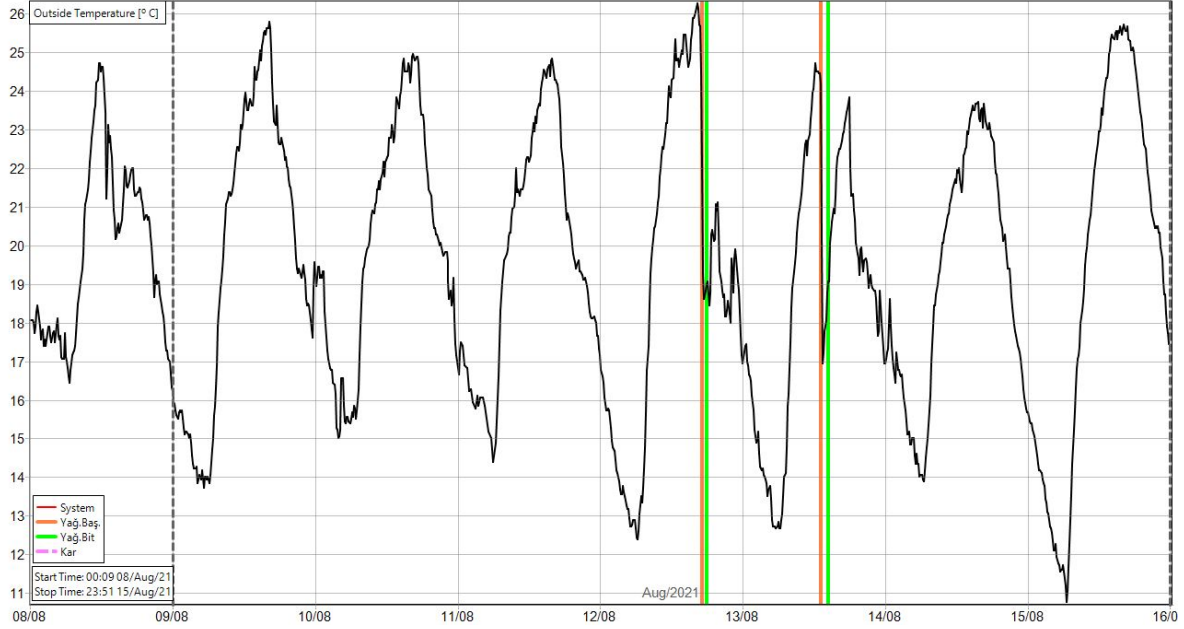
ArcSAR radar sistemi linyit açık ocak sahası içerisinde çalışma alanını kapsayacak şekilde yerleştirilmiştir. Sistem lokasyonda çalıştıktan sonra sinyal kalitesini (gücünü) gösteren genlik haritası (Şekil 3) ile lokasyonun uygunluğu kontrol edilmektedir.



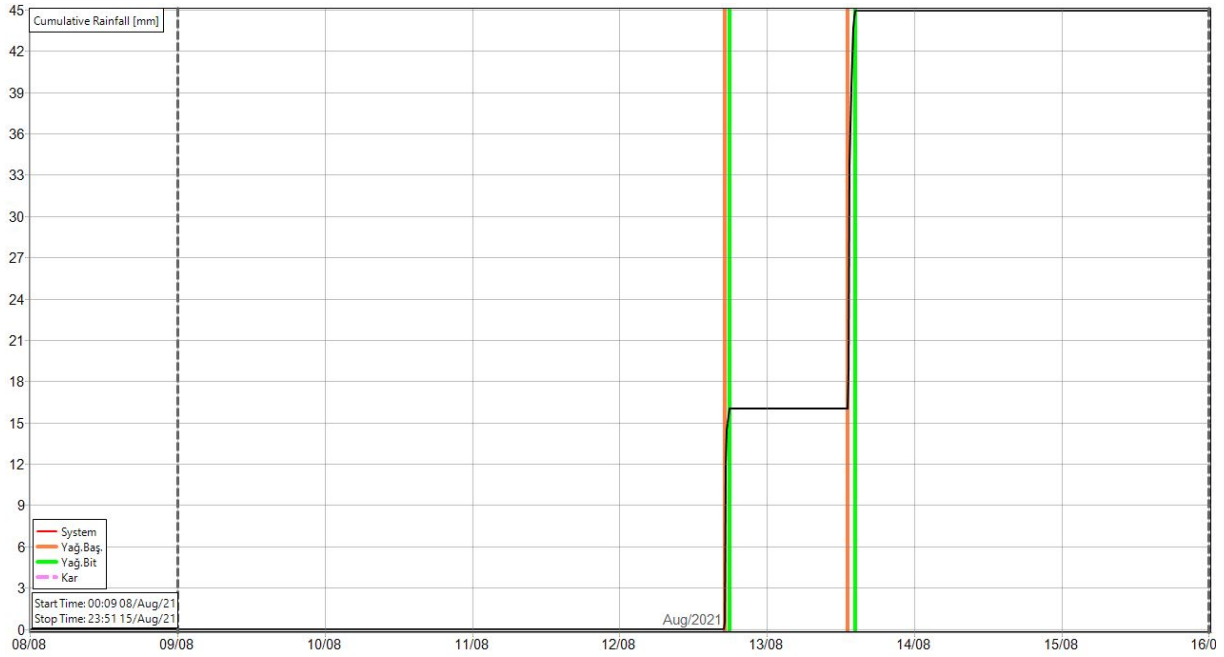
Şekil 3. Genlik haritası (X-Y Eksenli ED50 36N koordinant sistemine göre yapılmıştır.)

ArcSAR radar sistemi üzerinde meteoroloji istasyonu sıcaklık (Şekil 4), nem, basınç, rüzgar ve yağış (Şekil 5) verilerini anlık olarak kayıt altına alınmaktadır. Sistem tarafından oluşturulan yer

değiştirme haritası ve hız haritası öncelikli olarak kontrol edilmektedir. Hareket alanları oradan belirlenerek bölgeler özel olarak kontrol edilmektedir. Seçilen alanlar için ters hız-zaman grafiği, hız-zaman grafiği ve yer değiştirme-zaman grafiği oluşturularak hareket sürekli olarak takip edilmektedir.

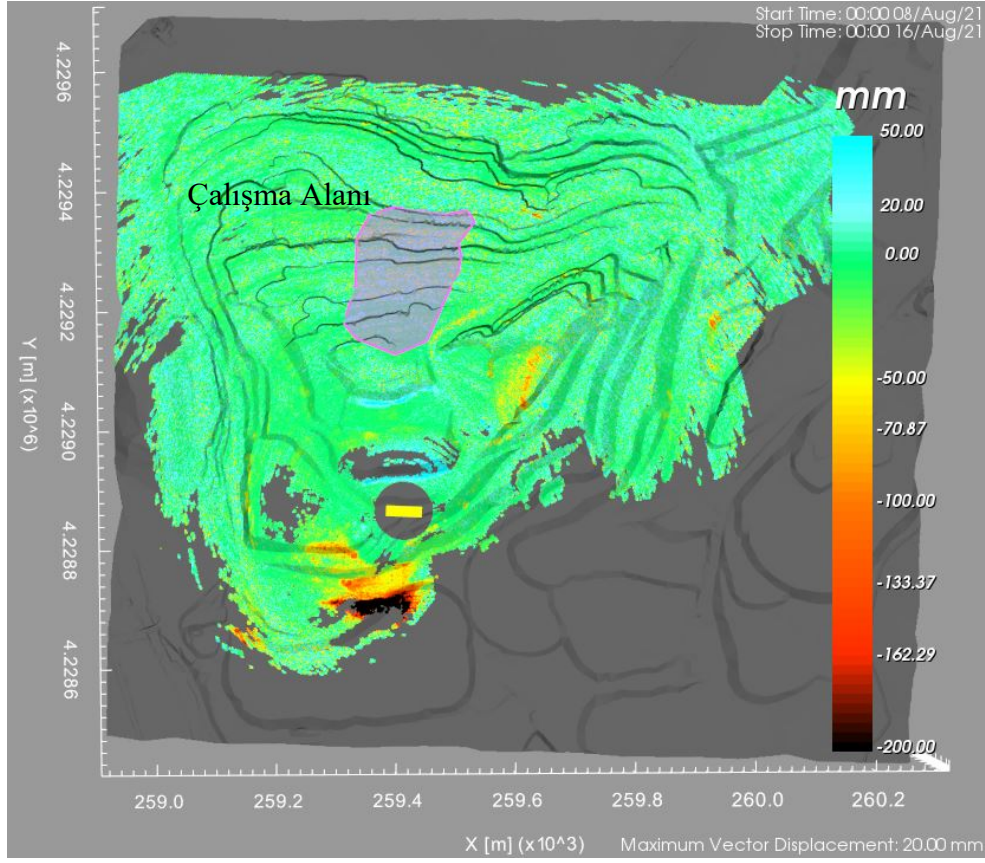


Şekil 4. Sıcaklık grafiği

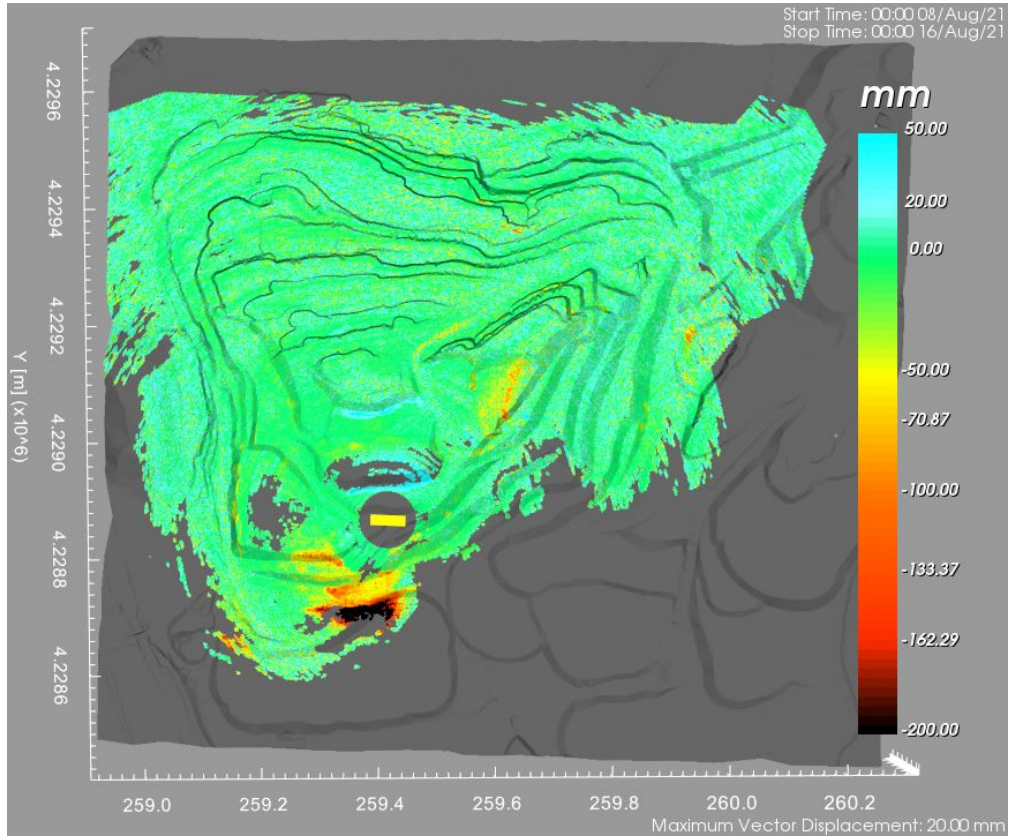


Şekil 5. Kümülatif yağış grafiği

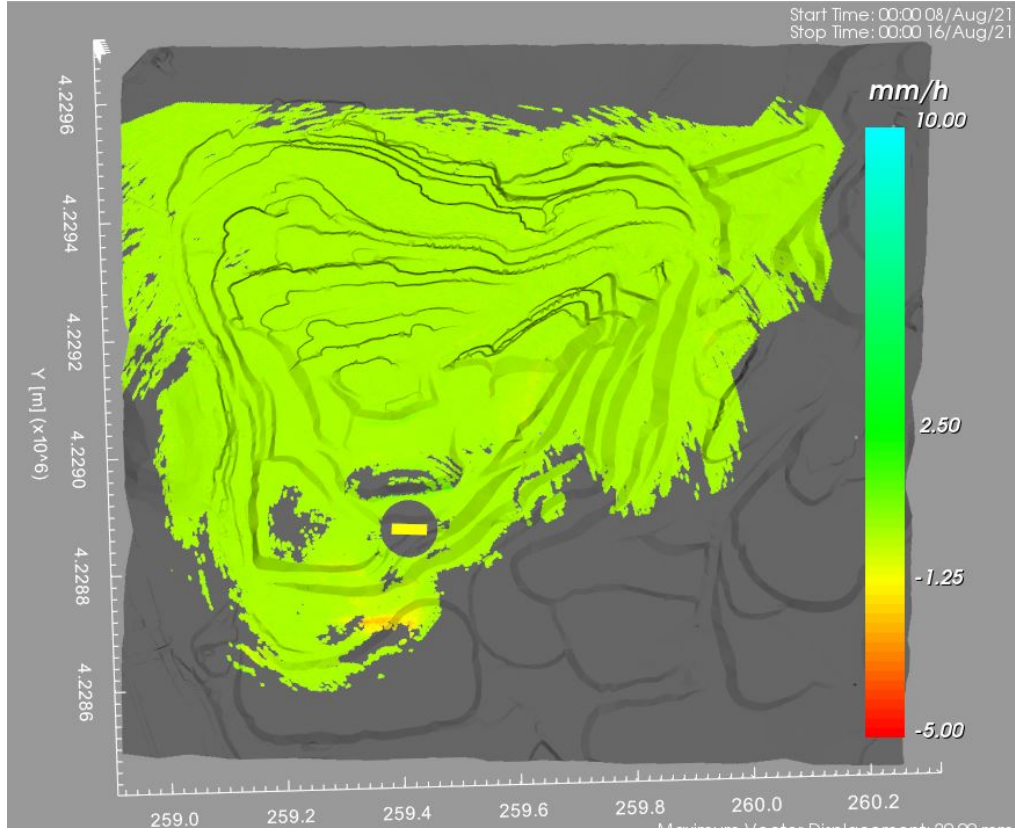
Çalışmalar için 08-15 Ağustos 2021 tarihleri arası kullanılmıştır. Maden sahasında belirlenen bir alan (Şekil 6) üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yer değiştirme (Şekil 7) ve hız haritası (Şekil 8) tarama alanı içerisindeki hareketleri ve hızlarını göstermektedir. Çalışma için yer değiştirme-zaman grafiği ve hız-zaman grafikleri çıkartılmıştır.



Şekil 6. Çalışma alanı

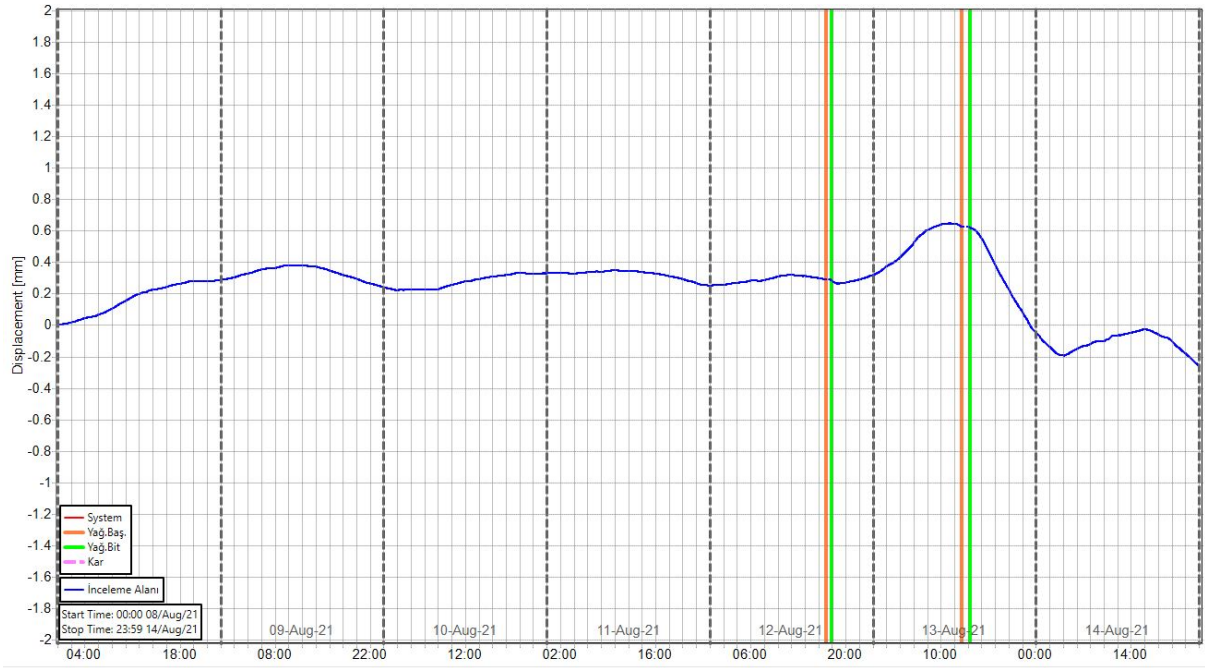


Şekil 7. Yer değiştirme haritası



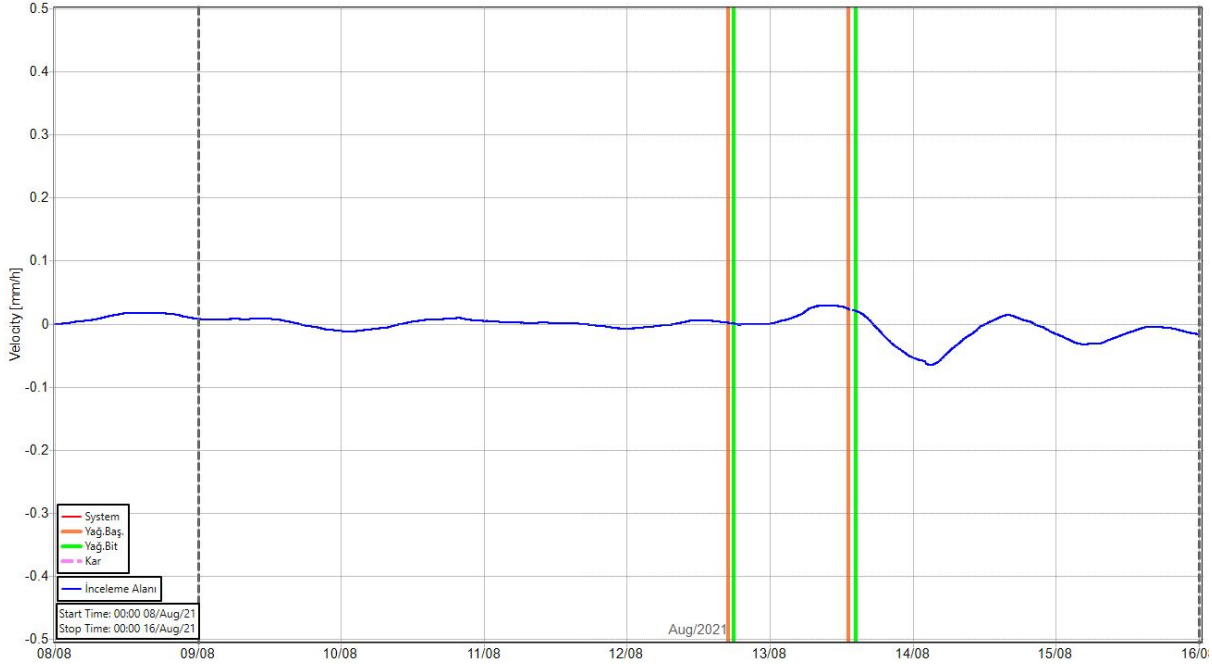
Şekil 8. Hız haritası

Yer değiştirme-zaman grafiği (Şekil 9) kontrol edildiğinde şevlerin stabil olduğu hareketin az miktarda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Yer değiştirme grafiği hareket miktarını dakika, saat, gün bazlı kontrol edilmesi sağlamaktadır.



Şekil 9. Yer değiştirme-zaman grafiği

Hız-zaman grafiği (Şekil 10) hareket olan bölgede, çalışma yapılan alanda hareketin hızını göstermektedir. Alansal kontrol edildiğinde alanın ortalama hız değerini verirken, noktasal bazda direkt noktanın hızını vermektedir.



Şekil 10. Hız-zaman grafiği

Maden sahasındaki en ufak hareketlilik, yukarıdaki grafikler ve haritalar vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Hareketlilik alanının sürekli kontrol edilmesi gerçekleşecek yenilme sürecinde bölgede kontrolün sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

SONUÇLAR

ArcSAR radar sistemi ile Tufanbeyli Termik Santrali Linyit sahası şevleri 7/24 izlenmektedir. ArcSAR radar sisteminin sunduğu Yer değiştirme haritası, hız haritası sürekli olarak izlenmiştir. Bu haritalar dışında ter hız-zaman, yer değiştirme-zaman ve hız-zaman grafikleri de günlük olarak kontrol edilmiştir. Mevcut durumda linyit sahasında yapılan ölçümler de progresif yenilme türü gözlenmemiştir. Yapılan gözlemler sonucunda belirlenecek eşik değer, ilerleyen süreçlerde meydana gelebilecek yenilmelerde ArcSAR radar sistemi tarafından erken uyarı için kullanılacaktır. Erken uyarı linyit sahasında gerçekleşecek yenilmeden önce maden sahasının boşaltılması ve bölgenin güvenliğinin sağlanması için çalışanlara zaman kazandıracaktır. Yapılan ölçümlerde şev stabilitesi açısından tehlike oluşturabilecek olumsuz bir durum yaşanmamıştır. ArcSAR radar sistemi ile şev stabilitesi risk yönetiminin etkin bir şekilde yapıldığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Bromhead, E.N. (1992). The stability of slopes, blackie academic&professional, 2 ed., London, UK, pp. 1-377
- Eberhardt, E., Ness, M., Noon, D., Schwarz, E. and Stacey, P. (2020). Overview of slope monitoring. Chapter 2, pp 7-16. In Guidelines for slope Performance Monitoring. Editors: Sharon R. & Eberhardt E. CSIRO publishing, CRC Press.

- Kido, K., Yashinaka, R., Hagiwara, K. and Sasaki, K. (2000). Stability analysis and deformation behavior of large excavated rock slopes, An International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, Australia.
- Lilly, P., Xu, D. and Walker, P. (2000). Stability and risk assessment of pit walls at GHP iron ore's mt Whaleback Mine, An International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, Australia.
- Pieraccini, M. and Miccinesi, L. (2019). Ground-based radar interferometry: a bibliographic review. Remote Sensing, 11, 1-22, doi:10.3390/rs11091029.
- Vattenfall Europe Mining A.G. (2012). tufanbeyli kömür madeni ve kireçtaşı ocakları için maden geliştirme planı, Final Raporu 322s.

**KENDİLİĞİNDEN YANABİLİRLİK ETÜDÜ İLE KÖMÜR MADENLERİNDE İSG UYGULAMALARININ
İZLENEBİLİRLİĞİNİN ARTIRILMASI PROJESİ**
*INCREASING TRACEABILITY OF OHS APPLICATIONS IN UNDERGROUND COAL MINES WITH STUDY OF THE
SELF-COMBUSTIBILITY PROJECT*

H. Demirkan^{1*}

¹ *Maden Sanayii İşverenleri Sendikası Proje Teknik Uzmanı, Ankara*
*(*Sorumlu yazar: halim.demirkan@gmail.com)*

ÖZET

AB ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilen MİSGEP projesi kapsamında Maden Sanayii İşverenler Sendikası'nın (MASİS) hazırlamış olduğu "Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile Yeraltı Kömür Madenlerinde İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması" Projesi MAPEG, TKİ, KÖMÜRDER ve Çek Üretim ve Maden Teknolojileri Derneği (CDT) tarafından desteklenmektedir. Proje ile; Türkiye'deki yeraltı kömür ocaklarından alınan numunelerin, kendiliğinden yanma testlerine tabii tutularak; sonuçlarının, İSG Uygulamalarının İzlenebilirliği için kullanılması amaçlanmaktadır. Proje yeraltı kömür ocaklarında İSG koşullarını iyileştirmek, tutarlı ve stratejilerin uygulanmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Çalıştay, bilgi paylaşım semineri ve eğitimleri ile madencilik sektöründeki çalışanların bilinç düzeyi artırılacak ve en iyi uygulamalar paylaşılacak, böylece İSG bilinci yaygınlaştırılacaktır. Yeraltı kömür madenlerinin İSG koşullarındaki potansiyel risklerin izlenmesi ve izlenebilirliği kontrol altında tutulacaktır. Proje kapsamında Türkiye yeraltı kömür işletmelerinden 100 adet numunenin teste tabii tutulması amaçlanmakta olup, ilk 40 adedinin sonuçları elde edilmiştir. Numuneler, MAPEG elemanları tarafından alınmakta, testler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmaktadır. Şimdiye kadar yapılan testlerin sonuçlarına göre; 1 adet yüksek riskli, 12 düşük riskli ocak tespit edilmiş, 27 ocak ise yüksek riskli ocaklarla beraber değerlendirilmesi gereken orta riskli ocak tespit edilmiştir. Düşük riskli ocaklar; bir bölgesi hariç TTK'nın ocakları, Çanakkale, Amasya, Kütahya ve Manisa'da birer ocaktır. Diğer numune sonuçları orta ve yüksek riskli bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Kömür, kendiliğinden yanma, İSG, AB hibe projesi, madenlerde iş sağlığı ve güvenliği

ABSTRACT

Within the scope of the MİSGEP project financed by the EU and the Republic of Turkey, The Project "Increasing the Traceability of OHS Practices in Underground Coal Mines with Self-combustibility Study", prepared by the Mining Industry Employers' Union (MASİS), is supported by MAPEG, TKİ, KÖMÜRDER and CDT (Czech). With the project; It is aimed that the samples taken from underground coal mines in Turkey are subjected to spontaneous combustion tests and the results are used for Traceability of OHS. The project is designed to improve occupational health and safety conditions in underground coal mines and to ensure the implementation of consistent and comprehensive strategies. Workshop, seminar and trainings will increase the awareness of the employees in the mining sector and share the best practices. Within the scope of the project, it is aimed to test 100 samples from Turkish underground coal enterprises, and the results of the first 40 were obtained. Tests are carried out in the laboratories of the Mining Engineering Department of Zonguldak Bülent Ecevit University. According to the results of the tests carried out so far; 1 high-risk coal vein, and 12 low-risk coal veins were identified, and 27 coal veins were identified as medium-risk quarries that should be evaluated together with high-risk quarries. Low risk quarries; except for one region of the TTK enterprises, and one quarry in Çanakkale, Amasya, Kütahya and Manisa. Other sample results were found to be medium and high risk.

Keywords: Coal, self-combustibility, OHS, EU grant Project, Occupational health and safety in mining

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 Madenciler Derneği (CDT) tarafından desteklenmektedir.

Proje ile; Türkiye'deki yeraltı kömür ocaklarından alınan numunelerin, kendiliğinden yanma testlerine tabii tutularak, sonuçlarının, İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının İzlenebilirliği için kullanılması amaçlanmaktadır. Proje kapsamında, Farkındalık Çalıştayı, Bilgi Paylaşım Semineri, Kömür Madenlerinde Çalışanlar için İSG Eğitimi, rehber kitapçık yayınlama, erken uyarı sistemlerinin kurulmasına yönelik çalışmalar, mevzuat değişikliği teklifinin oluşturulması ve iyi örneklerin görülmesi için yurt dışı Teknik Çalışma Ziyareti (Çek Cumhuriyeti Ostrava Yeraltı Kömür ocakları) gerçekleştirilecektir.

Kömürlerin kendiliğinden yanması konusu hakkında Türkiye'de rastladığımız ilk çalışma, Maden Mühendisleri Odası'nın Madencilik Dergisi'nde Nehar 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, Tefik GÜYAGÜLER v.d.'nin "Linyitlerin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık Derecelerinin Tespiti"nin iki bölüm halinde yayınlandığı görülmektedir. Yurt dışında sunulan bir diğer çalışma Cem ŞENSÖĞÜT vd. (2017) tarafından çalışılan "The Spontaneous Combustion Liability of Akcelik Lignite, Tekirdag/Turkey" başlıklı çalışmadır. Bu sunum 2017 Uluslararası Pittsburgh Kömür Konferansı'nda sunulmuştur. Serkan İNAL ve Kerim AYDINER'in "Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Etkileyen Faktörler" başlıklı yazısı ise 2019 yılında yine odanın Bilimsel Madencilik Dergisi'nde yayınlanmıştır.

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.

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 kesişim noktası sıcaklıkları daha düşük olmaktadır.

PROJENİN AMAÇLARI

Projenin Genel Amacı

Bu proje, yeraltı kömür ocaklarında, kendiliğinden yanmaya bağlı iş sağlığı ve güvenliği koşullarını iyileştirmek ve tutarlı ve kapsamlı stratejilerin uygulanmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bilinçlendirme çalıştay, bilgi paylaşım semineri ve eğitimleri ile madencilik sektöründeki çalışanların bilinç düzeyi artırılacak ve en iyi uygulamalar paylaşılacak, böylece İSG bilinci yaygınlaştırılacaktır. Görünürlük faaliyetleri ile madencilik dışındaki kamuoyu proje konusu ve AB katkıları hakkında bilgilendirilecektir.

Projenin Özel Amacı:

Kömürlerin kendiliğinden yanması koşullarının belirlenmesiyle, yeraltı kömür madenlerinin İSG' koşullarındaki potansiyel risklerin izlenmesi ve izlenebilirliği kontrol altında tutulacaktır. Proje aynı zamanda İSG konusundaki AB yasalarına uyumun avantajlarını da ele alacaktır. Proje, işyerlerinde güvenlik kültürü oluşturacak, çalışma koşullarını iyileştirecek ve iş kazalarına bağlı kayıpların farkındalığı artıran faaliyetlerini vurgulayacaktır.

Projenin hedefi, kömürlerin yeraltında üretim öncesi koşullarda kendiliğinden yanabilirliğinin etüdü ile yeraltı kömür madenlerinde İSG risklerinin belirlenmesi, risk izlenebilirliği ve kazaları önlemeye yönelik alınacak tedbirlerin belirlenmesidir.

Bu etüt ve analizler ile, rezerv ve işletme bazında envanterler oluşturulacak, bu bilgiler işletme bazında İSG risklerinin ortaya konarak, kazalara karşı alınacak tedbirlerin belirlenmesini sağlanacaktır. Oluşturulan envanterlerin belli aralıklarla güncellenerek İSG tedbirlerinin yeniden değerlendirilmesine imkan sağlamak üzere alt yapı oluşturulacaktır.

PROJENİN GEREKÇESİ

Doğal kaynakların üretimi, çok spesifik birkaç maden dışında açık işletme ya da yeraltı işletmesi ile üretilmektedir. Kömür yatakları da diğer madenler gibi bu iki yöntemle üretilerek ekonomiye kazandırılmaktadır. Ancak, kömürün yanıcı özelliği nedeni ile diğer madenlerde rastlanmayan, kendiliğinden yanma ve buna bağlı olarak da yangın sorunu ile karşılaşmaktadır. Yangın ise, öncelikle İSG'yi etkilemekte, yarattığı çevre sorunları ile hasar büyümekte ve yapılan teknolojik ve ekonomik yatırımlar heba olmakta, son olarak da doğal kaynakların kaybı anlamına gelmektedir. Yerli kaynakların üretilmemesi, kaybedilmesi ise, özellikle kömür için enerji hammaddelerinde dışa bağımlılığın ve cari açığın artması anlamına gelmektedir. Enerji hammaddelerinde dışa bağımlılığın artması ise, stratejik anlamda önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Gelişmekte olan ve büyüyen ekonomilerde, enerji, ısıtma ve sanayi için ihtiyaç duyulan kömür üretimi esnasında diğer madenlerde olduğu gibi çeşitli nedenlerden dolayı kazalar olmaktadır. İstatistikler madencilik kazalarının çoğunlukla Türkiye ve dünyadaki kömür madenlerinde meydana geldiğini gösteriyor. Bu, Türkiye'de 2010-2015 döneminde kömür madenciliği kazalarının madencilik kazalarında insan kayıplarının yaklaşık %81'ine neden olduğu gerçeğidir. Yangın, metan gazı patlaması, karbon monoksit zehirlenmesi, çalışma alanlarının su altında kalması ve çökmesi, ülkemizdeki kömür madenciliği kazalarının en yaygınlarıdır. Sadece 2014 yılında Soma-Eynez yeraltı kömür madenindeki kaza nedeniyle 301 madenciyi, Karaman-Ermenek yeraltı kömür madenindeki su baskını nedeniyle 18 madenciyi kaybettik. Son yıllarda Türkiye, giderek artan ölümcül madencilik kazaları ile madencilik sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği sistemindeki zayıflık ve eksiklikler tartışılmaya başlandı.

SGK İstatistiklerine göre; 2010-2015 döneminde toplam 404 kömür madeni kazası meydana geldiğinde 232'si kazaların ölümcül olmuştur. Bu kazalarda 544 madenci ölmüş, 374 madenci yaralanmıştır. Kömür işyerlerinde 2016 yılında 11, 2017 yılında 31, 2018'de 11, 2019 'da 13, 2020 'de ise 21 ölümlü kaza meydana gelmiştir (SGK, 2021).

Kömürlerin üretim esnasında kendiliğinden yanması ve bunun yarattığı risk ve kazalar uzun zamandır bilinen, fakat üzerinde kapsamlı bir çalışma yapılmayan husustur. Bu konuda yapılan birkaç akademik düzeyde çalışma olmuş, daha sonra meydana gelen kazalardan sonra, yeraltı kömür işletmelerinden bazıları kendiliğinden bu konuda araştırmalar yaptırmıştır.

PROJE FAALİYETLERİ

İş Sağlığı ve Güvenliğinin Geliştirilmesi (IOHS)" Hibe Programı projesi, program kapsamında Maden Sanayii İşverenleri Sendikası (MASİS) tarafından yürütülmektedir. 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.

- Projeyle, hedef grupların ve nihai yararlanıcıların İSG mevzuatı konusundaki farkındalığının artırılması amaçlanmaktadır.

- Numuneler, yeraltı kömür işletmelerinden, MAPEG elemanları tarafından damar bazında alınmıştır. Numune alımı, üniversitenin belirlediği şekilde, oluk numunesi olarak alınmakta, 3-5 kg. 10 kutularda, hava geçirmeyecek şekilde muhafaza altına alınarak laboratuvara gönderilmektedir. Önce 50 adet olarak planlanan test sayısı, proje bütçesinin elvermesi nedeniyle 100'e çıkarılmıştır.
- Testler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmaktadır.
- Numunelerin ilk 40 adedinin sonuçları elde edilmiştir. Buna göre; 1 adet yüksek riskli ocak, 12 düşük riskli ocak tespit edilmiş, 27 ocak ise yüksek riskli ocaklarla beraber değerlendirilmesi gereken orta riskli ocak tespit edilmiştir. Düşük riskli ocaklar; bir bölgesi hariç TTK'nın ocakları, Çanakkale, Amasya, Kütahya ve Manisa'da birer ocaktır. Diğer numune sonuçları orta ve yüksek riskli bulunmuştur.
- Zonguldak'ta bir çalıştay düzenlenmiş olup, ikincisi de Ankara'da düzenlenmesi planlanmaktadır.
- Altı adet bölgede eğitim planlanmış olup, Soma, Zonguldak ve Ankara eğitimleri tamamlanmıştır. Amasya Suluova, Kütahya ve Beypazarı eğitim verilecek diğer bölgelerdir.
- Bir sempozyum düzenlenerek bulgular ve istatistikler hedef gruplarla paylaşılacaktır.
- Project destekçisi CDT - Çek Madenciler Derneği desteğiyle Çek Cumhuriyeti'ne teknik bir çalışma ziyareti düzenlenecek. Sahada yeraltı kömür madenlerindeki İSG konusunda iyi uygulamalar yerinde görülecek ve AB mevzuatının Türkiye İSG mevzuatına adapte edilebilirliği artırılacaktır.
- Kömür ocaklarında çalışan ustalar / şefler ve maden mühendisleri için bir bilgi paylaşım semineri düzenlenecek ve bir kitap yayınlanacaktır.
- Yeraltı kömür madenlerinde kömür damarların kendiliğinden yanması tehlikesi konusunda erken uyarı sistemi kurmak için yaklaşımlara gidilecektir.
- Ocaklarda İSG konusunda koruyucu / önleyici tedbirlerin alınması için bir temel oluşturacak kılavuzlar ve mevzuat önerisi hazırlanacaktır.

Projenin Beklenen Etkileri

Yeraltı kömür işletmeleri

Artan üretim miktarı ve uygun olmayan havalandırma sistemi ve yöntemi, yanıcı malzeme ve ekipman kullanımı, yetersiz gaz maskeleri ve iletişim ekipmanı, güvenilirmez elektrik sistemi, düzensiz gaz ölçüm kayıtları, yetersiz ve hatalı gaz ve sıcaklık sensörleri ve tehlikeli üretim yöntemi. Bunlar teknik olarak önlenabilir risklerdir. Ancak, birçok işletmenin mevzuatı uygulamada başarısız olması sorunlardan biridir.

Proje ile kömür madenlerinde kendiliğinden yanma damarlarının incelenmesi ve deneyleri yapılacak ve Türkiye çapında risk haritası çizilecektir. Bu envanterin periyodik olarak güncellenmesi, riskin izlenmesi ve izlenebilirliği hedeflenecektir. Maden işverenlerinin yetkililerine İSG eğitimleri ile envanter bilgilerinin bilinmesi ve paylaşılması ve İSG ile ulusal ve AB politikalarına uyumun artırılması desteklenecektir.

Yeraltı kömür işletmeleri çalışanları

Madencilik sektöründeki deneyim, madencilik felaketlerinin önlenmesine ilişkin yasa ve yönetmeliklerin varlığına rağmen bunların uygulanmasının ve denetiminin yetersiz olduğunu göstermektedir. İnsan faktörünün neden olduğu iş kazalarına karşı gerekli önlemlerin alınması madencilik faaliyetlerinin birincil görevi olmalıdır. Çalışanlar düzenli olarak eğitilmeli ve İSG stratejileri ve alınacak önlemler konusundaki farkındalıklarını arttırılmalıdır.

Yeraltı kömür işletmelerinde çalışanların aileleri

Maden işçilerinin aileleri, madende çalışan işçilerin can güvenliği ve mal güvenliği tehlikesinden doğabilecek riskleri en aza indirilmesi beklentisindedir. Proje çıktıları ile bu grup dolaylı olarak eylemden faydalanacaktır.

Projenin Etkilerinin Sürdürülebilirliği

Hedef kitle üzerinde doğrudan ve en önemli etki, iş sağlığı ve güvenliği koşullarının iyileşmesidir. Yapılan deneylerle çalışılan ocağın kendiliğinden yanma riskleri Çalışma koşullarında iş sağlığı ve güvenliği koşulları oluşturduğunda çalışanlar ve aileleri ve tabii ki kamuoyunda oluşan olumsuz algı giderilmeye başlayacaktır.

Kömür ocaklarında kendiliğinden yanma sonucu büyük kömür rezervleri heba olmakta, doğal kaynaklarımız yangın yolu ile ekonomideki yerini alamamaktadır. Kendiliğinden yanmanın önlenmesi, kaynakların güvenliği, çalışan işletmelerin devlet hakkı ve vergi yolu ile bütçeye katkıları, yerelde yaratılan katma değer ve istihdamında artışı demek olacaktır.

Kendiliğinden yanmanın önlenmesi ile iş yeri ve yatırım güvenliği sağlanacak, bununla birlikte yeraltı kömür madenlerine yapılacak yatırımların artması sonucu ortaya çıkacaktır. Bu da zamanla ithalatın ve cari açığın azaltılması, enerji hammaddelerinde dışa bağılılığın azaltılması anlamına gelecektir.

Projenin çıktıları sonucu oluşacak fayda ile, yeraltı kömür ocaklarında iş sağlığı ve güvenliğine yönelik olarak, kendiliğinden yanma konusunda rutin deneylerin yapılarak, çalışma koşullarının buna göre izlenmesi sağlanacaktır. Bunun mevzuatla düzenlenmesi de tüm yeraltı kömür ocaklarında bu projenin devamlılığı anlamına gelecektir.

SONUÇLAR

Kömürlerin yeraltında üretim öncesi koşullarda kendiliğinden yanabilirliğinin etüdü ile yeraltı kömür madenlerinde İSG risklerinin belirlenmesi, risk izlenebilirliği ve kazaları önlemeye yönelik alınacak tedbirlerin belirlenmesi hedeflenen projenin sonunda; yeraltı kömür işletme damarlarından alınan 100 numune kendiliğinden yanma testlerine tabii tutulmuş olacaktır. Ayrıca altı eğitim semineri, bir çalıştay, bir seminer düzenlenmiş olacaktır. Konu ile ilgili mevzuat önerisi getirilecek olup, Türkiye yeraltı kömür işletmelerinin kendiliğinden yanma riskleri belirlenmiş olacaktır.

Alınan numunelerin ilk 40 adedinin sonuçları elde edilmiştir. Numuneler, MAPEG elemanları tarafından alınmakta, testler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmaktadır. Şimdiye kadar yapılan testlerin sonuçlarına göre; 1 adet yüksek riskli ocak, 12 düşük riskli ocak tespit edilmiş, 27 ocak ise yüksek riskli ocaklarla beraber değerlendirilmesi gereken orta riskli ocak tespit edilmiştir. Düşük riskli ocaklar; bir bölgesi hariç TTK'nın ocakları, Çanakkale, Amasya, Kütahya ve Manisa'da birer ocaktır. Diğer numune sonuçları orta ve yüksek riskli bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Eroğlu, N. and Gouws, M.J. (1993). Kömürlerin Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar. Madencilik Dergisi, 32/2, 13-18.
- Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H. and Keskin, S. (2000). linyitlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin tespiti: bölüm 1-risk sınıflaması derlemesi. Bilimsel Madencilik Dergisi, 39(4), 3-13.

- Kaymakçı, E. and Didari, V. (2000). Kömür Özellikleri İle Kendiliğinden Yanma Parametreleri Arasındaki İlişkiler. Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı (s. 147-156). Karadeniz Ereğlisi.
- SGK, (2022). <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik>, Erişim tarihi:15.02.2022.
- Şensöğüt, C., Ören, O., Karaca, S., Demirkan, H. and Ucar, A. (2017). The spontaneous combustion liability of Akcelik lignite Tekirdag/Turkey. International Pittsburgh Coal Conference.

İŞÇİLERE AYAKTAN AKTARILAN TİTREŞİM ÜZERİNE ÖNCEL ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ EVALUATION OF PREVIOUS STUDIES ON VIBRATION TRANSMITTED FROM FOOT TO WORKERS

T. Doğan^{1*}, B. Erdem², Z. Duran³

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü

³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Teknik Bilimler MYO

(*Sorumlu yazar: tcamuzcu@cumhuriyet.edu.tr)

ÖZET

Endüstriyel işlerde, özellikle yüksek güçle çalışan makinalarda meydana gelen yoğun titreşim, makineleri çalıştıran operatörleri doğrudan etkilemektedir. Endüstrinin pek çok alanında çalışan işçi ve operatörler, kullandıkları iş makineleri üzerinden mekanik titreşime maruz kalmakta ve bunun sonucunda damar sistemi, sinir sistemi ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gelişebilmektedir. Bu titreşim maruziyeti üzerine yapılan çalışmalar daha çok el-kol titreşim maruziyeti ya da tüm vücut titreşim maruziyeti olarak literatürde incelenmiştir. Ancak çalışanlar sadece bu türdeki titreşimlere maruz kalmayıp, çalıştıkları ortamda ayaklarından da titreşime maruz kalmaktadırlar. Maruziyet açısından önemli bir konu olan ayaktan iletilen titreşim maruziyeti dünya literatüründe az sayıda araştırılmıştır. Son yıllarda araştırma sayıları giderek artmakta ve bu alanda bir standart hazırlanması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye’de bu konuda henüz bir çalışma yapılmamıştır. Derleme niteliğindeki bu çalışma ile literatürde bu alanda yapılan çalışmalar değerlendirmiştir.

Anahtar Sözcükler: Titreşim, Beyaz ayak, Standart

ABSTRACT

In industry, especially with high performance machines, strong vibrations have a direct effect on the machine operators. Workers and operators in many industries are exposed to mechanical vibrations from the machines they work with, which over time can lead to vascular, nervous, and musculoskeletal disorders. Studies in the literature on vibration exposure have mostly been investigated as hand-arm vibration exposure or whole-body vibration exposure. However, employees are not only exposed to these types of vibrations, but also to the vibrations of their feet in the environment in which they work. Foot-transmitted vibration, an important topic in terms of exposure, is poorly researched in the world literature. The number of studies has increased in recent years and studies are being conducted to establish a standard in this area. No study has been conducted on this topic in Turkey. This review study compiles the previous studies that have been conducted in the literature on this topic.

Keywords: Vibration, White foot, Standard

GİRİŞ

Ayaktan iletilen titreşime (FTV) maruz kalma, titreşim vücuda ayaklardan girdiğinde ve titreşimli aletlerden, titreşimli makinelerden veya titreşimli platformlar veya yüzeylerde ayakta dururken ayaklar ve bacaklar aracılığıyla iletilindiğinde meydana gelmektedir (Thompson vd., 2010; Eger vd., 2014). İnsanlar işyerinde ve/veya günlük yaşam aktiviteleri sırasında titreşime maruz kalabilmektedir. Otomobiller, farklı donanımlar ve endüstriyel faaliyetler insanları periyodik, rastgele ve geçici mekanik titreşime maruz bırakmakta olup bu da konfor, faaliyetler ve sağlığı etkileyebilmektedir (ISO 2631-1, 1997). İş yerinde insanlar ayakta, otururken, bazı durumlarda bir titreşim kaynağıyla temas halindeyken ya da yatarken titreşime maruz kalabilirler. Titreşim maruziyeti, birçok endüstri kolunda yaralanmalarının veya mesleki hastalıkların gizli nedenlerinden biri olmuştur. Titreşimin sağlık üzerindeki zararlı etkileri,

genellikle, titreşime birkaç yıl maruz kaldıktan sonra ortaya çıkmaktadır (Fritz, 2000). Titreşimin insan vücuduna iletim mekanizmasının bilinmesi, vücudun titreşim maruziyetine karşı biyo-dinamik tepkisini anlamamıza önemli bir girdi sağlayabilir. Ayrıca, zararlı titreşimleri azaltmak için koruyucu önlemlerin uygun şekilde tasarlanması ve uygulanması için titreşim geçirgenliğinin daha iyi anlaşılması da gereklidir.

İnsan vücudu çoğu titreşimi zararsız biçimde soğurabilmekte ancak 1 Hz - 20 Hz arasındaki frekanslarda maruz kalınan titreşim sonuçta, vücutta (pelvis ve omurga) yapısal hasar, bel ve omurga ağrılarını da içeren tınlışma neden olurken (Kitazaki ve Griffin, 1998; Thalheimer, 1996) dejenerasyon, gastrointestinal problemler, uyku sorunları, baş ağrısı, boyun problemleri, otonomik sinir sistemi bozuklukları, işitme kaybı ve mide bulantısı (Seidel, 1993; Scutter vd., 1997; Thalheimer, 1996) gibi sağlık sıkıntılarını da açığa çıkarabilmektedir. Rehn (2004) insan vücudunun 0,1 Hz ile 100 Hz arasındaki frekanslara duyarlı olduğunu ve genellikle bu aralıktaki düşük frekansların düşey ve yatay doğrultularda bazı faktörlerle birlikte insan vücudunda sağlık sorunlarına yol açabileceğini söylerken Griffin (1990) tüm vücut titreşiminin olumsuz sağlık etkilerinin 0,5 Hz - 80 Hz arasındaki düşük frekans aralığında ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. Uluslararası standartlar görece daha yüksek frekanslara kadar raporlamayı önerirlerken, insan vücudu parçaları ve organlarının tınlışım tepkileri 1 Hz ila 20 Hz frekans aralığına karşılık gelmektedir (Mansfield, 2005).

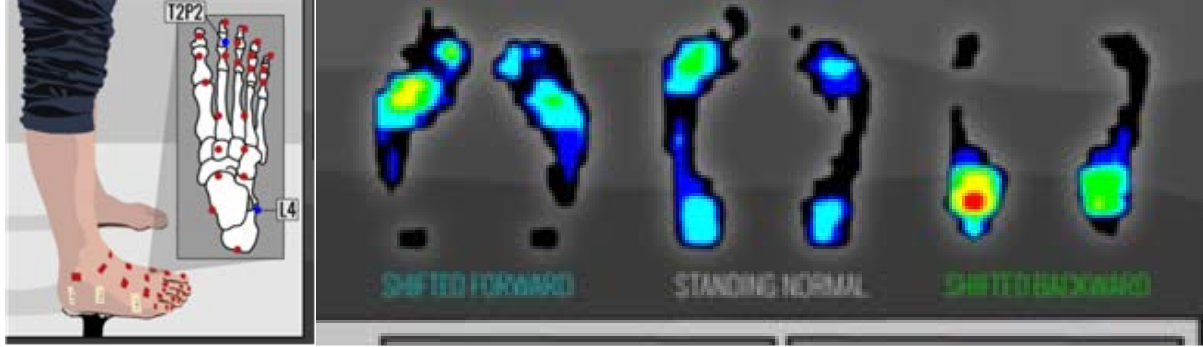
Tüm vücudun veya el-kolun titreşime maruziyeti sonucunda oluşan etki, titreşimin büyüklüğüne, frekansına, yönüne ve süresine, uygulandığı bölge ve bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Çalışma çevresinin soğuk olması titreşimle ilgili el-kol dolaşımı bozukluklarının ortaya çıkmasında çok etkili olmaktadır. Düzenli olarak uzun süreli titreşime maruz kalmak damar sistemi, kas-iskelet sistemi ve sinir sistemi bozukluklarına neden olabilmektedir (Sakakibara, 1994; Abercromby vd., 2007). Titreşime insanın tepkisi, vücudun maruz kalan kısmına, baskın frekansa ve titreşimin genliğine bağlıdır. Titreşim, örneğin ayakta duran bir kişinin ayakları (FTV) veya oturan bir kişinin kalçaları gibi destekleyici bir yüzey aracılığıyla tüm vücuda iletilir veya el-kol sisteminde iletilen titreşimde yaşanan titreşim durumunda maruziyet bölgeye bağlı oluşmakta olup vücuttaki titreşim frekans değerleri farklı olduğu için farklı filtrelerle değerlendirilmeli ve maruziyeti tespit edilmelidir.

İnsanın titreşime verdiği tepki, titreşimin frekansı ile değiştiği için ölçülen titreşimin frekans bazında ağırlıklandırılması gerekmektedir. Ağırlıklandırma tüm eksenler için gerekli olup tüm vücut ve el-kol titreşimleri için farklı frekans ağırlıklandırmaları kullanılmaktadır. Maruz kalınan titreşimin frekansı, özellikle, vücudun o bölümünün doğal frekansına karşılık geldiğinde, vücudun o bölgesi için tınlışım kaynaklı olumsuz etkiler oluşabilmektedir. İnsan vücudunun doğal salınım frekansı spinal ve üst gövde için (10-12) Hz, baş ve boyun bölgesi için yaklaşık 30 Hz, gözbebekleri için (60-90) Hz, el için (30-50) Hz, kol için yaklaşık (5-10) Hz, ayak için dizler bükülü iken 2 Hz'den ayakta konumda 20 Hz'e kadar değişken olarak verilmektedir (Çizelge 1). Titreşim maruziyeti temas edilen noktadan ölçülmekte olup ilgili literatür ve standartlarda el-kol titreşim maruziyeti ve tüm vücut titreşim maruziyetinden söz edilmektedir. Ancak işçi, ayak kumandaları aracılığıyla ayakla iletilen titreşime maruz kalabilmektedir. Mobil aracı çalıştırırken ya da titreşen bir zeminde çalışırken bu maruziyeti yaşamakta olup bunun sonucunda ne gibi hasarlar oluşabileceği üzerine net bir bilgi bulunmamaktadır. Ağırlıklandırmalar yapılırken el-kol ya da tüm vücut titreşimi için kullanılan değerler temel alınmakta ancak bu değerlendirmenin, maruziyeti doğru biçimde yansıttığı bilinmemektedir. Bu yüzden son yıllarda ayaktan iletilen titreşim maruziyet üzerine çalışmalar yapılmakta olup bu alanda standart geliştirme hazırlıkları da yapılmaktadır. Goggins vd. (2019) doğal bir pozisyonda dururken insan ayağındaki farklı anatomik konumlar için tınlışım frekanslarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında, 21 katılımcının 24 anatomik konumda titreşim sonucunda oluşan biyomekanik tepkilerini incelemiş ve ayakta en dikkate değer farklılıkları, ayak parmakları (99 Hz - 147 Hz), ayak tabanı (51 Hz - 84 Hz) ve ayak bileği (16 Hz - 39 Hz) bölgelerin de olduğunu tespit ederek; gelecekteki yalıtım stratejilerinin ve koruyucu önlemlerin geliştirilmesinde bağımsız olarak düşünülmesi gerekliliği sonucuna ulaşmışlardır (Şekil 1). Bu bulgular, ayağın dinamik tepkisini modellemek ve ilişkili sağlık etkilerini anlamak için ayağın tek bir bileşen olarak

ele alınamayacağını ve ayakta titreşime maruz kalmak için tüm vücut ile birleştirilmemesi gerektiğini göstermektedir (Subashi vd., 2008).

Çizelge 1. Vücut bölümlerinin titreşime duyarlı olduğu frekans aralıkları (Öztürk vd., 2009)

Kafatası	20-30 Hz	Kol	5-10 Hz
Göz bebeği	20-90 Hz	El	30-50 Hz
Omuz	4-5 Hz	Omurga	10-12 Hz
Göğüs duvarı	50-100 Hz	Karın	4-8 Hz
Alt kol	16-30 Hz	Bacaklar	2-20 Hz



Şekil 1. Titreşim ölçümü alınan noktalar (Goggins, 2019)

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), ISO 2631-1:1997 standardında bireyin otururken, ayakta dururken veya titreşen bir yüzeyde yatarken maruz kaldığı titreşimin ölçümü ve değerlendirmesi için geçerli olan rehber yöntemler sağlamıştır. Benzer şekilde, ISO 5349-1:2001 standardı da insanların maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için yönergeler içermektedir. Bununla birlikte, ayaklardan iletilen parçalı (segmental) titreşimle ilişkili sağlık risklerini değerlendirmek için benzer bir standart mevcut değildir. Hâlihazırda, ister tüm-vücut ister parçalı nitelikte olsun, ayakla iletilen titreşime (FTV) maruziyet, ISO 2631-1 yönergelerine göre değerlendirilmektedir. Leduc vd. (2010) ile Thompson vd. (2010), bunun en iyi yaklaşım olmayabileceğini öne sürmektedirler. Ancak diğer çalışmalar ile el-kol titreşim sendromunun (HAVS) etkilerini inceleyen araştırmacılar, üst ekstremitelerde gözlenen nörolojik ve vasküler belirtiler ile HAVS'den etkilenen işçilerin ayaklarında gözlenen belirtiler arasında bir ilişki bulmuşlardır (Hedlund, 1989; Sakakibara vd., 1994). Raynaud'un ayak fenomeni daha çok HAVS ile bağlantılı olarak incelenmiştir. Ellerin ve ayakların anatomisi arasındaki benzerlikler göz önüne alındığında, tınlaşım frekanslarının aynı aralıkta olacağını tahmin etmek mantıksız değildir. Literatür, parmak-el-kol sisteminin titreşime en yüksek frekanslarda (el-kol sistemi için 40–100 Hz, parmaklar için >100 Hz) duyarlı olduğunu ileri sürmektedir (Dong vd., 2004). Ayrıca, elle iletilen titreşim ile ilişkili vasküler kaynaklı bozuklukların prevalansı, baskın frekansları 63 Hz'den büyük olan aletleri kullanan işçilerde daha yüksek olma eğilimindedir (Bovenzi, 2010). Ayaktayken titreşime maruziyeti değerlendirmek için mevcut standart olarak FTV ile ilişkili potansiyel sağlık risklerinin belirlenmesi sorunludur, ISO 2631-1 madencilikte gözlemlenen FTV maruziyetleri için uygun olmayabilir (Leduc vd., 2011) ancak, titreşime bölümsel maruziyeti değerlendirme standardı olan ISO 5349-1 FTV'yi dikkate almamaktadır. Vücuttaki titreşim frekans değerleri farklı olduğu için farklı filtrelerle değerlendirilme yapılmalıdır. FTV ile ilişkili sağlık risklerini değerlendirmek için en uygun standardı belirlemek için ayağın biyodinamik tepkisi ve tınlaşım frekansı ile ilgili daha fazla bilgi gereklidir (Goggins vd., 2016).

Oturur pozisyondan tüm-vücut titreşimine (WBV) maruziyet ve vücuda iletilen titreşimi azaltma teknikleri geniş çapta çalışılmıştır (Paddan ve Griffin, 2002; Niekerk vd., 2003). Benzer şekilde, hızla titreşen kavrama aletleriyle ilişkili el-kol titreşimine (HAV) maruziyet daha derinlemesine incelenmiş (ISO 5349-1, 2001) ve sürdürülen çalışmalar sonucunda el-kol titreşimine maruziyetin etkilerini azaltmak için titreşim sönmüleyici alet ve eldivenler geliştirilmiştir (Jetzer vd., 2003; House vd., 2017). Bununla birlikte, FTV'ye maruziyet ile ilişkili sağlık etkileri ve ayakların FTV'ye biyo-dinamik tepkisi daha az

anlaşılmıştır. İşçiler doğrudan veya dolaylı olarak FTV'ye maruz kalabilmektedir. Örneğin, dayanaklı bir platforma bağlı bir martoperforatör kullanımı sonucunda dolaylı maruziyet meydana gelebilmektedir (Hirata vd., 2004; Leduc vd., 2011). Öte yandan, işçiler, lokomotifler gibi mobil ekipmanları çalıştırmak için ayakta durduklarında, titreşime doğrudan maruz kalabilmektedirler (Eger vd., 2006; Leduc vd., 2011). FTV'ye maruziyet, maruz kalan işçinin sinir, damar ve kas-iskelet sistemlerini etkileyebilmekte ve bu, doğrudan maruziyet nedeniyle ya da HAV sendromunun yan etkisi (komplikasyonu) olarak ortaya çıkabilmektedir (Sakakibara ve Yamada, 1995). FTV ile ilişkili olumsuz sağlık etkilerine dair kanıtlara rağmen, ayakların ve vücudun alt kısmının titreşime biyo-dinamik tepkisi hakkında çok az şey bilinmekte olduğu ifade edilmiştir (Singh, 2013). FTV ile bağlantılı sağlık tehlikelerini önleme bilinci, birçok endüstri kolu tarafından titreşim önleyici paspaslar, tabanlıklar ve madencilik botları kullanılarak uygulanmış olsa da bu malzemelerin titreşim geçirgenliğini azaltmadaki etkinliği henüz kanıtlanmamıştır. Marzaroli vd. (2020) yaptıkları çalışmada bir yaklaşım geliştirerek ayak iç tabanına sığacak kadar küçük yeni bir sensör geliştirmişlerdir. Ayak tabanı ve zemin arasına yerleştirilen bu sistem verileri cep telefonu kablosuz wpan (bluetooth) bağlantısı aracılığıyla ayağa iletilen titreşimi ölçmeyi hassas ve sürekli bir şekilde amaçlamışlardır. Geliştirdikleri bu sistemin, tabanlıklarla ölçülen titreşim maruziyetinin; standart piezo-elektrik ivmeölçerlerle karşılaştırarak doğruluğunu kanıtlamışlardır.

El-kol titreşimiyle bağlantılı temel dolaşım bozukluğuna genelde titreşimin neden olduğu “beyaz parmaklar” adı verilmektedir. Elle çalıştırılan titreşimli makineleri kullanan işçilerde soğuk, rüzgârlı ve nemli ortam atmosferi şartları ile titreşim maruziyeti ya da duygusal strese tepki olarak parmakta renk açılması şeklinde gerçekleşen aralıklı ataklar görülebilmektedir.

Ayak üzerinden iletilen titreşime uzun süreli maruziyet, ayaklarda sinir sistemi, damar sistemi ve osteoartiküler belirtilere neden olabilir (House vd., 2011; Thompson vd., 2010). İnşaat gibi sektörlerde titreşen bir yüzey veya platform üzerinde duran işçiler (Eger vd., 2014), ormancılık (Jack ve Oliver, 2008), kaynak (Toibana vd., 1994), kaya delme (Hasiguichi vd., 1994) ve yeraltı madenciliği'nde (Hedlund, 1989; Leduc vd., 2011) çalışan işçiler FTV'ye maruz kalmaktadırlar. Ayrıca ayak pedalları ile çalıştırılan ağır ekipman da işçileri titreşim ilintili tehlikelere maruz bırakmaktadır (House vd., 2011). FTV, titreşime bağlı beyaz ayak parmağı sendromu riski gelişmektedir (Tingsgard ve Rasmussen 1994). Beyaz ayak belirtileri, titreşime bağlı beyaz parmakla paraleldir (el-kol titreşimi sendromunun vasküler bileşeni), burada hasar kan damarlarının daralmasına neden olabilir ve kan akışının azalması nedeniyle parmakların epizodik beyazlaşmasına neden olabilir (Schweigert, 2002; Thomson vd., 2010). Nihayetinde, FTV'ye uzun süreli mesleki maruziyet oluşabilmektedir.

Hashiguchi vd. (1994), HAVS'lı 21 erkek ve 13 referans erkek kadavradan titreşim sonucunda el / ayak parmaklarında ve el / ayak damarlarında yapısal değişiklikler olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada, titreşim maruziyeti yaşayan hastalar ile bu maruziyeti yaşamayan hastalar karşılaştırılmış ve titreşim sonucunda el/ayak parmaklarında perivasküler bölgelerinde tunika medyasının kalınlaştığını ve kolajen liflerinin arttığını bildirilmiştir.

Thompson vd. (2010), ayaklarda parçalı titreşime maruziyetin doğrudan etkisini belgeleyen bir vaka çalışması bildirmişlerdir. Olgu raporu, orkerlerde segmental alt ekstremitte titreşimine uzun süre maruz kaldıktan sonra ayaklarda HAV'a benzer bir durumun oluşabileceğini göstermektedir. Sonuçlar, 18 yıl boyunca yeraltı kaya saplaması makinelerinde (underground bolting machines) titreşime maruz kalan madencinin ellerinde değil, ayak parmaklarında soğuk duyarlılığı ile ilişkili bir vazomotor bozukluğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu yeni bulguyu doğrulamak için ek kanıtlar sağlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Hedlund (1989) elle iletilen titreşime maruz kalan 27 madenci üzerinde yaptığı çalışmada; delme işlemi sırasında, baskın frekansı 40 Hz olan yükseltilmiş platformlarda da FTV'ye maruz kaldıklarını belirtmiştir. 27 madenciden altısı beyaz ayak parmak maruziyeti yaşamışlardır. Bu çalışma, ayak

parmaklarındaki Raynaud fenomeni (beyaz parmak) ile FTV öyküsü arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Singh (2013), on altı katılımcı (sekiz erkek ve sekiz kadın) ile ayak tabanı ve ayak bileği arasında titreşim iletimi bakımından farklılık olup olmadığını incelemiştir. Bunun için ayağın yapısını incelemiş ve deneklerin farklı frekanslarda titreşime olan tepkilerini değerlendirmiştir. Ayrıca cinsiyet, kütle, ayak yapısının fizyolojik özellikleri ile titreşim üzerinde farklılık olup olmadığını da araştırmıştır. Katılımcıların düşük frekanslı titreşim platformu (3,15 Hz - 10 Hz) ile yüksek frekanslı titreşim platformu (40 Hz) üzerinde dururken giydikleri botların, ISO 2631-1 standardına uygun olarak iki adet üç eksenli ivmeölçer ile ayak bileğindeki ve botun tabanının titreşim geçirgenliğine sahip olup olmadığını değerlendirmiştir. Çalışmasının devamında 9 bölümlük bir ölçek belirleyerek, katılımcıların farklı frekanslarda hissettikleri rahatsızlıkları puanlamıştır. Sonuç olarak; ayak tabanı ile ayak bileği arasında titreşim bakımından anlamlı bir farklılık olduğunu ve madencilik sektöründe kullanılan botların yüksek frekanslı titreşime maruz kalınırken titreşimi azalttığını; düşük frekanslı titreşimde ise etkili olmadığını tespit etmiştir. Yapılan bu çalışma, Leduc vd.'nin (2011) ayaktan titreşim maruziyetini azaltmak için kullanılmasını önerdikleri paspas ve tabanlık kullanımını destekler niteliktedir.

Forta vd. (2011) oturma pozisyonunda FTV'ye maruz kalan bir kişi için ayakların mutlak eşliğini inceleyen bir çalışmada, 8 Hz - 25 Hz arasında meydana gelen mutlak eşliği bulmuş ve tüm katılımcılar 125 Hz'de FTV'ye maruz kaldıklarında en çok ayak tabanında titreşim hissettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmalarında ölçümler, 5000 örnekte piezoelektrik ivmeölçer ile 10 ° eğimli sert ahşaptan bir platform üzerinde denekler dik bir oturma pozisyonunda iken alınmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Titreşim ölçüm düzeneği (Forta vd., 2011)

Eger vd. (2014) lokomotif, kaya saplaması platformu, jumbo delici/ kırıcı ve martopikör ile çalışan kişilerde farklı frekanslarda ayaktan titreşim ölçümleri almışlardır. Ölçümlerde, en yüksek ağrı eşığı frekans değerlerinin 28 Hz ile 40 Hz arasında olduğunu, damar ve sinir sistemi üzerindeki hasarın 40 Hz üzerindeki frekanslarda daha etkin olduğunu ve hayvan deneyleri ile ölçümlerin uyumlu olduğunu sonucuna varmışlardır.

Hayvan, klinik ve saha araştırmalarından elde edilen bulgular, parçalı titreşime maruziyetin periferik sinirlere ve kan damarlarına zarar verebileceğini göstermektedir. Hayvan modeli çalışmalarından elde edilen sonuçlar, olumsuz sağlık etkilerinin frekansa bağlı olduğunu ve titreşime maruz kaldığında yaşanan doku stresi ve zorlanma ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Saha ve klinik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, FTV'ye maruziyetin, el-kol titreşim sendromuna benzer şekilde beyaz ayak/ayak parmaklarıyla sonuçlanabileceğini düşündürmektedir. Bugüne kadar HAVS tanısından

bağımsız olarak beyaz ayak sendromu ile ilgili yayınlanmış sadece iki vaka raporu bulunmaktadır. Ayrıca, hem HAV hem de FTV'ye maruz kalan işçilerde daha şiddetli ayak belirtileri görülmektedir. Bununla birlikte, mesleki FTV'ye maruziyet ile beyaz ayak sendromu ve/veya sendromun gelişimi arasındaki bağlantıyı anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Derleme niteliğindeki bu çalışmada ayaktan iletilen titreşime vücudun tepkisini tespit etmek için dünyada yapılan çalışmalara ve uygulamalara yer verilmiştir. Maruziyetin azaltılması konusunda çalışmalar yapılmakta olup eldiven ya da özel ayakkabıların bu maruziyette fazla etkili olmadığı, onun yerine titreşime maruziyetin büyüklüğünü azaltmaya ya da titreşime maruziyetin genel sağlık etkisini en aza indirmek için titreşime maruziyet süresini azaltmaya odaklanması gerektiğini önerilmektedir. Operatöre titreşim iletimini en aza indirmek için ağır araçlarda geliştirilmiş aks süspansiyonu, motor montajı veya süspansiyonlu koltuklar gibi mühendislik çözümleri uygulanabilir. Yolun bakımının, ağır ekipman operatörlerinin yaşadığı şokların ve zararlı titreşimlerin azaltılmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Mansfield, 2005). Birkaç operatör daha düşük hızların araç operatörüne daha az titreşim iletilmesiyle sonuçlandığını bildirdiği için, araçların hızı izlenerek de titreşim dozunda bir azalma sağlanabilir (Mansfield, 2005; Eger vd., 2011).

Ayakta dururken titreşime maruziyet ve bunun sonucunda ayaklarda meydana gelen sağlık etkileri çok az ilgi görmüştür ve titreşim frekansının ayaklar üzerindeki etkisi anlaşılamamıştır. Ancak ayakta durma postüründe, oturma postürüne göre pelvise ve alt omurgaya düşey titreşimin daha fazla iletildiği bildirilmiştir (Matsumoto ve Griffin, 2000). Mesleki olarak HAV'a maruz kaldıktan sonra ellerde tipik olarak gözlenen nörolojik belirtiler, benzer titreşim frekanslarına ve hızlanmalara maruz kaldığında ayaklarda yeniden ortaya çıkmıştır (Griffin, 1990). Ayrıca, FTV'ye uzun süreli maruziyet, işçilerin ayaklarında titreşime bağlı beyaz ayak parmaklarıyla ilişkilendirilmiştir (Sakakibara, 1994; Thompson vd., 2010). Ayaklar yoluyla titreşime maruziyetin de hayvan modellerinde kas ve sinir lifi dejenerasyonuna neden olduğu bulunmuştur (Shanskaya vd., 1967; Lundborg vd., 1990). Ellerin ve ayakların benzer anatomik mimarisi (kemik ve kas boyutu ve kütlesi hariç) göz önüne alındığında, ayakların titreşime maruziyete verdiği fizyolojik tepkinin, ellerin titreşime maruziyet tepkisi ile uyumlu olması beklenebilir. Bazı araştırmalar, ayaklarda benzer patofizyolojik bulgular ve ayrıca ellerin ve ayakların titreşim sendromu arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir (Sakakibara, 1995; House vd., 2011). Thompson vd. (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada beyaz ayak sendromu, ellerde bir maruziyet oluşmadan gözlemlenmiştir. Mevcut ve geçmiş bulgulara dayanarak, ayakla iletilen titreşim mekanizmasının daha iyi anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Dong vd. (2004) parmak-el-kol sisteminin titreşime en yüksek frekanslarda (el-kol sistemi için 40–100 Hz, parmaklar için >100 Hz) duyarlı olduğunu ileri sürmektedir. Bu destekler nitelikteki başka bir çalışmada da Eger vd. (2014) ayak titreşim değerleri için, en yüksek ağrı eşiği frekans değerlerinin 28 Hz ile 40 Hz arasında olduğunu, damar ve sinir sistemi üzerindeki hasarın 40 Hz üzerindeki frekanslarda daha etkin olduğunu ve hayvan deneyleri ile ölçümlerin uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. ISO 2631-1 standardında frekans ağırlıklı ivme değerleri 1 ile 20 Hz arasındaki frekanslara odaklandığından, ayağa özgü efektler için geçerli olmayabilir. Bu veriler ışığında ayak titreşim maruziyetini belirlemek için kullanılan ISO 2631-1 standardını kullanmak doğru gözükmemektedir.

Ayaktan iletilen titreşim ile ilgili araştırmalar, titreşimin neden olduğu beyaz ayak rahatsızlığının kanıtlarına rağmen sınırlıdır. El-kol titreşim maruziyeti ile tüm-vücut titreşim maruziyeti üzerine yapılan detaylı incelemeler gibi ayak titreşim maruziyeti üzerine de detaylı çalışmalar yapılmalı ve bu maruziyet için standartlar ve ölçüm filtreleri oluşturularak, ayrı bir maruziyet olarak kabul edilmelidir. Dünyada bu standardın geliştirilmesi için öncel çalışmalar yapılmakta olup yapacağımız projeler ile standart geliştirilmesi etkin frekansların belirlenmesi hususunda katkı sağlanması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abercromby, A., Amonette, W.E., Layne, C.S., Mcfarlin, B.K., Hinman, M.R. and Paloski, W.H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1794-1800.
- Bovenzi, M. (2010). A prospective cohort study of exposure-response relationship for vibration-induced white finger. *Occup Environ Med*, 67(1):38-46.
- Dong, R.G., Schopper, A.W., McDowell, T.W., Welcome, D.E., Wu, J.Z., Smutz, W.P., Warren, C. and Rakheja, S. (2004). Vibration energy absorption (VEA) in human fingers-hand-arm system. *Medical Engineering & Physics*, 26(6):483-492.
- Eger, T., Thompson, A., Leduc, M., Krajnak, K., Goggins, K., Godwin, A. and House, R. (2014). Vibration induced white-feet: Overview and field study of vibration exposure and reported symptoms in workers. *HHS Public Access*, 47(1):101-110. doi:10.3233/WOR-131692.
- Eger, T., Stevenson, J., Grenier, S., Boileau, P.E. and Smets, M. (2011). Influence of vehicle size, haulage capacity and ride control on vibration exposure and predicted health risks for LHD vehicle operators, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 30(1):45-62.
- Forta, N.G., Griffin, J.M. and Morioka, M. (2011). Difference thresholds for vibration of the foot: Dependence on frequency and magnitude of vibration, *Journal of Sound and Vibration*, 330:805-815.
- Fritz, M. (2000). Description of the relationship between the forces acting in the lumbar spine and whole body vibrations by means of transfer functions. *Clin Biomech* (Bristol Avon), 15:234-240.
- Goggins, K.A. (2019). *Measuring and modelling human response to foot-transmitted vibration exposure*, Dissertation, Laurentian University Sudbury.
- Goggins, K., Godwin, A., Lariviere C. and Eger, T. (2016). Study of the biodynamic response of the foot to vibration exposure, *Occupational Ergonomics*, 13:53-66, DOI 10.3233/OER-160236.
- Griffin, M.J. (1990). *Handbook of Human Vibration*, Academic Press, ISBN: 0-12-303040-4, 988.
- Hasiguichi, T., Yanagi, H., Kinugawa, Y., Sakakibara, H. and Yamada, S. (1994). Pathological changes of fingers and toe in patients with vibration syndrome. *Nagoya Journal of Medical Science*, 57:129-136
- Hedlund, U. (1989). Raynaud's phenomenon of fingers and toes of miners exposed to local and whole-body vibration and cold. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 61(7):457-461. doi:10.1007/BF00386479.
- Hirata, M., Sakakibara, H. and Toibana, N. (2004). Medial plantar nerve conduction velocities among patients with vibration syndrome due to rock-drill work. *Industrial Health*, 42(1):24-28.
- House, R., Holness, L., Taraschuk, I. and Nisenbaum, R. (2017). Infrared thermography in the hands and feet of hand-arm vibration syndrome (HAVS) cases and controls, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 62:70-76.
- House, R., Jiang, D., Thompson, A., Eger, T., Krajnak, K., Sauve, J. and Schweigert, M. (2011). Vasospasm in the feet in workers assessed for HAVS. *Occupational Medicine*, 61(2):115-120. doi:10.1093/occmed/kqq191.
- ISO 2631, (1997). International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - whole-body vibration - Part 1: General Requirements, Geneva.
- ISO 5349, (1986) International Organization for Standardization.: *Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand transmitted vibration*. Geneva.
- Jack, R.J. and Oliver, M. (2008). A review of factors influencing whole-body vibration injuries in mobile forest machinery operators. *International Journal of Forest Engineering*, 19(1):51-64. doi:10.1080/14942119.2008.10702560.
- Jetzer, T., Haydon, P. and Reynolds, D. (2003). Effective intervention with ergonomics, anti-vibration gloves, and medical surveillance to minimize hand-arm vibration hazards in the workplace. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(12):13-XX. doi: 10.1097/01.jom.0000099981.80004.c9.
- Kitazaki, S. and Griffin, M. (1998). Resonance behavior of the seated human body and effects of posture. *Journal of Biomechanics* 31:143-149.

- Leduc, M., Eger, T., Godwin, A., Dickey, J. and House, R. (2010). Examination of vibration characteristics for workers exposed to vibration via the feet, *3rd An. Conf. Human Vibration* (Iowa City, Iowa).
- Leduc, M., Tammy Eger, T., Godwin, A., Dickey, P. and House, R. (2011). Examination of vibration characteristics, and reported musculoskeletal discomfort for workers exposed to vibration via the feet. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 30(3):197–206. doi:10.1260/0263-0923.30.3.197.
- Lundborg, G., Dahlin, L. B., Hansson, H.-A., Kanje, M. and Necking, L.-E. (1990). Vibration exposure and peripheral nerve fiber damage. *The Journal of Hand Surgery*, 15(2):346-351. doi:10.1016/0363-5023(90)90121-7.
- Mansfield, N.J. (2005). Human Response to Vibration. *CRC Press*, New York.
- Marzaroli, P., Moorhead, A.P., Tarabini, M., Galli, M., Goi, F. and Caimi, R. (2020). Development of a wearable sensors system to monitor foot-transmitted vibration, *International Conference on Wearables in Healthcare*, ICWH 2020: Wearables in Healthcare, 188-196.
- Matsumoto, Y. and Griffin, M. J. (2000). Comparison of biodynamic responses in standing and seated human bodies. *Journal of Sound and Vibration*, 238(4):691-704. doi: 10.1006/jsvi.2000.3133.
- Öztürk, Z., Öztürk, T., Erol, H. and Arlı, V. (2009). Demiryolu titreşimlerinin konfora etkisinin örnek hatlarda incelenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 4811-4815.
- Paddan, G.S. and Griffin, M.J. (2002). Effect of seating on exposures to whole-body vibration in vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, 253(1):215-241.
- Rehn, B. (2004). *Musculoskeletal disorders and whole-body vibration exposure*, Umea University, Umea.
- Sakakibara, H. (1994). Sympathetic responses to hand-arm vibration and symptoms of the foot. *Nagoya Journal of Medical Science*, 57 Suppl, 99-111.
- Sakakibara, H. and Yamada, S. (1995). Vibration syndrome and autonomic nervous system. *Central European Journal of Public Health*, 3 Suppl, 11-14.
- Schweigert, M. (2002). The relationship between hand-arm vibration and lower extremity clinical manifestations: a review of the literature. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(3):179–185. doi:10.1007/s004200100269.
- Scutter, S., Turker, K. and Hall, R. (1997). Headaches and neck pain in farmers, *Australian J. of Rural Health*, 5(1):2-5.
- Seidel, H. (1993). Selected health risks caused by long-term, whole-body vibration. *American Journal of Industrial Medicine*, 23:589-604.
- Shanskaya, V.V.S.T. (1967). Morphological changes in the nervous system during exposure to vibrations. *Byulleten Eksperimental noi Biologii I Meditsiny*, 63(2):105-108.
- Singh, P. (2013). *Evaluation of foot-transmitted vibration and transmissibility characteristics of mining boots and insoles*. Master of Human Kinetics Thesis, Laurentian University Sudbury.
- Subashi, G.H.M.J., Matsumoto, Y. and Griffin, M.J. (2008). Modelling resonances of the standing body exposed to vertical whole-body vibration: Effects of posture. *Journal of Sound and Vibration*, 317, 400-418.
- Thalheimer, E. (1996). Practical approach to measurement and evaluation of exposure to whole-body vibration in the workplace. *Seminars in Perinatology*, 20(1):77-89.
- Thompson, A.M.S., House, R., Krajnak, K. and Eger, T. (2010). Vibration-white foot: a case report. *Occupational Medicine*, 60(7):572 -574. doi:10.1093/occmed/kqql07.
- Tingsgard, I. and K. Rasmussen. (1994). Vibration-induced white toes. *Ugeskr Laeger*, 156(34):4836–4838.
- Toibana, N., Ishikawa, N., Sakakibara, H. and Yamada, S. (1994). Raynaud's phenomenon of fingers and toes among vibration-exposed patients, *Nagoya Journal of Medical Science*, 57:121–128.
- Van Niekerk J.L., Pielemeier W.J. and Greenberg J.A. (2003). The use of seat effective amplitude transmissibility (SEAT) values to predict dynamic seat comfort. *J Sound Vib*, 260:867-888.

YERALTI KÖMÜR İŞLETMELERİNDE KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI INVESTIGATION OF THE SPONTANEOUS COMBUSTION OF COAL IN UNDERGROUND COAL MININGS

R. Kocaman^{1*}, R. Taşcı², B. Kocaman², A. Kandemir², İ. Özdiç²

¹Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Koordinatörlüğü

²Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Kömür Koordinatörlüğü

(*Sorumlu yazar: rkocaman074@hotmail.com)

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle hammaddeye ve enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artarak devam etmektedir. Enerji ve hammadde ihtiyacının büyük kısmı madenlerden çıkartılmaktadır. Ülkemiz açısından yerli enerji kaynaklarının kullanılması ise ayrı önem taşımaktadır. Söz konusu yerli kaynaklarımızdan biriside kömür rezervlerimizdir. Kömürlerin yeraltı üretim yöntemi ile üretilmesiyle kömür işletmelerinde risklerde artmaktadır. Bu risklerden biriside kömürün kendiliğinden yanabilirliğidir. Yeraltı üretim yöntemiyle kömür çıkarma esnasında yangın olayının çıkması en önemli sorunlardan biridir. Yeraltı kömür madenciliğinde meydana gelen ocak yangınları, gerek üretimin aksaması veya tamamen durması gerekse yaralanmalar ve ölümlerle sonuçlanabilen kazalara neden olması ve toplum üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaları açısından yaşamsal öneme sahip olaylardır. Bunun yanında kömürlerin kendiliğinden yanması nedeniyle büyük kömür rezervleri yok olmakta ve doğal kaynaklarımız ekonomide yerini alamamaktadır. Kömürlerin kendiliğinden yanabilirliğinin önceden belirlenmesi yeraltı kömür işletmelerinin kurumsal kapasite artırımı sağlayacak, yatırımcılar ve yöneticiler arasında farkındalık yaratılacaktır. Kömürün kendiliğinden yanmasını önlemek için hazırlık aşamasında ve proje planlamasında numune alınarak, testler yapılarak kömürlerin yanabilirliği araştırılabilir. Ülkemizde hangi kömürlerin yanmaya yatkın olduğuyla ilgili envanter oluşturulabiliriz. Bu çalışmaları yapmak için AB Hibe projesi kapsamında Yeraltı Kömür Madenlerinde Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdüyle İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması yapılacaktır. Kömürlerin kendiliğinden yanabilirliğinin etüdüyle yeraltı kömür madenlerinde İSG risklerinin belirlenmesi, risk izlenebilirliği ve kazaları önlemeye yönelik alınacak tedbirlerin belirlenmesine çalışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Kömürün kendiliğinden yanması, Yeraltı işletmesi, Ocak yangınları, İş güvenliği

ABSTRACT

With the development of technology, the need for raw materials and energy is increasing day by day. Most of the energy and raw material needs are provided by the mines. The use of local energy resources is essential for our country. One of our domestic resources is our coal reserves; with coal production by underground production method, the risks in coal enterprises increase. One of these risks is the spontaneous combustion of coal. One of the most critical problems is a fire during coal extraction with the underground production method. Fires in underground coal mining are actual events in terms of disrupting production or completely stopping, causing accidents that can lead to injuries and death and negatively affect society. In addition, due to the spontaneous combustion of coal, large coal reserves are disappearing, and our natural resources cannot take their place in the economy. Pre-determination of coal self-decolonization institutional capacity of underground coal enterprises will be increased, and awareness will be raised among investors and managers. To prevent the spontaneous combustion of coal, the flammability of coal can be investigated by taking samples and conducting tests in preparation and project planning. We can create an inventory of which coals are more prone to spontaneous combustion in our country. To carry out these studies, Improving the Traceability of OHS Practices by Self-Flammability Study in Underground Coal Mines will be carried out within the scope of the EU Grant Project. It will be tried to determine the OHS risks in underground coal mines, risk

traceability, and the measures to be taken to prevent accidents by studying the spontaneous flammability of coals.

Keywords: Spontaneous Combustion of coal, Underground operations, Quarry fires, Occupational safety

GİRİŞ

Günümüzde enerjiye ve hammaddeye olan ihtiyaç artarak devam etmektedir. Yerli enerji kaynaklarımızdan biri olan kömüründe en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekir. Kömürlerin üretimi Yeraltı üretim yöntemi ile çıkartılırken birçok riskleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu risklerden biride kömürlerin kendiliğinden yanma eğiliminde olmasıdır. Kömürün kendiliğinden yanması madencilik faaliyetleri sırasında gerek dış sebeplerden gerekse iç sebeplerden yangınlar olarak ortaya çıkmakta; üretim hedeflerinin gerçekleşmemesine sebep olmaktadır. Kömürlerin kendiliğinden yanması kaynak kaybına da sebep olmaktadır. Hepsinden önemlisi yangından kaynaklanan istenmeyen olaylara sebep olmaktadır. Telifisi olmayan kazalara, yaralanmalara, zincirleme olaylara sebep olabilmektedir. Ekolojik yapının bozulmasına, firmaların itibarlarının sarsılmasına da sebep olmaktadır. Maddi kayıplara bağlı sermaye kayıplarına, yaptırımlara da maruz kalmaktadır.

Ocak yangınları sonucunda oluşabilecek problemlerin en önemlilerinden biride, çalışanların sağlığı ve iş güvenliği açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Genel olarak kömürlerin kendiliğinden yanması sonucu oluşan ocak yangınlarının en büyük tehlikeleri yeraltı ocaklarında olabilmektedir. Kömürlerin kendiliğinden yanması kömürün oksitlenmesi sonucu açığa çıkan ısı reaksiyonu ile de meydana gelebilmektedir. Kömür oksijen ile temas ettiğinde normal atmosferik koşullar ve düşük sıcaklıkta da olsa oksijen adsorpsiyonu (soğurma) gerçekleşmekte oksitlenme sonucunda karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO₂) gazları ile ısı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan ısının havalandırma ile atılamaması ve ısı üretim hızının havalandırma soğutma hızından yüksek olması durumunda, sıcaklık artacak ve oksitlenme hızlanacaktır. Bu olay ortamda sıcaklığın kömürün yanma ısısına ulaşmasına kadar sürecek ve açık alev ile yanma şeklinde sonuçlanacaktır. Kömürün yavaş oksitlenme ile kendiliğinden ısınması ve ısı birikimi ile de yanmaya kadar gidebilmesi madencilikte “kendiliğinden yanma” olarak adlandırılmaktadır (Kaymakçı, 1998).

Kömürün kendiliğinden yanmasına yol açan faktörler üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu konu henüz tam olarak çözümlenmemiştir. Bunun nedeni, kömürün karmaşık bir yapıya sahip olması ve etkin olan faktörlerin oldukça fazla olmasıdır. Bunların en önemlileri olarak aşağıdaki faktörleri sıralayabiliriz;

- Kömürleşme derecesi (Kömürün rankı)
- Sıcaklık
- Parçacık boyutu
- Kömürün nem içeriği ve değişimi
- Kömürün ısı iletkenliği
- Ön oksitlenme
- Ortamdaki oksijen miktarı
- Kül oranı
- Oramdaki hava hızı,

Yapılan incelemeler ve görüşler doğrultusunda; çalışmasının kolay oluşu, deney setinin kurulum aşamasında az maliyet gerektirmesi, yatkınlık tespitinde düzgün sonuçlar vermesi ve en fazla kullanılan yöntemlerden birisi olması gibi nedenlerden dolayı kendiliğinden yanma testlerinden biri olan Kesişim Noktası Yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Kısaca Kesişim Noktası Yöntemi; doğrusal olarak ısıtılan bir fırın içerisine yerleştirilmiş olan reaktör içerisindeki kömür numunesi üzerinden hava geçirilmesi ve zaman-sıcaklık ilişkilerinin gözlenmesidir. Deney sırasında hem fırının hem de numunenin sıcaklıkları bilgisayar ortamında kayıt altında tutulabilmektedir. 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 kesişim noktası sıcaklıkları daha düşük olmaktadır. Deneysel çalışmada kullanılan cihazlar Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesinin laboratuvarında bulunmaktadır. Etüv olarak kullanılan fırın, reaktör adını verdikleri hava sızdırmaz (cam ve metal) bir cihaz, ısıölçer ve cihaza hava verdikleri aparat ve ölçüm yapan bir cihazdan oluşmaktadır. Testlerin 6-8 saat sürdüğü, cihaz başına günde bir test yapılabildiği belirtilmiştir. Şekil 1 de de bir test düzeneği görülmektedir.



Şekil 1. Kullanılan test cihazından görünüm

KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASI İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ARAŞTIRMALAR VE ÇALIŞMALAR

Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri

Kömürün kendiliğinden yanması ve bu olayı etkileyen faktörler hakkında genel bilgiler verilerek damar ve panoların olaya yatkınlıklarının saptanmasında ve kendiliğinden yanma özelliklerine göre sınıflandırılmasında geçerli olan yöntemler ile bu tür çalışmaların ilkelerini tanımlamıştır. Kömürün kendiliğinden yanması ve buna bağlı sorunlar uzun zamandır bilinmekte olduğu. Yeraltında bu olaya bağlı olarak çıkan yangınlar, oldukça önemli insan ve ulusal servet kayıplarına yol açabilen kazaların kaynağı olabilmekte olduğu. Kendiliğinden yanmadan kaynaklanan olaylar nedeniyle büyük rezervlerin terk edilmesi yanında gazlı ocaklarda oluşabilen patlamalar, iş güvenliğinin tehlikeye girmesine yol açmakta olduğu. Olayın her damarda ve her bölgede aynı ağırlıkta sorunlar yaratmadığı bilinen durumlardan olduğunu. Ayrıca, aynı damarda çalışan değişik düzeylerde ve değişik panolarda farklı durumlar gözlenebilmekte olduğu. Kendiliğinden yanmaya yatkın damarlarda oluşturulan panolarda alınması gerekli önlemler bütünü, işletmelere oldukça önemli yükler getireceğinden dolayı, tüm panolarda bu önlemleri uygulamak yerine damarları ve panoları sınıflandırarak yüksek derecede yatkınlık saptanan panolarda yoğunlaşmak, bugün için, en doğru yaklaşım olduğu. Bu tür bir sınıflandırma girişimi,

hem laboratuvar çalışmalarına ve hem de deneyim süzgecinden geçirilmiş saha gözlemlerine dayanmak durumunda olduğu. Bu yazıda konuyla ilgili teknik ve yöntemler anlatılmaktadır (Didari, 1986).

Oksidasyon ve Kendiliğinden Yanma Üzerine Yapılan Araştırmalar

Kömürün kendiliğinden yanmasıyla ilgili olarak, genelde, kabul edilen teori, uygun atmosferik koşullarda kömürün oksijeni absorbe etmesine (oksidasyona) dayanmakta olduğu. Kömürle oksijen arasında dışa ısı veren bir kimyasal tepkime söz konusu olduğu. Kömür yüzeyleri havayla temas eder etmez oksidasyon olayı başlamakta olduğu. Ocakta, normal koşullar altında, dışa verilen ısı alınmakta ve oksidasyon, yavaş bir biçimde ve bir kızışma tehlikesi doğurmaksızın sürmekte olduğu belirtilmiştir. Ancak, bazı durumlarda dışa verilen ısı, ortamdan ayırlanamakta ve sıcaklık giderek artmakta olduğu. Sıcaklık arttıkça ortamda yeterli oksijen varsa oksidasyon hızı da artmakta ve buna bağlı olarak kömürün sıcaklığı yükselmekte olduğu. Kömürün tutuşma sıcaklığına (kritik sıcaklık) ulaşıldığında ise, yanma olayı baş göstermekte olduğu vurgulanmıştır. Sınırlı miktarda hava, bir yandan oksidasyon için gerekli oksijeni sağlarken, diğer yandan, oluşan ısıyı uzaklaştırmakta yetersiz kalarak ortamda sıcaklık artışının ve kendiliğinden yanmanın başlıca nedeni olduğunu vurgulamıştır (Didari, 1986).

Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri

"Tutuşma sıcaklığı" (crossing point) esaslı laboratuvar ölçmelerine dayalı olarak hesaplanabilecek çeşitli yangına yatkınlık indekslerinin bulunduğu, Zonguldak Havzasından iki taskömür damarı ve Garp Linyitleri işletmesinden bir linyit damarı üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları değerlendirilerek bu indekslerin pratik uygulamaları hakkında örnekler vermişlerdir.

Yeraltı kömür ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması, maden mühendisinin uğraştığı güvenlik sorunlarının başında geldiği. Bu sorunla sistemli bir biçimde mücadelenin ön koşullarından biri, kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarına göre sınıflandırılması olduğu. Kömür damarlarının, laboratuvar ölçmelerine dayanılarak, bu amaçla sınıflandırılmasına yönelik standart bir tekniğin o dönemlerde bulunmadığı, Ancak, güvenilir bazı araştırma merkezlerinde geliştirilmiş olan çeşitli indekslerden yararlanılarak ön fikirler edinilmesi olanaklı olduğu. Ülkemiz taşkömür ve linyit damarlarından örnekler kullanılarak yapılmış olan laboratuvar çalışmalarının sonuçlarından yararlanılarak bu tür indekslerin tanıtılmasına gayret edildiği, öncelikle, indekslerin özgün biçimlerinin tanıtımları yapılmakta, daha sonra bu çalışmada esas alınan laboratuvar tekniğinde elde edilmiş olan ölçümlerin, indekslerin hesaplanmasında nasıl kullanıldıkları gösterildiği belirtilmiştir. Laboratuvar tekniğinin tanıtımında Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının incelenmesinde çeşitli laboratuvar teknikleri uygulanabilmekte olduğu. "Tutuşma Noktası" olarak da bilinen "kesişme noktası (crossing point)" tekniği, uygulamasındaki basitlik nedeniyle, böyle standart bir teknik olmaya kuvvetle aday olduğu vurgulamasını yapmışlardır (Didari ve Kaymakçı, 1992).

Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar

Kömürün kendiliğinden yanması, tüm kömür üreticisi ülkelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi olup bu konunun nedenini saptama çalışmaları daha önceki yüzyılda başlamış olup bu sorunun nedeni hakkında çeşitli kuramlar ileri sürülmüştür. Bu kuramlar şu şekilde sıralandığını belirtmişlerdir.

- Pirit kuramı,
- Bakteri kuramı,
- Oksidasyon kuramı
- Nem kuramı.

Kömürün kendiliğinden yanmasını hem emniyet hem de ekonomik bakımdan kömür madenciliğinin asırlardır en büyük sorunlarından biri olarak tanımlamıştır. Yeraltında olası bir yangının yaratabileceği tehlikelerin şu şekilde sıralanabileceğini belirtmiştir.

- Yangın nedeniyle ölüm ya da yaralanma, kömürün kendiliğinden yanması neticesinde ortaya çıkan karbon monoksit gazı zehirlenmesi nedeniyle ölüme yol açabilecek şekilde zarar görme,
- Bırakılan topukların açık alev ya da için için yanması neticesinde tavan göçmelerinin oluşması,
- Yanma neticesinde kömürün kaybedilmesi,
- Yangın barajları arkasında ekonomik olarak işletilebilir rezervlerin bırakılmak zorunda kalınması,
- Boğucu, zehirleyici ve yanıcı gazların iki nedenden dolayı yeraltında en tehlikeli oluşumların olduğu,
- İlk olarak, boğucu ve zehirleyici gazlar nedeniyle yangın söndürme çalışmalarında bulunan kişilerin boğulma ve zehirlenme olasılığı olduğu,
- Diğer yandan yanıcı gazların neden olabileceği yeraltı yangın ve metan patlamaları maddi ve manevi olarak büyük kayıplara yol açabileceğini vurgulamıştır (Eroğlu ve Gouws,1993).

Linyitlerin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık Derecelerinin Tespiti

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı yeraltı kömür ocaklarının emniyetli olarak faaliyet gösterebilmesi amacı ile 1996 yılında bir yönetmelik yayınlandığını, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) bu yönetmelik çerçevesinde ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü ile bir proje çalışmasına girerek kendi yeraltı linyit ocaklarının kendiliğinden yanma ve gaz degaj özelliklerinin araştırılmasını istediğini belirtmiştir. Bu proje kapsamında; Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) 5 yeraltı işletmesindeki 20 değişik linyit damarında yapılan kendiliğinden yanma özelliklerinin araştırılması çalışmaları yapıldığını. Bu araştırma için, adiyabatik oksidasyon ve tutuşma sıcaklığı deneylerinde kullanılan deney düzenekleri ve yöntem ayrıntısı ile verildikten sonra, her iki yöntemle göre ocak şartlarından bağımsız olarak risk indeksleri tespit edildiğini. Deneyler sırasında çıkan gazların sürekli analizleri de yapılmış ve kendiliğinden yanmanın açık alevli yanmaya dönüşebilmesi ile ilgili öneri getirmişlerdir. Sonuç olarak, TKİ yeraltı ocakları linyitlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin sonuçları sunulmuştur.

Kömürün kendiliğinden yanma mekanizmasını inceleyebilmek için tutuşabilirlik testi ve adiabatik oksidasyon yöntemleri kullanılmıştır. Tüm kömür numunelerinin benzer şartlar altında denenmesini mümkün kılmak için deney yöntemleri ve şartları standart hale getirilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur.

Kendiliğinden yanma olayı yeraltı ve açık kömür ocaklarının en önemli sorunlarından bir tanesi olduğu. Sonuçları açısından bakıldığında işletmelerde en çok maddi kayba ve zarara neden olduğu görüldüğü. Gerek proje aşamasında gerekse ön işletme aşamalarında kendiliğinden yanmaya yatkınlığa yönelik tespitler yapıldığı taktirde işletme süresince tedbirler alınabilir ve ocak emniyetli olarak çalıştırılabilirliği belirtilmiştir.

Kendiliğinden yanmaya yatkınlık risk sınıflamasında, DLİ-İspir dışındaki tüm ocakların yüksek risk taşıdıkları ve önlem alınmadığı taktirde açık alevli yangına dönüşebilme ihtimallerin olduğu tespit edildiği belirtilmiştir (Karpuz vd.,2000).

Kütahya Bölgesi Linyitlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlıklarının Araştırılması

Kendiliğinden yanma olayı, yıllardır kömür madenciliğinin maruz kaldığı en büyük sorunlardan birisi olarak gösterilmekte olduğu belirtilmiştir. Kömür stoklarında, yeraltında, açık ocaklarda ve hatta apartman dairelerinde bile gerçekleşebilen bir olay olduğu; üretim, makine ve donanım kayıplarının yaşanmasına ve en önemlisi ciddi yaralanma ve ölümlere neden olabilmekte olduğu. Kendiliğinden yanma olayı, zamanında gerekli önlemlerin alınması ile en aza indirilebileceği. Bu önlemlerin en başında

ise; kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesinin geldiği, buna göre bir sınıflama yapılması ve kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığına göre işletme şartlarının ayarlanması gelmekte olduğu, yapılan çalışmalar ile daha önce kendiliğinden yanma konusunda incelenmemiş olan Seyitömer ve Değirmisaz linyitlerinin kendiliğinden yanma karakteristikleri belirlenerek ileride bu bölgelerde oluşabilecek ocak yangınları üzerinde durulduğunu, bu iki bölgeye ek olarak Garp Linyitleri İşletmesi'nin hem açık hem de yeraltı ocaklarından alınan numuneler üzerinde kendiliğinden yanma deneyleri yapıldığı ve Kütahya bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanmaya olan yatkınlığı tespit edilmiş olduğunu vurgulamışlardır. Kendiliğinden yanmaya yatkınlığın araştırılmasında kesişim noktası yöntemi kullanıldığı, kömürler bu yöntemin gerektirdiği boyut dağılımına indirilmiş ve her kömür örneğinin kimyasal analizleri yapıldığı belirtilmiştir. Deney sonuçlarına göre; Seyitömer Linyit İşletmeleri'ne ait kömür örnekleri kendiliğinden yanma açısından "orta risk" grubunda yer alırken, Garp Linyitleri İşletmesi "yüksek risk" ve Değirmisaz Linyit İşletmesi'ne ait kömürlerin ise "orta risk" e sahip kömürler arasında olduğu tespit edildiği belirtilmiştir (Ören ve Şensöğüt., 2007).

Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Etkileyen Faktörler

Kömür yapısı gereği oksijeni adsorplamaya ve oksidasyona yatkın olduğu. Kömürün kendiliğinden yanması oldukça karmaşık ve hala tam olarak açıklanamamış bir mekanizmaya sahipse de günümüzde en yaygın kabul gören kuram kömür oksijen birleşimi kuramı olduğu. Bu kurama göre kömürün kendiliğinden yanması yavaş oksidasyon, hızlanan oksidasyon ve hızlı oksidasyon aşamalarından olduğu belirtilmiştir. Süreç içerisinde oksijenin fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonu ile serbest radikallerin reaksiyonları sırasıyla dominant etkiye sahip oldukları kömürün ve/veya kömür atıklarının bulunduğu her yerde kendiliğinden yanma herhangi bir dış müdahale olmaksızın meydana gelebilmekte olduğu. Kendiliğinden yanmayı etkileyen parametreler açınsansa genellemelerin sakıncalı olduğu, bazı yerleşmiş bilgilerin hatalı olabileceği günümüzde ortaya konduğu belirtilmiştir. Örnekleme yapılarak kömürün kendiliğinden yanması sanıldığı üzere sadece rankı düşük kömürlerde gerçekleşmediği, yüksek pirit içerikli kömürlerin kendiliğinden yanma eğilimi düşük çıkabileceği ya da eğilimi düşük olan ve risk teşkil etmediği düşünülen kömürlerde yıllar sonra kendiliğinden yanma görülebileceği belirtilmiştir. Bu sebeple kömürlerin kendiliğinden yanma eğilimleri belirlenmesi gerektiği, üretim, stoklama ve nakliye gibi tüm aşamalar detaylı şekilde planlanmalı ve sürekli takip ile kontrol yapılarak acil müdahale planları da hazırlanması gerekliliğini vurgulamışlardır. Kömür var olduğu sürece ve özellikle de kullanımı devam ettikçe kendiliğinden yanma probleminin devam edeceğinin aşikâr olduğu. Ayrıca eğilimi az olduğu düşünülen ve uzun yıllar herhangi bir sinyal vermeyen kömür damarlarında dahi kendiliğinden yanma görülebileceği. Bu sebeplerle; kömür madenlerindeki yangınların sebepleri belirlenmesi gerektiği, özellikle çoğunluğu kömürleşme derecesine sahip linyitlerden oluşan kömür rezervlerimiz olmak üzere tüm havzalarımızın risk haritaları çıkarılması gerekliliği tedbirler alınarak müdahale stratejileri belirlenmeli ve sürekli takip sistemleri kurularak anlık kontroller yapılması gerektiği. Ancak bu şekilde ciddi önlemler alınır ve uygulanır ise can kayıplarının yaşanmaması ve mali kayıpların azaltılması mümkün olabileceğini vurgulamışlardır (İnala ve Aydın, 2018).

Geçmişten Günümüze Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Kömür Yangınları

Günümüz Dünyasında kömür yangınları küresel bir problem olmaya devam edeceği. Kömür yangınları, toksik gazlar ve elementler ile polisiklik aromatik hidrokarbonlar salınımına sebep olarak insan sağlığını ve doğal yaşamı ciddi şekilde tehdit etmekte olduğu. Ayrıca bu yangınları söndürme çalışmaları ciddi harcamalara sebep olduğu ve önemli rezervler kaybedilir olduğu. Bununla birlikte asit yağmurları oluştuğu, yerüstü göçükleri meydana geleceği ve bölge insanların yaşamaz hale gelen evlerinden ayrılmaları ile hayalet şehirler ortaya çıkacağı vurgulanmıştır. Hepsinden kötüsü ise özellikle yeraltı kömür madenlerinde kömür yangınları sebebiyle birçok çalışanın hayatını kaybedeceğini belirtmiştir. Tüm bu sebeplerle senozoik dönemdeki örnekleri tespit edilen, hatta devonik ve karbonifer döneme kadar uzandığı düşünülen kömürün kendiliğinden yanmasının ve kömür yangınlarının insanoğlu

için oldukça ciddi bir problem olduğu. Dolayısıyla bu konudaki çalışmaların artarak engelleme yollarının geliştirilmesi insanlığın ve doğal yaşamın faydasına olacağını belirtmiştir. (İnal, 2019)

Soma Bölgesi Kömürlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkinliğinin Araştırılması

Kömürlerin kendiliğinden yanma işlemi, sadece yeraltı madenciliğinde değil açık işletmelerde, depolarda ve kömürün uzun mesafeli kara ve deniz yoluyla naklinde de görülmekte olduğu. Ocaklarda iş güvenliğini büyük ölçüde tehdit eden bir olay olduğu, can kaybı ve insan sağlığını bozucu etkilerinin bulunduğu belirtilmiştir. İşletmelerde ise ekonomik kayıplar ile birlikte üretim kayıplarına da yol açmakta olduğu. Geri dönüşü olmayan zararlara sebebiyet vermemesi için iyi bir planlama ve denetim gerektiren ciddi bir konu olduğu. Kendiliğinden yanmanın açtığı sorunları ortadan kaldırmak için kömürlerin kendiliğinden yanma durumlarının önceden tespit edilerek sınıflandırılması gerekmekte olduğu vurgulanmıştır. Yaptığı çalışmada Işıklar ocağı, İmbat Madencilik ve Demir Export Eynez ocaklarından alınan numunelerle Soma Bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkinlikleri genel olarak tespit etmeye çalıştığını belirtmiştir. Kesişim noktası metodu kullanılarak ve elde edilen değerlere bakılarak Soma Bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanmaya “yüksek” yatkinlikte olduğu tespit edildiğini belirtmiştir. (İlca, 2020)

Ülkemizde geçmişten günümüze kömürlerin kendiliğinden yanması konusu üzerine Zonguldak Bölgesi, Soma Bölgesi, Kütahya bölgesi, TTK ve TKİ İşletmelerinde birçok çalışmaların, araştırmaların projelerin yapıldığını görmekteyiz. Bu çalışmalar kömürlerin kendiliğinden yanması çalışmalarına günümüzde ışık utmuş mesken teşkil etmesini sağlamıştır. Yapılan araştırmalardan da anlaşılabileceği gibi kömürlerin kendiliğinden yanması problemlerinin önlem alınmaz ise devam edeceği, önlenemez zararlara yol açacağı aşikardır. MASİS'in yürütücülüğünde MAPEG, KÖMÜRDER ve CTU'nun desteklediği “Kendiliğinden Yanabilirlik Etüdü ile Kömür Madenlerinde İSG Uygulamalarının İzlenebilirliğinin Artırılması” projesi ile kömürlerin kendiliğinden yanmasının daha çok anlaşılması, gerekli önlemlerin zamanında alınması, farkındalık oluşturulmasına katkı sağlamaya çalışmaktayız.

Projenin Hedefleri: Kömürlerin kendiliğinden yana bilirliğinin etüdü ile yeraltı kömür madenlerinde İSG risklerinin belirlenmesi, risk izlenebilirliği ve kazaları önlemeye yönelik alınacak tedbirlerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

YAPILAN ÇALIŞMALAR

Oluşturulan Proje Uzman ekibi ve MAPEG yetkilileri ile tüm yeraltı kömür işletme sahaları üzerinde çalışmalar yapılarak çeşitli kriterlerde (çalışan sayısı, bulunduğu bölge, üretim yöntemi, işletmede aktif olması, üretim miktarları, mücavir saha konumu) değerlendirmeler yapılarak 29 ildeki 46 firmadan 55 numune alınmasına karar verilmiştir. İlerleyen süreçte proje genişletilerek numune sayısı 100 çıkartılmıştır. Numune alımı ile ilgili MAPEG proje Uzman ekip tarafından iki grup oluşturulup, 14 adet lokal numune bölgesi belirlenmiştir.

Proje kapsamındaki 55 adet numunenin testlerinin yapılması için 3 ayrı üniversite ile görüşülüp “Kesişim Yöntemi” ne göre MASİS Proje Komisyonu incelemeleri ile Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi (BEÜ), Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne ait kendiliğinden yanma laboratuvarında yapılmasına uygun bulunmuştur. Proje uzman ekipleri tarafından 69 numune alınmış olup testler yapılmaya başlanılmıştır. Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de bu numune alım lokasyonları ve numune alımı alışımları görülmektedir.



Şekil 2.Kütahya Tunçbilek K2 panosu 40. şilt numune alma lokasyonu



Şekil 3. Numune alım işlemini gerçekleştiren MAPEG uzman ekibi

Numune alış şekli olarak oluk numune alış yöntemi kullanılmış ve panolardan, ayak içinde arınlardan taze yüzeyler oluşturulup, 5 kiloluk plastik kaplarda sızdırmazlık sağlanarak, streç filmle sarılarak numune alım işlemleri tamamlanmıştır. Yeraltından alınan numuneler zarar görmeden özel bir şekilde yerüstüne çıkartılmaktadır. Kömür numune föyleri her numune için ayrı ayrı hazırlanıp numune alan ekiplerin imzaları ile Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi (BEÜ), Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne ait kendiliğinden yanma laboratuvarına kargo ile gönderilmektedir. Numune alan ekip ile firmalar arasında da yapılan işlem ile ilgili olarak imzalı tutanak tutularak kayıt altına alınmaktadır. Numune alım işlemi bir termin çerçevesinde yürütülmektedir. Ayrıca numune alınan firmalara proje hakkında da detaylı bilgi verilmektedir. Maden Mühendisliği Bölümü'ne gönderilen kömür numunesi, kendiliğinden yanmaya yatkınlığının tespiti için kullanılmıştır.



Şekil 4. Afyonkarahisar Linyit İşlemeleri ocağı sağ baca numune alma lokasyonu

Bu kömür örneklerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığının tespitine yönelik olarak yapılan çalışmada; söz konusu örnekler öğütülerek 200 mesh altına indirilmiş ve kendiliğinden yanma deneylerinde kullanılmak üzere 35'er gramlık paketler haline getirilmiştir.

Kendiliğinden yanma deneyleri "Kesişme Noktası Yöntemi" esasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, sıcaklığı doğrusal hızla arttırılan bir fırın içerisine yerleştirilmiş olan reaktör içindeki örnekten hava geçirilmekte ve böylece oksidasyon sağlanmaktadır. Deney sırasında hem fırın hem de örnek sıcaklıkları, termočiftler yardımıyla düzenli aralıklarla kaydedilmektedir. Kullanılan deney seti Şekil 5'de verilmektedir.



Şekil 5. Kullanılan deney seti

SONUÇ

Yeraltı ocaklarında öncelikli hedef çalışanların ocağa girdikleri gibi fiziklen ve ruhen sağlam bir şekilde çıkmalarını sağlamaktır. İş Sağlığı ve Güvenliği her şeyden önce gelmektedir. Bunlar projenin öncelikli hedeflerinden olup, söz konusu konulara da katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Madencilik sektöründe envanter oluşturmada ve bilgilerin paylaşılmasında öncü olacaktır. Çıkan test sonuçlarına göre hangi illerde hangi damarların yangına yatkın olduğu tespit edilecek bundan sonra yapılacak çalışmalara da mesken teşkil edecektir. Kendiliğinden yanmayla ilgili mevzuat hazırlanması çalışmalarında da veriler kullanılacaktır. İş sağlığı ve güvenliği açısından proaktif yaklaşıma sahip olmamızı sağlayacak olup, kömürlerin kendiliğinden yanmaya başlamadan önlem almamızı sağlayacaktır. Yeraltı kömür işletmelerinde kömürlerin kendiliğinden yanması ile ilgili olarak bizim hazırlıklı olmamızı, tehlikelerin bilinmesini ve doğabilecek zararların azaltılmasını sağlayacaktır. Kaynak kaybını, firmaların üretim düşüşlerini de önleyecek, projelere başlanılmadan önlem almamız gerektiğini bilmemizi sağlayacaktır. Tüm planlamalar kömür damarımız kendiliğinden yanmaya yatkın ise ona göre yapılacaktır. Ona göre üretim yöntemi seçilecektir. İş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesine ve bu konuda farkındalık yaratılmasına da katkı sağlayacağı düşünülmekte olup, kömürün kendiliğinden yanması sonucu oluşacak olan istenmeyen olayların yaşanmaması temenni edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Didari V. ve Kaymakçı E. (1992). Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığının belirlenmesinde kullanılan indeksler. Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Proceedings of The 8th Coal Congress of Turkey, Zonguldak.
- Didari, V. (1986). Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indekleri. Madencilik Dergisi, Cilt 25, Sayı 4, s.29-34.
- Eroğlu, N. and Gouws, M.J. (1993). Kömürün kendiliğinden yanmasına ait kuramlar. Bilimsel Madencilik Dergisi, 32(2), 13-18.
- <https://misgep.org/yeralti-komur-madenlerinde-kendiliginden-yanabilirlik-etudu-ile-isg-uygulamalarinin-izlenebilirliginin-artirilmasi-projesi/> E. T. , 21/09/2021

- Ilıca, H.H. (2020) Soma bölgesi kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığının araştırılması. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- İnal, S. ve Aydın, K. (2018). Kömürün kendiliğinden yanması ve etkileyen faktörler. Bilimsel Madencilik Dergisi. 58(2), 145-165.
- İnal S. (2019). Geçmişten günümüze kömürün kendiliğinden yanması ve kömür yangınları, Yeraltı Kaynakları Dergisi, Cilt , Sayı 15, 31 – 53.
- Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H., ve Keskin S., (2000). Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin tespiti: Bölüm 2 - TKİ yeraltı ocakları sonuçları. Madencilik Dergisi, Eylül -Aralık.
- Kaymakçı, E., (1998). Zonguldak havzası kömür damarlarına uygulanabilecek bir kendiliğinden yanmaya doğal yatkınlığı değerlendirme tekniğinin geliştirilmesi. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78- 84,
- Ören Ö. ve Şensöğüt, C. (2007). Kütahya bölgesi linyitlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması. Madencilik Dergisi Yıl: 2007 Cilt: 46, s. 15-23.

YERALTI MADEN OKAKLARINDA HAFİFE ALINAN BİR İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ARACI: HAVALANDIRMA **AN UNDERESTIMATED TOOL FOR HEALTH AND SAFETY IN UNDERGROUND MINES: VENTILATION**

E. Günay¹, A. Soylu², A. Fişne², K. Barış^{1*}

¹ *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü*

(^{*}*Sorumlu yazar: kbaris@beun.edu.tr*)

ÖZET

Bu çalışma yeraltı ocaklarında havalandırmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından öneminin bir değerlendirmek ve ülkemiz madencilik endüstrisinde havalandırma ile ilgili göz ardı edilen ancak oldukça önemli olduğu düşünülen konuları gün ışığına çıkartmak için hazırlanmıştır. Bu amaçla çalışmada, yeraltı ocaklarına yönelik olarak temiz hava miktarının doğru hesaplanmasının, kirleticilerin etkin olarak temizlenmesinin ve termal konforun sağlanmasının iş sağlığı ve iş güvenliği açısından önemi vurgulanmış ve çeşitli öneriler sunulmuştur. Çalışmanın önemli sonucu olarak, çeşitli tedbirler alınmasına karşın ülkemizde madencilik sektöründe havalandırma nedeniyle meydana gelen kazaların engellenememesinin altında yatan bazı nedenler ön plana çıkarılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Madenlerde havalandırma, İş sağlığı ve güvenliği, Termal konfor

ABSTRACT

This study was prepared to assess the importance of ventilation in underground mines in terms of occupational health and safety and to reveal the underestimated but very important issues related to ventilation in Turkish mining industry. For this purpose, an evaluation was done to emphasize the importance of calculating the fresh air need, moving the pollutants away and providing thermal comfort concerning occupational health and safety in underground mines and several comments were made. As an important outcome of the study, it was attempted to bring some causes of not being able to prevent accidents related to ventilation happened in our country though many precautions have been taken into prominence.

Keywords: Underground ventilation, Occupational health and safety, Thermal comfort

GİRİŞ

Yeraltı ocaklarında havalandırmanın temel amacı son derece açık ve basittir. Bu amaç ocakta çalışan personelin çalıştığı ve kullandığı tüm ocak kesimlerine yeterli miktarda ve kirleticileri güvenli konsantrasyonlara seyreltecek kalitede temiz hava sağlamaktır. Bunun yanı sıra, tüm çalışanların kabul edilebilir bir konfor seviyesinde çalışmasını sağlamak da havalandırmanın amaçlarındandır.

Yeraltı madenciliğinde zehirli, boğucu, patlayıcı gaz ve toz ile aşırı ısı ve nem dahil olmak üzere son derece geniş çevresel tehlike türleri vardır. Bu tehlikelerin önemli bir kısmı, zehirlenmeden patlamalara, akciğer hastalıklarından karbon monoksit zehirlenmesine ve sıcak çarpmasına kadar değişen ciddi iş sağlığı ve güvenliği sorunlarına neden olabilir. Bu tehlikeleri kontrol etmek bir madenin havalandırma sistemlerinin görevidir. Etkili bir havalandırma sistemi olmadan herhangi bir ölçekte güvenli ve sürdürülebilir bir yeraltı madenciliğinin yapılması mümkün değildir. Verimli ve etkili bir maden havalandırma sistemi ise tesadüfen elde edilemez. Bilimsel havalandırma ilkelerinin ve uygulamalarının ocak planlama ve yönetim sürecinin içine dahil edilmesini gerektirir.

Yeraltı maden ocaklarında havalandırma ve havalandırma ile ilişkili uygulamalar üretimin verimli sürdürülebilmesinin yanı sıra bu tür ocaklarda iş sağlığı ve güvenliğinin tesisi ve sürdürülebilmesi açısından en önemli araçtır. Bu aracın etkin ve verimli kullanılabilmesi büyük oranda ocaklarda görev alan teknik personelin ve işçilerin konu ile ilgili bilgi ve algı düzeylerine bağlı olmakla birlikte madencilik yapılan ülkedeki mevzuat da konu üzerinde büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, özellikle Avustralya, Kanada ve A.B.D gibi gelişmiş ülkelerde, yeraltı maden ocaklarında havalandırmaya yönelik olarak son 30-40 yılda konuya azami özen gösterilmekte, hem özel sektör hem de kamu kurumları tarafından büyük bütçeli projeler ve araştırmalar yürütülmekte, ayrıca havalandırmaya yönelik kanun ve yönetmelikler üzerinde tartışmalar sürdürülmekte ve iyileştirmeler yapılmaktadır. Ayrıca, bu ülkelerde denetim mekanizmalarının ve yaptırımların son derece etkili olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak, yeraltı madenciliği yapılan diğer ülkelerle karşılaştırıldığında, bu ülkelerde yeraltı ocaklarında havalandırma ile doğrudan ya da dolaylı olarak meydana gelen kaza sıklığı ve sayılarının çok ciddi oranda azaldığı görülmektedir. Çizelge 1'de 2010-2020 yılları arasında çeşitli dünya ülkelerinde yaşanan kazalara ait bilgiler sunulmaktadır.

Çizelge 1. 2010-2020 yılları arasında çeşitli ülkelerde yaşanan ve havalandırma ile doğrudan/dolaylı olarak ilişkili kazalara ait bilgiler (mineaccidents.com.au, 2021; MSHA, 2021; DW, 2021; Wikipedia, 2021)

Yıl	Yer	Ocak türü	Kaza Nedeni	Ölü/Yaralı Sayısı
2010	A.B.D.	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	29 Ölü
	Yeni Zelanda	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	29 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Ocak yangını	25 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Ocak yangını	25 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	21 Ölü
2011	Ukrayna	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	24 Ölü
	Pakistan	Taşkömürü	Metan gazı Patlaması	43 Ölü
2011	Ukrayna	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	24 Ölü
2012	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	45 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	14 Ölü
2013	Çin	Taşkömürü	Ani Püskürme	25 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	29 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	28 Ölü
2014	Avustralya	Taşkömürü	Gaz zehirlenmesi (CO)	1 Ölü
2017	İran	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	35 Ölü
2018	Afganistan	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	16 Ölü
	Afganistan	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	7 Ölü
2019	A.B.D.	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	1 Ölü
	Kırgızistan	Taşkömürü (kaçak)	Oksijen yetersizliği (metan)	6 Ölü
	Afganistan	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	16 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	14 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	15 Ölü
	A.B.D.	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	1 Ölü
2020	Çin	Taşkömürü	Gaz zehirlenmesi (CO)	18 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Bant yangını/zehirlenme	16 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	4 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	4 Ölü
	Çin	Taşkömürü	Gaz zehirlenmesi (CO)	23 Ölü
Toplam				514 Ölü

Çizelge 1'de görüldüğü üzere; 2010-2020 yılları arasında havalandırma ile doğrudan/dolaylı bağlantılı olarak gelişmiş ülkelerden A.B.D'de yaşanan üç kazada 31, Avustralya'da bir kazada bir ve Yeni

Zelanda'da bir kazada 29 madenci hayatını kaybetmiştir. Aynı dönemde Çin'de toplam 15 kazada 306, Pakistan'da bir kazada 43, Afganistan'da üç kazada 39, İran ve Ukrayna'da ise birer kazada sırasıyla 35 ve 24 madenci hayatlarını kaybetmişlerdir. Bu dönemdeki toplam ölü sayısı 514'tür. Ancak bu rakam değerlendirilirken bu ülkelerdeki üretim rakamları da dikkate alınmalıdır. Çizelgede verilen kazaların tamamının yeraltı taşkömürü ocaklarında olmuş olması dikkat çekicidir. Bunun yanı sıra, gelişmiş madencilik ülkeleri dışındaki ülkelerdeki yeraltı metal ocaklarında havalandırma ile ilişkili olarak meydana gelen ölümlü kazaların da olabileceği ancak verilere ulaşmadaki zorluklar nedeniyle bu çizelgeye dahil edilememiş olması belirtilmelidir.

Dünyada durum böyle iken, üretim miktarı açısından dünyadaki ülkelerle karşılaştırıldığında görece olarak düşük üretimler gerçekleştiren ülkemiz madencilik sektöründe durum pek de iç açıcı görünmemektedir. Daha önceki yıllarda da büyük felaketler yaşanan ülkemiz madencilik sektöründe, 2010-2020 yılları arasında yeraltı ocaklarında (kömür ve metal) yaşanan ve sadece havalandırma ile doğrudan/dolaylı ilişkili kazaların sayısı 17'dir. Özellikle 2014 yılında Soma'da yaşanan ve 301 madencimizi ölümüyle sonuçlanan kazanın etkisiyle, bu kazalarda hayatını kaybeden madenci sayısı toplam 373 iken yaralanan sayısı ise 178'dir (Çizelge 2). Yaşanan bu kazalar ülkemizdeki yeraltı linyit, taşkömürü ve metal ocaklarında gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. 2010-2020 yılları arasında ülkemizde yaşanan ve havalandırma ile doğrudan/dolaylı olarak ilişkili kazalara ait bilgiler (Evrensel, 2012; Habertürk, 2013, 2015; Maden Mühendisleri Odası, 2021; Milliyet, 2016; Odatv, 2018; Pusula, 2017,2018, 2019; TMMOB, 2018)

Yıl	Yer	Ocak türü	Kaza Nedeni	Ölü/Yaralı Sayısı
2010	Dursunbey/Balıkesir	Linyit	Metan gazı patlaması	17 Ölü
	Karadon/Zonguldak	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	30 Ölü
	Keşan/Edirne	Linyit	Yangın	3 Ölü
2012	Suluova/Amasya	Linyit	Oksijen yetersizliği (metan)	2 Ölü /1 Ağır yaralı
2013	Kozlu/Zonguldak	Taşkömürü	Ani püskürme	8 Ölü
	Kırat/Zonguldak	Taşkömürü (kaçak)	Gaz zehirlenmesi	4 Ölü
2014	Soma/Manisa	Linyit	Yangın/zehirlenme	301 Ölü / 162 Yaralı
2015	Yeşilova/Burdur	Krom	Gaz zehirlenmesi	2 Ölü / 3 Yaralı
2016	Tefenni/Burdur	Krom	Gaz zehirlenmesi	2 Ölü
2017	Kilimli/Zonguldak	Taşkömürü	Metan parlaması	2 Ölü
	Asma/Zonguldak	Taşkömürü	Gaz zehirlenmesi	2 Ölü
	Kelkit/Gümüşhane	Linyit	Gaz zehirlenmesi	2 Ölü / 4 Yaralı
	Ermenek/Karaman	Yeraltı linyit	Gaz zehirlenmesi	6 Yaralı
2018	Kilimli/Zonguldak	Taşkömürü	Oksijen yetersizliği (metan)	1 Ölü
	Kozlu/Zonguldak	Taşkömürü (kaçak)	Gaz zehirlenmesi	2 Ölü
	Kilimli/Zonguldak	Taşkömürü (kaçak)	Metan gazı patlaması	3 Ölü / 2 yaralı
2019	Kilimli/Zonguldak	Taşkömürü	Metan gazı patlaması	1 Ölü
2020	İskilip/Çorum	Linyit	Metan gazı patlaması	1 Ölü
Toplam				373 Ölü / 178 yaralı

Çizelge 1'de sunulan kazalardaki toplan can kaybı 471 iken aynı dönemde ülkemizdeki toplam can kaybının 373 olması düşündürücüdür. Bu durumun tesadüf olmadığı açıktır. Bu bilgidten hareketle

ülkemizde yeraltı ocaklarında havalandırmaya gereken önemin verilmediği rahatlıkla söylenebilir. Yazarların kendi tecrübeleri de bu yönde olmakla birlikte, ülkemizde üretimin çok büyük oranda havalandırma gereksinimlerinin önüne geçtiği, havalandırmaya yönelik mevzuatın yetersiz/eksik olduğu, ocak ve havalandırma tasarımlarında sıklıkla önemli hatalar yapıldığı, üniversitelerimizde havalandırma eğitimlerinin yetersiz olduğu, buna bağlı olarak yeraltı ocaklarında havalandırma ile ilgilenen teknik personelin ve ayrıca ocakları denetleyen meslektaşlarımızın bilgi eksikliklerine sahip olduğu ve işçilerin ise çoğu zaman tehlikelerden bihaber oldukları söylenebilmektedir. Bunun yanı sıra, ekonomik boyutunun doğrudan hesaplanamaması nedeniyle havalandırmanın neredeyse sürekli olarak arka plana itilmesi, “nasıl olsa hava bir şekilde bir yerden girer bir yerden çıkar”, “biz 1000 ppm CO olan ortama çok girdik, bir şey olmuyor”, “biz %3-4 metanda çok çalıştık” ya da “siz hocalara kalsa bizim madencilik yapma şansımız yok” şeklindeki yaklaşımların sonuçlarının çok ağır olduğu net olarak görülmektedir.

Bu kapsamda bu çalışmanın temel amacı ülkemiz yeraltı ocaklarında havalandırma ile doğrudan/dolaylı ilişkili kazaların bir incelemesini ve istatistiksel analizini yapmak değil tam tersine yazarlarca bu kazalara yol açtığı değerlendirilen, havalandırma ile ilgili bazı konulara vurgu yapmak ve ülkemizde havalandırmaya yönelik düşüncelerin ve felsefenin değişimi için bir kıvılcım çaktırmasıdır. Buna yönelik olarak çalışmanın ilerleyen bölümlerinde havalandırmanın temel amaçlarına yönelik olarak bilgiler verilecek ve çıkarımlar yapılacaktır.

YERALTI OCAKLARINA TEMİZ HAVANIN SAĞLANMASI

Yeraltı ocaklarına sağlanacak temiz havanın ocak işletilmeye başlamadan doğru hesaplanması doğru havalandırma planlamasının önemli adımlarındandır. Burada yapılacak temel hatalar ocağın ömrü boyunca iş sağlığı ve güvenliği sorunlarının yanı sıra maddi kayıplara da neden olabilecek, çoğu durumda kolaylıkla geri döndürülemez bir konu haline gelecektir.

Hava Miktarının Hesaplanması

Yeraltı ocaklarında havalandırmanın en temel amacı çalışanların konforlu ve güvenli bir ortamda çalışmasının sağlanmasıdır. Bu kapsamda, yeraltı havalandırmasında hava ihtiyacının belirlenmesi, meydana gelebilecek kazaların önlenmesi açısından yapılacak planlamanın en önemli bileşenlerden birisidir. Bu bileşen bir havalandırma planlaması yapılırken özellikle sınır değerleri ortaya koyarak sonraki aşama ve hesaplamalara geçilmesine olanak sağlamaktadır. Ocağın belirli bir bölgesine gönderilmesi gereken hava miktarı genellikle m^3/s birimiyle ifade edilmektedir. Havalandırma ihtiyacı belirlenirken ocağın çalışma şartları ve uygulanan madencilik yönteminin özellikleri kapsamında çeşitli unsurlara göre hava ihtiyacı hesaplanmaktadır. Bunlar gaz geliri, yeraltında kullanılan dizel ekipmanların emisyonları, kullanılan patlayıcı madde miktarı, çalışanların solunum ihtiyacı, madencilik faaliyetleri sırasında açığa çıkacak toz miktarı veya yasal kriterler (asgari hava hızı gibi) olabilmektedir. Bu kapsamda her bir unsur için gerekli hava miktarları ayrı ayrı bulunarak hesaplanan en büyük hava miktarı seçilmektedir. Böylece görece az havaya ihtiyaç duyulan diğer unsurlar için gerekli hava miktarı da sağlanmış olmaktadır. Bu hesaplara ek olarak havalandırma simülasyonları vasıtasıyla yeraltı şebekesinin değişik noktalarında ayrıntılı durum değerlendirmesi yapılmalıdır. Ayrıca yönetilmeye çalışılan riskler sürekli ölçüm ve gözlemlerle kontrol altında tutulmalıdır. Ocağa sağlanacak temiz hava miktarının doğru belirlenememesi beraberinde hatalı fan seçimine yol açmakta ve bu da ocaklar için ciddi iş sağlığı ve güvenliği tehlikelerini beraberinde getirmektedir.

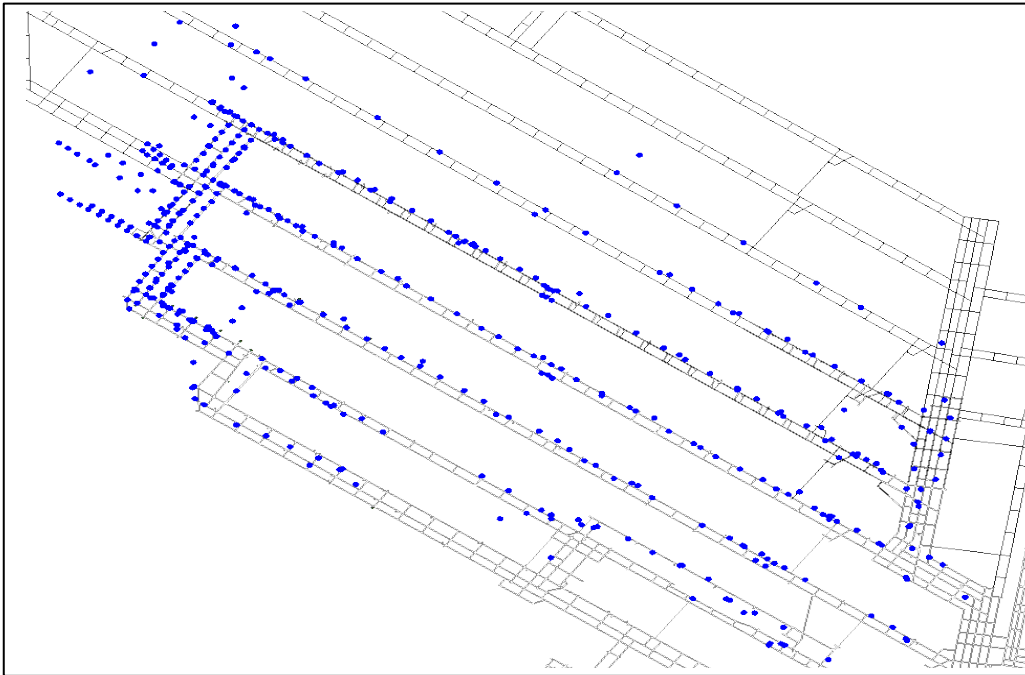
Formasyonlardan Kaynaklı Gaz Geliri

Yeraltı madencilik uygulamalarında yapılan kazıdan etkilenen formasyonlardan kaynaklı gaz geliri bazı durumlarda öncelikli olabilmektedir. Bu durumlar başlıca kömür madenciliği olmak üzere bitümlü malzeme içeren kayaların varlığında görülebilmektedir. Göçertmeli yöntem uygulamalarında McPherson (1984) tarafından verilen eşitlikler aracılığıyla gönderilmesi gereken hava miktarı

hesaplanabilmektedir. Aynı eşitlikler göçertmenin kullanılmadığı yöntemlerde de kullanılabilir. Ek olarak kömürün bünyesinde bulunan gazı ilk serbestleşmede en yüksek şiddette desorbe ettiği göz önünde bulundurulmalıdır. Örnek verecek olursak bir ayakta ilk göçük oluşmaya başladığında patlayıcı karışımdan kaçınmak için daha yüksek hava akışına ihtiyaç duyulabilir. Bu eşitliklerin kullanabilmesi için yeraltında gözlem yapılmış olması veya kömürün gaz içeriğinin ortalama ve üst değerlerinin biliniyor olması gerekmektedir.

Kömür damarından ve komşu formasyonlardan ocak atmosferine yayılan gaz geliri ise önceleri çeşitli tahmin yöntemleriyle tahmin ediliyorken teknolojinin ilerlemesiyle günümüzde sürekli izleme sistemi verilerinden ve doğrudan ölçümlerle belirlenebilmektedir. Ocağa sağlanacak temiz hava miktarının belirlenmesine yönelik olarak, ocak atmosferinde patlayıcı ortam oluşturabilecek bu gaz içeriğinin doğru belirlenebilmesi ise yeraltı ocaklarında iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir.

Bunun yanı sıra, ülkemizde her ne kadar ocaklara sağlanacak hava miktarının belirlenmesine yönelik olarak düşünülmesine de kömür damarlarının gaz içeriğinin bilimsel bir yöntemle belirlenmesi yürürlükte olan Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine (2015) (EK-3, 12.5.1) göre zorunlu kılınmıştır. Ancak, mevcut uygulamada kömür damarlarından alına bir örnek üzerinde gerçekleştirilen ölçümler ile çalışılan kömür damarlarının gaz içeriği belirlenmekte ve bu tek ölçüm yeterli görülmektedir. Oysaki gelişmiş ülkelerde özellikle gazlı kömür damarlarının çalışıldığı ocaklarda bu ölçümler hem sürekli hem de çok sayıda yapılan bir iştir. Şekil 1'de Avustralya'da çalışılan boyları 2-3 km, ayak boyları 250-400 m arasında ve ortalama kömür kalınlığının 3 m olduğu bir sektörde damar gaz içeriklerinin belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen ölçümlerin yerleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Avustralya'da bir yeraltı kömür ocağına ait panolarda kömür damarlarının gaz içeriklerine yönelik olarak yapılan ölçümlerin yerleri (University of Wollongong, 2010)

Ekipman Emisyonları

Yeraltı ocaklarına sağlanacak temiz hava miktarını belirleyen bir diğer unsur da ekipman emisyonlarıdır. Özellikle dizel ekipmanın yoğun olarak kullanıldığı metal ocaklarında, doğrudan ekipmanların dizel vb. motorlarından açığa çıkan karbonmonoksit, karbondioksit ve azot oksitlerin gaz miktarları belirlenerek seyreltilmesi için gönderilecek hava belirlenebileceği gibi, kullanılacak

ekipmanların toplam gücü (kW) üzerinden bir hava miktarı belirlenebilmektedir (McPherson, 1993; DMT, 1991; Ökten ve Fişne, 2015). Bu hesaplama yapılırken her 100 kW güç için 6-8 m³/s'lik bir temiz havanın ocağa sağlanması beklenmektedir. Bu özellikle planlama esnasında kolaylık sağlamaktadır. Bunlara ek olarak ekipman emisyonları madencilik faaliyetleri sürerken gözlemlenmeye devam edilmeli ve verimsiz yanma dolayısıyla müsaade edilenden fazla zehirli gaz emisyonu gerçekleştirebilecek bakımsız ekipmana müsaade edilmemelidir.

Ancak, yeraltı metal ocaklarında gerekli hava miktarının hesabı yapılırken sadece ekipman motorlarında yayılan gazların dikkate alınması yetersiz bir yaklaşım olacaktır. Zira bu yaklaşım, tozların, ısının ve patlatma kaynaklı kirliliğin uzaklaştırılması için havalandırmaya gerek olduğu gerçeği ortadayken, sanki ocakta hiçbir dizel ekipman yoksa havaya ihtiyaç olmayacağı gibi bir algı yaratmaktadır. Bu nedenle, hava miktarının daha doğru belirlenebilmesi için, hiçbir dizel ekipman bulunmasa bile, havalandırmaya ihtiyaç duyulan her açıklıkta **0,5 m/s** hava hızına ulaşılmasının hedeflenmesi gerekmektedir (Brake, 2013).

Toz

Kazı ve madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen tozu seyreltmek için McPherson (1984) tarafından tarifi yapılan eşitlik kullanılabilir. Bu tür bir hesaplamanın yapılabilmesi için öncelikle üretilen kömür miktarına göre ortaya çıkacak toz miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizde solunabilir toza yönelik ölçümler zorunlu olmakla birlikte üretimden kaynaklı ve farklı sorunlara yol açabilecek diğer boyuttaki tozların (örneğin patlayıcı karakterdeki) ölçümleri yapılmamaktadır. Bu da hava miktarı hesabında eksik hesaplama yapılmasına neden olmaktadır.

Patlayıcı Maddeler

Yeraltında kullanılan patlayıcı maddeler bir diğer gaz yayılımı unsurudur. Patlatma esnasında ortaya çıkacak zehirli ve boğucu gazların seyreltilmesi için patlayıcı madde miktarına, patlayıcının ateşlenmesi sonucu oluşan gaz miktarı ve havalandırma için ayrılan zaman gibi parametrelerden kullanılarak ihtiyaç duyulan hava miktarı hesaplanabilmektedir. Ayrıca, patlatmada kullanılacak patlayıcıların türüne göre ortaya çıkaracağı karbon monoksit vb. gazların türleri ve miktarlarının bilinmesi gerekmele birlikte patlatma parametrelerinde muhtemel değişiklikler göz önünde bulundurulmalıdır.

Isı

Bir yeraltı madeninde havanın kalitesini etkileyen kirleticilerin çoğu, ocak havasına gaz veya partikül madde olarak girer ve yeterli miktarda temiz hava ile seyreltilebilir. Havanın moleküler davranışında, termodinamik ve psikrometrik özelliklerinde değişimlere neden olan ısı sorunu oldukça farklıdır. Ocak havasının sıcaklık ve nem açısından durumu, yeryüzü iklimine ve çalışmaların derinliğine bağlıdır. Havalandırma yoluyla ısının uzaklaştırılması, dünyadaki madenlerin çoğunda kabul edilebilir sıcaklıkları korumanın temel yöntemi olmaya devam ederken, değişen hava akışının etkilerini ölçmek, hiçbir şekilde gazlar veya tozlar kadar kolay değildir. Ocaklarda ısı kaynakları çok çeşitli olmakla beraber temel olarak çalışan ekipmanların ortaya çıkardığı ısı veya jeotermal gradyandan kaynaklanabilir.

Hava Miktarının Doğru Hesaplanmasında Tali Havalandırmanın Önemi

Çoğu yeraltı ocağı için toplam hava ihtiyacının yetersiz olması ya da ocağın ömrü boyunca değişmesi nedeniyle doğru yerlere yetersiz hava sağlanması temel bir sorundur. Bu da beklenmeyen maliyet artışlarını, planlanan üretim artışlarının iptal edilmesini ve taahhütlerin yerine getirilememesi gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Yukarıda anlatılan hesaplamalarda yapılan hatalar dışında tali havalandırma ihtiyaçlarının doğru hesaplanamaması düşünüldüğünden fazla sorunu beraberinde getirmektedir.

Yeraltı ocaklarında çoğu iş yeri (hazırlıklar, metal ocaklarında üretim iş yerleri gibi) tali havalandırma ekipmanlarıyla (tali fanlar ve fantüp) havalandırılmaktadır. Bu tür sistemlerde doğası gereği kaçakların olması kaçınılmazdır. Çoğu durumda bu kaçakları gidermek pratik ya da ekonomik olmamaktadır. Dünyada tali havalandırma uygulamalarında %30'luk bir kaçak kabul edilebilir. Bu durumda örneğin 200 kW'lık dizel bir makinenin çalıştığı bir arında, $0,06 \text{ m}^3/\text{s}/\text{kW}$ havaya ihtiyaç olduğu düşünüldüğünde, $12 \text{ m}^3/\text{s}$ temiz havanın sağlanması gerekmektedir. Sistemde %30 kaçak olduğu kabulüyle, bu arında kullanılacak tali fana en az $17,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($12 \text{ m}^3/\text{s} / 0,7$) temiz havanın sağlanması gerekmektedir.

Yeraltında kullanılan çoğu tali fan tavana asılmakta ya da bazı durumlarda yere monte edilmektedir. Her iki durumda da fanın kısa devre (sağladığı havayı tekrar giriş havası olarak kullanma) yapmaması için yeterli bir bypass havasının fan girişine sağlanması gerekmektedir. Bu bypass havası için minimum değer fan giriş havasının %30'u olmalı ya da galeride $0,5 \text{ m/s}$ hava hızı yaratacak bir miktarda olmalıdır (Brake, 2017). Bu iki değerden hangisi yüksekse onun seçilmesi uygun olacaktır. Yukarıda verilen örnekten giderek, tali havalandırma ile havalandırılan 20 m^2 kesitli bir galeride fandan geçen temiz hava $17,1 \text{ m}^3/\text{s} + (20 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m/s}) = 27,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ya da $17,1 \text{ m}^3/\text{s} + (17,1 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,30) = 22,2 \text{ m}^3/\text{s}$ olmalıdır. Bu durumda fanın kısa devre yapmamasının sağlanması için en az $22,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (daha güvenli olma durumu için $27,1 \text{ m}^3/\text{s}$ 'ye yakın) temiz havanın fan girişine sağlanması gerekmektedir. Bu durumda görüldüğü üzere 200kW'lık bir dizel ekipmanın çalıştığı bir arına $12 \text{ m}^3/\text{s}$ temiz havanın sağlanabilmesi için tali fan girişine ana havalandırma şebekesi tarafından $22,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ile $27,1 \text{ m}^3/\text{s}$ arasında bir temiz havanın ulaşması gerekmektedir. Bu değerlendirme gözetilmeden yapılmış bir temiz hava ihtiyacı hesaplamasının son derece hatalı olacağı ve ocağın ömrü boyunca aşılması zor sorunlar yaratacağı aşikardır.

KİRLETİCİLERİN TEMİZLENMESİ/SEYRELTİLMESİ

Yeraltı ocaklarında havalandırmanın temel amaçlarından biri de doğal olarak ve/veya çeşitli faaliyetlerden dolayı ocak atmosferine yayılan çeşitli kirleticilerin seyreltilmesi ve ocak atmosferinden uzaklaştırılmasıdır. Yeraltı ocaklarında hem çalışanların hem de operasyonların güvenli bir şekilde sürdürülmesi ancak bu şekilde mümkün olabilmektedir.

Ocak Gazları

Yeraltı ocaklarında havalandırma ile ilgili işler dendiğinde akla ilk gelen ancak ülkemizde yeterli önemi görmemiş kirleticilerin başında ocak gazları gelmektedir. Yeraltı ocaklarında formasyonların doğal yapılarından ya da madencilik faaliyetleri nedeniyle ocak atmosferine yayılan CH_4 , CO_2 , CO , H_2 , NO_x gibi patlayıcı, zehirli ve boğucu karakterde çeşitli gazlar bulunabilmektedir. Bunun yanı sıra, bazı gazların özel durumlara işaret ediyor (örneğin CO 'nun kendiliğinden yanmanın bir göstergesi olması) olması da önem arz etmektedir. Bu anlamıyla yeraltı ocaklarında karşılaşılan gazların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi bu gazların izlenmesi, bunlarla mücadele etme ve özel olayları yorumlama açısından büyük önem arz etmektedir.

Kömür Ocakları

Özellikle yeraltı kömür ocaklarında mecburi tutulan sürekli izleme sistemlerinden doğru veri almak ocak atmosferini izlemek açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, sürekli izleme sistemlerinde kullanılan sensörlerin galeri kesiti içerisindeki yerlerinin özenle seçilmiş olması ve bu sensörlerin doğru ya da kabul edilebilir bir hata ile ölçüm yapmaları temin edilmelidir. İzlenen gazların fiziksel ve kimyasal özellikleri sensörlerin seçimi ve doğru konumlandırma açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde yürürlükte olan Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde (2015), kullanılacak sensörlerin galeri kesiti içindeki yerleriyle ilgili net bilgiler bulunmaması önemli bir eksiklik olarak

değerlendirilmektedir. Zira uygulamada sensörlerin yanlış konumlandırılması ve kalibrasyonlarının uygun aralıklarla yapılması sürekli izleme sistemlerini esasen işlevsiz hale getirmektedir. Yeraltı kömür ocaklarında kullanılan sensörlerin doğru konumlandırılması ile detay bilgi başka bir çalışmada sunulmuştur (Barış ve Aydın, 2015).

Bunun yanı sıra yeraltı kömür ocaklarında kullanılacak sürekli izleme sistemleri içerisinde CO₂ gazına yönelik bir zorunluluk bulunmaması düşündürücüdür. Zira CO₂ özellikle kendiliğinden yanma ve yangın durumlarında (özellikle baraj arkalarında) takip edilmesi gereken Graham oranı ve CO/CO₂ oranı gibi parametrelerin takibinde kullanılmalıdır.

Özellikle yeraltı kömür ocaklarında ciddi iş sağlığı ve güvenliği sorununa, dünyada olduğu gibi ülkemizde de çoğu zaman büyük çaplı felaketlere yol açan CH₄ gazı, üzerinde hassasiyetle durulması gereken bir gazdır. Bu gaz ile ilgili klasik bilgilerin dışında görece olarak az bilinen/dikkate alınmayan ve üzerinde düşünülmei hak eden önemli noktalar bulunmaktadır.

Bunlardan ilki tanımlama ile ilişkilidir. Ülkemizde yürürlükte olan Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde (ÇSGB, 2013) “Yeraltı çalışmalarında yanıcı veya patlayıcı ortam oluşması riski meydana getirecek miktarda metan gazı çıkma ihtimalinin olduğu yerler grizulu kabul edilir.” ifadesi yer almaktadır. Bu tanımlama son derece muğlak bir tanımlamadır. Bu tanımlamadan, “yanıcı ve patlayıcı ortam oluşması riski meydana gelecek miktar”dan kasıtın ne olduğu açık değildir. Zira yeterli miktarda hava sağlanmayan bir ocak kesiminde bünyesinde eser miktarda bile metan bulunan bir kömür damarında (ya da formasyonda) yapılacak madencilik çalışmalarında patlayıcı ortam oluşma riski bulunmaktadır. Ülkemizde sektörde “gazsız” olarak tanımlanan bazı linyit ocaklarında meydana gelen ve felaketle sonuçlanan kazalar bunun açık bir kanıtıdır. Bu nedenle tüm kömür ocakları grizulu olarak kabul edilmeli ve bu ocaklarda havalandırmaya azami dikkat gösterilmelidir.

Ülkemiz madencilik endüstrisinde metan gazıyla mücadelede gözden kaçırılan bir husus daha bulunmaktadır. Metan gazının çalışma ortamından etkili bir şekilde uzaklaştırılması için doğru bir şekilde hesaplanan hava miktarının sağlanması gerekmektedir. Metanın havadan görece olarak hafif olması nedeniyle (spesifik gravitesi 0,554) arınlarda ve iş yerlerinin tavanındaki boşluklarda birikmeye ve tavanda tabakalanmaya meyilli olduğu bilinen bir gerçektir. Buna bağlı olarak bazı galeriler ve çalışma alanlarında genel havalandırma havasındaki metan konsantrasyonu oldukça düşük olmasına karşın aynı bölgelerde tavan seviyesinde yüksek konsantrasyonları görülmesi doğaldır. Bu nedenle, yeraltı kömür ocaklarında metan gazıyla mücadelede açıklığa sağlanan hava miktarı esasen tek başına yeterli değildir. Zira metanın hava ile seyreltilebilmesi için gerekli türbülansın sağlanması gerekmektedir. Her ne kadar yeraltı ocaklarında 0,07 m/s’lik bir hızın sağlanması akışı türbülanslı yapsa da metanın tabakalaşmasını önlemek amacıyla yeterli hava hızının sağlanması gerekmektedir. Bir başka deyişle, çalışma ortamına yeterli hava miktarı sağlanmasına karşın uygun hava hızı değerleri elde edilemezse metanın tabakalaşması da önlenemez demektir. Yaptıkları analitik ve deneysel çalışmalar sonucunda Bakke ve Leach (1962) bu olaya yönelik olarak bir Tabakalanma Katsayısı geliştirmiştir (Eşitlik 1).

$$\text{Tabakalaşma Katsayısı} = \frac{V}{1,64^3 \sqrt{\frac{Q_g}{W}}} \quad (1)$$

Burada; V hava hızını (m/s), Q_g metan yayılımını (m³/s) ve W ise hava yolu genişliğini (m) temsil etmektedir. Eşitlikten görüldüğü üzere metan tabakalaşması üzerinde en etkili parametre hava hızıdır. Dikdörtgen olmayan kesitlerde hava yolu genişliği, galeri genişliğinin ¾’ü kabul edilebilir. Ayrıca, teorik olarak hava hızı her ne kadar tabakanın hemen altındaki hız olsa da galeri kesitinin tavadan 1/3’lük kısmındaki ortalama hava hızı da kullanılabilir (bkz. metan sensörlerinin galeri kesiti içerisindeki yeri). Eşitlikteki küp kök ifadesi metan geliri ve hava yolu genişliğindeki hataları da en aza indirmektedir. Bakke

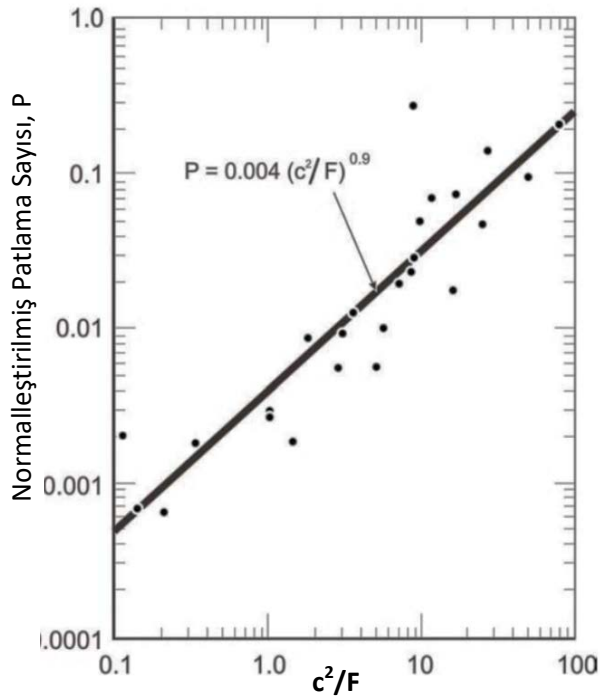
ve Leach (1962) tabakalaşma katsayısının “2” olduğu durumlarda karışımın sağlandığını ancak yeterli seyrelme için bu katsayının en az “5” olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, hava yolunun eğimli olması ve havalandırmanın aşağıdan yukarı yapılması durumunda, tabakalaşmanın doğasından kaynaklanması nedeniyle yolun eğimine göre tabakalaşma katsayısının dolayısıyla hava hızının bir miktar daha artırılması gerekmektedir.

Bunun yanı sıra, metan konsantrasyonu ve Froude sayısı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Froude sayısı Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$F = \frac{v^2}{g \frac{\Delta\rho}{\rho} \sqrt{A}} \quad (2)$$

Burada; F Froude sayısını, v hava hızını (m/s), g yerçekimi ivmesini (m/s^2), $\Delta\rho/\rho$ hava metan arasındaki yoğunluk farkının hava yoğunluğuna bölümünü ve A ise havayolunun kesit alanını (m^2) belirtmektedir.

Bakke vd. (1967) 1958-1965 arasında Birleşik Krallıkta uzunayaklarda ve taban yollarında meydana gelen 123 patlama/patlamayı incelemiş ve patlama riskinin tek başına metan konsantrasyonuna bağlı olmadığını ve metan konsantrasyonu (c) ve Froude sayısının (F) tek bir değişken (c^2/F) olarak ifade edilebileceğini göstermiştir (Şekil 2). Şekilden görülebileceği üzere verilere uyarlanan doğrunun denklemi $P = 0,004 (c^2/F)^{0,9}$ dur. Froude sayısı ile birlikte değerlendirildiğinde; çoğu ocakta kesit alanı c^2 ve v^2 ye göre değerlendirildiğinde fazla değişmemektedir. Dolayısıyla, patlama riski esas olarak c^2/v^2 ile değişmektedir. Örnek olarak, 10 m^2 'lik bir kesite sahip bir hava yolunda metan konsantrasyonu %1 ve hava hızı 0,5 m/s iken hava hızının 0,6 m/s'ye çıkarılmasıyla metan konsantrasyonu 0,83'e düşecek fakat buna karşın patlama riski yarıya düşmektedir. Yani, ilk durumda patlama riski $[1/(0,5 m/s)] = 4$ iken ikinci durumda $[0,83/(0,6 m/s)] = 1,91$ olmaktadır.



Şekil 2. Patlama sayıları ile c^2/F ilişkisi (Bakke vd., 1967)

Bu sebeplerle, diğer nedenlerin (tozla mücadele) yanında, yeraltı kömür ocaklarında metanla mücadele için özellikle ayaklarda ve hazırlik galerilerinde yeterli hava miktarının sağlanması yeterli

olmamakta, gerekli hava hızının da mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Ancak, ülkemizdeki yeraltı kömür ocaklarında hava hızlarının arttırılmasının kendiliğinden yanmayı tetikleyebileceği gibi yanlış bir algı bulunmakta ve çalışmalar ayaklarda ve hazırlık galerilerinde gerekli hava hızı değerlerinin çok altında tutulmaktadır hatta özellikle sınırlandırılmaktadır. Unutulmamalıdır ki, gelişmiş ülkelerde kömür ocaklarında ayaklarda 2-3 m/s hava hızlarına ulaşılmakta ancak alınan tedbirlerle kendiliğinden yanma sorunları nadiren yaşanmaktadır.

Metal Ocakları

Yeraltı metal ocaklarında ise madencilik faaliyetleri nedeniyle formasyonlardan ocak atmosferine yayılan diğer gazların yanı sıra kullanılan dizel ekipmanın motorlarından kaynaklanan zehirli ve kanser yapıcı özellikteki NO₂ ve Dizel Partikül Madde (DPM) yayılımlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından önemi büyüktür. Bu yayılımlardan NO₂ son derece zehirli bir gaz olup özellikle gelişmiş ülkelerdeki madencilik faaliyetlerinde bu gazın izlenmesine büyük ciddiyetle yaklaşılmaktadır. Mevcut durumda, American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) 2012 yılında NO₂ için sınır değeri (TWA) 3 ppm'den 0,2 ppm'e düşürmüştür (OSHA, 2021), Avrupa Mesleki Maruziyet Sınırları Bilimsel Komitesinin (European Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) tavsiye ettiği sınır değer 0,2 ppm (TWA) ve Kısa Süreli Maruziyet Sınırı (STEL) ise 1 ppm'dir (Brake, 2013; EU, 2017). Avustralya'da ise mevcut sınır değerler 3 ppm (TWA) ve 1 ppm'dir (STEL) (Brake, 2013). Dünyada durum böyleyken ülkemizde yeraltı ocaklarında NO₂ maruziyeti için sınır değerlerin herhangi bir yönetmelikte belirtilmemiş olması düşündürücü ve ürkütücüdür.

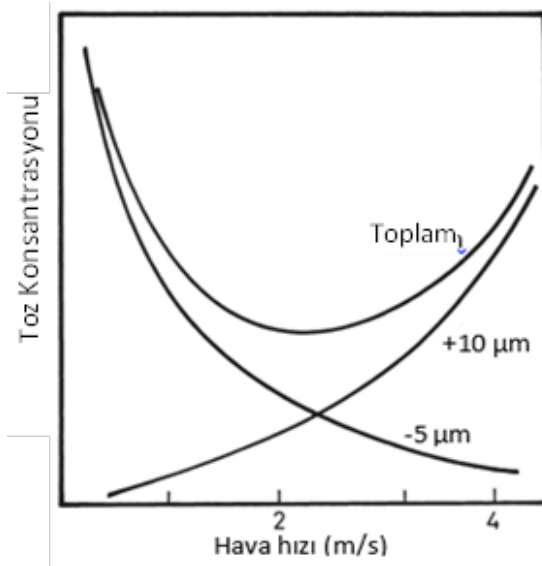
Dizel motorlardan kaynaklanan DPM ise üzerinde önemle durulması gereken bir diğer konudur. Dizel partikül madde yayılımlarına maruz kalan kişilerde göz ve burun tahrişi, baş ağrısı, kusma ve astım gibi olumsuz sağlık etkileri görülmektedir. Ayrıca, DPM'in potansiyel bir kanserojen olması da dünya madencilik endüstrisinde bu yayılımlara özen gösterilmesini beraberinde getirmiştir. Amerikan Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsüne (NIOSH, 2021) göre yeraltı madencileri, sınırlı bir alanda çalışmaları nedeniyle tipik dizel egzozlarının çevresel konsantrasyonundan 100 kat fazla DPM yayılımına maruz kalabilmektedirler. Yeraltı ocaklarında günden güne daha fazla dizel ekipman kullanılması DPM maruziyetini büyük ölçüde arttırmakta ve daha büyük riskleri beraberinde getirmektedir. DPM ile mücadelede dizel ekipmanın egzozlarına filtreler takılmakta ve bu yayılımların ocak atmosferine yayılmasının engellenmesi hedeflenmektedir. Kömür dışındaki yeraltı ocaklarında DPM için A.B.D'de izin verilebilir sınır değer 160 µg/m³'tür. Ülkemizde ise yeraltı ocaklarında doğrudan DPM maruziyeti ile ilgili bir yönetmelik ve dolayısıyla herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır.

Tozlar

Solunan hava içerisindeki katı partiküller toz olarak tanımlanmaktadır. Yeraltında ya da kapalı ortamlarda hava içerisindeki partiküllerin konsantrasyonu insan solunum sisteminin bu kirleticileri zamanında dışarı atabilme sınırlarını aşabilmektedir. Yeraltı madenciliğinde darbe, sürtünme, kırma, parçalama, öğütme ya da patlatma kaynaklı olarak tozlar açığa çıkmaktadır. Bu toz partikülleri genellikle düzensiz şekillerde olduğundan ve yüzey alanları nedeniyle fiziksel ve kimyasal olarak oldukça aktif olabilmekte ve bu nedenle akciğer hastalıklarına yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, kömür tozlarının patlayıcı karakterde olduğu bilinmekte ve bu da yeraltı kömür ocaklarında son derece ciddi iş sağlığı ve güvenliği sorunları oluşturmaktadır.

Yeraltı ocaklarında açığa çıkan tozu bertaraf etmek için gönderilecek hava miktarı tozların seyreltilmesini sağlasa da belirli bir değerden sonra tam aksi yönde etki etmektedir. Artan hava akışı sınırlı kesit alanına sahip yeraltı galerilerinde hava hızını artıracak için güçlü türbülanslı akış sağlamak ve yerden toz kaldırmaktadır. Yapılan çalışmalarda Şekil 3'te gösterildiği gibi belirli tane boyuna aralığında ölçülen toz miktarları bir fraksiyon için azalırken iri olanlarda artmaktadır. 2 m/s optimum

değer olarak belirlenmiştir. Ancak, 1 m/s ile 4 m/s arasındaki değerler kabul edilebilir değerler olmakla birlikte bu değerler diğer parametrelerle (metan vb.) birlikte düşünülerek karar verilmelidir.



Şekil 3. Galerilerde hava hızına göre ölçülen toz miktarı (McPherson, 1993)

Yüksek hava hızı tozla mücadelede etkili olmasına karşın hava hızının çok arttırılmasının çalışılan ortamı konfor sınırlarının ötesinde soğutması sebebiyle çalışanlara rahatsızlık vermekte ve bu nedenle kanunen sınırlanmaktadır. Dünyada genelde kabul edilen üst hava hız değerleri Çizelge 3'te verilmiştir (McPherson, 1993). Aynı şekilde hava hızı için alt sınır değerler kanunlarda belirlenmektedir. Ülkemizde bu değer 0,5 m/s olmakla birlikte gönderilecek hava belirlenirken bu değeri sağlayacak hava miktarı dikkate alınmaktadır. Çünkü bazı durumlarda diğer unsurlar için gerekli hava miktarları yeraltı şebekesinde çalışma yapılan galerilerde bu hızı oluşturmaz.

Çizelge 3. Yeraltı galerilerinde kabul edilebilir maksimum hava hızı değerleri (McPherson, 1993)

Yeraltı İşyerleri	Hava Hızı (m/sn)
Ayak arını	4
Bant galerileri	5
Ana nakliyat yolları	6
Ana hava yolları	8
Nakliyat kuyusu	10
Havalandırma kuyusu	20

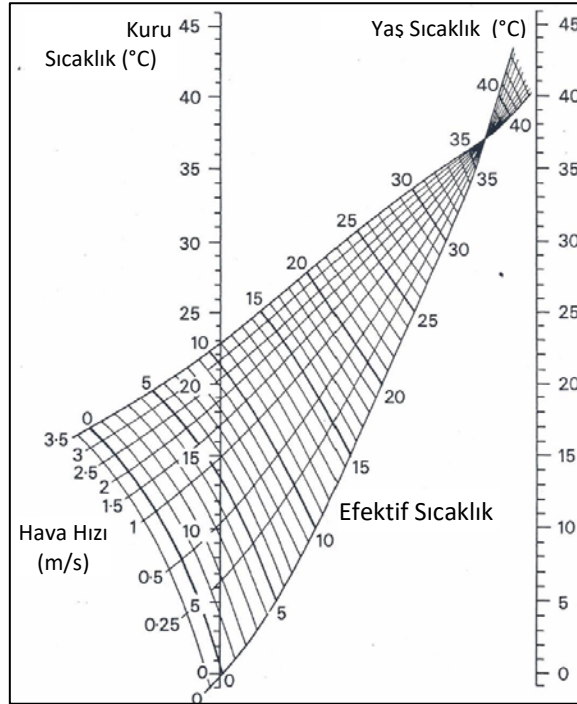
Ülkemizde yürürlükte olan yasa ve yönetmeliklere göre özelliği olan kayaç veya mineraller maruziyet eşik sınır değerleri (ÇSGB, 2013) solunabilir kuvars için $[(10 \text{ mg/m}^3) / \% \text{SiO}_2 + 2]$, %5 ve daha az SiO_2 içeren kömür tozu için ise $2,4 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler gelişmiş madencilik ülkeleriyle karşılaştırıldığında oldukça yüksek görünmektedir. Zira Avustralya'da solunabilir kuvars için izin verilebilir mesleki maruziyet sınır değeri 1 mg/m^3 iken bu değer A.B.D.'de $0,025 \text{ mg/m}^3$ tür (Brake, 2013).

TERMAL KONFORUN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Sağlıklı bir insan vücudu olması gereken sabit sıcaklığını ($36,2^\circ\text{C}$ - 37°C) koruyamadığı durumlarda, vücuttaki fazla ısı nedeniyle fiziksel ve mental strese maruz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda vücudun "ısı stresi" altında olduğu söylenir. Isı stresi, vücutta bulunan fazla ısı vücuttan çevreye aktarılamadığı hallerde vücudun durumu olarak tanımlanabilir. ISO 7243 (1989)'a göre sıcak bir ortama

maruz kalan bir kişi ısı stresi altındadır ve bu durum atmosfer ve vücut arasındaki ısı transferini etkilemesi nedeniyle fiziksel aktivite ve çevre karakteristikleri sonucu vücut içerisindeki ısı üretimine bağlıdır (Barış ve Fişne, 2019).

İnsan vücudunun aşırı sıcaklıklara maruz kalması vücudun direncini aşabilmekte ve kişinin sağlığına zarar verebilmektedir. Isı stresi; vücut sıcaklığı, ortama uyum sağlama, doğal ısı toleransı ve iş yükü nedeniyle oluşan metabolik ısı gibi iç faktörlerin yanı sıra ortam sıcaklığı, radyan ısı, hava hızı ve nem gibi dış faktörlerden etkilenmektedir. Isı stresinin değerlendirilmesi için çok sayıda indeks geliştirilmiş olsa da bunlardan en eskisi ve yaygın kullanılanı “*efektif (etkin) sıcaklık*”tır (Maurya vd., 2015). Efektif sıcaklık, ilgilenilen ortamda algılanan anlık ısı ile aynı hissiyatı veren durgun doymuş havanın sıcaklığıdır. Efektif sıcaklık kavramı ofis çalışanları için bir termal konfor indeksi olarak, endüstriyel ve askeri meslekler içinse ısı stresinin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır (McPherson, 1993). Efektif sıcaklığı tespit edebilmek için ölçülen yaş sıcaklık, kuru sıcaklık ve hava hızının kullanıldığı nomogramlar kullanılmaktadır. Şekil 4’te verilen nomogram dikkatlice incelendiğinde ocak atmosferinde oldukça farklı kuru-yaş sıcaklık (bunlara bağlı olarak bağıl nem) ve hava hızı koşullarında aynı efektif sıcaklığın elde edilebildiği görülmektedir. Çizelge 4, örnek olarak efektif sıcaklığın 22°C olması için gerekli koşulları göstermektedir (Barış ve Fişne, 2019).



Şekil 4. Hafif kıyafet giymiş kişiler için efektif sıcaklık nomogramı (Auliciems ve Szokolay, 2007)

Çizelge 4. Efektif sıcaklığın 22°C olduğu durumlarda kuru-yaş sıcaklıklar, bağıl nem ve hava hızları

Kuru Sıcaklık (°C)	Yaş sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Efektif Sıcaklık (°C)
24	22	84	0,5	22
25	23	85	1,0	22
26	21,5	68	1,0	22
28	23,5	69	3,0	22
28	20	49	1,6	22

Yeraltı maden ocaklarında çalışanların sıcaklık etkilerinden korunması sağlık ve güvenlik açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle ocaklarda özellikle yoğun çalışmanın yapıldığı yerlerde (ayak vb.) havanın sıcaklık ile bağıl nem miktarının (yaş-kuru sıcaklık) ölçülmesi ve hava hızı ile ilişkilendirilerek

efektif sıcaklık değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Buna yönelik olarak gelişmiş ülkelerin maden mevzuatında çalışanların ısıdan kaynaklı etkilerden korunmasına yönelik olarak çeşitli hükümler bulunmaktadır. Avustralya'da hem Queensland hem de NSW eyaletlerinin yönetmeliklerinde yeraltı ocaklarında çalışanların ısı stresinden korunması için yaş sıcaklığının 27°C'yi aşmaması gerektiği bildirilmiştir (Coal Mining Safety and Health Regulation, 2017, Work Health and Safety (Mines) Regulation, 2014). Ayrıca, Queensland eyaleti yönetmeliğine göre efektif sıcaklığın 29,4°C'yi geçtiği yerlerde çalışanların rutin işlerde çalıştırılması yasaktır. Aynı yönetmelikte ocaktaki iş sağlığı ve güvenliği biriminin ocak atmosferindeki efektif sıcaklığın hesaplanmasına yönelik bir yöntem ibraz etmesi gerektiği de vurgulanmıştır. ABD'de maden mevzuatında ise efektif sıcaklığa yönelik bir değer bulunmamasına rağmen Mine Safety and Health Administration (MSHA) 1976 yılında yayımladığı raporda, yeraltı ocaklarında yaş sıcaklığının 26°C olduğu yerleri "sıcak ortam" olarak tanımlamış ve bu tür ocak kesimlerinde işçilerin çeşitli yöntemlerle (çalışma/mola zamanlarının ayarlanması, çalışanların rotasyonu vb.) korunmasını tavsiye etmiştir (MSHA, 1976). Almanya'da ise yeraltı kömür ocaklarında efektif sıcaklığın 25°C üstünde olduğu durumlarda çalışma saatleri kısıtlanmakta, 30°C üzerinde ancak belirli koşullarda izin verilmekte ve 32°C üzerinde ise çalışmaya kesinlikle izin verilmemektedir (Scholette,1999).

Ülkemizde ise yeraltı ocaklarında sıcaklık ve nemin ölçülmesi ile ilgili düzenleme Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği ile yapılmıştır (ÇSGB, 2013). Bu yönetmelikte düzenleme (EK-3, Madde 8.9) *"Ocağın çeşitli kısımlarında, sıcaklık ve nem oranı düzenli olarak ölçülür. Nem oranı göz önünde bulundurularak hava sıcaklığının sağlığa zararlı düzeye yükselmemesi için gerekli tedbirler alınır. Bu düzeye yaklaşıldığında ölçme işlemi her gün gerekli görülecek aralıklarla yapılır ve ölçme sonuçları havalandırma defterine yazılır. Söz konusu şartların sağlık için tehlikeli olması halinde çalışma geçici olarak durdurulur."* şeklinde ifade edilmektedir. Ancak, bu maddede genel olarak "hava sıcaklığı" ifadesi kullanılmakta, bu ifade net açıklanmadığı gibi herhangi bir sınır değer de verilmemektedir. Anlaşıldığı kadarıyla bu yönetmelik maddesinde bahsedilen hava sıcaklığı ifadesi kuru termometre sıcaklığını göstermektedir. Ancak bu düzey bile net olarak belirtilmemiştir. Halbuki yukarıda detaylı olarak anlatıldığı üzere yeraltında çalışılan ortam sıcaklığının değerlendirilebilmesi için yaş-kuru sıcaklıklar ile hava hızının etkilerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, bu maddedeki ifadelerin son derece genel olduğu görülmekte ve yapılması istenen ölçümlerin herhangi bir fonksiyonunun olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle, yönetmeliğin bu maddesinin revize edilmesi, bilimsel ve net ifadeler yanında rakamlarla ne istendiğinin tam olarak belirtilmesi yapılan ölçümlerin faydalı olması açısından yerinde olacaktır (Barış ve Fişne, 2019).

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada yeraltı ocaklarında havalandırmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından öneminin bir değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmış ve yazarlarca önemli olduğu düşünülen ancak ülkemiz madencilik endüstrisinde havalandırma ile ilgili göz ardı edilen konulara bir vurgu yapmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, yeraltı ocaklarına yönelik olarak temiz hava miktarının doğru hesaplanmasının, kirleticilerin etkin olarak temizlenmesinin ve termal konforun sağlanmasının iş sağlığı ve iş güvenliği açısından bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Ülkemiz özelinde yeraltı ocaklarında havalandırma ile ilgili olarak yapılacak düzenlemelerde ve çıkarılacak yönetmeliklerde eksikliklerin bulunması, bu tür mevzuat değişikliklerinde paydaşların katılımını zorunlu kılmaktadır. Günümüze kadar muğlak/eksik ifadelerle alenacele yapılan mevzuat değişikliklerinin hem sektörü zor duruma soktuğu hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından sorunlar ortaya çıkarttığı çok açıktır. Bu kapsamda, işinin ehli bürokratların yanı sıra kamu ve özel sektörde görev alan ve havalandırma ile yakından ilgili maden mühendislerinin, üniversitelerimizde görev alan ehil ve ilgili öğretim üyelerinin ve sivil toplum kuruluşlarının da katılımıyla tüm paydaşların görüşlerini paylaşabileceği ve tartışabileceği platformların oluşturulması sağlanmalıdır.

Ayrıca, yeraltı ocaklarında havalandırma ile ilgili uygulamaların iyileştirilebilmesi, havalandırma ile doğrudan ilgilenen teknik personelin geliştirilebilmesi için kamu ve özel sektörün yeraltı ocaklarında havalandırmaya yönelik olarak yapılacak çalışmalara öncelik vermesinin büyük önem arz ettiği düşünülmektedir. Zira havalandırma konusunda dünyada geliştirilen kavramlar ve yasal mevzuatın ciddi bütçeli ve önemli araştırma faaliyetler sonucunda ortaya çıktığı gözden kaçırılmamalıdır. Ayrıca, yeraltı ocaklarında görev yapan teknik personelin havalandırma algısının ve havalandırmaya olan ilgisinin geliştirilmesi için eğitim programlarının geliştirilmesi ve uygulanmasının da çok faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Yeraltı ocaklarında havalandırmanın en etkin iş sağlığı ve güvenliği aracı olduğu unutulmamalı, bu konuya gereken önem verilmelidir. Aksi takdirde ülkemizde tecrübe edilen acı olayların tekrar tekrar yaşanacağı ve yeraltı madencilik sektörünün saygınlığını yitirmeye devam edeceği unutulmamalıdır. Bu bağlamda ülkemizdeki havalandırma algısının değiştirilmesi şarttır. Bu amaçla tüm paydaşların üstüne düşeni eksiksiz yapmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Auliciems, A. and Szokolay S.V. (2007). Thermal Comfort, University of Queensland, Avustralya, 68 pp.
- Bakke, P. and Leach, S.J. (1962). Principles of formation and dispersion of methane roof layers and some remedial measures, *The Mining Engineer*, 121, 645-659.
- Bakke P. and Leach S.J. (1966). Turbulent diffusion of a buoyant layer at Wall, *Applied Scientific Research*, 15(Sect A), 97-136.
- Bakke, P., Leach S. J. and Slack, A. (1967). On the general body concentration and other ventilation data as a measure of the average risk of ignition, *The Mining Engineer*, August, 762-774.
- Bariş, K. and Aydın Y. (2020) Atmospheric monitoring systems in underground coal mines revisited: a study on sensor accuracy and location, *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 23,3, 325-350.
- Bariş, K. ve Fişne, A. (2019). Türkiye’de yeraltı kömür ocaklarına yönelik maden mevzuatı ve uygulamalarının havalandırma ve iş güvenliği açısından kritiği, Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 16-19 Nisan, Antalya, 1270-1281.
- Brake, D.J. (2013). Ventilation challenges facing the metalliferous sector, The Australian Mine Ventilation Conference (pp. 3-12), Adelaide.
- Brake, D.J. (2017). Correctly estimating primary airflow requirements for underground metalliferous mines, 10th Underground Operators’ Conference, 14-16 April, Launceston, TAS.
- Coal Mining Safety and Health Regulation (2017). Subordinate Legislation 2017, No. 165, Queensland, AU.
- ÇSGB, (2013). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 28770 Sayılı Resmi Gazete.
- ÇSGB, (2015). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, 29291 Sayılı Resmi Gazete.
- DW, (2021). Deutsche Welle, retrieved from <https://www.dw.com/en/death-toll-rises-to-32-in-ukraine-mine-accidents/a-15279141>
- EU, (2017). European Union, Commission Directive (EU) 2017/164, Indicative occupational exposure limit values, retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2017/164/oj>
- Evrensel, (2012). Evrensel gazetesi, <https://www.evrensel.net/haber/25342/suluovada-madende-zehirlenme-2-olu>
- Habertürk, (2013). Habertürk gazetesi, <https://www.haberturk.com/gundem/haber/900894-maden-ocaginda-gaz-zehirlenmesi-4-isci-oldu>
- Habertürk (2015). Habertürk gazetesi, <https://www.haberturk.com/yerel-haberler/haber/5358822-burdurdaki-krom-madeninde-gaz-zehirlenmesi>
- ISO 7243, (1989). Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate, International Organization for Standardization, Geneva.

- Maurya, T., Karena, K., Vardhan, H., Aruna, M. and Govinda R. (2015) Effect of heat on underground mine workers, *Procedia Earth and Planetary Sciences*, 11, 491-498.
- Milliyet, (2016). Milliyet Gazetesi, <https://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/burdur/krom-madeninde-gaz-zehirlenmesi-2-olu-1-yarali-11232446>
- MSHA, (2021). Mine Health and Safety Administration, Fatality Reports, retrieved from <https://www.msha.gov/data-reports/fatality-reports/search>
<http://www.mineaccidents.com.au/mine-events/all/au>
- NIOSH, (2021). The National Institute for Occupational Safety and Health, retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/dieselexhaust.html>
- Odatv (2018). Odatv internet sitesi, <https://odatv4.com/guncel/yine-kacak-yine-olum-27021811-133912>
- OSHA, (2021). United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Nitrogen Dioxide, retrieved from <https://www.osha.gov/chemicaldata/21>
- Pusula, (2017). Pusula Gazetesi, http://www.pusulagazetesi.com.tr/arsiv_81774/metan-gazindan-zehirlendiler-2-madenci-oldu/
- Pusula, (2018). Pusula Gazetesi, http://www.pusulagazetesi.com.tr/arsiv_112733/maden-ocaginda-gaz-zehirlenmesi-1-isci-oldu/
- Pusula, (2019). Pusula Gazetesi, http://www.pusulagazetesi.com.tr/arsiv_135471/bir-iscinin-cansiz-bedeni-cikartildi/
- Scholette, W. (1999). Control of heat and humidity in German mines, 8th U.S. Mine Ventilation Symposium (pp. 357-363). Rolla, MO: University of Missouri-Rolla Press.
- TMMOB (2018). Türk Mühendis ve Mimmar Odaları Birliği, <http://www.tmmob.org.tr/icerik/madenmozonguldak-kacak-ocak-komur-olum-daha-kac-canimizi-yitirecegiz>
- University of Wollongong (2010) West Cliff Colliery Slow Desorption Test Location Plan.
- Work Health and Safety (Mines) Regulation (2014). New South Wales Legislation, No. 799, NSW, AU.
- Wikipedia (2021) List of coal mining accidents in China, retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_coal_mining_accidents_in_China

A CASE STUDY ON RISK MANAGEMENT IN AN OPEN-PIT CALCITE MINE

İ. Kol^{1*}, F. Büyükbayrak¹, A. Glisic²

¹ Omya Madencilik AS.

² Omya Madencilik AS.

(*Corresponding Author: ibrahimkol@gmail.com)

ABSTRACT

Mining is one of the two most important and oldest sectors of human history, along with agriculture. This sector has always been indispensable in the supply of raw materials from ancient times to the digital age we live in and it has also created serious threats to occupational health and safety and the environment. For this reason, many initiatives that are mainly based on risk assessment have been developed for the management of risks arising during mining activities in many countries, as in Turkey. This article aims to discuss a case study on risk management from an open-pit calcite mine where a special risk assessment tool was used to identify the Top 5 risks and define the control measures following the principles of the risk control hierarchy.

Keywords: Calcite mining, Risk management, Occupational health and safety in open-pit mining.

INTRODUCTION

Mining has been one of the most fundamental sectors that have shaped societies and civilizations throughout history. Especially in the last two hundred years after the industrial revolution, the importance of coal and iron has increased a lot. In the century we live in, it is not possible to sustain and develop human life without mining activities. Almost everything that is indispensable for our lives, from the cars we drive to the houses we live in, from computers to phones, has been made thanks to the products obtained as a result of mining.

Omya controls raw material resources for marble, chalk, limestone and dolomite in order to make calcium carbonate fillers and coating pigments for use in numerous market sectors. Calcium carbonate is an exceptional compound. The chemical formula CaCO_3 represents a raw material that exists everywhere in nature – whether dissolved in rivers and oceans, melted as "cold" carbonatite lava and solidified as a mineral, dripstone or as a parent material for whole mountain ranges.

Health and Safety on the other hand is not just a priority for us, it is woven into the fabric of who we are as a company. Nothing is more important than sending each of our employees home safe and healthy at the end of each day. We organize all our business with maximum care to our employees, our society and the environment. In this article one of the strongest elements of our health and safety management, risk management will be described with a case study.

RISK MANAGEMENT

Every organisation will have its own risk profile. This is the starting point for determining the greatest health and safety issues for the organisation. In some businesses the risks will be tangible and immediate safety hazards, whereas in other organisations the risks may be health-related, and it may be a long time before the illness becomes apparent. A risk profile examines:

- the nature and level of the threats faced by an organisation
- the likelihood of adverse effects occurring
- the level of disruption and costs associated with each type of risk
- the effectiveness of controls in place to manage those risks

The outcome of risk profiling will be that the right risks have been identified and prioritized for action, and minor risks will not have been given too much priority.

At Omya we assessed all our risks, reviewed the historical incident and accident statistics and came up with 7 Life Saving Rules of which if implemented probably the majority of the accidents will have been prevented. This is made more visible with the company mascot ROCKY (Figure 1), awareness campaigns and training. It also informs decisions about what risk controls measures are needed urgently.

Risk management is the identification, evaluation, and prioritization of risks followed by coordinated and economical application of resources to minimize, monitor, and control the probability or impact of unfortunate events or to maximize the realization of opportunities.



Figure 1. Company Health and Safety Mascot: ROCKY!

Identification of the hazards and threats might sound easy, but the determination of the risk is the key challenge. Many organisations determine and quantify their risks by multiplying the scores for the Probability and Severity values. However, this does not help to introduce a proportional control measure. The other important factors to include are the detectability of the risk and the control hierarchy at present. When the detectability is low such as a biological risk, the risk score is higher. The last but not the least it is essential to value the level of the control hierarchy at present or in plan. By this means the supervisors will be pushed to go to next steps of the control hierarchy in order to reduce the overall risk scores (Figure 2).

SEVERITY

- 1 healable injury without absence
- 3 healable injury with absence
- 5 recoverable without permanent problems
- 7 permanent health damage
- 9 fatal accident

PROBABILITY

- 1 highly unusual $\Rightarrow$ 1x / 50 years
- 3 unusual $\Rightarrow$ 1x / year
- 5 occasional $\Rightarrow$ 1x / month
- 7 frequently $\Rightarrow$ 1x / week
- 9 constantly or rather daily

DETECTIBILITY

- 1 Almost certain (detection probability <100%)
- 2 High (detection probability <80%)
- 3 Moderate (detection probability <50%)
- 4 Low (detection probability <25%)
- 5 Remote (detection probability <10%)

CONTROL HIERARCHY

- 1 Eliminate (get rid of)
- 2 Substitute (change)
- 3 Engineering Control (make something new)
- 4 Administrative Control (instructions and signs)
- 5 Personal Protective Equipment (gloves, earplugs, etc.)
(or if there is no control)

$$\text{RISK} = \text{Probability} \times \text{Severity} \times \text{Detectability} \times \text{Control Hierarchy}$$

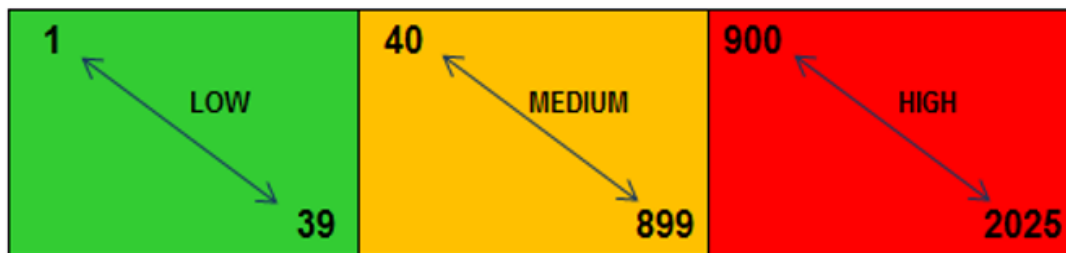


Figure 2. Risk calculation formula

Following the Pareto principle which states that 80% of consequences come from 20% of the causes, we defined our Top5 risks (based on the calculated risk scores) among the other risks that are assessed. These Top5 risks are treated more seriously in terms of creating awareness and management puts extra effort and resources into reducing them (Figure 3).

TOP 5 Risk	3273	Residual Top 5 Risk	241
TOTAL Risk	35239	Residual TOTAL Risk	29581
Top 5 Reduction	93%	Actions Completed	89%

Figure 3. Risk reduction measurement

Whenever a new incident occurs, the root cause analysis method as shown in Figure 4 is being used and again control hierarchy is followed while evaluating the contribution of each cause under the subcategories of Plant, Process or People.

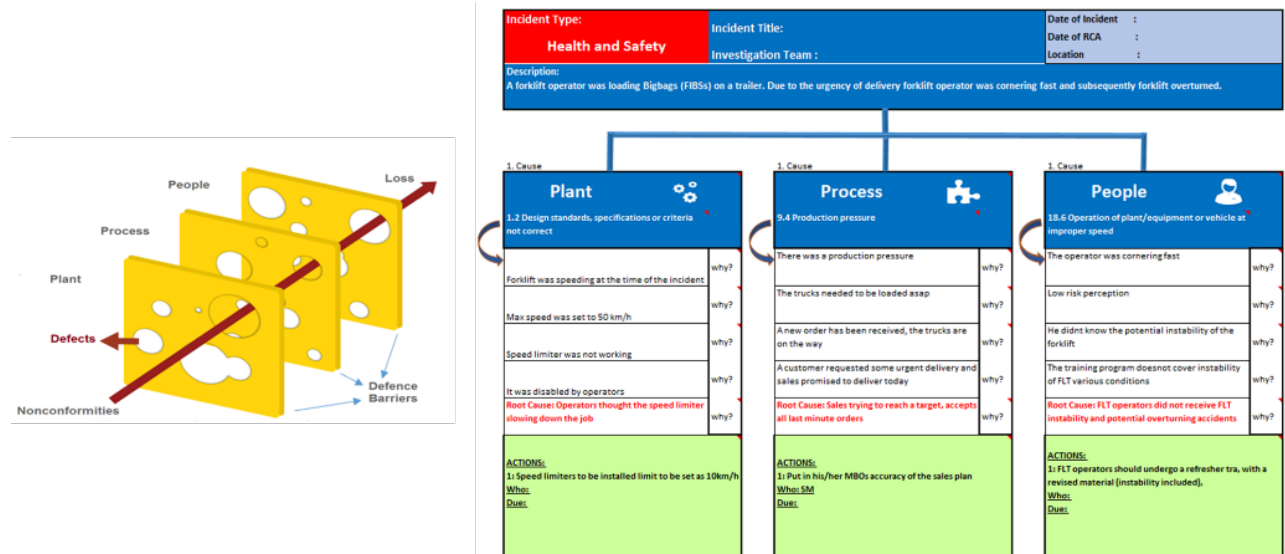


Figure 4. Root cause analysis (plant, process & people)

In this case study example following TOP 5 risks were chosen as they are the common issues in the industry. Each of the risks is then described and appropriate risk control measures were suggested following the international best practices and risk control hierarchy (Figure 5).

XYZ Mine Top 5 Risks and Opportunities 			
RISK		CONTROLS	PICTURES
TOP 1 DUMP TRUCK OVERTURN		1. Tilt over protection system (inclinometer) 2. Tyre pressure system. 3. Regular road and equipment maintenance	
TOP 2 LANDSLIDE		1. Following up the mine plan 2. Slope angle optimization 3. Online slope monitoring	
TOP 3 ENTRAPMENT WHILE CLEARING THE CRUSHER		1. Closed winter stock area to minize the blockages 2. Hydraulic hammer installation 3. No entry policy	
TOP 4 STRUCK BY MOBILE EQUIPMENT		1. Proximity detection systems on mobile equipment. 2. Spaghetti diagram to see potential traffic risks on site 3. 360 degree walk around (pre-start check)	
TOP 5 LACK OF EMPLOYEE ENGAGEMENT		1. Employee engagement events & Celebrations 2. Hands on training sessions 3. Start-Safe pre start risk review 4. Behaviour Based Safety 5. Rocky Off-Work	

Figure 5. Top 5 risks example

Risk: Dump Truck Overturn

Tilt Over Protection Sensor

One of the most common causes of a dump truck tipping over is operating on an uneven surface or slope when dumping. Even a slight slope changes the truck's centre of gravity and increases the risk of tipping over, as the weight of the load shifts during dumping (Quarries National Joint Advisory Committee (QNJAC), 2018). With the increased frequency of tipping hazards comes the need for a proper dump truck

tip-over prevention system. To prevent this, sensors are increasingly being used for data acquisition and precise control. The systems usually have a two-dimensional inclination sensor that accurately measures the vehicle's tilt angle to an accuracy of $\pm 0.01^\circ$ with a measuring range of $\pm 20^\circ$. The inclinometer consists of two parts: sensor and display (Figure 6). It has a zero point setting and alarm angle setting function. The built-in system is connected to the dump hydraulic pump and doesn't engage the pump if the set limit is reached. Also, if the limit is exceeded during the dumping operation, the dump bed automatically stops raising and slowly goes down.



Figure 6. Tilt over protection sensor

Tyre Pressure Monitoring System

Another very useful practice to prevent dump truck overturns is the Tyre Pressure Monitoring System (TPMS) which continuously and reliably monitors the inflation pressure in real-time (Figure 7). In the event of pressure loss below a safe threshold, it immediately alerts the driver to take action. When used correctly, the TPMS can enhance driving safety by eliminating a frequent cause of accidents. Tyre performance characteristics are optimised, and tyre life is extended (Javheri, 2017).

Tyres must be equally inflated on both sides of the vehicle, but it is difficult to check this with naked eyes. Uneven tyre pressures can lead to instability, particularly during the tipping cycle. Tyre pressure is important as rear tyre deflection has a significant influence on stability on dump trucks as the weight is transferred from the front to the rear during tipping. Low tyre pressure can also impact stability during cornering.

This system also lowers the vehicle's fuel consumption and CO₂ emissions. If a vehicle's tyres are underinflated by only 0.3 bar, for example, the vehicle consumes 1.5 per cent more fuel – and produces a correspondingly higher amount of CO₂ emissions. Some types also provide tyre temperature reading which is quite useful to prevent fires or explosions.



Figure 7. Tyre pressure monitoring system

Risk: Landslide

The second most critical risk of the mine is the Landslide meaning that a slope failure. The first rule is planning and implementing a mine plan that respects the slope stability and overall safety from the beginning. But during the operation of a mine, a slope failure or rockfall can have severe consequences and as such it shall be taken seriously by applying proactive control measures or rapid monitoring systems to alarm mine personnel in case any precursor movements are detected (N. S. Reddy, 2016). One of the safest ways of tracking the movement of a mine or waste dump slopes is via LIDAR (Light Detection and Ranging) method (Figure 8). The installation consists of high-resolution cameras and high technology computer for 3D modelling which has been generating by point cloud data to be interpreted by the mine engineers in real-time (Singh, 2017).

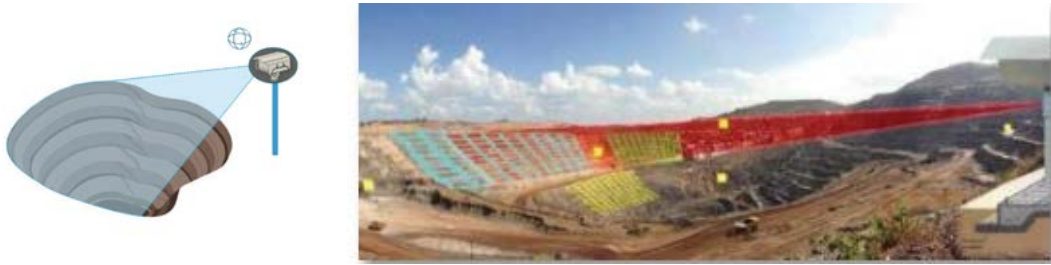


Figure 8. Light detection and ranging method

Risk: Entrapment While Clearing of Crusher Blockages

To minimise the risk of undesired events in crushers, employers must assess the entire crushing process. As a rule of thumb, the reasons for crusher blockages must be investigated thoroughly and the main causes must be eliminated or mitigated such as oversize material feeding, humidity, crusher motor failures or various design issues with the crusher chamber (Walker, 2017).



Figure 9. Hydraulic rock breaker

Studies consistently show a strong correlation between the amount of preventive maintenance an organization does and the organization's safety incident rates (meaning, the more preventive maintenance performed, the lower the incident rate and, conversely, the less preventive maintenance performed, the

higher the incident rate). This means the crushing operation including the equipment shall be kept up and running as much as possible. However, if the blockages still can not be eliminated entirely, then a safer process must be established to remove excess material or blockage by mechanical means such as hydraulic rock breakers (Figure 9). Manual removal should only be carried out by suitably trained and competent persons only after the crusher and associated plant are stopped and isolated effectively.

Risk: Struck by Mobile Equipment

Mobile Equipment can cause injuries in many ways. To manage workplace transport effectively, there are three key areas to consider when carrying out your risk assessment:

- safe site (design and activity);
- safe vehicle;
- safe driver (Health and Safety Executive, 2013).

The most effective way of ensuring pedestrians safety is to minimize the number of mobile equipment by installing conveyor systems. If this is not completely unavoidable employees provide separate pedestrian and vehicle traffic routes. Where possible, there should also be a one-way system as this will reduce the need for vehicles to reverse, and will help pedestrians and drivers.



Figure 10. Proximity detection camera & monitor

The other most effective way of reducing the risk of mobile equipment accidents is to make sure the vehicles are designed safe and have the necessary features for safe operation. Thanks to the developments in technology, very advanced sensor systems are available. The systems use sensors to continuously scan the blind areas around the machine and reconstruct its environment in 3D (Figure 10). The identification of the nature of each obstacle is based on powerful video recognition algorithms. They have ability to differentiate pedestrians and obstacles. If a person is detected in the danger zone, depending on the imminent risk, the system gives off a visual and sound signal to alert the driver. A control screen in the cabin allows the driver to judge the critical nature of the situation. It can also be connected with the braking system that can slow down or stop the machine when necessary.

Risk: Lack of Employee Engagement

There have been a number of studies into worker involvement. Both quantitative and qualitative research point in the same direction: involving workers in health and safety leads to healthier and safer workplaces and produces a range of benefits for workers and managers (McDonnell, 2010). Employers

must ensure that a consultation mechanism is available for health and safety matters, such as suggestion boxes, employee representatives or team meetings. Joint decisions on health and safety shall be made between managers and employees such as the risk assessments, incident investigations, critical investments, and objectives etc.

Necessary training must be given to all functions at the job site and it must be made sure that it is well understood, implemented, regularly checked. The employees must be positively recognized for their goodwill and challenged with their unsafe behaviour in a timely way. Employees must be held accountable for their at-risk decisions and should be provided with self-risk assessment tools such as a pre-start risk review booklet. Regular meetings shall ensure all objectives are cascaded down and employees involve in all health and safety programs. As a result of their positive contribution, rewarding schemes should be considered to recognize and maintain success (Figure 11).

Wellness and off-work health and safety programs should be implemented to create a safety culture among the workforces. Employees can be asked to make a risk assessment as a family exercise. Focusing on home, traffic, outdoor activities, etc. As a result, they may identify Top5 Risks in their daily off-work activities and define risk control measures to control all of them to an acceptable level. Off-work accidents can also be recorded and investigated on a voluntary basis to share the lessons with others.



Figure 11 Employee engagement events

CONCLUSION

This study aims to add to the safety literature, not only a rare case study on the health and safety of the open-pit mining industry but also showing some evidence regarding the ways of adapting risk control hierarchy in risk management. Unlike the traditional and ineffective blame culture, the organizations with a strong health and safety culture support the risk control hierarchy where risks should be reduced to the lowest reasonably practicable level by taking preventative measures, in order of priority. In today rapidly changing world, employers must use agile risk management techniques by seeking continuous improvement and sustainable development with the goal of zero incidents. The case study shows us that even the most primitive activities in the open-pit mine industry, there is room for technology and innovation.

REFERENCES

- Health and Safety Executive, (2013). *Workplace transport safety - A brief guide*. London.
- Javheri, S:R. (2017). WTPMS: Wireless Tyre Pressure Monitoring System for Motor Vehicles, (ICCUBEA). *International Conference on Computing, Communication, Control and Automation*, 1-6.
- McDonnell, H.F. (2010). "Worker involvement in health and safety: what works?". Royal Society for the Prevention of Accidents (RoSPA).
- Quarries National Joint Advisory Committee (QNJAC). (2018). *The Safe Operation of Articulated Dump Trucks (ADTs) in Quarries and Surface Mining Operations*.
- Reddy, N.S. (2016). Review of sensor technology for mine safety monitoring systems: A holistic approach . *IEEE First International Conference on Control, Measurement and Instrumentation*, 429-434.
- Singh, R.M. (2017). Selection of Lidar technology for limestone quarry in Thailand. *Journal of Mines, Metals & Fuels*, 393-399.
- Walker, S. (2017). Keeping crushers at work. *Engineering and Mining Journal*, 34-41.

**BİR KİREÇTAŞI OCAĞINDA KAMYON YÜKLEME OPERASYONLARINDA PARTİKÜL MADDE
SALINIMLARININ MODELLENMESİ**
*MODELING PARTICULATE MATTER EMISSIONS IN TRUCK LOADING OPERATIONS IN A LIMESTONE
QUARRY*

Z. Duran ^{1*}, B. Erdem ², T. Doğan ³, M. Genç ⁴

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi STBMYO

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü

³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

⁴ Malatya Turgut Özal Üniversitesi Hekimhan MES MYO

(*Sorumlu yazar: zduran@cumhuriyet.edu.tr)

ÖZET

Hava kirliliğine yol açan önemli bileşenlerden olan partikül maddeler (PM) hemen her madencilik faaliyetinde açığa çıkmaktadır. Madencilik sektöründe çalışanlar hava kirliliğine bağlı toz ve PM'lerin zararlı etkilerine maruz kalmaktadırlar. Maden sahalarındaki PM salınımlarının ulusal ve uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılabilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için salınının nicelleştirilmesi gerekmektedir. Konu üzerinde daha önce yapılan çalışmalar incelediğinde PM salınımlarının sahaya özgü olduğu ve dolayısıyla, maden sahası bazında değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir. Bu çalışmada Sivas ilindeki bir kireçtaşı ocağında yükleyici çalışması sırasında PM salınımlarının gerçek zamanlı ölçümü ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Atmosferik ve meteorolojik koşullar ile ekipman ve malzeme özelliklerinin de PM salınımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışılan malzeme özelliklerini temsil eden numuneler de alınarak, laboratuvarında nem içeriği tayini yapılmıştır. PM salınımı; atmosferik ve meteorolojik veriler, makine özellikleri ile malzemenin nem içeriği kullanılarak istatistiksel olarak modellenmiştir. PM salınımı regresyon modellerinde en önemli parametrelerin; hava sıcaklığı, bağıl nem, istasyon basıncı, ekskavatör kova hacmi, malzeme nemi ve rüzgâr hızının olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: İstatistiksel modelleme, Partikül madde, TAPM, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁

ABSTRACT

Particulate matter (PM), which is one of the important components that cause air pollution, is released in almost every mining activity. Those working in the mining industry are exposed to the harmful effects of dust and PMs due to air pollution. It is necessary to quantify the emissions in order to compare the PM emissions in the mining areas with the limit values specified in national and international standards and to take the necessary precautions. When the previous studies are examined, it is stated that PM emissions are site-specific and therefore vary on the basis of the mine site. In this research study, real-time measurement and evaluation of PM emissions during loader operation in a limestone quarry in Sivas province was carried out. The effects of atmospheric and meteorological conditions, equipment and material properties on PM emission were also investigated. Moisture content was determined in the laboratory by taking samples representing the properties of the studied material. PM release was modeled via statistical analyses using atmospheric and meteorological data, machine properties and moisture content of the material. The most important parameters in PM emission regression models are air temperature, relative humidity, station pressure, excavator bucket capacity, material moisture and wind speed.

Keywords: Statistical modelling, Particulate matter, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, TSP

GİRİŞ

Hava kirliliği, insan ve çevre sağlığı için yüksek düzeyde risk teşkil etmektedir. Çevre kirliliğine sebep olan en önemli bileşenlerden birisi de partikül maddelerdir (Choudhary ve Garg 2013; Kim vd., 2015; Beloconi vd., 2018; THHP, 2019). Madencilik faaliyetleri sonucu üretilen ana kirleticilerden birisi de PM'lerdir. Avrupa'da PM kaynakları bakımından madencilik sektörü 10 μm 'den daha ince partiküller için (PM_{10}) üçüncü sırada, 2.5 μm 'den daha ince partiküller ($\text{PM}_{2,5}$) için ise dördüncü sırada yer almaktadır (Evyapan vd., 2012). Dolayısıyla, madencilik sektöründe çalışanlar, sürdürülen faaliyetlere bağlı olarak ortaya çıkan PM'lerin zararlı etkilerine maruz kalmaktadırlar. Madencilik faaliyetleri sonucu açığa çıkan PM miktarı; sahaya özgü meteorolojik faktörlere (rüzgâr hızı ve yönü, bağıl nem, sıcaklık, mevsim vb.), makine özelliklerine (kova kapasitesi, kamyon hızı, çalışma periyodu vb.) ve malzemenin fiziksel özelliklerine (nem içeriği, silt+kil içeriği) bağlı olarak değişmektedir. Literatür incelendiğinde, açık işletme madencilik faaliyetleri kaynaklı PM salınımına ait modellerin çoğunlukla kömür madenlerinde yapıldığı ve diğer açık işletme madencilik faaliyetlerinin AP-42 ve NPI emisyon faktörlerini referans aldığı görülmektedir (USEPA, 1998; NPI, 2012; Badu, 2014; Patra vd., 2016; Richardson vd., 2019). Diğer yandan, aynı cevher türünün üretildiği farklı maden işletmeleri arasında PM salınım ölçümleri bakımından belirgin farklılık çıkabilmektedir. PM salınım değerlerinin maden işletmesine özgü olmasından dolayı en iyi yöntemin sürekli ölçüm yapılmasının, ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda salınım faktörlerinden yararlanılması gerektiği ifade edilmiştir (USEPA, 1995; NPI, 2012; Lashgari ve Kecojevic, 2016).

Açık işletme madenciliğinde kamyon yükleme sırasında açığa çıkan PM salınımları ile ilgili öncel çalışmalar kömür (üretim ve dekapaj) ve demir (üretim ve dekapaj) işletmeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. PM salınımı modellerinde sıklıkla kullanılan parametreler; yüklenen malzemenin nem ve silt içeriği, rüzgâr hızı, yükleyici kapasitesi, malzeme boşaltma yüksekliği ve yükleme sıklığıdır (Axetell ve Cowherd 1984; USEPA, 1991; USEPA, 1995; USEPA, 1998; Chakraborty vd., 2002; Chaulya, 2006; USEPA, 2006; Lal ve Tripathy, 2012; NPI, 2012). Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan bir açık kömür işletmesindeki elektrikli ekskavatör ile lastik tekerlekli yükleyicinin oluşturduğu toz salınımının karşılaştırmalı bir analizinin yapılması için gerçek zamanlı eşzamanlı partikül madde ölçümü (TAPM, PM_{10} , PM_4 , $\text{PM}_{2,5}$ ve PM_1) yapan el tipi bir cihazı kullanılmıştır. Ölçüm cihazı, elektrikli ekskavatörden 17,8 m uzaklıkta, insanların solunum yüksekliği dikkate alınarak uçayaklı sehpa üzerine monte edilmiştir. Ayrıca, rüzgâr hızının, yönünün, neminin, sıcaklığının ve atmosfer basıncının ölçülmesi için de el tipi termal konfor cihazı da kullanılmıştır (Lashgari ve Kecojevic, 2016).

Veri madenciliği; büyük veri setleri içinde gizli kalmış, farklı analiz teknikleriyle geçerli ve işe yarar bilgi elde edilen, (Albayrak ve Yılmaz, 2009; Czajkowski and Kretowski, 2010; Göndör and Bresfelean, 2012; Aydemir, 2018) istatistik, matematik, bilgisayar bilimleri gibi birçok farklı alandan yöntem ve algoritmaların bir araya getirildiği disiplinler arası bir çalışma alanı olarak ifade edilmektedir (Onan, 2015). Uygulamada değişik veri madenciliği programları kullanılmaktadır. Bunlar arasında; SAS Enterprise Miner, Rapid Miner, MATLAB, Salford Predictive Modeling Suite (SPM), STATISTICA, Orange, Knime, Python, Scikit-Learn ve WEKA sayılabilir (Saygılı, 2013; Bruxella vd., 2014; Jović vd., 2014). Bu çalışma kapsamında WEKA programı kullanılmıştır. Veri madenciliği sürecinde izlenen adımlar genellikle; problemin tanımlanması, verilerin hazırlanması, modelin kurulması ve değerlendirilmesi, modelin kullanılması ve modelin izlenmesi şeklinde beş aşamadan oluşmaktadır (Shearer, 2000, Savaş vd., 2012). Veri setleri birçok kaynaktan alınıp birleştirilmek suretiyle veri depolarına gönderilir. Daha sonra depolarda bulunan veriler alınır ve standart bir formatta değerlendirilmeden önceden işlenir. İşlenen veriler, kurallar veya başka bir tür kalıp biçiminde bir çıktı üreten bir veri madenciliği algoritmasına aktarılır. Algoritmalar (örüntüler) yardımıyla veriler kullanıcının isteğine göre yorumlanır ve bilgiye dönüştürülür (Bramer, 2007).

Sınıflandırma tekniklerinden olan karar ağaçları hem sayısal ve hem de sayısal olmayan verilerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Diğer sınıflandırma tekniklerine nazaran, karar ağaçları genellikle,

kolay yorumlama ve anlaşılabilirlik açısından karar vericiler için çok büyük avantaj sağlamaktadır (Gargano and Raggad, 1999; Chien and Chen, 2008; Czajkowski and Kretowski, 2010; Onan, 2015; Aydemir vd., 2020). Ayrıca karar ağaçlarının düşük maliyetli oluşu, diğer sınıflandırma tekniklerine göre daha hızlı olması, veri tabanları ile entegrasyonun kolay olması ve güvenilirliğinin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı en çok tercih edilen sınıflandırma tekniklerindendir (Akçetin ve Ufuk, 2014; Aydemir vd., 2020). Karar ağaçları genellikle bir ağaç yapısında, yaprakları ve gövdesi ile sunulur. Karar ağaçlarının hiyerarşik yapısı, farklı faktör seviyelerini analiz edebilir. Her yaprak sınıflandırma sonucunu gösterirken, gövdeler niteliklerin koşullarını gösterir. Girdi değişkenleri ve karşılık gelen bir çıktı değişkeni dâhil bir dizi eğitim örneği verildiğinde, değişkenleri sınıflara ayırmak ve tümevarım kurallarını sağlamak için belirli öğrenme stratejilerine bağlı olarak bir karar ağacı oluşturulabilmektedir (Chien ve Chen, 2008; Njeguš vd., 2015).

M5P algoritması; Ross Quinlan tarafından geliştirilmiş M5 algoritmasının WEKA üzerindeki Java uyarlamasıdır (Quinlan, 1992). M5P algoritmaları M5 olarak bilinen karar ağacı yapısındaki yaprakların düğümlerinde doğrusal regresyon eşitsizlikleri türetmektedir (del Campo-Avila vd., 2011; Witten vd., 2011; Öztürk, 2012; Njeguš vd., 2015). M5P algoritmasını kullanılarak elde edilen modelin son yaprakların yanında parantez içinde iki ayrı sayısal veri bulunmaktadır. Bu sayısal verilerin ilki yaprağı temsil eden örnek sayısını, ikincisi ise tüm veriler üzerinden hesaplanan hata karelerinin ortalamasının karekökü ile standart sapmanın yüzdesidir (Aydemir, 2018). WEKA programındaki makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak elde edilecek sayısal modelin başarısı; (korelasyon katsayısı (Correlation coefficient-R2), ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE), hataların karelerinin ortalamasının karekökü (Root mean square error-RMSE), göreceli mutlak hata (Relative absolute error-RAE) ve göreceli mutlak hata karekökü (Root relative squared error- RRSE)) hata değerleri ve hesaplama kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Değerlendirme kriterleri içerisinde R2 modelin doğruluk oranı karar verme katsayısı olduğu belirtilmektedir (Gültepe, 2019). Bu değer 0 ile +1 arasında değişmekte olup bu değer 0'a yaklaşması modelin veriye uyum sağlamadığını ifade etmektedir (Alpar 2011; Çınaroğlu, 2016). Korelasyon katsayısı ne kadar yüksekte modelin tahmininin o kadar iyi olduğu (Gültepe, 2019), <0,40 katsayısının düşük korelasyon, 0,40-0,70 arasındaki katsayının normal korelasyon >0,70 ve üzerindeki katsayıların yüksek korelasyona sahip olduğu ve daha iyi performans sonuçlarına işaret ettiği belirtilmektedir (Aydemir, 2018). Tahmin yöntemleri arasında en sık kullanılan hata ölçülerinden birisi olan MAE ve RMSE'nin birer hata ölçüsü olması nedeniyle sıfıra yakın düşük değerler alması durumunda modelin performansının yüksek olacağı (Wang ve Xu, 2004; Gültepe, 2019), bunların sınırlı olmamak koşuluyla birlikte değerlendirilmesinin daha iyi olacağı (Chai ve Draxler, 2014), MAE'nin (Aydemir, 2018) ve RMSE'nin sıfıra eşit olması durumunda modelin mükemmel sonuçlar vereceği ifade edilmektedir (Çınaroğlu, 2017).

MATERYAL ve METOT

Bu araştırmada kullanılan el tipi cihaz, standart 1 mm paslanmaz elekli ve lazer nefelometre detektörü ile aynı anda toplam askıda partikül madde (TAPM), PM₁₀, PM_{2.5} ve PM₁ parametrelerinin ölçümünü yapmakta olup kaydedilen veriler, daha sonraki analizler için PC-Link yardımıyla bilgisayara aktarılabilir. Ölçümlerde kullanılan bu cihaz, CEN-TR 16013-3 standardına uygundur (WEB 1, 2021). Termal konfor parametrelerinin ölçümü için kullanılan el tipi cihaz ise MIL-STD-810G Çevresel Mühendislik Hususları ve Laboratuvar Testleri standardına uygun olup herhangi bir üçayak sayesinde çok yönlü bir hava istasyonuna dönüşebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca bu ürün, opsiyonel LiNK özelliği sayesinde iOS ve Android sistemlerine sahip diğer cihazlara, belli uygulamalar üzerinden kablosuz olarak bağlanıp veri aktarabilmektedir. Termal konfor cihazı; rakım, barometrik basınç, yan rüzgâr, rakım yoğunluğu, çiy noktası sıcaklığı, rüzgâr yönü, karşı rüzgâr/kuyruk rüzgârı, sıcaklık indeksi, bağıl nem, istasyon basıncı, sıcaklık, ıslak termometre sıcaklığı, rüzgârın ısıtma sıcaklığı ve rüzgâr hızını eş zamanlı olarak istenilen zaman aralığında ölçüp verileri kaydedebilmektedir (WEB 2, 2021). Bu çalışmada, PM salınımı ve termal konfor parametrelerinin ölçüm süreleri eş zamanlı olarak ancak 10 dakikadan kısa olmayacak şekilde, iş makinesinin bir tam çalışma döngüsünü kapsayacak ve yapılan çalışmayı temsil

edebilecek sürede tutulmuştur. El tipi PM ölçüm cihazı ile termal konfor cihazı, iş makinelerine emniyetli bir mesafede (2 m - 10 m) ayrı ayrı olacak şekilde yan yana üçayaklı bir takeometre sehpası (PM ölçer) ile üçayak sehpası (termal konfor cihazı) üzerine monte edilerek, yetişkin bir insanın solunum yüksekliği dikkate alınarak yerden 1,5 m - 1,6 m yükseklikten örnekleme yapacak şekilde konumlandırılmışlardır (Şekil 1).



Şekil 1. PM ve termal konfor ölçüm donanımı

Ölçümler yapılırken malzeme özelliklerini temsil eden numuneler alınarak, laboratuvarda nem içeriği tayin edilmiştir. Kestirim modellerinde PM salınım değerleri bağımlı değişken, termal konfor ölçümleri, makine özellikleri ve laboratuvar çalışmalarından (nem) elde edilen veriler ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Sivas'ta faaliyet gösteren bir açık kireçtaşı işletmesinde ardışık 6 ay boyunca (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım 2020) ölçümler yapılmıştır. Çalışma kapsamında kamyon yükleme sırasında alınan veriler, değişik programlarda (SPSS, Minitab ve WEKA) girdi olarak kullanılmış ve regresyon modelleri türetilmiştir.

Kireçtaşı ocağında kamyon yükleme sırasında eş zamanlı olarak ayrı ayrı alınan PM salınımı, termal konfor, makine özellikleri ve malzeme nemi verileri bir tablolama paket programında birleştirilmiştir. Takiben, verinin normal dağılıma uygunluğu, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi'ne yerleşke lisanslaması yapılan SPSS (IBM SPSS Statistics, 2018) programı aracılığıyla araştırılmıştır. Tabachnik ve Fidell (2013), çarpıklık ve basıklık değerlerinin +1,5 ile -1,5; George ve Mallery (2010) ise +2,0 ile -2,0 arasında olması durumunda verilerin normal dağıldığını kabul etmektedirler. Kireçtaşı işletmesinden alınan tüm ham veri setleri çoğunlukla normal dağılıma uymadığı için veri setlerindeki değerlerin doğal logaritma (ln) ve logaritmaları (log) alınarak, dönüştürülmüş ve oluşan yeni veri setlerinin normal dağıldıkları görülmüştür. Buna göre, kireçtaşı ocağında kamyon yükleme operasyonu sırasında ham, ln ve log formuna dönüştürülmüş veri setlerinin normal dağılıma uygunlukları incelenmiş olup, normallik test analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Ham ölçüm verileri, çok geniş bir aralığa yayılmış olduklarından, normal dağılım göstermemiş, çarpıklık ve basıklık değerleri de literatürde verilen aralığın dışına taşmıştır. Diğer taraftan, her bir ham ölçüm veri setinin 'ln' ve 'log' değerlerine ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin

literatürde belirtilen aralıkta oldukları ve verilerin normal dağılıma uygun oldukları görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. PM verilerine ait normallik test analiz sonuçları

Veri sayısı Tür	PM ölçüm verileri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ortalama $\pm$ SD	Medyan (Aralık)	Çarpıklık	Basıklık	Sig.
1087	TAPM	168,24 $\pm$ 501,12	47,10 (1-6096)	7,25	62,62	<0,001
	Ham					
	PM ₁₀	105,90 $\pm$ 426,24	28,20 (1-6016)	8,96	93,30	<0,001
	PM _{2,5}	10,07 $\pm$ 18,76	6,64 (1-358)	10,242	149,477	<0,001
	PM ₁	2,74 $\pm$ 4,86	1,26 (1-112)	13,822	273,842	<0,001
	Log					
	TAPM_Log	1,71 $\pm$ 0,613	1,67 (0-4)	0,270	0,752	<0,001
	PM ₁₀ _Log	1,47 $\pm$ 0,559	1,45 (0-4)	0,719	2,016	<0,001
	PM _{2,5} _Log	0,76 $\pm$ 0,432	0,82 (0-3)	0,202	0,077	<0,001
	PM ₁ _Log	0,25 $\pm$ 0,342	0,10 (0-2)	1,301	0,753	<0,001
	Ln					
	TAPM_Ln	3,93 $\pm$ 1,411	3,85 (0-9)	0,271	0,752	<0,001
	PM ₁₀ _Ln	3,38 $\pm$ 1,287	3,34 (0-9)	0,718	2,011	<0,001
	PM _{2,5} _Ln	1,76 $\pm$ 0,995	1,89 (0-6)	0,204	0,079	<0,001
	PM ₁ _Ln	0,58 $\pm$ 0,788	0,23 (0-5)	1,300	0,754	<0,001

Kolmogorov-Smirnov^a

Normal dağılım gösteren veriler kullanılarak, toplu (enter) yöntemi üzerinden regresyon analizi ile kestirim modeli oluşturulmuştur (Çizelge 2). Buna göre; ln ve log formundaki TAPM, PM₁₀, PM_{2,5} ve PM₁ verilerinin regresyon modellerinin istatistiksel sonuçları anlamlı bulunmuş ($p \leq 0,001$) ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- TAPM, ln ve log regresyon modellerinde; hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı (yan ve karşı rüzgârlar dâhil) ve malzeme neminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p \geq 0,05$) ancak istasyon basıncı, çığ noktası sıcaklığı ve ekskavatör kova hacminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin ($p \leq 0,001$) olduğu görülmüştür. Her iki modelin düzeltilmiş belirlilik katsayısı (Adj. R²) $\leq 0,133$ olarak bulunmuştur.
- PM₁₀, ln ve log regresyon modellerinde; hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı (karşı rüzgâr dâhil) ve malzeme neminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p \geq 0,05$); istasyon basıncı, çığ noktası sıcaklığı, yan rüzgâr ve ekskavatör kova hacminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin ($p \leq 0,001$) olduğu görülmüştür. Her iki modelin düzeltilmiş belirlilik katsayısı (Adj. R²) $\leq 0,134$ olarak bulunmuştur.
- PM_{2,5}, ln ve logaritma regresyon modellerinde; hava sıcaklığı, bağıl nem, çığ noktası sıcaklığı, karşı rüzgâr ve malzeme neminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p \geq 0,05$); istasyon basıncı, rüzgâr hızı (yan rüzgâr dâhil) ve ekskavatör kova hacminin model üzerinde anlamlı bir etkisinin ($p \leq 0,001$) olduğu görülmüştür. Her iki modelin düzeltilmiş belirlilik katsayısı (Adj. R²) $\leq 0,343$ olarak bulunmuştur.
- PM₁, ln ve logaritma regresyon modellerinde; istasyon basıncı, çığ noktası sıcaklığı ve rüzgâr hızının model üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p \geq 0,05$); hava sıcaklığı, bağıl nem, malzeme nemi, ekskavatör kova hacmi, karşı ve yan rüzgâr hızlarının model üzerinde anlamlı bir etkisinin ($p \leq 0,001$) olduğu görülmüştür. Her iki modelin düzeltilmiş belirlilik katsayısı (Adj. R²) $\leq 0,490$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Normal dağılım gösteren verilerin toplu (enter) yöntemiyle regresyon analiz sonuçları

Veri	Değişkenler	*B (%95CI)	**Beta	t	p	Zero-order	Partial
TAPM	(Sabit katsayı)	154,446 (118,376 - 190,515)		8,402	0,000		
	Sıcaklık	-0,015 (-0,126 - 0,097)	-0,081	-0,260	0,795	0,026	-0,008
	Bağıl nem	-0,011 (-0,048 - 0,027)	-0,092	-0,565	0,572	-0,156	-0,017

	İstasyon basıncı	-0,177 (-0,218 - -0,136)	-0,442	-8,442	0,000	-0,203	-0,249
	Rüzgâr hızı	0,143 (-0,103 - 0,39)	0,085	1,143	0,253	0,120	0,035
	Çiy noktası	-0,139 (-0,265 - -0,013)	-0,468	-2,166	0,031	-0,087	-0,066
	Yan rüzgâr	-0,193 (-0,456 - 0,071)	-0,095	-1,435	0,151	0,096	-0,044
	Karşı rüzgâr	-0,061 (-0,217 - 0,094)	-0,031	-0,774	0,439	0,030	-0,024
	Malzeme nemi	-0,02 (-0,05 - 0,009)	-0,075	-1,343	0,179	0,054	-0,041
	Kova hacmi	0,566 (0,175 - 0,957)	0,213	2,840	0,005	0,006	0,086
TAPMLog	(Sabit katsayı)	67,112 (51,444 - 82,779)		8,405	0,000		
	Sıcaklık	-0,007 (-0,055 - 0,042)	-0,084	-0,271	0,787	-0,008	-0,008
	Bağıl nem	-0,005 (-0,021 - 0,012)	-0,094	-0,574	0,566	-0,017	-0,016
	İstasyon basıncı	-0,077 (-0,095 - -0,059)	-0,442	-8,445	0,000	-0,249	-0,239
	Rüzgâr hızı	0,062 (-0,045 - 0,169)	0,084	1,140	0,255	0,035	0,032
	Çiy noktası	-0,06 (-0,115 - -0,005)	-0,466	-2,156	0,031	-0,066	-0,061
	Yan rüzgâr	-0,084 (-0,198 - 0,031)	-0,095	-1,432	0,153	-0,044	-0,040
	Karşı rüzgâr	-0,027 (-0,094 - 0,041)	-0,031	-0,772	0,440	-0,024	-0,022
	Malzeme nemi	-0,009 (-0,022 - 0,004)	-0,076	-1,351	0,177	-0,041	-0,038
	Kova hacmi	0,246 (0,076 - 0,416)	0,213	2,843	0,005	0,086	0,080
PM ₁₀ Ln	(Sabit katsayı)	144,743 (111,874 - 177,613)		8,641	0,000		
	Sıcaklık	-0,020 (-0,122 - 0,081)	-0,122	-0,391	0,696	-0,045	-0,012
	Bağıl nem	-0,010 (-0,044 - 0,025)	-0,090	-0,551	0,582	-0,094	-0,017
	İstasyon basıncı	-0,166 (-0,203 - -0,128)	-0,454	-8,671	0,000	-0,171	-0,255
	Rüzgâr hızı	0,164 (-0,060 - 0,388)	0,106	1,435	0,152	0,109	0,044
	Çiy noktası	-0,120 (-0,235 - -0,006)	-0,445	-2,060	0,040	-0,147	-0,063
	Yan rüzgâr	-0,244 (-0,484 - -0,004)	-0,132	-1,993	0,046	0,082	-0,061
	Karşı rüzgâr	-0,043 (-0,185 - 0,099)	-0,024	-0,589	0,556	0,049	-0,018
	Malzeme nemi	-0,020 (-0,048 - 0,007)	-0,082	-1,464	0,143	0,065	-0,045
	Kova hacmi	0,360 (0,004 - 0,716)	0,148	1,983	0,048	-0,068	0,060
PM ₁₀ Log	(Sabit katsayı)	62,861 (48,586 - 77,136)		8,641	0,000		
	Sıcaklık	-0,009 (-0,053 - 0,035)	-0,122	-0,391	0,696	-0,045	-0,012
	Bağıl nem	-0,004 (-0,019 - 0,011)	-0,090	-0,551	0,582	-0,094	-0,017
	İstasyon basıncı	-0,072 (-0,088 - 0,056)	-0,454	-8,671	0,000	-0,171	-0,255
	Rüzgâr hızı	0,071 (-0,026 - 0,169)	0,106	1,435	0,152	0,109	0,044
	Çiy noktası	-0,052 (-0,102 - 0,002)	-0,445	-2,060	0,040	-0,147	-0,063
	Yan rüzgâr	-0,106 (-0,210 - 0,002)	-0,132	-1,993	0,046	0,082	-0,061
	Karşı rüzgâr	-0,018 (-0,080 - 0,043)	-0,024	-0,589	0,556	0,049	-0,018
	Malzeme nemi	-0,009 (-0,021 - 0,003)	-0,082	-1,464	0,143	0,065	-0,045
	Kova hacmi	0,156 (0,002 - 0,311)	0,148	1,983	0,048	-0,068	0,060
PM _{2,5} ln	(Sabit katsayı)	90,715 (68,575 - 112,856)		8,039	0,000		
	Sıcaklık	-0,066 (-0,135 - 0,002)	-0,517	-1,908	0,057	-0,470	-0,058
	Bağıl nem	-0,016 (-0,039 - 0,007)	-0,190	-1,340	0,180	0,247	-0,041
	İstasyon basıncı	-0,101 (-0,127 - -0,076)	-0,359	-7,881	0,000	0,088	-0,234
	Rüzgâr hızı	0,223 (0,072 - 0,374)	0,187	2,900	0,004	-0,028	0,088
	Çiy noktası	-0,052 (-0,129 - 0,025)	-0,248	-1,316	0,188	-0,518	-0,040
	Yan rüzgâr	-0,381 (-0,543 - 0,220)	-0,267	-4,626	0,000	-0,031	-0,140
	Karşı rüzgâr	-0,074 (-0,169 - 0,022)	-0,053	-1,513	0,131	0,054	-0,046
	Malzeme nemi	-0,006 (-0,025 - 0,012)	-0,033	-0,675	0,500	0,148	-0,021
	Kova hacmi	-0,232 (-0,472 - 0,008)	-0,124	-1,896	0,058	-0,487	-0,058

Çizelge 2. Normal dağılım gösteren verilerin enter yöntemiyle regresyon analiz sonuçları (devamı)

Veri	Değişkenler	*B (%95CI)	**Beta	t	p	Zero-order	Partial
PM _{2,5} ln	(Sabit katsayı)	39,397 (29,782 - 49,013)		8,039	0,000		
	Sıcaklık	-0,029 (-0,059 - 0,001)	-0,517	-1,908	0,057	-0,470	-0,058
	Bağıl nem	-0,007 (-0,017 - 0,003)	-0,190	-1,340	0,180	0,247	-0,041

	İstasyon basıncı	-0,044 (-0,055 - -0,033)	-0,359	-7,881	0,000	0,088	-0,234
	Rüzgâr hızı	0,097 (0,031 - 0,163)	0,187	2,900	0,004	-0,028	0,088
	Çiy noktası	-0,023 (-0,056 - 0,011)	-0,248	-1,316	0,188	-0,518	-0,040
	Yan rüzgâr	-0,166 (-0,236 - -0,095)	-0,267	-4,626	0,000	-0,031	-0,140
	Karşı rüzgâr	-0,032 (-0,074 - 0,010)	-0,053	-1,513	0,131	0,054	-0,046
	Malzeme nemi	-0,003 (-0,011 - 0,005)	-0,033	-0,675	0,500	0,148	-0,021
	Kova hacmi	-0,101 (-0,205 - 0,003)	-0,124	-1,896	0,058	-0,487	-0,058
PM ₁ Ln	(Sabit katsayı)	3,275 (-12,167 - 18,717)		0,416	0,677		
	Sıcaklık	-0,112 (-0,160 -0,065)	-1,106	-4,629	0,000	-0,614	-0,140
	Bağıl nem	-0,037 (-0,053 - -0,021)	-0,569	-4,548	0,000	0,361	-0,137
	İstasyon basıncı	0,003 (-0,015 - 0,020)	0,011	0,286	0,775	0,495	0,009
	Rüzgâr hızı	0,099 (-0,007 - 0,204)	0,104	1,835	0,067	-0,291	0,056
	Çiy noktası	0,048 (-0,006 - 0,102)	0,288	1,736	0,083	-0,645	0,053
	Yan rüzgâr	-0,235 (-0,347 - -0,122)	-0,208	-4,082	0,000	-0,299	-0,123
	Karşı rüzgâr	-0,121 (-0,188 - -0,055)	-0,110	-3,567	0,000	0,002	-0,108
	Malzeme nemi	-0,037 (-0,050 - -0,024)	-0,242	-5,623	0,000	-0,141	-0,169
	Kova hacmi	-0,398 (-0,566 - -0,231)	-0,268	-4,670	0,000	-0,505	-0,141
PM ₁ Log	(Sabit katsayı)	1,422 (-5,284 - 8,129)		0,416	0,677		
	Sıcaklık	-0,049 (-,070 - -0,028)	-1,106	-4,629	0,000	-0,614	-0,140
	Bağıl nem	-0,016 (-,023 - -0,009)	-0,569	-4,548	0,000	0,361	-0,137
	İstasyon basıncı	0,001 (-,007 - 0,009)	0,011	0,286	0,775	0,495	0,009
	Rüzgâr hızı	0,043 (-,003 - 0,089)	0,104	1,835	0,067	-0,291	0,056
	Çiy noktası	0,021 (-,003 - 0,044)	0,288	1,736	0,083	-0,645	0,053
	Yan rüzgâr	-0,102 (-,151 - -0,053)	-0,208	-4,082	0,000	-0,299	-0,123
	Karşı rüzgâr	-0,053 (-,082 - -0,024)	-0,110	-3,567	0,000	0,002	-0,108
	Malzeme nemi	-0,016 (-,022 - -0,010)	-0,242	-5,623	0,000	-0,141	-0,169
	Kova hacmi	-0,173 (-,246 - -0,100)	-0,268	-4,670	0,000	-0,505	-0,141

*B: standartlaştırılmamış katsayı

**Beta: standartlaştırılmış katsayı

TAPMln; F= 19,45, p≤0,001, Adj.R²= 0,133, SE= 1,314
p≤0,001, Adj.R²= 0,133, SE= 0,571

TAPMlog; F= 19,443,

PM₁₀ln; F= 19,65, p≤0,001, Adj.R²= 0,134, SE= 1,197
p≤0,001, Adj.R²= 0,134, SE= 0,520

PM₁₀log; F= 19,651,

PM_{2,5}ln; F= 63,923, p≤0,001, Adj.R²= 0,343, SE= 0,807
p≤0,001, Adj.R²= 0,343, SE= 0,350

PM_{2,5}log; F= 63,923,

PM₁ln; F= 116,880, p≤0,001, Adj.R²= 0,490, SE= 0,562
p≤0,001, Adj.R²= 0,490, SE= 0,244

PM₁log; F= 116,880,

SPSS veri analiz programında yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre düzeltilmiş belirlilik katsayısı TAPMln, TAPMlog, PM₁₀ln ve PM₁₀log'da yaklaşık olarak 0,133 ile en düşük değerini alırken, PM₁ln ve PM₁log'da 0,490 ile en yüksek değerini almıştır. Düzeltilmiş belirlilik katsayılarının düşük çıkmasından dolayı veriler başka analiz programıyla (Minitab, 2021) tekrar değerlendirilmiş olup sonuçlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 3). Yapılan regresyon modellemelerinde p≤0,001 olarak alınmıştır. Buna göre; veri analiz programı ile yapılan regresyon analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

- Ham verilerde yapılan regresyon modelleme çalışmalarında en düşük düzeltilmiş belirlilik katsayısı 7,30 değeri ile PM₁₀, en yüksek düzeltilmiş belirlilik katsayısı 24,07 ile PM₁'de elde edilmiştir.
- Her bir ham verinin log ve ln'i alınarak yapılan regresyon modellemelerinde düzeltilmiş belirlilik katsayısının birbirine eşit olduğu, ancak regresyon tahmin formüllerinin farklı olduğu görülmüştür.
- TAPM ham ölçüm verisinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı 8,45, ln ve logaritmasının düzeltilmiş belirlilik katsayısı 21,19 olarak bulunmuştur.

- d) PM_{10} ham ölçüm verisinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı 7,30, ln ve logaritmasının düzeltilmiş belirlilik katsayısı 21,48 olarak bulunmuştur.
- e) $PM_{2,5}$ ham ölçüm verisinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı 11,24, ln ve logaritmasının düzeltilmiş belirlilik katsayısı 49,98 olarak bulunmuştur.
- f) PM_1 ham ölçüm verisinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı 24,07, ln ve logaritmasının düzeltilmiş belirlilik katsayısı 70,41 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. PM salınımı kestirim modelleri

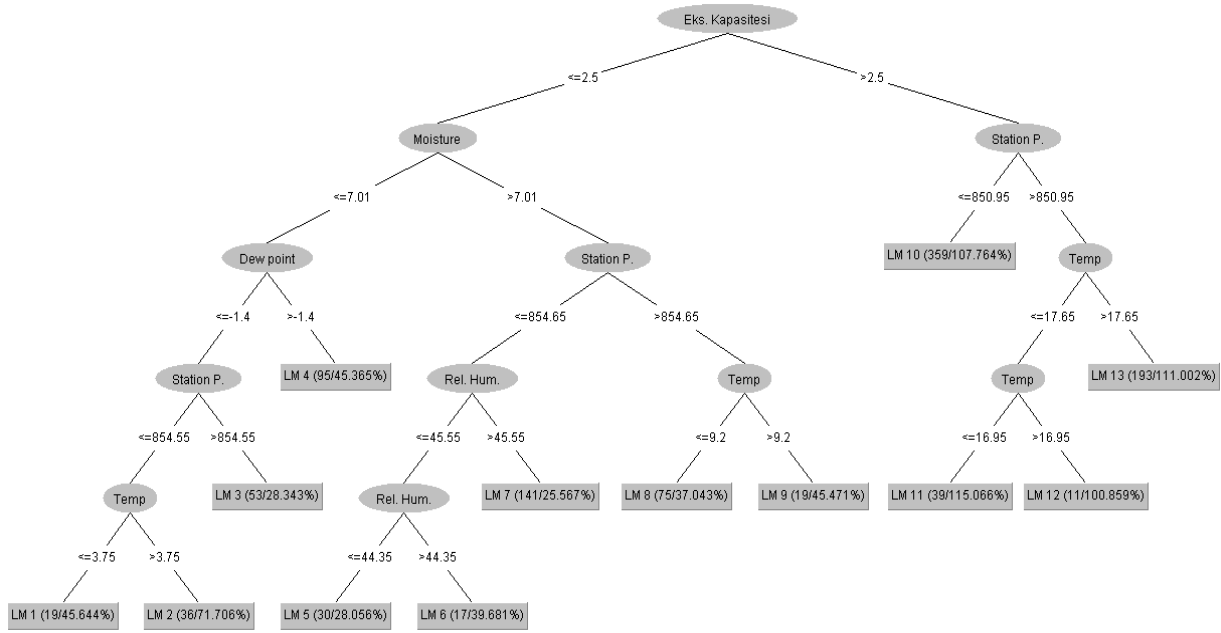
Değişken	R ² , %	PM salınım tahmin formülleri
TAPM	8,45	$-45081 + 3133 \cdot X_1 - 7,55 \cdot X_2 + 53,4 \cdot X_3 - 462 \cdot X_4 + 211,9 \cdot X_5 + 61,9 \cdot X_4^2 - 3,671 \cdot X_1 \cdot X_3 + 6,98 \cdot X_2 \cdot X_4 - 149,6 \cdot X_4 \cdot X_5$
TAPMln	21,19	$-567 + 23,50 \cdot X_1 + 0,872 \cdot X_3 + 63,40 \cdot X_6 - 150,9 \cdot X_7 + 44,7 \cdot X_8 - 0,01556 \cdot X_6^2 + 31,27 \cdot X_7^2 - 0,02698 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,1718 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,0631 \cdot X_1 \cdot X_8 - 0,0736 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,0542 \cdot X_3 \cdot X_8 - 0,279 \cdot X_6 \cdot X_7 + 0,959 \cdot X_7 \cdot X_8$
TAPMlog	21,19	$-246,3 + 10,20 \cdot X_1 + 0,3787 \cdot X_3 + 27,53 \cdot X_6 - 65,5 \cdot X_7 + 19,4 \cdot X_5 - 0,00676 \cdot X_6^2 + 13,58 \cdot X_7^2 - 0,01172 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,0746 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,02740 \cdot X_1 \cdot X_8 - 0,03197 \cdot X_3 \cdot X_8 - 0,0235 \cdot X_3 \cdot X_8 - 0,1211 \cdot X_6 \cdot X_7 + 0,417 \cdot X_7 \cdot X_8$
PM_{10}	7,30	$-15010 + 1771 \cdot X_1 - 6,65 \cdot X_2 + 18,1 \cdot X_3 - 16992 \cdot X_4 + 15475 \cdot X_5 + 67,5 \cdot X_4^2 - 2,078 \cdot X_1 \cdot X_3 + 5,52 \cdot X_2 \cdot X_4 + 19,5 \cdot X_3 \cdot X_4 - 18,03 \cdot X_3 \cdot X_5 - 135,0 \cdot X_4 \cdot X_5$
PM_{10} ln	21,48	$173,8 + 0,396 \cdot X_1 + 0,2121 \cdot X_3 + 61,21 \cdot X_6 - 308,0 \cdot X_7 + 0,1005 \cdot X_2 + 0,01195 \cdot X_1^2 - 0,02435 \cdot X_6^2 + 64,14 \cdot X_7^2 - 0,001284 \cdot X_2^2 - 0,3126 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,0701 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,509 \cdot X_6 \cdot X_7$
PM_{10} log	21,48	$-230,4 + 9,48 \cdot X_1 + 0,3254 \cdot X_3 + 22,20 \cdot X_6 - 39,7 \cdot X_7 - 0,154 \cdot X_8 - 0,002499 \cdot X_6^2 + 8,18 \cdot X_7^2 - 0,01083 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,00616 \cdot X_1 \cdot X_6 - 0,0746 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,02603 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,0708 \cdot X_7 \cdot X_8$
$PM_{2,5}$	11,24	$284 - 65,8 \cdot X_2 - 0,30 \cdot X_3 - 22,39 \cdot X_4 + 25,18 \cdot X_5 + 1227 \cdot X_7 + 2,696 \cdot X_4^2 + 1,303 \cdot X_5^2 + 0,0771 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,367 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,3508 \cdot X_2 \cdot X_5 - 1,447 \cdot X_3 \cdot X_7 - 7,66 \cdot X_4 \cdot X_5$
$PM_{2,5}$ ln	49,98	$18542 - 4,10 \cdot X_2 - 43,18 \cdot X_3 + 45,11 \cdot X_6 - 174,0 \cdot X_7 - 0,062 \cdot X_8 - 0,001515 \cdot X_2^2 + 0,02541 \cdot X_3^2 - 0,01969 \cdot X_6^2 + 36,21 \cdot X_7^2 - 0,0603 \cdot X_8^2 + 0,00517 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,00313 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0,0544 \cdot X_2 \cdot X_7 - 0,05153 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,3234 \cdot X_6 \cdot X_7 + 0,1144 \cdot X_7 \cdot X_8$
$PM_{2,5}$ log	49,98	$8053 - 1,780 \cdot X_2 - 18,75 \cdot X_3 + 19,59 \cdot X_6 - 75,6 \cdot X_7 - 0,0270 \cdot X_8 - 0,000658 \cdot X_2^2 + 0,01104 \cdot X_3^2 - 0,00855 \cdot X_6^2 + 15,73 \cdot X_7^2 - 0,0262 \cdot X_8^2 + 0,002246 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,001360 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0,02360 \cdot X_2 \cdot X_7 - 0,02238 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,1404 \cdot X_6 \cdot X_7 + 0,0497 \cdot X_7 \cdot X_8$
PM_1	24,07	$1372 - 0,734 \cdot X_1 - 25,90 \cdot X_2 - 1,601 \cdot X_3 - 15,43 \cdot X_4 + 13,98 \cdot X_5 + 0,01353 \cdot X_1^2 - 0,002334 \cdot X_2^2 + 0,961 \cdot X_4^2 + 0,462 \cdot X_5^2 + 0,2157 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,1981 \cdot X_1 \cdot X_5 + 0,03061 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,1925 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,1803 \cdot X_2 \cdot X_5 - 1,754 \cdot X_4 \cdot X_5$
PM_1 ln	70,41	$-558,1 - 0,1368 \cdot X_1 - 2,424 \cdot X_2 + 0,643 \cdot X_3 + 12,84 \cdot X_6 + 211,4 \cdot X_7 - 0,001165 \cdot X_2^2 - 0,00937 \cdot X_6^2 + 0,0360 \cdot X_1 \cdot X_7 + 0,00314 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,00335 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0,0453 \cdot X_2 \cdot X_7 - 0,01423 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,2451 \cdot X_3 \cdot X_7 - 0,1485 \cdot X_6 \cdot X_7$
PM_1 log	70,41	$-242,4 - 0,0594 \cdot X_1 - 1,053 \cdot X_2 + 0,2794 \cdot X_3 + 5,57 \cdot X_6 + 91,81 \cdot X_7 - 0,000506 \cdot X_2^2 - 0,004069 \cdot X_6^2 + 0,01563 \cdot X_1 \cdot X_7 + 0,001362 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,001454 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0,01969 \cdot X_2 \cdot X_7 - 0,00618 \cdot X_3 \cdot X_6 - 0,1064 \cdot X_3 \cdot X_7 - 0,0645 \cdot X_6 \cdot X_7$
Sıcaklık (°C)	: X1	İstasyon basıncı (mb) : X3 Karşı rüzgâr (m/s) : X5 Kova hacmi (m ³) : X7
Bağıl nem (%)	: X2	Yan rüzgâr (m/s) : X4 Malzeme nemi (%) : X6 Rüzgâr hızı (m/s) : X8

Modelleme çalışmalarında TAPM, PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve PM_1 ham ölçüm verilerini kullanarak elde edilen düzeltilmiş belirlilik katsayısının (<0,40) düşük olmasından dolayı modeli yansıtacak WEKA veri analiz programı kullanılmıştır. WEKA veri analiz programı ile tüm veri setlerinin analizi yapılmıştır. Buna göre; WEKA veri analiz programında yapılan tüm veri analizlerinin belirlilik katsayıları diğer modelleme programlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Örnek olarak aşağıda, WEKA analiz programı ile TAPMlog regresyon tahmin modelinin karar ağacının modeli Şekil 2'de, tahmin formülleri ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Elde edilen modelin düzeltilmiş belirlilik katsayısı 0,52 olarak bulunmuştur. Ayrıca modelin ortalama mutlak hata değeri (Mean absolute error-MAE) 0,38, hataların karelerinin ortalamasının karekökü (Root mean square error-RMSE) 0,52, göreceli mutlak hata (Relative absolute error-RAE) 84,92 ve göreceli mutlak hata karekökü (Root relative squared error- RRSE) 86,04 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4. Veri analiz programı ile TAPMlog salınım tahmin formüllerinin tahmin edilmesi

Model no		PM salınım tahmin formülleri					
LM1		$0.0725 * X1 + 0.0004 * X2 - 0.0362 * X3 + 0.070 * X4 - 0.009 * X5 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 + 32.53$					
LM2		$0.0536 * X1 + 0.0004 * X2 - 0.0362 * X3 + 0.0522 * X4 - 0.009 * X5 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 + 32.716$					
LM3		$0.0157 * X1 + 0.0004 * X2 - 0.0373 * X3 + 0.1228 * X4 - 0.009 * X5 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 + 33.715$					
LM4		$0.0174 * X1 + 0.0005 * X2 - 0 * X3 - 0.0175 * X4 - 0.0575 * X5 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 + 1.4327$					
LM5		$0.0006 * X1 - 0.0016 * X2 + 0.0038 * X3 + 0.0166 * X8 + 0.0016 * X4 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 - 1.457$					
LM6		$0.0006 * X1 - 0.0016 * X2 + 0.0038 * X3 + 0.0166 * X8 + 0.0016 * X4 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 - 1.364$					
LM7		$0.0006 * X1 - 0.0016 * X2 + 0.0038 * X3 + 0.0112 * X8 + 0.0016 * X4 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 - 1.454$					
LM8		$0.0096 * X1 - 0.0024 * X2 + 0.0077 * X3 + 0.1797 * X8 + 0.0044 * X4 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 - 4.767$					
LM9		$0.0244 * X1 - 0.0024 * X2 + 0.0077 * X3 + 0.1067 * X8 + 0.0044 * X4 - 0.0003 * X6 + 0.0075 * X7 - 4.696$					
LM10		$-0.0003 * X1 - 0.0002 * X2 - 0.0057 * X3 + 0.0565 * X8 - 0.004 * X4 + 0.0273 * X6 + 0.0061 * X7 + 6.567$					
LM11		$-0.1001 * X1 + 0.0029 * X2 - 0.0075 * X3 + 0.0382 * X8 - 0.0052 * X4 - 0.0388 * X6 + 0.0061 * X7 + 9.264$					
LM12		$-0.0003 * X1 + 0.0029 * X2 - 0.0075 * X3 + 0.0382 * X8 - 0.0052 * X4 - 0.0388 * X6 + 0.0061 * X7 + 8.420$					
LM13		$0.0551 * X1 + 0.0008 * X2 - 0.0075 * X3 + 0.1869 * X8 - 0.0052 * X4 - 0.1269 * X6 + 0.0061 * X7 + 7.148$					
Sıcaklık (°C)	: X1	İstasyon basıncı (mb): X3	Karşı rüzgâr (m/s) : X5	Kova hacmi (m ³) : X7			
Bağıl nem (%)	: X2	Çiy noktası sıcaklığı (°C) : X4	Malzeme nemi (%) : X6	Rüzgâr hızı (m/s) : X8			



Şekil 2. TAPMlog regresyon karar ağacı modeli

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Sivas'ta faaliyet gösteren bir açık kireçtaşı işletmesinde ardışık 6 ay boyunca (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım 2020) PM salınımı ile atmosferik ve meteorolojik parametreler ölçülmüştür. Ölçümler sırasında eş zamanlı olarak makine özellikleri kaydedilmiş ve malzeme özelliklerini temsil eden numuneler alınıp laboratuvarında malzeme nem analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında alınan veriler değişik programlar (SPSS, Minitab ve WEKA) yardımıyla modelleyici regresyon eşitlikleri türetilmiştir. Alınan ölçümlerin ve regresyon modellemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlara ve önerilere ulaşılabilir.

- Yapılan değerlendirmeler sonucu, kireçtaşı işletmesinden alınan tüm ham veri setlerinin çoğunlukla normal dağılıma uymadığı, bu nedenle ham veri setlerindeki değerlerin doğal logaritma (ln) ve logaritmalarının (log) alınarak dönüştürülmüş ve oluşan yeni veri setlerinin normal dağılımları görülmüştür.
- SPSS veri analiz programında TAPM ve PM_{10} , ln ve log verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı değerinin eşit ($\leq 0,134$) olduğu görülmüştür. Düzeltilmiş katsayı değeri $< 0,40$ katsayısından düşük olmasından dolayı modelin verileri temsil etme gücü oldukça zayıftır.
- SPSS veri analiz programında ve $PM_{2,5}$ log ve ln'i alınmış verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı değerinin eşit ($\leq 0,343$) olduğu görülmüştür. Düzeltilmiş katsayı değeri $< 0,40$ katsayısından düşük olmasından dolayı modelin verileri temsil etme gücü oldukça zayıftır.
- SPSS veri analiz programında ve PM_{10} log ve ln'i alınmış verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı değerinin eşit ($\leq 0,490$) olduğu görülmüştür. Düzeltilmiş katsayı değerinin $0,40-0,70$ arasında olduğundan dolayı modelin verileri temsil etme gücü oldukça zayıftır.
- Minitab veri analiz programında ham ölçüm verileri (TAPM, PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve PM_1) ile TAPM ve PM_{10} , ln ve log verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayı değeri ($\leq 0,24$) olmasından dolayı modelin verileri temsil etme gücü oldukça zayıftır.
- Minitab veri analiz programında $PM_{2,5}$ log ve ln'i alınmış verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı değeri $0,49$ olduğundan model, verileri ortalama düzeyde temsil etmektedir.
- Minitab veri analiz programında PM_{10} log ve ln'i alınmış verilerinin düzeltilmiş belirlilik katsayısı değeri $0,71$ olduğundan model, veriler ile yüksek uyuma sahiptir.

- h) WEKA veri analiz programı ile yapılan regresyon modeli sonuçlarına bakıldığında, diğer veri analiz programlarına göre düzeltilmiş belirlilik katsayı değeri yüksektir ve model, verileri güçlü biçimde temsil etmektedir.
- i) WEKA programı ile analiz edilen veri setinin yaklaşık %33'ü model numarası olan LM10'u temsil ettiği görülmüştür.
- j) Bu çalışmada, veri analiz programları ile yapılan regresyon salınım tahmin formüllerinde kullanılan parametrelerin, literatürde kullanılan parametrelere benzer olduğu görülmüştür.
- k) PM regresyon salınım tahmin formüllerinde kullanılan en önemli parametreler; hava sıcaklığı, bağıl nem, istasyon basıncı, ekskavatör kova hacmi, malzeme nemi ve rüzgâr hızıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (CÜBAP) tarafından M-780 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçetin, E. ve Çelik, U. (2014). İstenmeyen elektronik posta (spam) tespitinde karar ağacı algoritmalarının performans kıyaslaması. *İnternet Uygulamaları Yönetimi*, DOI: 10.5505/iuyd.2014.43531, 43-56.
- Albayrak, A.S. ve Yılmaz, Ş. K. (2009). Veri madenciliği: karar ağacı algoritmaları ve İMKB verileri üzerine bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 31-52.
- Alpar R. (2011). Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Detay Yayıncılık, Ankara, 415-620.
- Axetell, K. and Cowherd, C. (1984). Improved emission factors for fugitive dust from Western Surface Coal Mining Sources, US. Environmental Protection Agency, Cincinnati.
- Aydemir, E. (2018). Weka ile yapay zekâ. Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Aydemir, E., Kaysi, F. ve Yavuz, M. (2020). İlaç satış verileri kullanılarak ağacı algoritmaları ile elde edilen gelirin tahmin edilmesi. *Anatolian Journal of Computer Sciences*, Volume:5 No:1, ISSN:2548 1304, pp:14-21.
- Badu, A. (2014). Dust monitoring, characterization and prediction in an opencast coal mining project. Department of Mining Engineering National Institute of Technology Rourkela, pp.88.
- Beloconi, A., Chrysoulakisc, N., Lyapustind, A., Jürg Utzinger, J. and Vounatsou, P. (2018). Bayesian geostatistical modelling of PM10 and PM2.5 surface level concentrations in Europe using high-resolution satellite-derived products, *environment International* 121, 57-70.
- Bramer, M. (2007). Principles of data mining, British Library Cataloguing in Publication Data A catalogue record for this book is available from the British Library. Library of Congress Control Number: 2007922358, Undergraduate Topics in Computer Science ISSN 1863-7310, pp, 341.
- Bruxella, J.M.D., Sadhana, S. and Geetha, S. (2014). Categorization of data mining tools based on their types. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Vol.3 Issue.3, pp, 445-452.
- Chakraborty, M.K., Ahmad, M., Singh, R.S., Pal, D., Bandopadhyay, C. and Chaulya, S.K. (2002). Determination of the emission rate from various opencast mines operations. *Environ. Modell. Softw.* 17 (5), 467 – 480.
- Chai, T., Draxler, R.R., (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geosci. Model Dev.*, 7, 1247–1250.
- Chaulya, S.K. (2006). Emission rate formulae for surface iron ore mining activities. *Environmental Modeling Assessment*, 11, 361 – 370.
- Chien, C.F. and Chen, L.F. (2008). Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: a case study in high-technology industry. *Expert Systems with Applications*, 34 (1), 280-290.
- Choudhary M.P. and Garg, V. (2013). Causes, consequences and control of air pollution. Conference: All India Seminar on Methodologies for Air Pollution Control At: Malviya National Institute of Technology, Jaipur, Rajasthan, India, 1 - 11.

- Czajkowski, M. and Kretowski M. (2010). Globally induced model trees: an evolutionary approach. In Proceedings of the 11th international conference on Parallel problem solving from nature: Part I (PPSN'10), Robert Schaefer, Carlos Cotta, Joanna Kołodziej, and Günter Rudolph (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 324-333.
- Çınaroğlu, S. (2016). Sağlık Harcamasının Tahmininde Klasik Regresyon Yöntemleri ile Veri Madenciliği Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Ekonomik Yaklaşım* 27(101): 185-218.
- Çınaroğlu, S. (2017). Sağlık Harcamasının Tahmininde Makine Öğrenmesi Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(2): 179-200
- Del Campo-Avila, J., Moreno-Vergara, N. and Trella-Lopez, M. (2011). Analyzing factors to increase the influence of a twitter user. *Advances in Intelligent and Soft Computing*, Volume 89/2011, 69-76.
- Evyapan, F., Mungan, D., Akgün, M. and Arbak, P. (2012). Hava kalitesi ve sağlık. T.C. Sağlık Bakanlığı ve Türk Toraks Derneği, Ankara, 14-16.
- Gargano, M. L. and Raggad, B.G. (1999). Data mining-a powerful information creating tool. *OCLC Systems & Services: International digital library perspectives*, 15(2), 81-90.
- George, D. and Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson.
- Göndör, M. and Bresfelean, V.P. (2012). REPTree and M5P for measuring fiscal policy influences on the romanian capital market during 2003-2010. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*, Issue 4, Volume 6, pp, 378-386.
- Gültepe, Y. (2019). Makine öğrenmesi algoritmaları ile hava kirliliği tahmini üzerine karşılaştırmalı bir değerlendirme. *European Journal of Science and Technology* No. 16, pp. 8-15.
- IBM SPSS Statistics. (2018). *IBM SPSS Statistics 23 core system user's guide*, IBM Corporation, New York, 280 pp.
- Jović, A., Brkić, K. and Bogunović, N. (2014). An overview of free software tools for general data mining, 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 10.1109/MIPRO.2014.6859735, pp, 1-6.
- Kim, K., Ehsanul Kabir, E. and Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter, *Environment International* 74, pp, 136-143.
- Lal, B. and Tripathy, S.S. (2012). Prediction of dust concentration in open cast coal mine using artificial neural network. *Atmos. Pollut. Res.* 3, 211–218.
- Lashgari, A. and Kecojevic, V. (2016). Comparative analysis of dust emission of digging and loading equipment in surface coal mining, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 30:3, 181-196, DOI: 10.1080/17480930.2015.1028516.
- Minitab, (2021). How to interpret regression analysis results: p-values and coefficients, <https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/how-to-interpret-regression-analysis-results-p-values-and-coefficients>, erişim tarihi: 15.05.2021.
- Njeguš, A., Vanja Nikolić, V. and Jovanović, V. (2015). The selection of optimal data mining method for small-sized hotels. *International Scientific Conference of IT and Business-Related Research, Tourism and hospitality*, DOI: 10.15308/Synthesis, 519-524.
- NPI, (2012). (National Pollution Inventory), *Emission Estimation Technique Manual For Mining Version 3.1*, Australian Government, Canberra, pp,78.
- Onan, A. (2015). Şirket İflaslarının Tahmin Edilmesinde Karar Ağacı Algoritmalarının Karşılaştırmalı Başarım Analizi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 1, s, 9-19.
- Öztürk, E. (2012). Görüntü Sıkıştırma Yöntemlerinin Etkinliğini Arttıran Dönüşüm Ve Bölümlendirme İşlemleri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi*, s,84.
- Patra, A.K., Gautam, S. and Kumar, P. (2016). Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation - A review, *Environmental Technology & Innovation* 5, 233-249.
- Quinlan J.R. (1992). Learning with Continuous Classes, 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence, Singapore, 343-348.
- Richardson, C., Rutherford, S. and Agranovski E.I. (2019). Open cut black coal mining: Empirical verification of PM2.5 air emission estimation techniques, *Atmospheric Research* 216, pp,151–159.

- Savaş, S., Topaloğlu, N. ve Yılmaz, M. (2012). Veri Madenciliği ve Türkiye'deki Uygulama Örnekleri, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl:11 Sayı: 21, s. 1-23.
- Saygılı, A. (2013). Veri Madenciliği ile Mühendislik Fakültesi Öğrencilerinin Okul Başarılarının Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, s,129.
- Shearer, C. (2000). The Crisp-DM Model: The New Blueprint for Data Mining, Journal of Data Warehousing, Cilt 5 No 4, 13-23.
- Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. (2013). Using Multivariate Statistics (sixth ed.) Pearson, Boston.
- THHP, (2019). Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri Kara Rapor, Temiz Hava Hakkı Platformu s70.
- USEPA, (1991). Review of Surface Coal Mining Emissions Factors. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina, 144 pp.
- USEPA, (1995). (United States Environmental Protection Agency), AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Introduction, North Carolina.
- USEPA, (1998). Revision of emission factors for AP-42 Section 11.9 Western surface coal mining. Revised final report, MRI Project No. 4604-02; Emission Factor and Inventory Group, Office of Air Quality Planning and Standards, US Environmental Protection Agency, pp, 350.
- USEPA, (2006). Revision of emission factors for AP-42. Chapter 13: miscellaneous source. Section 13.2.4: Aggregate Handling and Storage Piles, 6 pp.
- Wang, W. and Xu, Z. (2004). A heuristic training for support vector regression. Neurocomputing, 61: 259-275.
- WEB 1, (2021). <https://turnkey-instruments.com/product/dustmate/> (Son erişim tarihi: 09.09.2021).
- WEB2, (2021). <https://www.kestrel.com.tr/urunler/7/Kestrel-5000-Serisi> (Son erişim tarihi: 09.09.2021).
- Witten, I.H., Frank, E. and Hall, M.A. (2011). Data mining practical machine learning tools and techniques. Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, pp, 665.

ÜÇ BOYUTLU ZAMANSAL COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ İLE TTK KOZLU İŞLETMESİ YERALTI MADEN İŞ YERLERİNDEKİ KAZALARIN ANALİZİ
ANALYSIS OF ACCIDENTS IN UNDERGROUND MINING WORKPLACES OF TTK KOZLU ENTERPRISE WITH THREE-DIMENSIONAL TEMPORAL GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

H. Akçın^{1*}, P. Eksert², A. Çakır³

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Müh. ABD

³ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

(* Sorumlu Yazar: akcinh@beun.edu.tr)

ÖZET

Bu çalışmada; yeraltı kömür madencilğinde çalışanların maruz kaldığı iş kazaları sonucu yaralanmalar ele alınmıştır. Olaylara ilişkin olarak; kaza tutanakları, 3B sayısal maden imalat haritaları ve Zamansal Coğrafi Bilgi Sistemi (Zamansal CBS) kullanılarak zaman-mekan ilişkileri ve nedenleri analiz edilmiştir. Uygulama; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi (KTİM)'in Acılık ve Çay damarları üzerindeki dört üretim panosunda 2019-2021 tarih aralığında iki yıllık zaman diliminde meydana gelen 227 kaza verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 3 Boyutlu mekan-zaman küpü, zaman serileri ve küme sınıflama analiz teknikleri kullanılarak olayların ne zaman, nerede, ne oldu, niçin meydana geldiğine ilişkin sebep sonuç ilişkilerini içeren bir analiz ve buna göre geliştirilen öneriler bu çalışmada görsel boyutlarıyla ele alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: Zamansal CBS, Mekan-zaman küpü, Zaman serisi, İş kazaları, TTK Kozlu

ABSTRACT

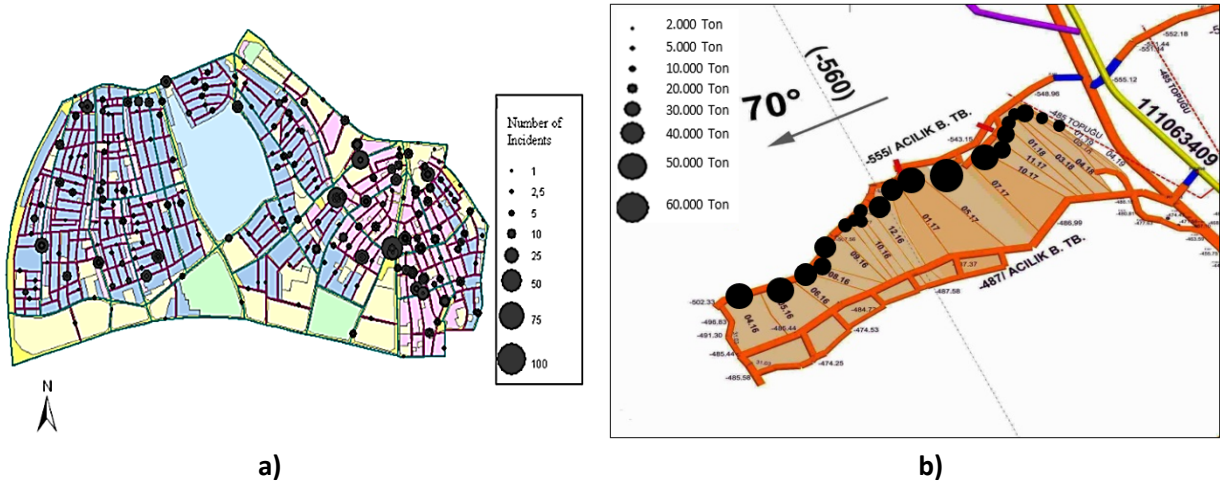
In this study, injuries as a result of occupational accidents that workers in underground coal mining are exposed to are discussed. Regarding the events; time-space relations and causes were analyzed by using accident reports, 3D digital mine production maps and Temporal Geographic Information System (Temporal GIS). Application; It was carried out using the data of 227 accidents that occurred in a two-year time period between 2019-2021 on the four production panel of the Turkish Hard Coal Authority (TTK), Kozlu Hard Coal Enterprise (KTİM) on the seams named Acılık and Çay. Analyses including cause and effect relationships regarding when, where, what happened and why events occurred, using the 3D space - time cube, time series and cluster classification analysis techniques, and suggestions developed accordingly are discussed in visual dimensions.

Keywords: Temporal GIS, Space - time cube, Time series, Occupational accidents, TTK Kozlu

GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); beşeri, sağlık, mühendislik ve temel bilimler gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmakta ve özellikle kamuda karar vericiler için güçlü bir destek mekanizması sunmaktadır. Bu alanlara ilişkin uygulamalar, öncelikle coğrafi olguların geometrik ve/veya semantik değişimlerinin zamana dayalı modellenmesine, analizine ve görselleştirilmesine gereksinim duyarlar (Dal vd. 2004). Bu nedenle; zamanın tüm boyutlarıyla CBS'nin veri tabanı içerisinde diğer verilerle birlikte bütünleşik hale getirilmesi ile farklı disiplinlerin daha karmaşık problemleri çözümlenmiş ve zamanın mekansal verilerle birlikte değerlendirilerek araştırılması sonucu daha gerçekçi sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Zamansal CBS'deki gelişmeler, hem mekansal hem de zamansal değişimleri kayıt etme, analiz etme, işleme ve görselleştirmeye olanak tanır hale getirmiştir.

CBS'nin esas hedeflerinden biri mekansal değişimlerin izlenmesi ve analiz edilmesidir. Zamansal olmayan dolayısıyla zamansal veriyi kullanmayan ya da zamansal analiz yapma kabiliyeti olmayan coğrafi bilgi sistemleri, verinin zaman içindeki değişimini dikkate almaz ve sadece belirli bir andaki durumunu sunar. Bunun yanı sıra, Zamansal CBS ise zamansal veriyi depolayarak mekansal alandaki değişimlerin izlenebilmesine olanak sağlar. Zamansal verinin depolanmasını ve analizine olanak sağlayan zamansal CBS ile "Nerede ve ne zaman değişim oldu?", "Ne tür bir değişim oldu?", "Değişim oranı nedir?", "Değişim süresi nedir?", "Aynı zamanda farklı mekanlarda mı yoksa aynı mekanda farklı zamanlarda mı değişim oldu?" sorularına yanıt bulunur (Yılmaz 2002). Konvansiyonel CBS'de veri yapıları ne kadar gelişmiş olsa da bu sistemlerin çoğu, mekanın durağan (statik) görüntüsünü temsil ederler ve yukarıda verilen sorulara yanıt bulunamaz. Bu durum Şekil 1'deki örneklerden anlaşılabilir. Şekil 1a'da bir mekandaki suç dağılımları tematik olarak haritalanmıştır. Ancak bu şekilde suçların ne zaman işlendiği, zamana göre ne tür bir değişime sahip olduğu, zamanla artan suçlarda değişim oranının ne olduğu, hangi zaman diliminde suçların örneğin gece işlenen suçların hangi mekanda daha çok yoğunlaştığı gibi birçok soruya yanıt alınamamaktadır.



Şekil 1. a) Suç olaylarının dağılımını gösteren tematik harita (Polat 2007), b) bir yeraltı üretim panosunda tarihlere göre aylık üretim miktarını gösteren harita

Coğrafi verinin geometrik bileşeni de zamanla değişebilir. Bunun sonucu olarak coğrafi nesneler arasındaki topolojik ve düzen ilişkileri de değişime uğrayabilirler. Konvansiyonel CBS'de bu değişiklikleri kaydedecek zaman eksenini bulunmaz. Bunun aksine, pek çok CBS uygulaması ise zamana göre değişken süreçlerin modellendirilmesini ve temsil edilmesini gerektirir. Buna en iyi örnek; yeraltı ve yerüstü maden sahalarındaki üretim panoları ve bu üretim alanlarının kayıt altına alındığı maden imalat haritalarıdır. Kalın bir kömür damarındaki katlı üretimde, damardaki her bir kat ve her katta üretim miktarı zamanla değişmektedir. Şekil 1b'de bir yeraltı üretim panosunda panonun ayda bir değişen geometrisinde aylık üretim miktarları CBS tabanlı olarak haritalanmıştır. Bu haritada üretim hızı, üretim tarihi, zamana göre değişen geometri ve üretim miktarı görülebilmektedir.

Yeraltı maden işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından risk analizleri yapılması ve önlemlerin hızlıca uygulanması, ayrıca bu analizlerin anlaşılır ve görsel unsurları da içermesi önemli bir konudur (Akçın vd., 2019). Ayrıca; yeraltı maden işyerleri gerek yeraltı, gerekse yerüstü imalat yerleri açısından insani ve çevresel olarak her an yüksek risk altında olup, bu riskler sonucu meydana gelebilecek kazalar hem maddi hem de manevi ciddi zararlar verebilmekte ve hatta yaralanmalara ve ölümlere yol açabilmektedir. Bu nedenle; özellikle yeraltı maden işyerleri, çalışma koşullarının zorluğu ve çalışma ortamında meydana gelebilecek tehlikelerin yoğunluğu açısından çok tehlikeli işyerleri sınıfındadır.

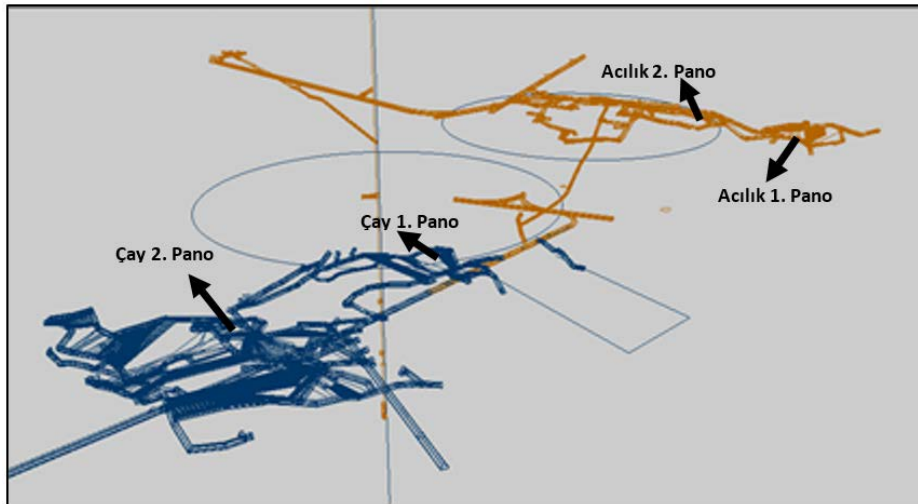
Risk değerlendirmesinde olaylar reaktif ve proaktif yaklaşımlarla değerlendirilir. Reaktif yaklaşımın amacı genellikle ramak kala olayın ya da kazanın gerçekleşmesinden sonraki durumun incelenmesine ve bu inceleme sonucunda çeşitli önlemlerin alınmasına dayanır (Tekin 2009, Akçın 2021).

Olaylar sınırlı sayıda gözlemci tarafından değerlendirilir. Değerlendirmelerin olay sonrası yapılması nedeniyle çalışanın zarar görmesi, zaman ve iş kaybı, teçhizat ve donanım zararları ilk adımda önlenemez. Ancak, reaktif yaklaşım, gelecekte meydana gelecek olayın ya da kazanın önlenmesine yönelik önlemler alınması ve koruyucu stratejiler geliştirilmesi açısından önemlidir. Proaktif yaklaşımda ise, meydana gelebilecek kazaların, tehlikelerin ve risklerin öngörülerek önlem alınması ve buna bağlı olarak oluşabilecek zararların ortadan kaldırılması veya en aza indirgenebilmesi amaçlanmaktadır. Değerlendirmeler, geniş katılımlı ve uzman gözlemcilerle birlikte çalışanların da fikirlerine dayanılarak yapılır (Ceylan ve Başhelvacı, 2011).

Yukarıda bahsedilen durumlar; yeraltı maden iş yerlerinde belirli zaman aralıklarında üretim zamanına göre meydana gelen kazaların reaktif bir yaklaşımla Zamansal CBS ile araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Deneysel bir uygulama olarak; TTK KTİM'in 4 farklı üretim panosu için oluşturulmuş 3B Maden İmalat Haritaları, 01.01.2019 ile 31.12.2020 tarihleri arasındaki 2 yıllık süreçte meydana gelen 227 iş kazasının kaza tutanaklarına göre oluşturulmuş Zamansal Veri Tabanı kullanılarak Zamansal CBS analizleri, sorgulamalar ve tematik haritalar oluşturulmuştur.

3B ZAMANSAL CBS İLE TTK KTİM'İN YERALTI MADEN İŞ YERLERİNDEKİ KAZALARIN ANALİZİ

İnceleme alanı olarak seçilen Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi, Zonguldak ilinin 8 km batısında yer almakta ve 12 km² alanda üretim faaliyeti göstermektedir. Türkiye'de denizaltında üretim yapan tek müessesedir (TTK 2020). Kok hale gelebilen özellikteki kömürün üretimi, işletmenin İhsaniye ve İncirharmanı bölgeleriyle denizaltı panolarında yapılmaktadır. Üretim ve hazırlık çalışmaları -300m/-560m kotları arasındaki panolarda, 2,30-8,0 metre arasında değişen kalınlıklarda yapıya sahip 3 ayrı kömür damarında yapılmaktadır. KTİM'de 2019 ve 2020 yıllarında ortalama 5 ayak ve 1 tumba bacadaki faaliyetler her vardiyada ortalama 135 personel ile sürdürülmüştür. Bu çalışmada ele alınan üretim panoları; geri dönüşlü göçertmeli uzun ayak yöntemi ile üretim yapılan -300m/-320m kotundaki 16° eğim açısına sahip Acılık Damarı Batı ayak 1 ve 2 panoları ile -425m/-437m kotundaki 15° eğim açısına sahip Çay 5. kat ayakları içeren 1 ve 2. panolardır. Şekil 2'de üretim panolarının 3B görünümü verilmiştir.



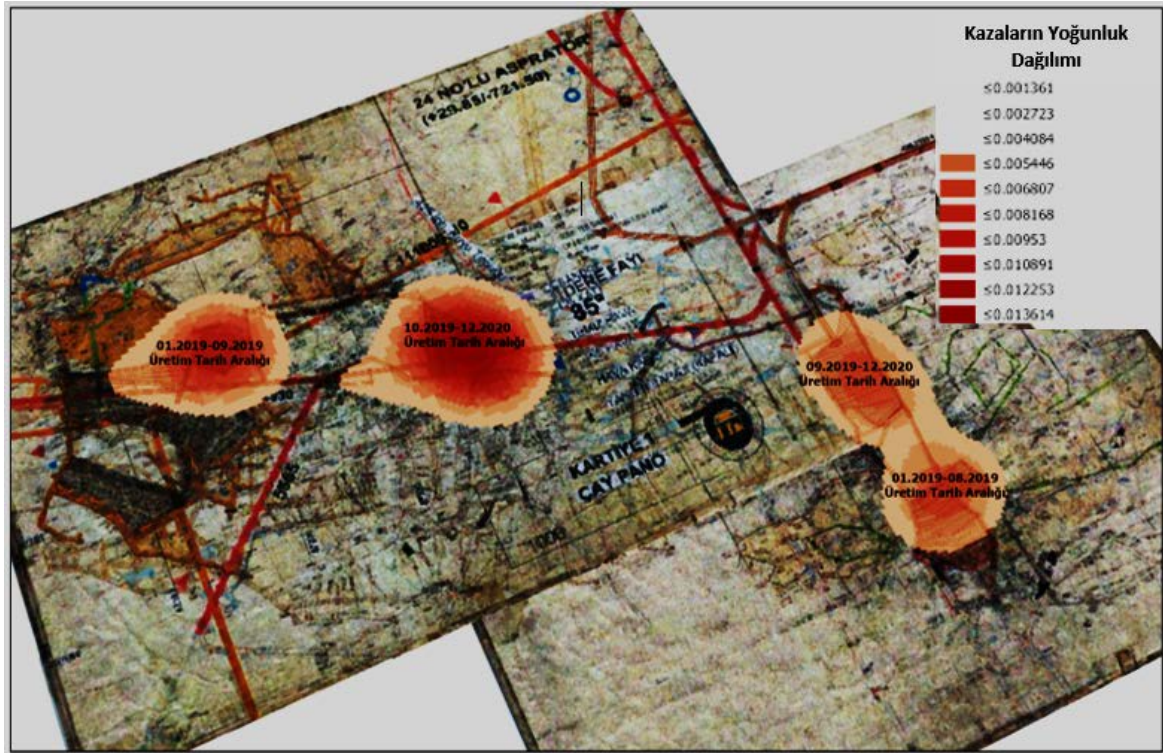
Şekil 2. Uygulamada ele alınan üretim panolarının 3 boyutlu haritası

Ele alınan bu çalışmada öncelikle Zamansal CBS içerisindeki taktiksel stratejik analizler uygulanmıştır. Bu analiz tekniklerinin yapısı suç analistleri tarafından geliştirilen suç analizlerine dayanmaktadır. Bu çalışmada ise belirtilen analiz teknikleri, iş kazalarının taktiksel ve stratejik analizi için kullanılmıştır. Kullanılan analiz teknikleri şunlardır; yoğunluk analizi (density analysis), sıcak nokta analizi (hot spot analysis), mekan-zaman analizi (space-time analysis) ve zaman serisi analizi (time series analysis). Yoğunluk analizi; olay (vaka) kümelenmelerinin araştırılmasının desteklenmesi için yoğunluk

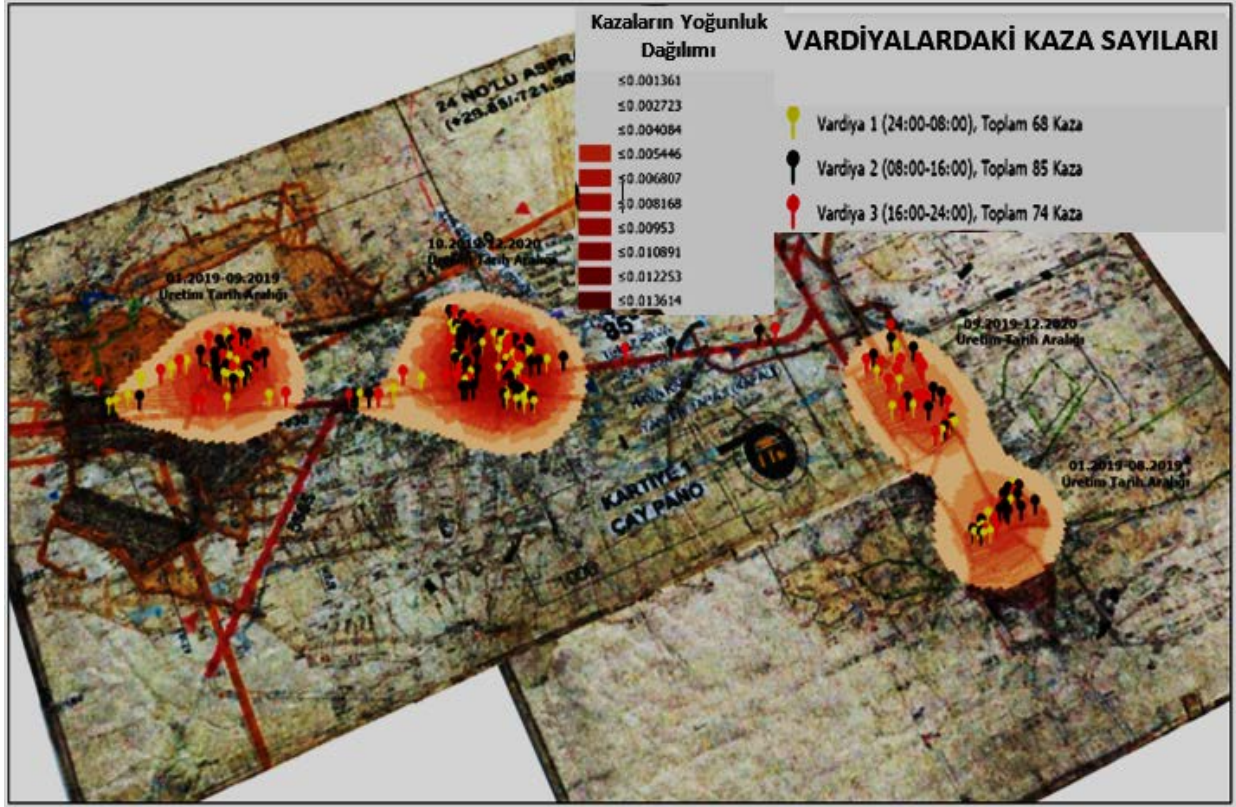
haritalarının oluşturmasını sağlayan analitik haritalama fonksiyonlarını kapsayan bir analiz tekniğidir. Bu uygulamada yoğunluk analizi için Kernel yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır. Ele alınan bu fonksiyon kullanarak, bir nokta veya çoklu çizgi için çekirdek yoğunluğu analizini gerçekleştirerek her bir üretim panosu içindeki kazaların raster çıktı yüzeyleri oluşturulmuştur. Şekil 3'de dört farklı zamanda dört farklı üretim panosunda meydana gelen 227 kazanın yoğunluk dağılım haritası verilmiştir.

Kernel yoğunluk fonksiyonu ile oluşturulan kaza yoğunluk haritası üzerine ikinci bir kombinasyon olarak sıcak nokta analizi uygulanarak Şekil 4'de verilen kazaların vardiyalara göre dağılım haritası üretilmiştir. Vardiyalar; 24:00-08:00 saat aralığında vardiya 1, 08:00-16:00 saat aralığında vardiya 2 ve 16:00-24:00 saat aralığında vardiya 3 olarak ele alınmıştır. Sıcak nokta analizi ile kazaların nerede kümелendiği ve nerede daha aktif/yoğun olduğu imalat haritası (raster üzerinde vektörleştirilmiş harita) üzerindeki kaza yoğunluk dağılımı haritası ile kombine edilerek gösterilmiştir. Bununla birlikte Zamansal CBS veri tabanında sorgulamalar yapılarak her bir vardiyadaki kazaların vardiya saat aralığındaki dağılım grafikleri de oluşturulmuştur. Vardiyalardaki toplam kazaların bir normal dağılım gösterdiği belirlenmiş ve elde edilen dört ayrı grafik Şekil 5'te verilmiştir.

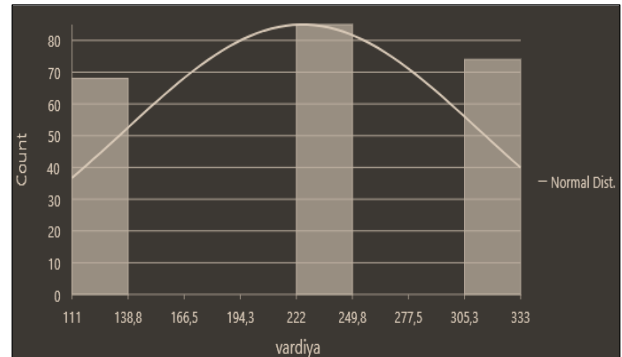
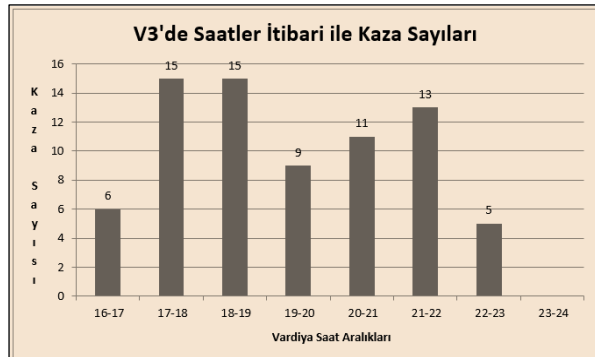
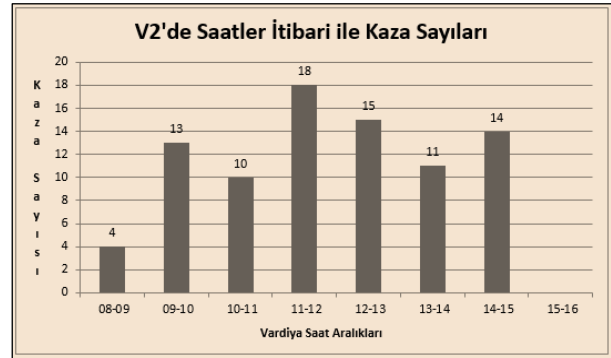
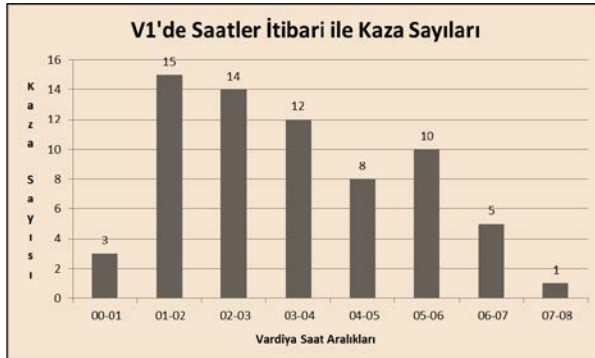
Diğer bir sıcak nokta analizi belirli bir zaman aralığında faaliyet gösteren üretim panoları üzerinde kazalananların öğrenim durumlarının gösteren haritanın oluşturulması için kullanılmıştır. Kazalananların öğrenim durumları ilköğretim mezunu, orta öğrenim mezunu, lise mezunu ve üniversite mezunu olanlar için dört ayrı kategoride belirlenmiştir. Kazalananların öğrenim durumlarını gösteren harita Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 3. Dört farklı zaman aralığında ve dört ayrı üretim panosu üzerinde kazaların yoğunluk dağılım haritası



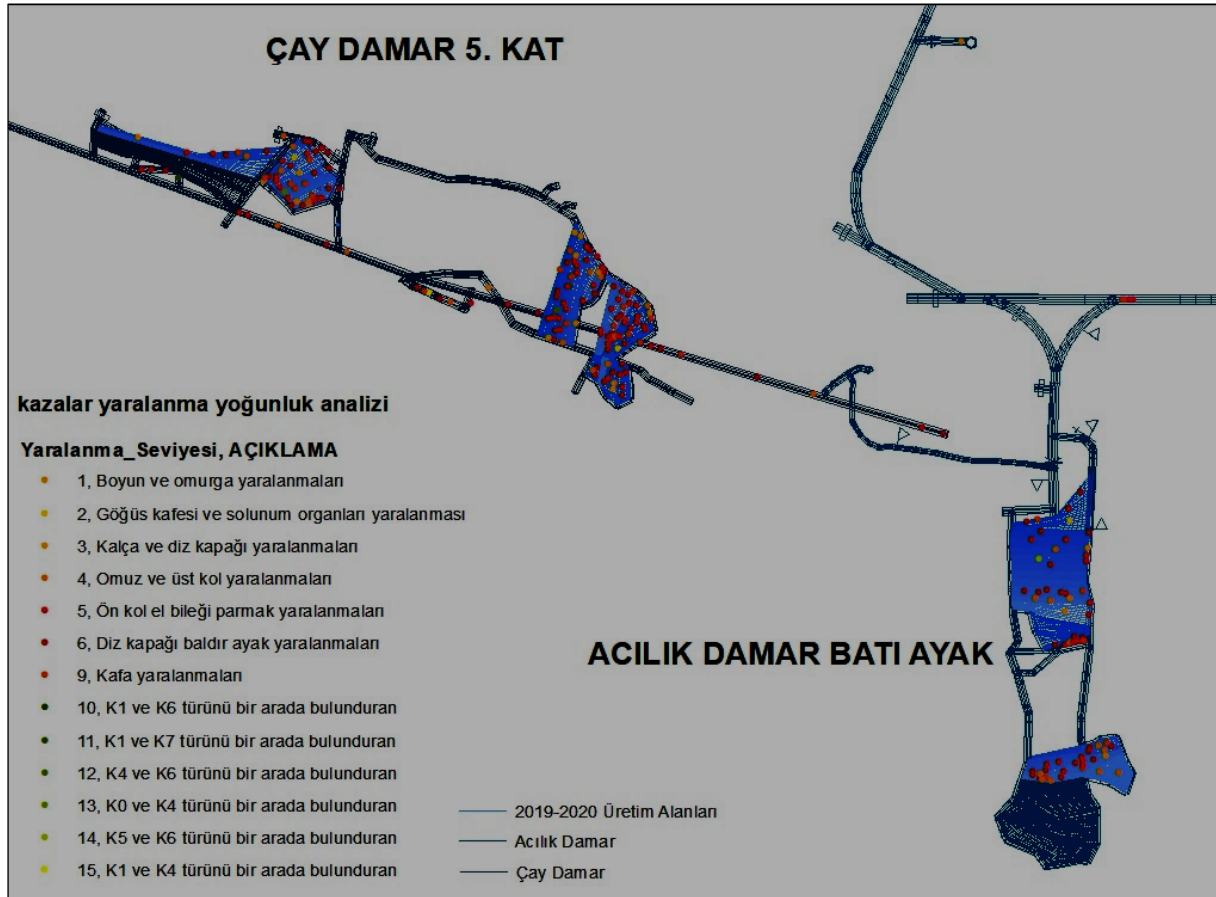
Şekil 4. Zamansal ve mekansal değişim ele alındığında kazaların vardiyalara göre dağılım haritası



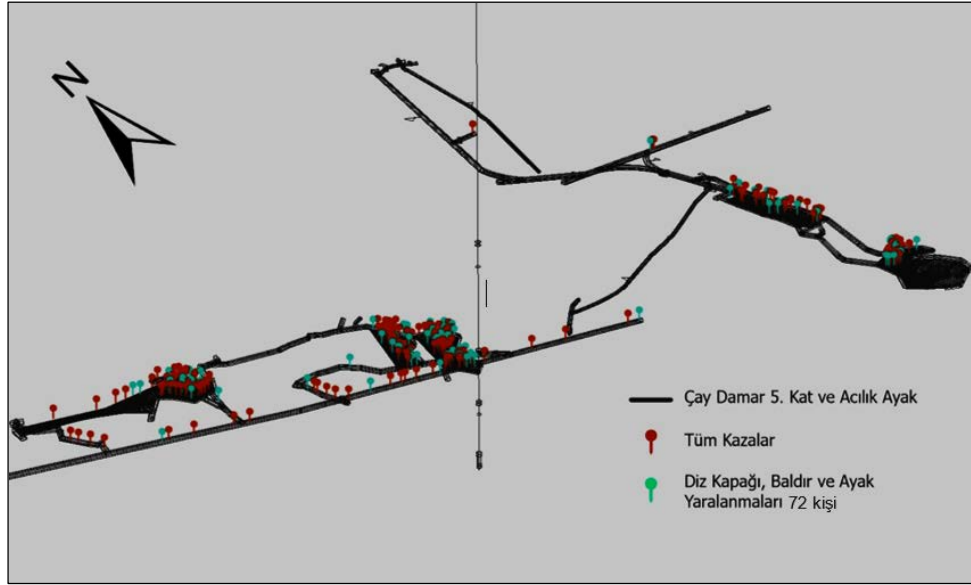
Şekil 5. Her bir vardiyadaki bir saatlik aralıklarda meydana gelen kazaların dağılım grafikleri ve toplam kaza sayılarının normal dağılım grafiği



Şekil 6. Kazalananların zamansal ve mekansal değişime göre öğrenim durumu dağılım haritası



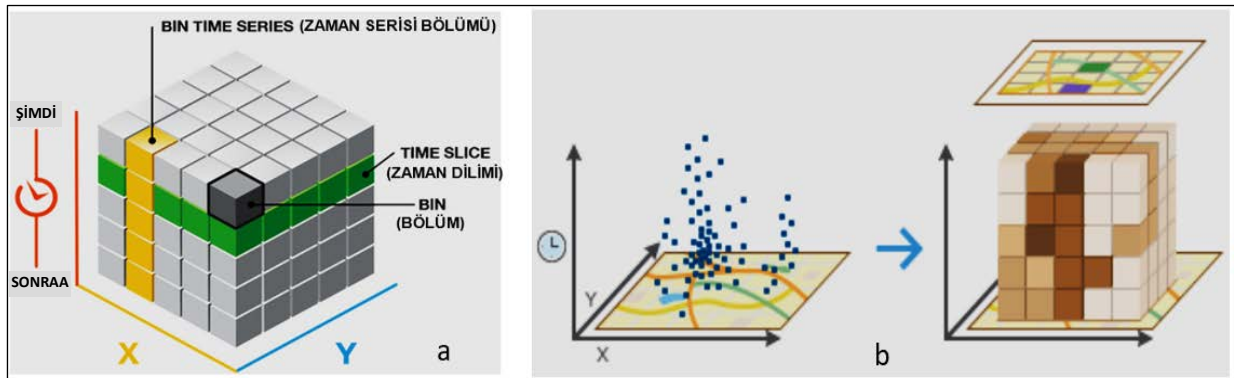
Şekil 7. Üretim panolarındaki zamansal ve mekansal değişime göre kaza türlerinin dağılım haritası



Şekil 8. Üretim alanlarında en çok görülen yaralanma türünün dağılım haritası

Sıcak nokta analizi ile yapılan bir diğer uygulama da kazaların yaralanma seviyelerinin, dolayısıyla türlerinin zamansal değişime göre dağılımını gösteren haritaların oluşturulmasıdır. Şekil 7'de tüm yaralanma seviyelerine göre dağılım ele alınırken, Şekil 8'de en çok görülen yaralanma türü olan "diz kapağı, baldır ve ayak" yaralanmasının zamansal değişime göre dağılımını gösteren harita verilmiştir. Analizlerde en çok iki yaralanma türü ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi "diz kapağı, baldır ve ayak" yaralanması 72 kişide ve ikincisi "ön kol, el bileği, parmak" yaralanmaları 70 kişide görülmüştür.

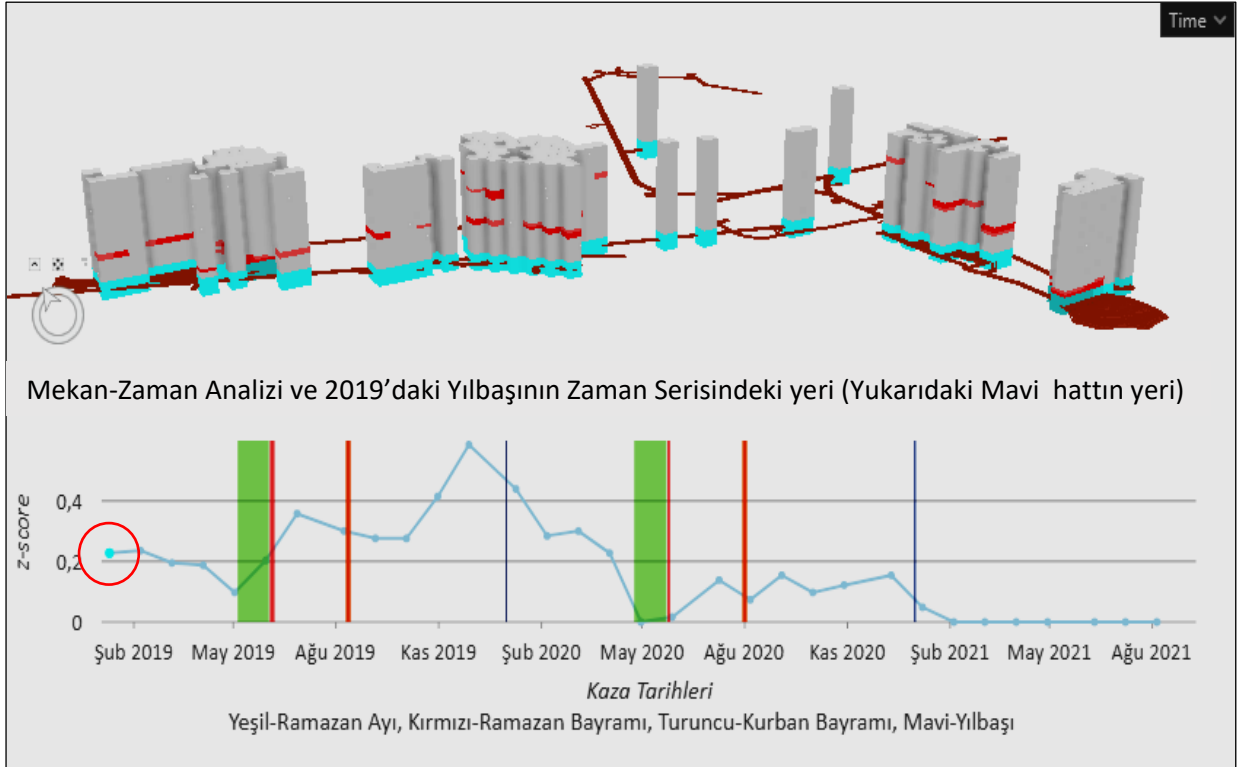
Mekan-zaman analizi ile kaza verilerinin hem mekansal hem de zamansal boyutu analiz edilebilmektedir. Mekansal istatistik yöntemlerini destekleyen bu araç ile hem iki boyutta hem de küpün üçüncü boyutu olan zaman boyutunda analiz yapılabilmektedir. Mekan-zaman küpünde her bölmenin mekanda (girdiler nokta ise x, y konumu) ve zamanda (t) sabit bir konumu vardır. Aynı tanımlı konum alanını (x, y koordinatlarını) kapsayan kutular aynı konum kimliğini paylaşır. Aynı süreyi kapsayan kutular da aynı zaman adımı kimliğini paylaşır. Mekan-zaman küpü; zaman değerine sahip nokta özelliklerini mekan-zaman bölmelerinde toplayarak, bunları bir veri küpünde yapılandırır. Her bölmede, noktalar sayılır ve her konumdaki bölme değerlerinin eğilimi, Mann-Kendall istatistiği kullanılarak ölçülür. Şekil 9'da tipik bir mekan-zaman küpü ve küp içerisinde bölgesel değişim görülmektedir. Zaman küplerinin düşeyde dizilişi bir zaman serisi ortaya koymaktadır. Bu zaman serisinin istenildiğinde grafiği de alınabilmektedir. Grafiğin düşey eksen istatistiksel anlamda standart normal dağılımın z skorunu, grafiğin yatay eksen ise tarih cinsinden zamanı vermektedir.



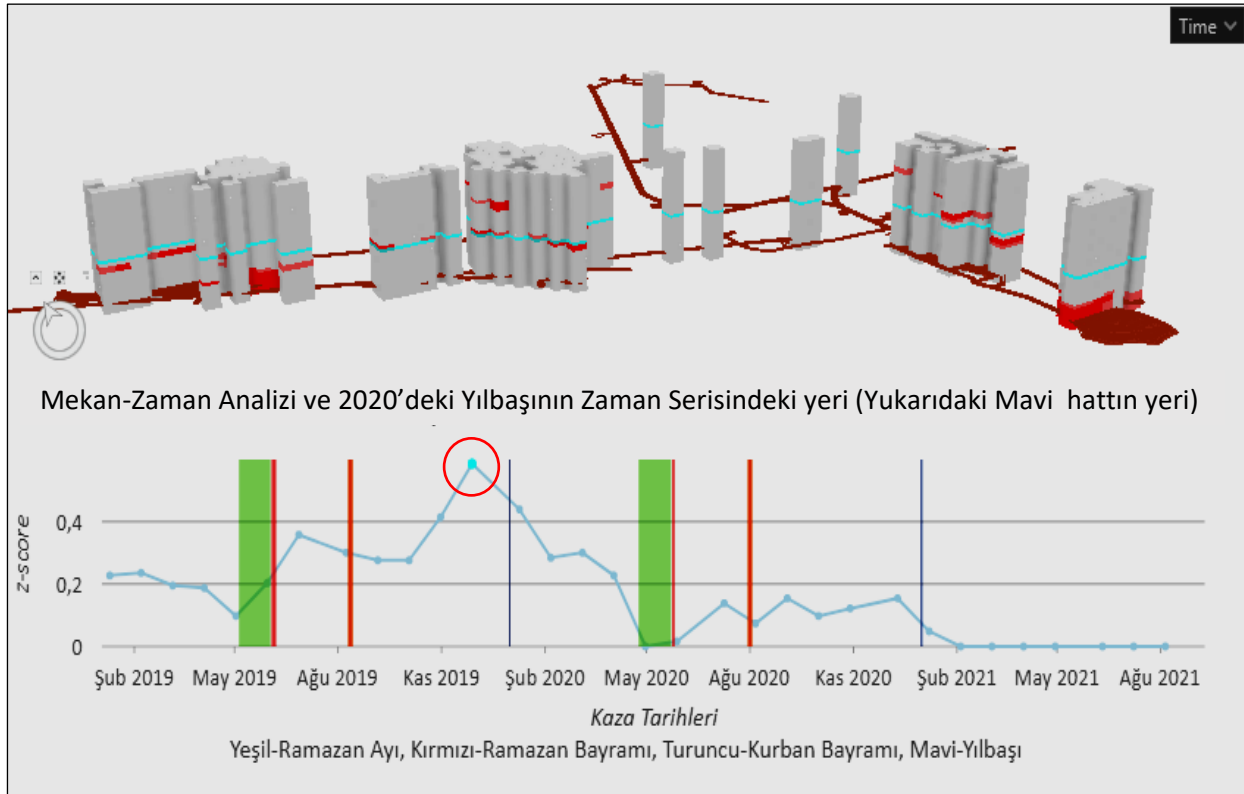
Şekil 9. a) Bir mekan-zaman küpünün tipik yapısı (ArcGIS 2021) ve b) x, y konumunda ve t (zaman) boyutundaki olayların mekanda dağılımının mekan-zaman küpüne istatistiksel dönüşümü

KTİM'in Acılık ve Çay kömür damarlarındaki 01.01.2019 ile 31.12.2020 tarihleri arasındaki üretim panolarında meydana gelen kazaların zaman serisi analizi yapıldığında Şekil 10'da görülen grafik elde edilmiştir. Bu grafik incelendiğinde; standartlaştırılmış normal dağılımın z skorunun, normal dağılımın %95 güven aralığında, dolayısıyla -1,96 ile 1,96 aralığında kaldığını ve kazaların rastlantısal olduğunu göstermektedir.

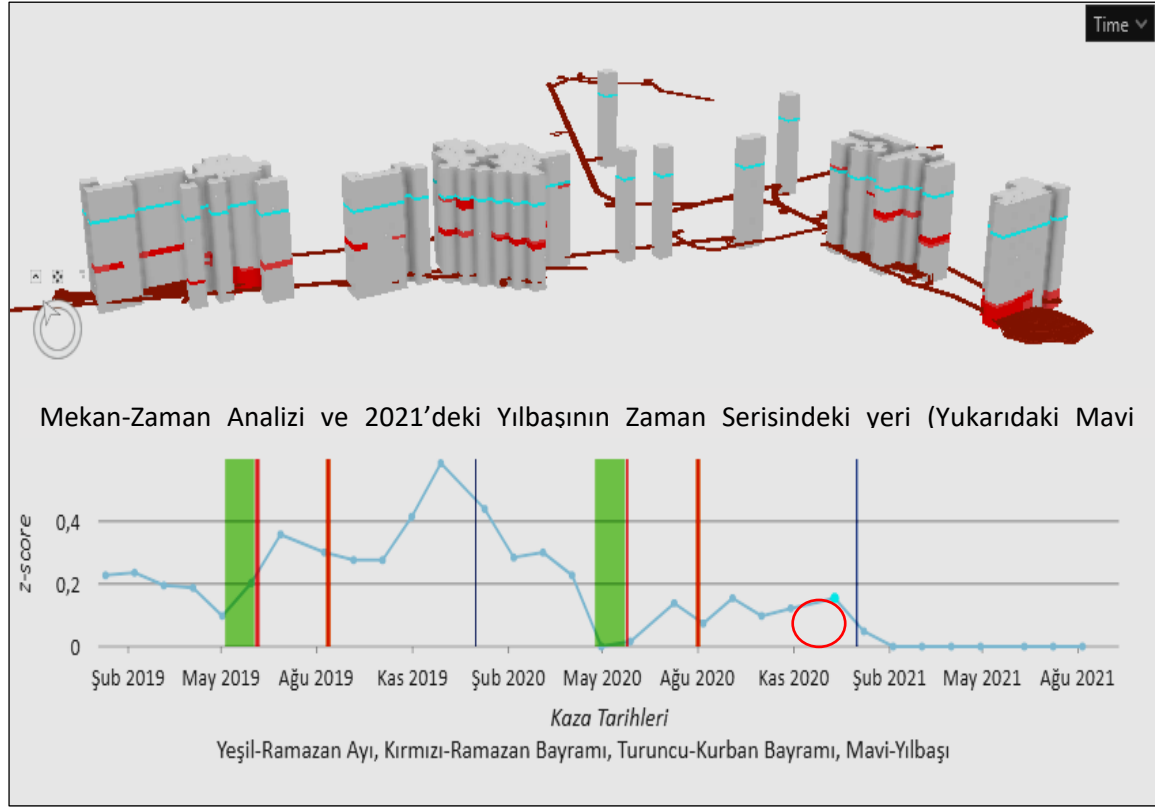




Şekil 12. Mekan-zaman küpü analizinde 2019 yılı başında kazaların mekan-zaman küpü dağılımı



Şekil 13. Kazaların 2020 yılbaşı öncesi pik noktasında mekan-zaman küpü dağılımı



Şekil 14. Kazaların 2021 yılbaşı öncesi pik noktasında mekan-zaman küpü dağılımı

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Zamansal CBS ile TTK KTİM'in Çay ve Acılık üretim panolarında 2019 yılı başı ve 2020 yılı sonunu kapsayan 2 yıllık dönemde ele alınan iş kazaları analiz edilmiştir. Bu analizler sonucu elde edilen bulgular aşağıda tartışılmıştır.

- Kernel yoğunluk analizi ile üretilen haritalar incelendiğinde (Şekil 3 ve 4), en yoğun kazanın 10.2019 tarihi ile 12.2020 tarihleri arasında katlı üretim yapılan Çay 1 panosunun 5. Kat üretimi sırasında meydana geldiği görülmektedir. Kernel yoğunluk fonksiyonu ile oluşturulan kaza yoğunluk haritası üzerine ikinci bir kombinasyon olarak sıcak nokta analizi uygulanarak Şekil 4'de verilen kazaların vardiyalara göre dağılım haritası incelendiğinde en çok kazanın 08-16 saatleri arasında çalışan ve üretim vardiyası olan vardiya 2'de meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum tek katta çalışan uzun ayak panolarına nazaran daha kalın bir damar olan Çay kömür damarında 5 katlı üretimin zorluğunu ortaya koymaktadır.
- Vardiya 2'nin birer saat aralıklı kaza dağılım grafiği incelendiğinde kazaların, yemek molasına girmeden önceye denk gelen 11:00-12:00 saat aralığında maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 5). Bu durumun açlıktan ve kan şekeri seviyesinin düşmesine bağlı konsantrasyon (işine yeterince yoğunlaşmama) kaybindan kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Diğer vardiyaların 8 saatlik kaza dağılım grafikleri incelendiğinde; kazaların çalışma alanına intikalden sonraki saat diliminde en büyük seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bunun da özellikle vardiya 1'de gece saatlerinde ve vardiya 3'de akşam saatlerinde işe başlamadaki dikkat eksikliği, işe adapte olamama ve konsantrasyon kaybı nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir.
- Çalışanların öğrenim durumları ile çalışma ortamı ve zaman arasındaki ilişki incelendiğinde; Şekil 6'da verilen hot spot analizine göre, kazalananların 55'inin ilköğretim mezunu, 135'inin orta öğrenim mezunu, 35'inin lise mezunu olduğu ve 2'sinin de üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir. Özellikle 8m damar kalınlığındaki Çay kömür damarındaki katlı üretimin son katı olan 5. kattaki üretim sırasında düşük hızda ilerleyen üretim ortamında kazalananların orta öğrenim ve lise düzeyinde öğrenim gördükleri ve

hatta 2'sinin de üniversite mezunu olduğu görülmektedir. Özellikle Çay panolarındaki katlı üretim gibi zor bir üretim ortamında, çalışanların öğrenim seviyesi artsa bile kazalanma sayılarında azalış olmadığı, aksine lise ve üniversite mezunu çalışanlar arasında bile kazalanmanın beklenenden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun gerekli tecrübe eksikliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Sıcak nokta analizi ile yapılan ve analiz sonuçlarının Şekil 7 ve 8'de gösterildiği uygulamada kazaların yaralanma türleri incelendiğinde en fazla yaralanma türünün birinci sırada %32 oranında "dizkapağı, baldır ve ayak" yaralanmaları olduğu, ikinci sırada ise %31 oranında "ön kol, el bileği, parmak" yaralanmaları olduğu görülmüştür. "Kafa" yaralanmaları %13 oranıyla üçüncü sıradadır ve dördüncü sırada da %12 oranıyla "omuz ve üst kol" yaralanmaları bu durumu takip etmektedir.

- Mekan-Zaman küpü ve zaman serisi analizleri incelendiğinde; zaman serisi analizi açısından z skorlarının, normal dağılımın %95 istatistiksel güven seviyesinde -1,96 ile 1,96 aralığında kaldığı ve kazaların rastlantısal nitelikte olduğu belirlenmiştir. Bu durum toplu bir kazalanmanın oluşmadığını, incelenen kazaların münferit nitelikte bireysel kazalar olduğunu ortaya koymaktadır.

- Mekan-zaman analizinde ise kazaların farklı mekanlarda ve fakat aynı zaman diliminde meydana geldiği, oluşturulan mekan-zaman küpü yardımıyla belirlenmiştir. Her bir üretim panosunda kazaların yılbaşı arifesine denk gelen zaman diliminde yoğunlaştığı görülmektedir. 2019, 2020 ve 2021 yılbaşlarından kısa bir süre öncesinde küpler kırmızılaşarak sıcak nokta oluşturmaktadır. Kazaların yıl sonlarına denk gelen zaman diliminde yoğunlaşmasının nedeni araştırıldığında, işletmenin uyguladığı politikalar gereği çalışanlarına yıl sonuna yakın bir zaman olan 27 Aralık'ta "devam ikramiyesi" adı altında maaşın dışında ekstra bir ödeme yaptığı, bu uygulamanın çalışanlar üzerinde yarattığı olumlu etkinin yanı sıra, çalışanlar üzerinde psikolojik bir baskı da yarattığı düşünülmektedir.

- Mekan-zaman küpü analizleri kapsamında zaman serileri irdelendiğinde, 2020 ramazan ayı öncesi, ramazan ayı ve sonrasını kapsayan 30 Mart ile 1 Haziran arası pandemi nedeniyle üretim faaliyetleri durdurularak çalışmalara ara verildiğinden iş kazası görülmemiştir. Ancak zaman serilerinde ve mekan-zaman küplerinde, 2019 ramazan ayı öncesinde azalan kaza sayılarının ramazan ayı boyunca artışa geçtiği gözlemlenmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Oluşturulan CBS ile mekansal ve zamansal analizler sonucunda kazalar ile tarihler, bölgeler, öğrenim durumu ve yaralanma türleri arasında ilişkilerin kurulmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

- Kazaların en yoğun meydana geldiği bölgenin katlı üretimin yapıldığı Çay üretim panoları olduğu belirlenmiştir. Özellikle bu üretim bölgesinde çalışan personelin meslek içi eğitim düzeylerinin artırılması gerekmektedir. Bölgesel yoğunluk gösteren kazalar için zamansal analizler yapıldığında, yıl sonu dönemlerine denk gelen tarih aralıklarında ilan edilen "devam ikramiyesinin" çalışanlar üzerinde psikolojik baskı yarattığı saptanmıştır. Bu durumun vardiyalarda belirli zaman dilimlerinde işe motive olma yönünde dikkat ve konsantrasyon kaybına yol açtığı söylenebilir. Üretim vardiyası olan vardiya 2'de iş kazalarının daha yoğun meydana geldiği ve bu kazaların yemek molasından önce yoğunlaştığı, diğer vardiyalarda ise vardiya başlangıç saatlerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu durumda alınabilecek ek önlemlere ilişkin olarak üretim vardiyası olan vardiya 2'de vardiya ortasına gelen zaman diliminde ve diğer vardiyalarda ise vardiya başlangıç zamanlarında çalışanların daha dikkatli olması yönünde uyarılmasında ve iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri kapsamında düzenli olarak verilen eğitimlerde bu hususların özellikle vurgulanmasında yarar görülmektedir.

- Zamansal ve mekansal analizlerden elde edilen sonuçların, zamana ve yeraltı işyerlerindeki çalışma ortamına göre değişebileceği, bu nedenle Zamansal CBS uygulamalarının kalıcı hale getirilerek, konuya ilişkin personellerin yetiştirilmesi, karar vericilere değişen ortam ve koşullara göre yeni analiz sonuçlarının raporlanması gerekmektedir.

- Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi ve altyapısına ilişkin kamu kurum ve kuruluşları arasında koordinasyonun sağlanması, hedef ve stratejilerin oluşturulması, coğrafi veri temaları içinde yer alan

coğrafi veri ve bilginin üretilmesi ve güncelliğinin sağlanması, yönetilmesi, kullanılması, erişimi, güvenliğinin sağlanması, paylaşılması ve dağıtımına yönelik olarak çıkartılan Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (Resmi Gazete 2019) ve diğer Coğrafi Bilgi Sistemi mevzuatı kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğünün koordinatörlüğünde, her kurum temel CBS uygulamalarını uygulamak zorundadır. Bu çalışma kurumun CBS uygulama politikaları açısından bir pilot proje olarak ele alınmış olup kurumun halen sürdürmekte olduğu CBS faaliyetlerine önemli ölçüde katkı sağlanacağına inanılmaktadır.

- Yapılmakta olan risk yönetimi ve değerlendirmesi çalışmalarına reaktif bir yaklaşımla katkıda bulunması amaçlanan bu çalışma, iş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki maden mevzuatı açısından değerlendirildiğinde, kaza konumlarının üç boyutlu yapısı, zaman verisi ve bilgisi içermesi sebebi ile kurumda sürdürülen iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri kapsamında, özellikle yoğunlaşılması gereken maden iş yerlerinin ve hedef kitlenin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda; 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile ilgili yönetmelikler doğrultusunda yapılması gereken risk değerlendirme çalışmalarının çok daha verimli hale getirilmesi amacıyla, iş kazası olaylarının gerçekleştiği yerlerde 4B konumsal (yatay konumlar x ve y ile yükseklik z) ve zamansal verilerin ölçümlerle belirlenerek, hazırlanan iş kazası raporlarına işlenmesi gerektiği ve 3B sayısal maden imalat haritalarına da bu konum verilerinin işlenmesiyle zamansal mekansal risk haritalarının üretilmesinin zorunlu hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük katkı sunan, yakın ilgilerini bizlerden esirgemeyen ve verilerini bizimle paylaşan TTK KTİM yetkililerine, Plan Bürosu ile İş Sağlığı ve Güvenliği Şube Müdürlüğü çalışanlarına, özelde Harita Yüksek Mühendisi Serkan SARGINOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Akçın H., Çakır A. and Sarginoğlu S. (2019). 3D risk maps in underground coal mining: on-site application for coal fire risk map, International Symposium on Occupational Health and Safety in Mining, Adana.
- Akçın H. (2021). A GIS-based building risk assessment for the subsidence due to undercity coal mining activities in Zonguldak, Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 14(376), Doi:10.1007/s12517-021-06702-6
- ArcGIS, (2021). Erişim adresi: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/space-time-pattern-mining-toolbox/emerginghotspots.htm>
- Ceylan H. ve Başhelvacı V. S. (2011). Değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: bir uygulama, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.3, No.2
- Dal, Ş., Başaraner, M. ve Selçuk, M. (2004). Zamansal Coğrafi Bilgi Sistemleri (ZCBS)- Nüfus Sayım Verilerine İlişkin Vektör Tabanlı Bir Tematik ZCBS Uygulaması, 3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul.
- Polat, E. (2007). Suç kümelerinin analiziyle mekansal ve zamansal suç tahmini modelinin oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Resmi Gazete, (07/11/2019). Sayı Numarası 30941, 49 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi.
- Tekin A.M. (2009). Risk Değerlendirmesi/Derecelendirilmesi, Ankara. Erişim Adresi: https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/7b4e63655366f05_ek.pdf?tipi=23&туру=X&sube=0
- TTK Faaliyet Raporu, (2020). Erişim adresi: <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2021/06/TTK.pdf>
- Yılmaz, O.Y. (2002). Zamansal CBS, İÜ Orman Fakültesi Dergisi Cilt 52, Sayı 1.

AÇIK MADEN İŞLETMELERİNDE KATMANLI RİSK DEĞERLENDİRMESİ **LAYERED RISK ASSESSMENT IN OPEN PIT MINING OPERATIONS**

A.K. Özdoğan^{1*}, A. Akbulut², B.G. Demir¹, S. Bostancı¹

¹ Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

² Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara

(*Sorumlu yazar: akozdogan@gmail.com)

ÖZET

Madencilik toplumsal yaşamın ayrılmaz bir parçası olarak hayatımızın her alanını etkilemektedir. Toplumsal hafızamızda yer etmiş olan iş kazaları ile anılan maden sektörü paydaşlarına bu olumsuz algıyı düzeltmek noktasında önemli görevler düşmektedir. Özellikle son yıllarda açık ocak maden işletmeciliğinde meydana gelen kazaların önlenmesinde işletmelerde üst yönetim, beyaz yaka ve mavi yaka pozisyonunda görev yapan tüm çalışanlara önemli görevler düşmektedir. Madencilik alanında gelişmiş ülkelerde kurumsal risk yönetimi anlayışı oturmuştur. Ülkemizde de benzer şekilde kurumsal risk yönetimi anlayışı noktasında farkındalık oluşturarak sektöre olan bakış açısını değiştirmeye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda açık maden işletmelerinde katmanlı risk yönetimi ve olgunluk modeli noktasında yapılması gerekenler bu çalışmada ele alınacak olup dünyadan örneklerle de verilerek sektöre farkındalık oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Risk Yönetimi, Açık İşletme, Madencilik

ABSTRACT

Mining, as an integral part of social life, affects every aspect of our lives. Stakeholders of the mining industry, who are known for their work accidents that have left a mark in our collective memory, have important duties to correct this negative perception. Especially in the prevention of accidents in open pit mining operations in recent years, all employees working in the positions of senior management, white collar and blue collar in enterprises have important duties. In the mining field, the understanding of enterprise risk management has been established in developed countries. Similarly, in our country, the need to change the perspective of the sector by creating awareness on the point of corporate risk management is increasing day by day. In this context, what needs to be done at the point of layered risk management and maturity model in open mining enterprises will be discussed in this study, and it is aimed to raise awareness for the sector by including examples from the world.

Keywords: Risk Management, Open Pit, Mining

GİRİŞ

Sürdürülebilir bir kalkınma; iş dünyasının ve insan yaşamının gereksinimleri ile doğal kaynakların sürdürülebilirliği arasında denge kurularak; ekonomik, toplumsal ve çevresel boyutlarıyla bugünden geleceğe uyumlu bir planlama yapılmasını amaçlayan bütünsel bir yaklaşımla sağlanabilir.

Madenler hayatımızın her alanında yer almaktadır. En temel yaklaşım ile yaşadığımız konuttan kullandığımız ulaşım araçlarına ya da bir elektronik cihazdan savunma sanayisine kadar madenlerin kullanılmadığı alan yoktur.

Madencilik faaliyetinin sürdürülebilirliği de maden kaynağının jeolojik, madencilik, metalürjik, ekonomik, pazarlama, hukuki, çevresel ve sosyal etkenler altındaki ve günün şartlarındaki dinamik süreçler dikkate alınarak yürütülmelidir.

Geçmiş yıllarda yaşadığımız ve çok sayıda yurttaşımızın hayatını kaybetmiş olduğu kazalar sonrası, madencilik ve diğer sektörlerde işletme faaliyetlerinde yeni bir anlayışın ön planda tutulmasını zorunlu hale getirmiştir.

Bu bağlamda mevcut açık işletmelerde Avustralya'nın dünyaya örnek olduğu ve bugün Avustralya dışında Kanada, Güney Afrika ve Çin gibi madencilik alanında öncü ülkelerdeki şirketlerde uygulanan kurumsal risk yönetiminin birleşeni olan katmanlı risk yönetimi işletmelerin sürdürülebilir güvenliği için (dayanak oluşturmaktadır). Söz konusu katmanlı risk yönetimi ve olgunluk modelinin açık işletmelerde uygulanma hususları ile ilgili detaylı değerlendirme yapılması sektöre) ışık tutacak ve işletme güvenliği açısından koşulların günbegün daha da olumlu hale gelmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmaların artması ve görünür (bilinir) hale gelmesi sayesinde toplumumuzun madencilığe olan bakış açısı da değiştirecektir.

Açık İşletmelerde Karşılaşılan Sorunlar

Ülkemiz madencilğinde açık işletme faaliyetlerinin yürütülmesi esnasında karşılaşılan olumsuz durumlar ile baş edilememesinin temel sebebi verimli çalışma koşullarının mevcut durum ile bütünleştirilememesidir).

Bu kapsamda örnek verecek olursak; ülkemizin jeolojik yapısı, madencilik alanında gelişmiş olan Avustralya, ABD, Kanada, Çin gibi ülkelerin jeolojik yapısından daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bir açık linyit işletmesinde genel olarak linyit oluşumunun damar yapısı diğer ülkelerdeki gibi yatay ve homojen değil, eğimli, parçalı ve kırıklıdır. Ayrıca, üretim alanlarında karşılaşılan çok sayıda kırık-çatlak sistemlerinden dolayı üretimin devamlılığı açısından farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu etkenler dikkate alındığında kömür grubu madenlerin işletmeciliğinin diğer ülkelere göre daha zor ve maliyetli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Başka bir örnek ile özellikle yeraltı işletmesinin ekonomik olmayacağı değerlendirilerek açık işletme yöntemi ile çalışılan metalik maden ocaklarında da ülkemiz topografyasından (dağlık olması) kaynaklı heyelan riski ihtimalinin daha fazla olması sebebi ile açık ocak planlamasında hataya yer olmayacak şekilde dikkatli planlanma yapılması bir zorunluluktur.

Bir diğer güncel örnek, ülkemiz doğal taş işletmeciliğinde sosyal ve toplumsal olarak onay koşullarının kesin olarak incelenmeden başlanılan madencilik faaliyetlerinde toplumsal yansıması sektörümüz için olumsuzlukla sonuçlanmaktadır.

Tüm bu örneklerde işletmeler tarafından operasyonel veya diğer risklerin mevcut koşullara göre değerlendirmesi yapılmakta ve sektör tarafından yapılan çalışmanın riski kaynağında giderilebileceği düşünülmektedir.

Ancak kurumsal risk yönetimi ile amaçlanan farkındalık bütünü ele almaktır. Örneğin bir metalik maden açık işletme ocağı yatırımında detaylı veriler ışığında finansal, çevresel, toplumsal ve operasyonel riskler dahil tüm hususları göz ardı etmeden süreçleri bütün olarak değerlendirmek esasına dayanır.

Kurumsal Risk Yönetimi

Dr. W. E. Deming tarafından 20. yüzyılın ortalarında sürekli iyileştirme temelini esas alan günümüzde PUKÖ Döngüsü olarak kabul görmüş sürecin bir yansıması olarak 1990'lı yılların ortasında gelişmiş ülkelerde faaliyet yürüten (şirketlerde geleneksel risk yönetimi felsefesinin yerini Kurumsal Risk Yönetimi almaya başlamıştır. Kurumsal Risk Yönetimi en basit tabir ile işletmelerin, firmaların karşılaştıkları sosyal, toplumsal, çevresel, operasyonel veya mali ya da etik tüm riskleri tanımlayarak

risklerin kabul edilebilir veya önemsiz seviyede tutulması için yapılması gereken süreçlerin bütünü olarak tabir edilebilir.

Kurumsal Risk Yönetiminde stratejiler işletme bazında değerlendirilmekte ve önem derecesine göre yol haritası çizilmektedir. Bu sayede geleneksel anlamda yapılan risk değerlendirmesinde birim bazlı yapılan değerlendirmelerden ziyade üst yönetiminde kesin olarak içinde bulunduğu ve takip ettiği bir süreç ile işletme faaliyetleri yürütülmektedir.

KURUMSAL RİSK YÖNETİMİ MODELLERİ

Gelişmiş ülkelerde 1990'lı yılların ortasında başlayan gelişmeye bağlı olarak belirli risk yönetim modelleri geliştirilmiştir. Avustralya ve Yeni Zelanda'da 1995 yılında 4360 sayılı kılavuz niteliklerine haiz (nitelikleri taşıyan) standart yürürlüğe girmiştir. Yine Kanada'da 2001 yılında "Bütünleşik Risk Yönetimi" kılavuzu yayınlanmıştır. ABD'de 2004 yılında İşletme Risk Yönetimi raporu COSO tarafından yayınlanmıştır. Ekim 2008'e gelindiğinde İngiltere'de "BS 3100:2008 Risk Yönetimi: Uygulama Esasları" yayınlanmıştır. (Şenol,2016)

Günümüzde dünyada ISO 31000:2009 Risk Yönetimi Standardı tüm ülkelerde esas kılavuz rehber olarak uygulanmakta olup söz konusu standart belgesinin temelini ise Avustralya ve Yeni Zelanda'da uygulanmakta olan 4360 sayılı standart oluşturmaktadır.

Kurumsal Risk Yönetiminin bu modeller ışığında uygulanması ve işletmelerde kültür değişikliğine gidilmesi daha güvenli ve daha verimli çalışma koşullarının oluşmasını sağlamaktadır.

Olgunluk Modeli

Kurumsal Risk Yönetimi anlayışının bir kurumda geliştirilmesi veya risk kültürünün derinden ve kapsamlı bir şekilde değiştirilmesinin mümkün olduğu bu alanda, konunun uzmanları tarafından sürekli dile getirilmektedir.

Günümüzde Hollanda'da Delft Üniversitesinde araştırmalarına devam eden Prof. Dr. Patrick HUDSON'ın kariyerinin ilk yıllarına denk gelen 1988 yılında 167 kişinin hayatını kaybettiği Piper Alpha Petrol Kulesi felaketinin ardından insan davranışlarını incelemeye başlamış ve güvenlik kültürünün yerleşmesinde 5 temel ilkenin bulunduğu belirtmiştir. Bunlar; Liderlik, Saygı, Dikkat, Adalet ve Öğrenme'dir. Bu temelden yola çıkarak 2001 yılında, dünyada bugün Hudson'ın Olgunluk Modeli, Merdiven Modeli veya Güvenlik Kültürü Modeli olarak anılan çalışmasını yayınlamıştır.

Hudson'ın Olgunluk Modeli 5 basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamak ilkel/temel olarak adlandırılmaktadır. İkinci basamak reaktif, üçüncü basamak uyumlu, dördüncü basamak proaktif ve beşinci basamak zirve olarak adlandırılmaktadır. (Oliveros,2020)

Birinci basamakta yer alan bir işletmede güvenlik kültürünün olmadığı tanımlanmaktadır. Beşinci basamak ise güvenin ve bilginin artması ile oluşmuş zirve basamağı olarak tanımlanmaktadır.

Bir işletmenin riske bakış açısını değerlendirmek için yapılacak ilk çalışma, Hudson'ın Olgunluk Modeli ile de uyumunu görebilmek için işletmedeki mevcut olan durumların tespitini yapmaktır. Bu çalışmaya günümüzde boşluk analizi denilmektedir.

Boşluk Analizi

20. yüzyılın en etkili yönetim teorisyenlerinden olan Prof. Dr. Peter Ferdinand Drucker "ölçülemeyen hiçbir olgu kontrol edilemez" demiştir. Bu bağlamda bir işletmenin risk kültürünü

değiştirmek noktasında yürütülecek süreçte en önemli noktalardan biri de risk olgunluğunu değerlendirebilmektedir. Uluslararası Risk Yönetimi Enstitüsü tarafından mevcut durum değerlendirmesi yapmaya imkân tanıyan “Boşluk Analizi Modeli” bu amaçla geliştirilmiştir.

Boşluk Analizi işletmenin güçlü veya zayıf yanlarını tanımlamamıza olanak sağlamaktadır. (Thin,2021) Boşluk Analizinin oluşturulması esnasında 23 bileşene bakılmaktadır. Bunlardan 6’sı kişisel, 17’si sistemsel faktörlerdir. Kişisel faktörler arasında; risk tavrı, saygı, yönetsel katılım, sorumluluk, danışma ve rehberlik bulunmakta olup sistemsel faktörler arasında risk yönetimi, stratejik planlama ve risk entegrasyonu, tasarım ve süreç yönetimi, değişim yöntemi, bilgi yönetimi, yetkinlik, verimlilik vb. faktörler yer almaktadır. (İlhan,2019)

Tespitler sonucunda risk yönetimi ve güvenlik kültürü değişikliğine giden yolun ana unsurlarını oluşmaya başlamaktadır.

Katmanlı Risk Değerlendirmesi

Günümüzde dünyada ISO 31000:2009 Risk Yönetimi Standardı esas alınarak risk değerlendirmesi yapılmaktadır. Aynı zamanda bu standart katmanlı risk değerlendirmesinin de temelini oluşturmaktadır. Katmanlı Risk Değerlendirmesinde her bir katmanda yapılacak çalışmalar işletme güvenliği açısından çalışanların görev, yetki ve sorumluluk alanlarını temel alan bir yaklaşıma dayanmaktadır.

Katmanlı Risk Değerlendirmesi Bileşenleri ve Yöntemleri

Katmanlı Risk Değerlendirmesi 3 katmandan oluşmaktadır.

Birinci katmanda görev, yetki ve sorumluluk üst yönetimin olup en üst katmanda yer almaktadır. Bu katmanda temel risk değerlendirmesi yapılmakta olup işletmenin bütününe bakarak değerlendirme yapılmakta ve büyük potansiyele sahip durumlar irdelenmektedir.

İkinci katmanda görev, yetki ve sorumluluk beyaz yaka personeldedir. Bu katman orta katmanda yer almaktadır. Bu katmanda faaliyet bazlı, sorun bazlı ve proje bazlı risk değerlendirmesi yapılmaktadır. İşletmenin bütünü dışında çalışmalar esnasında karşılaşılan hususlar veya yeni yatırımlarda karşılaşılan hususlar hakkında değerlendirme yapılmakta ve süreçler detay olarak irdelenmektedir.

En alt katmanda görev, yetki ve sorumluluk ise mavi yaka personeldedir. Bu katman tabanda yer almaktadır. Bu katmanda sürekli mini risk değerlendirmesi yapılmakta olup çalışanların çalışma koşulları hakkında sürekli olarak karşılaştıkları hususları değerlendirmesi ve bir üst katmanda bulunan birim yöneticisine ileterek riskin kaynağında giderilmesinde farkındalık oluşturmaya imkân sağlamaktadır.

Dünya’da Katmanlı Risk Değerlendirmesi

Günümüzde madencilik alanında gelişmiş ülkelerde faaliyetlerini yürüten işletmelerde kurumsal risk yönetimi ve buna bağlı katmanlı risk değerlendirmesi anlayışı uygulanmaktadır. Burada tüm riskler ele alınarak işletme sürdürülebilir güvenliği ve verimli çalışma koşulları sağlanmaktadır.

Kurumsal Risk Yönetiminin ortaya çıktığı ülke olan Avustralya’da faaliyette bulunan madencilik şirketleri sosyal, toplumsal, çevresel, operasyonel veya mali ya da etik tüm riskleri ele alarak madencilik konusunda kurumsal risk yönetimi ve katmanlı risk değerlendirmesinin önemi ve gücünü göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Güvenli, verimli ve sürdürülebilir çalışma koşullarının geliştirilmesi ülkemiz açık işletme madenciliği açısından önem arz etmektedir. Sürekli iyileştirme koşullarının günümüze uyarlanmış yaklaşımı olarak değerlendirilebilecek Kurumsal Risk Yönetimi ve bu sürecin yürütülmesinde Katmanlı Risk Değerlendirmesi anlayışının açık işletme madenciliğimizde gelişmesi ve farkındalığın artması madenciliğin toplumsal algısının değişmesine imkân sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- İlhan,S. (2019). Sıfır tolerans ilkesiyle katmanlı risk yönetimi. <http://mdtmad.com/tr/sifir-tolerans-ilkesiyle-katmanli-risk-yonetimi/> (erişim tarihi: 30.01.2022).
- Oliveros, N. (2020). Understanding safety culture maturity models, <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-safety-culture-maturity-models-nelson-oliveros/> (erişim tarihi: 30.01.2022)
- Senol, Z. (2016). Kurumsal Risk Yönetiminin Firma Performansına Etkisi: BİST Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.
- The Safety Institute of Australia (2012). The Organisation. (Syf:4) ISBN 978-0-9808743-1-0, Australia.
- Thin, A. (2021). What is a gap analysis and how is it relevant to mining projects?. <https://www.srk.com/en/publications/what-is-a-gap-analysis-and-how-is-it-relevant-to-mining-projects#:~:text=Gap%20Analysis%3A%20The%20process%20of,prioritise%2C%20and%20bridge%20the%20gaps,> (erişim tarihi: 30.01.2022)

MADENLERDE OTOMASYON UYGULAMALARININ İŞ GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ EVALUATION OF AUTOMATION APPLICATIONS IN MINES IN TERMS OF OCCUPATIONAL SAFETY

O. Doğan^{1*}, Ö. Kılıç², M.Ö. Keskin², A.M. Kılıç²

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

² Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

(*Sorumlu yazar: onurdoganl@gumushane.edu.tr)

ÖZET

Otomasyon sistemler, üretim hattında işgücüne gerek kalmaksızın çalışan karmaşık yapıdaki sistemlerdir. Bilişim, internet ve iletişim teknolojilerinde yaşanan büyük değişim, üretim bantlarında kullanılan makine ve ekipmanların bu teknolojiler sayesinde farklı roller üstlenmesine neden olmuştur. Gömülü ve akıllı yazılımlar, sensörler ve nesnelerin interneti gibi bileşenler sayesinde akıllı cihaz ve makinaların üretim hatlarında yerini alması bu sürecin destekleyici unsurlarından olmuştur. Endüstriyel sektörde yaşanan bu değişim birçok sektörde olduğu gibi madencilik sektörünü de olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Madenler, endüstriyel sanayinin gelişmesinde, sosyal ve ekonomik yapının evrilmesinde her zaman stratejik öneme sahip olmuştur. Madencilik sektörü çalışma ortamı ve çalışma koşulları bakımından zorlu ve bir o kadar tehlikelidir. Faaliyet alanları çoğu kez yerleşim birimlerinden uzak ve zorlu doğa koşulları ile başa çıkmayı gerektirir. Cevherin çıkarılmasından nihai ürüne dönüşmesine kadar geçen süreçte öngörülemeyen birçok durum söz konusudur. Üretim yöntemi, kullanılan teknolojiler, çalışan yetkinliği, çalışma ortamından kaynaklanan riskler işletmelerin üretim verimliliğini etkileyen önemli unsurlardan bazılarıdır. Madencilik sektöründe bu tür sorunların en aza indirilmesi günümüzde sıkça bahsedilen Endüstri 4.0 ve getirmiş olduğu teknolojiler ile daha kontrol edilebilir hale gelmeye başlamıştır. Başlangıçta zorlu ve tehlikeli olan madencilik sektörü günümüzde kullanılan teknolojiler sayesinde çok daha güvenli hale gelmeye başlamıştır. Bu çalışmada bir yeraltı metal maden işletmesinin Endüstri 4.0 kapsamındaki teknolojik uygulamaların iş güvenliğine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında otomasyon çalışan makine-ekipman ve bağlantılı sistemler, üretim süreçleri ve bu gelişmelerin iş güvenliği açısından incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Madenlerde otomasyon uygulamaları, Endüstri 4.0, İş güvenliği

ABSTRACT

Automation systems are complex systems that work without the need for labor on the production line. The great change in information, internet and communication technologies has caused the machinery and equipment used in production lines to assume different roles thanks to these technologies. Thanks to components such as embedded and smart software, sensors and the internet of things, the taking place of smart devices and machines in production lines has been one of the supporting elements of this process. This change in the industrial sector is expected to have a positive impact on the mining sector as well as in many other sectors. Mines have always been of strategic importance in the development of industrial industry and the evolution of the social and economic structure. The mining industry is challenging and dangerous in terms of working environment and working conditions. Activity areas often require dealing with difficult natural conditions away from settlements. There are many unforeseen situations in the process from the extraction of the ore to the transformation into the final product. Production method, technologies used, employee competence, risks arising from the working environment are some of the important factors that affect the production efficiency of enterprises. Minimizing such problems in the mining industry has started to become more controllable with Industry 4.0 and the technologies it has brought, which are frequently mentioned today. The mining industry, which was difficult and dangerous in the beginning, has started to become much safer thanks to the technologies used today. In this study, the effect of technological applications

within the scope of Industry 4.0 of an underground metal mining operation on occupational safety was investigated. Within the scope of the study, automation working machinery-equipment and related systems, production processes and these developments were examined in terms of occupational safety.

Keywords: Automation applications in mines, Industry 4.0, Occupational safety

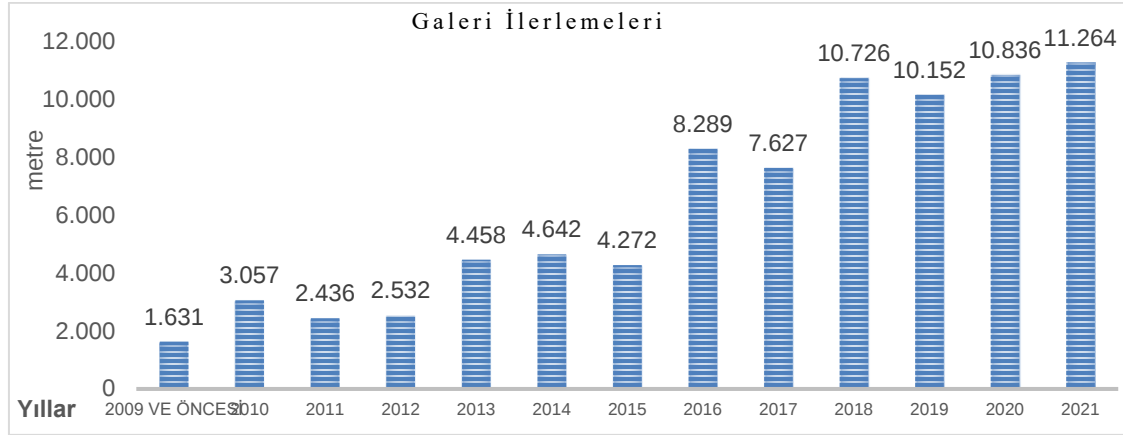
GİRİŞ

Günümüz dünyası bundan önceki üç sanayi devriminin devamı olarak nitelendirilen Dördüncü Sanayi Devrimine, diğer adıyla Endüstri 4.0'a hazırlanmaktadır. Endüstri 4.0 kavramının net bir tanımı olmamakla birlikte, bilişim, iletişim ve internet teknolojisinin endüstri ile birleştirilerek üretim süreçlerinde kullanılması olarak tanımlanabilir. Teknoloji alanında yaşanan gelişmeler iş hayatında birçok olgunun farklı ve hızlı şekilde evrilmesine neden olmaktadır. Bu değişimin yaratacağı olumlu ve olumsuz etkinin iyi anlaşılabilmesi için geçmişte yaşanmış üç büyük sanayi devriminin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Birinci Sanayi Devrimi ile büyük makinelerin sanayide kullanılmasıyla, buhar kazan patlamaları, maden kazaları ve patlamalar meydana gelmiştir. Bu kazaları önlemek amacıyla makinelerin ve ekipmanlarını bakımları periyodik yapılarak muhtemel riskler en aza indirilmeye çalışılmıştır. İkinci Sanayi Devriminde, elektriğin sanayide kullanılmaya başlanmasıyla, elektrik yangınları, trafik kazaları, fabrika kazaları, patlamalar meydana gelmiştir. Bu kazaları önlemek için makine koruyucular ve röleler geliştirilmiştir. Üçüncü Sanayi devriminde elektroniğin sanayide kullanılmaya başlanmasıyla büyük endüstriyel kazalar, asansör kazaları, makine-insan çarpışması gibi kazalar yaşanmıştır. Bu kazaların önlenmesi için otomasyon sistemler (PLC) üretim süreçlerine dahil edilmiştir. Dördüncü ve son Sanayi Devriminde ise enformasyon teknolojilerin (IT) kullanılması ile geçmiş kaza tipleri, insansız makine kazaları, robotik hatalar, siber saldırılar vb. nedenlerden dolayı çeşitli kazaların yaşanması beklenmektedir (www.meganova.com.tr). Endüstri 4.0 süreci geçmişte yaşanmış üç sanayi devriminden farklı olarak, yeni teknolojilerin endüstri ve imalat sanayisine entegrasyonu, çalışanların uyum süreci ve öngörülemeyen teknolojik risklerin bu gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkması beklenmektedir. Başlangıçta zorlu ve riskli olan madencilik sektörü bu süreçte çok daha kolay güvenli hale gelmeye başlamıştır.

Endüstri 4.0 kapsamında, yapay zekâ, kablosuz iletişim ve otomasyon uygulamaları madencilik sektöründe ivme kazanmaktadır. Firmalar bu teknolojileri kullanarak daha güvenli ve daha verimli operasyon koşullarını elde etmeyi amaçlamaktadırlar. Ayrıca uzaktan kontrol ve otomasyon teknolojiler sayesinde tehlikeli alanlar çok daha güvenli hale gelmeye başlamıştır. Bu kapsamda Sandvik gibi maden makine üreticileri AutoMine ve OptiMine gibi çeşitli teknolojik platformlar geliştirmiştir. OptiMine uygulaması yeraltı ekipmanlarından elde edilen verilerin takibi için geliştirilmiş bir programdır. AutoMine ise delme, patlarma, yükleme gibi operasyonların otomasyonu ve uzaktan kontrolünde kullanılan bir programdır (Sandvik, 2020). BHP, Rio Tinto gibi makro boyuttaki maden firmaları uzun bir süredir bu yönde yatırımlar yaparak üretimlerini insansız yapmak yönünde ilerlemektedirler (TKDB ve TOBB, 2020).

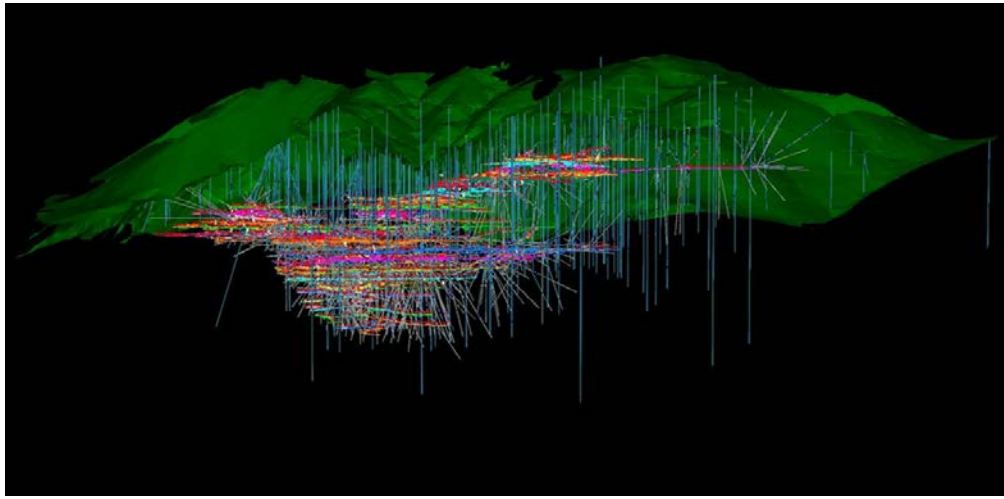
İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Çalışmanın yapıldığı işletme çinko (Zn) ve kurşun (Pb) üreten bir polimetallik yeraltı madenidir. Çalışmanın yapıldığı işletmede ara-katlı göçertmeli ve dolgulu üretim yöntemleri uygulanmaktadır. İşletme 2005 yılında arama sondaj faaliyetlerine başlamıştır. İlk galeri çalışma faaliyeti ise 2008 yılında yapılmıştır. Şekil 1'de işletmenin 2009-2021 yıllarına ait galeri ilerlemeleri görülmektedir.



Şekil 1. İşletmenin 2009-2021 yıllarına ait galeri ilerlemesi

İşletmede 2010 yılından 2021 yılının sonuna kadar 4.367.456 ton tüvenan cevher üretimi gerçekleşmiştir. Bu süreçte 70.534 m galeri sürülmüştür. İşletmenin yer üstü sondaj delgileri 53.825 m, yer altı 82.104 m, galeri fere imalat toplamı ise 135.929 m'dir. Şekil 2'de işletmenin yeraltı ve yer üstü sondaj delgileri görülmektedir.



Şekil 2. İşletmenin yeraltı ve yerüstü sondaj delgileri

İŞLETME YERALTI ÇALIŞMA DÖNGÜSÜ

İşletmede yıllık ortalama 585.0000 ton bakır, gümüş, altın, çinko cevheri çıkarılmaktadır. Üretim yöntemi olarak ara katlı göçertmeli ve dolgulu üretim yöntemi uygulanmaktadır. Toplam çalışan sayısı 255 kişi olup 185 çalışan yer altında istihdam edilmektedir. Yeraltı üretiminde toplam 21 iş makinesi kullanılmaktadır. Bu makinelerden 8 tanesi otonom teknolojisi ile çalışmaktadır. Makine ve ekipmanların bakım ve onarımları periyodik olarak yılda bir kez akredite firmaları tarafından yapılmaktadır. Bunun dışında her 500 saat'lık yağ ve her 1000 saat'lık genel bakımları da kademedeki görevli çalışanlar tarafından periyodik olarak yapılmaktadır. Çalışmanın yapıldığı işletmede 2015 yılından itibaren otomasyon ve yeni teknolojik uygulamalar periyodik olarak haata geçirilmeye başlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı işletmenin yeraltı çalışma döngüsü şu süreçlerden oluşmaktadır;

Kavlak Alımı-Tarama

İşletmede üretimin her sürecinde aktif olarak kavlak kontrolü yapılmaktadır. Bu işlem işletmenin üretime ilk bağladığı dönemde sivriçler (2-2,5 m) ile yapılmıştır. Ancak kavlak düşmesi sonucu yaralanmalarda artış yaşanması sonucu 2017 yılından itibaren Pause kullanılmaya başlanmıştır.

Manuel ve uzaktan kullanım imkânı sayesinde kavlak düşmesi sonucu yaralanma oranı büyük oranda azalmıştır.

Tahkimat-Zemin Güçlendirme

Yeraltı madencilik faaliyetleri esnasında oluşan boşluk ve çukurların malzeme ile doldurulmasında; ağaç tahkimat, çelik tahkimat, tavan cıvatası, beton tahkimat ve dolgu malzemeleri kullanılmaktadır. Çalışmanın yapıldığı işletmede ocağın zemin yapısının durumu göz önünde bulundurularak püskürtme beton, hasırlama, swellex, split set, XA (demir bağlar) ile yapılmaktadır. İşletmede üretim öncesinde kavlak alımı-tarama işlemi yapılır. Kavlak alımı yapılan yüzeylere 2,4-2,5 m uzunluğunda basınç, su ve hava yardımıyla split set olarak bilinen tavan delgileri çakılır. Bu işlem formasyon dikkate alınarak püskürtme beton atıldıktan sonra veya tam tersi şekilde de yapılabilmektedir. Gerek görülmesi durumunda formasyonda dikkate alınarak tavana 5 m uzunluğunda ve 2 m genişliğinde hasırlı split setlerde yapıştırılabilmektedir. Formasyonun yapısında kil, pirit veya fay hattı söz konusu ise XA (demir bağlar) yapılmaktadır. Bu işlemde demir bağlar birer metre arayla kurulur. Dolgu malzemesi ile boşluklar doldurulur son olarak üzerine beton dökülür.

Ölçüm İşlemleri

Madencilikte haritalama, yeraltında yapılan planların ilerleyen galeriler ile uyumlu bir şekilde ilerleyip ilerlemediğini, katlar arasındaki topuk (paralel mesafe) uzunluklarını ve et kalınlığının (yükseklik farkı) kontrolünü sağlar. Cevher modellerine doğru ve kısa yoldan gidilerek verimliliğin artmasına, katlar arasında beklenmedik bir patlama ve sonrasında ortaya çıkabilecek kırılmalara karşı mühendisleri önceden tedbir alma konusunda uyarır. Can ve mal kaybını minimum seviyeye indirir, hacim hesaplanmasının doğru şekilde yapılmasına yardımcı olur. Yeraltında bulunan otomatik kapı, revir, elektrik hatları, fanlar, telsiz noktaları, panolar, su hatları, sığınma istasyonları (yaşam odaları), patlayıcı depoları, havuzlar vb. yerlerin kesin koordinatlarını ve acil durumlarda en kısa yoldan nasıl ve hangi noktalardan güvenli alanlara ulaşılabileceğinin bilgisini verir. Ölçüm işlemleri Total Station, GeoSight CMS ve Mira ile yapılmaktadır. Ölçüm sonucu elde edilen bilgiler bilgisayara aktarılır. Daha sonra Netcad ve Micromine üç boyutlu programa işlenir.

Delgi

Jumbo Mine Master deliciler kullanılarak ayna delgiler üç metre uzunluğa kadar, tavan delgileri için ise Simba deliciler kullanılarak on sekiz metreye kadar delim yapılabilmektedir. Aynada delgi yapıldığı zaman ocak içine biriken sular şamandra kullanılarak havuzlarda toplanır. Ocak içinde toplam dokuz aktarma havuzu bir tane hidrofor bulunmaktadır. İşletme kapalı sistem ile çalışmakta olduğu için şamandra sistemi çalışmaktadır. Galerilerde açılan havuzlara gelen su miktarı yaklaşık 1-1,5 m bulması durumunda şamandra devreye girmekte ve diğer havuzlara fazla su pompalanmaktadır. Aktarma havuzları hem diğer aktarma havuzlarının hemde kendine yakın aynaların sularını almaktadır. Son toplanma alanı ise ana hidrofor havuzudur.

Patlayıcı Şarj Etme-Patlatma

Jumbo deliciler kullanılarak açılan delikler anfo şarj makinesi ile şarjlama yapılmaktadır. Daha sonra yemleyici dinamit, excel kapsül, anfo, infilaklı fitil kullanılarak ocak dışından patlatma işlemi yapılmaktadır.

Patlatma

Madencilik faaliyetlerinde cevherin hızlı ve ekonomik şekilde elde edilebilmesi patlatma ile sağlanmaktadır. Çalışmanın yapıldığı işletmede patlatma işlemi, elektronik kapsül ile yapılmaktadır.

Elektronik kapsül, adi kapsülde (işletmede kullanılan eski yöntem) olduğu gibi çarpma ve ezilme gibi dış faktörlerden etkilenmez. Statik elektrik veya herhangi bir enerji kaynağı sistemi aktif hale getirmez. Ancak sistemde yaşanabilecek enerji kaybı kablosuz patlatma için yapılan ayarların güncellenmesine, patlatmanın gecikmesine ve zaman kaybına neden olmaktadır. Patlatma sürecinde gerekli ayarlama ve kontroller yapıldıktan sonra son onay noktası Blaster'dır. Eğer patlatmadan vazgeçilirse cihazların ayarları sıfırlanır ve patlatma iptal edilir. Sistem eski usulle yapılan patlatma yöntemine göre daha güvenli ve daha verimli şekilde yapılmaktadır.

Gaz Takip Sistemi

İşletmenin yeraltı ocağında sekiz adet fiber optik gaz sensörü bulunmaktadır. Gaz ölçümleri hem sabit hem de taşınabilir cihazlar ile yapılabilmektedir. Gaz sensörleri, çalışma bölgesinin yoğun olduğu bölgelere, hava akımının az olduğu bölgelere ve kirli havanın geçtiği noktalara yerleştirilmiştir. Kritik noktalara yerleştirilen sensörler vasıtasıyla ortamın gerçek zamanlı takibi sağlanmaktadır. Sensörler, ocak içindeki metan, oksijen, karbonmonoksit, hava akım hızı, ortalama sıcaklık takibi gibi ölçümler yapmaktadır. Böylelikle riskli ve yüksek tehlike içeren lokasyonlarda işgücü gereksinimine ihtiyaç duyulmadan anlık gaz takibi yapılabilmektedir. Yeraltı madenciliğinin yapıldığı yerlerde nem, sıcaklık ve su varlığından dolayı bu cihazların kalibrasyonları periyodik olarak kontrol edilmelidir. Ayrıca, gaz sensörlerinden elde edilen verilerin doğruluğunun test edilmesi amacıyla manuel gaz ölçüm cihazları ile ortam ölçümü yapılarak veriler karşılaştırılabilir. Bu durum aynı zamanda gaz sensörlerinden elde edilen verilerin doğruluğunun teyit edilmesi açısından da önemlidir. Yeraltı madencilik faaliyetlerinde alınabilecek en akılcı tedbir ve çözüm, gerçek zamanlı olarak gaz oranlarının izlenmesi ve sürekli kontrol altında tutulmasıyla sağlanabilir. Yapılan çalışmalara göre insan gereksinimine ihtiyaç duyulmadan otomasyon ağırlıklı merkezi izleme sistemleri sayesinde ocak için kontrol altına alınarak daha güvenli ve verimli çalışma ortamı sağlanabilmektedir (Mallı ve ark., 2014).

Gerçek Zamanlı Takip Sistemi (RTLS)

İşletmede, çalışanların ve otomasyon makine ve ekipmanların takibi anlık olarak yapılmaktadır. Yeraltı üretim faaliyetlerinin yapıldığı yerlerde çalışanların güvenliği ve afet durumunda anlık takiplerinin yapılabilmesi her maden için endişe kaynağıdır. Kablosuz iletişim sayesinde çok tehlikeli işkollarından olan yeraltı madenleri günümüzde nispeten daha güvenli hale gelmeye başlamıştır.

Havalandırma

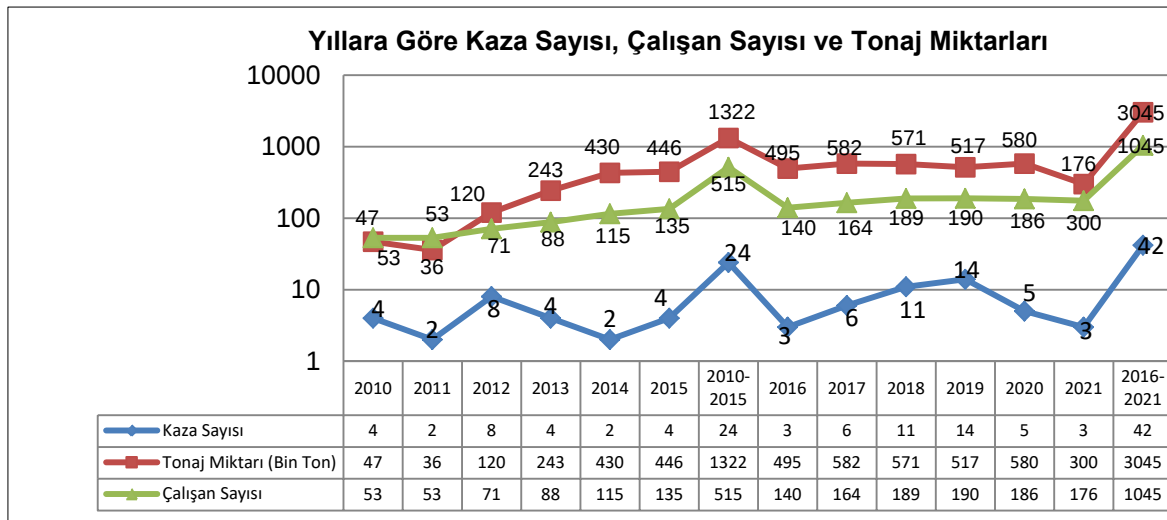
Patlatma sonrası ocak içinde istenmeyen gazların atılması ise emici fanlar ile yapılmaktadır. Ocağa giren toplam hava miktarı $2100 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'dır. Ocak içinde 4'ü emici, 9'u üfleyici olmak üzere toplam 13 fan bulunmaktadır. Fanların tamamı otomasyon sistemle çalışmaktadır. Fanların çalışmasında havalandırma programı olan 3 boyutlu Ventsim programı kullanılmaktadır. Bu program ile panoların hava dağılımlarının analizi, ocağa giren hava miktarı, ocak toplam direnci, kollardaki hava dağılımı, şebeke gücü ve vantilatör gücü tespit edilebilmektedir. Fanlar aktif moddan pasif moda geçmesi durumunda sürücüler kontrol edilir ve sistem resetlenerek kısa sürede aktif hale getirilir. Eğer sistemin ana bileşenlerinden olan Gateway (ağ geçidi) cihazının bağlantısı kopmuş ise fan merkezi izleme sistemi tarafından kontrolü sağlanır. Bu tür durumlarda bağlantı sistemi teknik birimlerce kontrol edilir ve arıza giderilir. Yazılımsal, donanımsal veya yedek parça gereksinimine ihtiyaç duyulması durumunda tedarikçi kurum/kuruluş ile iletişime geçilir. Ana fanda arıza yaşanması durumunda ise yedek fanlar devreye girmektedir. Fanların otomasyon özelliğine sahip olması sistemsel arızaların sık yaşanmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle hata okuma, anlama ve yorumlama yetkinliğine sahip çalışanların varlığı bu tür arızaların kısa sürede çözülmesine katkı sağlayabilir. Aynı zamanda destek alınan kurum/kuruluşların servis ağının geniş olması ve işletmeye yakın mesafede bulunması stratejik açıdan önemli olduğu düşünülmektedir.

Taşıma-Nakliye

Üretim süreçlerinde patlatma işlemi yapıldıktan sonra patlatılan ayna cevheri yeraltı kepçecileri ile yeraltı kamyonlarına yüklenmektedir. Tavan cevherleri ise otonom sistemli uzaktan kumandalı kepçe ve kamyonlar kullanılarak yerüstüne taşınmaktadır. Eğer ocak içindeki cevher, stok sahasının üst katlarında üretiliyor ise fereler aracılığıyla yeraltı kepçeleri doğrudan ocak içindeki cevheri stok sahasına döker. Cevher burada bulunan loderler aracılığıyla kamyonlara yüklenir ve ocak dışında cevher stok alanına getirilir. Kazı işi delme – patlatma uygulaması ile yapılmakta olup, kazılan cevher yeryüzüne yeraltı kamyonları ile nakledilmektedir. Günlük ortalama üretim 1000 ton civarındadır. Ocak dışındaki stoklanan cevher kamyonlar vasıtasıyla yaklaşık 18 km uzaklıkta bulunan cevher zenginleştirme tesisine (flotasyon) nakledilir.

İŞLETMENİN 2010-2021 YILLARINA AİT KAZA SAYISI, ÇALIŞAN SAYISI VE TONAJ MİKTARI

Şekil 3'de çalışmanın yapıldığı işletmenin 2010-2021 yıllarına ait iş kaza sayısı, çalışan sayısı ve tonaj miktarları verilmiştir. İşletmenin 2010-2015 yıllarına ait verileri incelendiğinde çalışan sayısının ve üretimin en çok olduğu yıl 2015 yılı olurken, en çok iş kazası 2012 yılında yaşanmıştır. 2016-2021 yıllarına ait veriler incelendiğinde üretimin en çok olduğu yıl 2017, en çok iş kazasının yaşandığı yıl 2019, en çok çalışanın istihdam edildiği yıl ise 2019 olmuştur.



Şekil 3. İşletmenin yıllara göre kaza sayısı, çalışan sayısı ve tonaj miktarı

Kazalar yıl, üretim, çalışan ve kullanılan teknoloji açısından değerlendirildiğinde ise, 2010-2015 yılları arasında toplamda 1.332.000 ton malzeme üretilmiş ve 24 iş kazası yaşanmıştır. 2016-2021 yılları arasında toplamda 3.450.000 ton malzeme üretilmiş ve 42 iş kazası yaşanmıştır. Kaza sayısı, çalışan sayısı ve tonaj miktarları dikkate alındığında 2015 yılından sonra iş kazalarında artış yaşanmıştır. İşletmede 2015 yılından itibaren yeni teknolojik uygulamaların periyodik olarak hayata geçilmeye başlandığı bilinmektedir. İşletmede istihdam edilen çalışanlara hem kurum içi hem de kurum dışı mesleki eğitimin ve iş güvenlik eğitiminin verildiği bilinmektedir. İş kazalarının bu denli yüksek olmasının nedeni iş güvenlik kültürünün istenilen düzeyde çalışanlarca benimsenmemiş olması, teknolojidaki karmaşıklığın artması, çalışanların dijital değişime kapalı olması ve 2012 yılında 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve beraberinde çıkarılan yasal düzenlemelerin getirmiş olduğu yükümlülüklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim işletmeler 6331 sayılı Kanun öncesinde iş kaza kayıtlarının tutulma ve bildirim zorunluluğu bulunmaz iken, yeni yasal düzenlemenin (2013 tarihi ve sonrasında) yürürlüğe girmesi ile bu durum zorunlu hale gelmiştir. Şekil 4'te işletmede meydana gelen iş kazaların ortaya çıkış nedenlerinin analitik hiyerarşi proses (AHP) yöntemi ile ağırlıklandırılmış hali görülmektedir.

Çalışmanın yapıldığı işletmede 2010-2021 yılları arasında toplam 66 iş kazası yaşanmış (1 uzuv kaybı) ancak hiçbir ölümle sonuçlanmamıştır. Kazalar ortaya çıkış nedenleri ayrıntılı şekilde incelendiğinde; malzeme düşmesi, uzuv sıkışması, malzeme çarpması, lastik patlaması, su borusu patlaması, mikser camının patlaması, yüksekte düşme, gaz kaçağı sonucu oluşan yanıklar, takılarak düşme, bakım onarım esnasında uzuv sıkışması gibi nedenler sonucunda yaşanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİ

Madencilik sektörü çalışma ortamı ve çalışma koşulları bakımından zorlu ve bir o kadar tehlikelidir. Faaliyet alanları çoğu kez yerleşim birimlerinden uzak ve zorlu doğa koşulları ile başa çıkmayı gerektirir. Cevherin çıkarılmasından nihai ürüne dönüşmesine kadar geçen süreçte öngörülemeyen birçok durum söz konusudur. Üretim yöntemi, kullanılan teknolojiler, çalışan yetkinliği, çalışma ortamından kaynaklanan riskler işletmelerin üretim verimliliğini etkileyen önemli unsurlardan bazılarıdır. Madencilik sektöründe bu tür sorunların en aza indirilmesi günümüzde sıkça bahsedilen Dijital Devrim ve getirmiş olduğu teknolojiler ile daha kontrol edilebilir hale gelmeye başlamıştır. Başlangıçta zorlu ve tehlikeli olan madencilik sektörü günümüzde kullanılan teknolojiler sayesinde çok daha güvenli hale gelmeye başlamıştır. Bu süreci destekleyici en önemli unsur işletmelerdeki aktörlerin, çalışanları dönüşüm sürecine dahil ederek; dijital okur yazarlık, veri akışının takibi ve veri analizi, hata ayıklama ve düzeltme gibi yetkinlikleri artırılabilir. Bu durum işletmenin rekabet gücünün artmasını, iş veriminin artmasını, işçi maliyetlerinin azalmasını, iş kazaları ve meslek hastalıklarından kaynaklı birçok olumsuz etkinin azalmasını sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı'nda 01/01/2022 tarihinde kabul edilen "İş Güvenliği Açısından Endüstri 4.0 Uygulamaları" isimli Doktora çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Mallı, T., Kun, M. ve Köse, H. (2014). Yeraltı Kömür İşletmelerinde Gaz İzleme ve Erken Uyarı Sistem Teknolojisinin İş Kazalarının Önlenmesindeki Önemi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,16(46), s.60-67.
Sandvik. (2020). AutoMine Equipment Automation and Teleoperation ystems. Rock Technology Sandvik, Erişim Adresi: <https://www.rocktechnology.sandvik>.
Tabii Kaynaklar Dairesi Başkanlığı (TKDB) ve TOBB Türkiye Madencilik Meclisi, 2020, Türkiye Madencilik Gelişim Raporu. TOBB Yayın No:2021/25, s.36.

**NEVŞEHİR İLİ VE ÇEVRESİ ERİYONİT MİNERALİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**
*EVALUATION OF ERIONITE MINERAL IN NEVŞEHİR AND ITS SURROUNDINGS IN TERMS OF
OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY*

E. Demirel¹, N. Yapıcı^{2*}

¹ Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendislik Bölümü

(*Sorumlu yazar: nyapici@cu.edu.tr)

ÖZET

Eriyonit, ilk defa Eakle (1898) tarafından adlandırılmış olup; zeolitlerin grup-2'nin tek ve 6 halkalı, lifsel, demetisel üyesini oluşturur. Kristal yapısından dolayı bu mineralin canlılar üzerinde kanserojen etkiye sahip olduğu epidemiyolojik olarak ortaya konulmuştur. Bu çalışma, Nevşehir İli ve çevresindeki toksik element içerikleri araştırılarak değerlendirilmiştir. Özellikle bölgede bulunan volkanik tuf kayaları içinde zeolit grubu minerali olan eriyonit ele alınmıştır. Belirlenen bölgelerden alınan numuneler mineralojik ve kimyasal analizlerle değerlendirilmiştir. Bölgede yaşayan insanların sağlık sorunları gözler önüne serilerek bölgeye yönelik alınabilecek önlemler ve çözüm önerileri sunulmuştur. Araştırma bölgesi olan Nevşehir İli ve çevresinde insan sağlığına gereken önemin verilmemesi çalışmanın amacını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Nevşehir, Eriyonit, , İş güvenliği, Halk sağlığı, Mineral

ABSTRACT

Erionite was first named by Eakle (1898); It constitutes a single and 6-ringed, fibrous, bundled member of group-2 of zeolites. It has been epidemiologically revealed that this mineral has a carcinogenic effect on living things due to its crystalline structure. In this study, toxic element contents of Nevşehir Province and its surroundings were investigated and evaluated. In particular, erionite, which is a zeolite group mineral in the volcanic tuff rocks in the region, has been discussed. The samples taken from the determined regions were evaluated by mineralogy and chemical analysis. By revealing the health problems of the people living in the region, precautions and solutions that can be taken for the region are presented. The fact that the necessary importance is not given to human health in Nevşehir Province and its surroundings, which is the research region, reveals the purpose of the study.

Keywords: Nevşehir, Erionite, Occupational safety, Public health, Mineral

GİRİŞ

Bu çalışmada Nevşehir İli ve çevresindeki ağır metal ve toksik element içerikleri araştırılarak değerlendirilmiştir. Özellikle bölgede bulunan volkanik tuf kayaları içinde zeolit grubu minerali olan eriyonitin hammadde olarak kullanılması iş sağlığı ve güvenliği açısından oldukça tehlikelidir. Bu mineralin mikroskopik boyuttaki tozlarının akciğer kanserine yol açtığı bilinmektedir. Zeolit mineralleri genellikle volkanik kaya birimlerinin görsel çökellerle ilişkili olduğu alanlarda yaygınlaşmaktadır. Endüstriyel hammadde olarak işletilen yatakların başında Manisa Gördes ile Balıkesir Bigadiç yatakları ön plandadır (Albayrak, 2008). Birleşik Amerika'nın Oregon eyaleti, İtalya'nın Napoli bölgesi, eski Yugoslavya, Yeni Zelanda, bazı Afrika ülkeleri, Japonya'nın belirli bölgelerinde zeolit yatakları vardır. Kayıtlara göre buralarda kanser olaylarının görülmemiş olmasının nedeni, yatakların yakınında yerleşim yeri olmamasındandır. Ancak Nevşehir bölgesi endüstriyel madenciliğin olduğu önemli bir hammadde alanıdır. Bu nedenle bölgede Eriyonit minerali bir halk sorunu haline gelmiştir.

Eriyonit, zeolit grubu minerallerden birisi olup, ilk defa Eakle (1898) tarafından adlandırılmıştır. Zeolitlerin grup-2'nin tek ve 6 halkalı, lifsel, demetsel üyesini oluşturur. Genel formülü: $\text{Ca}_{4,5}(\text{Al}_9\text{Si}_27\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ 'dır (Atabey, 2009). Eriyonit mineralinin kristal yapısı dolayısıyla epidemiyolojik olarak insan ve hayvanlar için kanserojen olduğu bilinmektedir (Barış, 1987). Mineraller optik mikroskopi (OM), taramalı elektron mikroskopisi (SEM), enerji dispersiv spektroskopi (EDS), XRD ve indüktif çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) yöntemleri ile tespit edilmektedir. Optik mikroskopisi (OM) ile fibroz (lifsi) malzemenin varlığını, taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ile mineralin morfolojisini, enerji dispersiv spektroskopi (EDS), SEM birlikte mineralin element bileşim tayini, x-ray difraksiyon (X-RAY) ile fibroz taneciklerinin mineralojisini ve son olarak indüktif çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile sonuçlar test edilmektedir.

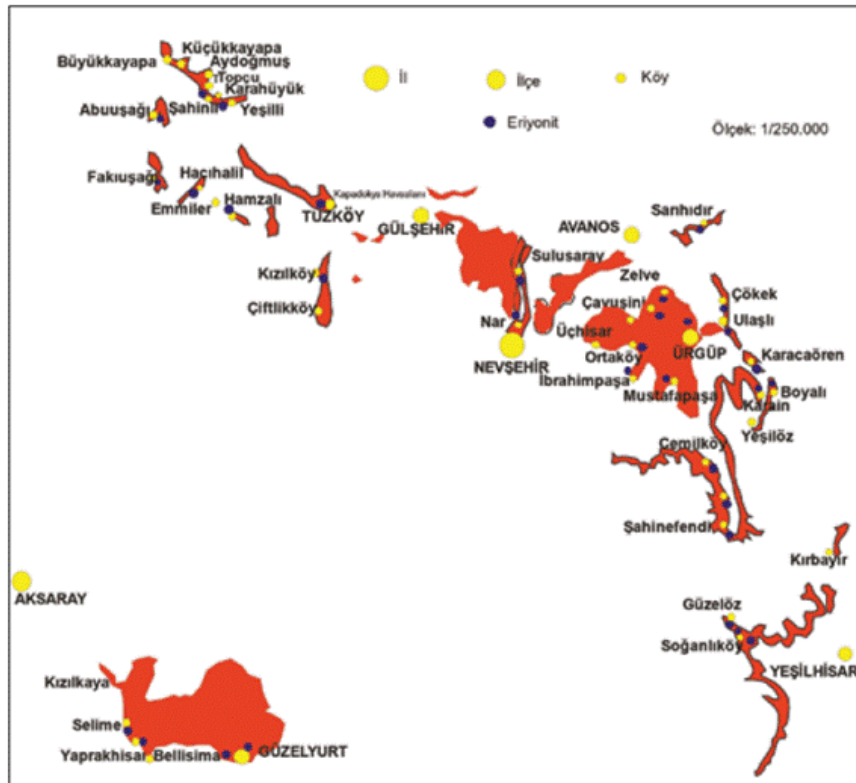
Mineral kapalı tuzlu sulu göllerde çökelen volkanik malzemenin göl suyu ile kimyasal tepkimesi sonucu oluşmaktadır. Bu tür oluşumlar, Batı ABD ve Doğu Afrika rift vadisindeki tuzlu eski göl yataklarından bilinmektedir. Bu bölgelerde havadan göl ortamına kül yağmuru olarak dökülen volkanik küller, alkali tuzlu göl suları ile tepkimeye girerek geniş kanal yapısına sahip zeolitlerden; fillipsit, analsim, klinoptilolit, şabazit ve eriyonitin oluşmasını sağlamıştır (Mumpton, 1973). Nevşehir Karain, Sarıhıdır köyleri ile Tuzköy beldesinde kansere neden olan eriyonit mineralinin oluşumu, bu tip bir oluşum özelliğine dahil edilmektedir (Atabey, 2002b, 2003b; 2009).

Erionit, Nevşehir Ürgüp ilçesine bağlı Karain, Sarıhıdır, Taşkınpaşa, Şahinefendi, Cemilköy, Yeşilöz, Boyalı, Karacaören, Çökek, Ulaşlı, Mustafapaşa Beldesi, İbrahimpasa, Ortaköy köyleri, Ürgüp merkezi ve çevresinde, Uçhisar, Göreme, Çavuşini arasında, Zelve vadisinde, Nevşehir merkeze bağlı Sulusaray ve Nar Beldeleri arasında, Gülşehir ilçesi Tuzköy, Kızılköy, Çiftlikköy, Hamzalı, Hacıhalil, Fakıuşağı köyleri ve Abuuşağı Beldesinde, Hacıbektaş ilçesine bağlı Yeşilli, Şahinli, Karahüyük köylerinde görülmektedir. Şekil 1'de Nevşehir, Kırşehir, Kayseri ve Aksaray arasında bulunan eriyonitli volkanik tüf kayalarının dağılımı kırmızı alanlarla gösterilmiştir.

Eriyonit minerali içeren volkanik tüfler, gri, beyaz, sarımsı, bej pomza ve volkanik kayaç parçaları ile amfibol, piroksen, plajiyoklas, kuvars, biyotit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Pomza parçaları sedef parlaklığında ve lifsi yapıdadır. Ürgüp ve Gülşehir çevresi ile Kızılırmak vadisi boyunca gözlenen eriyonitli volkanik tüf düzeyleri; orta-ince tabakalı kumtaşı, ince tabakalı killi kireçtaşı ve kil taşı ile ardalanmalı, bazı yörelerde ise bu litoloji birimleri ile yanar ve düşey geçişlidir. Nevşehir ile Aksaray arasında akarsu ortamında depolanmış olanlar kalın tabakalı ve masif, karasal alanlarda depolanmış olanlar ise masif yapıdadır (Atabey, 2009).

Kapalı göl ortamına gelen piroklastik malzeme alkali tuzlu göl suları ile tepkimeye girerek geniş kanal yapısına sahip zeolitlerden fillipsit, analsim, klinoptilolit, şabazit ve eriyonit mineralini oluşturmuştur. Nevşehir'deki Karain, Sarıhıdır ve Tuzköy'de kansere neden olan eriyonit mineralinin oluşumu bu tip oluşuma dahil edilmektedir (Atabey, 2002a, 2003a; 2009). Zeolitlerin hammadde olarak işletildiği yatakların başında Manisa Gördes ile Balıkesir Bigadiç yatakları ön plandadır (Albayrak, 2008). Birleşik Amerika'nın Oregon eyaleti, İtalya'nın Napoli bölgesi, eski Yugoslavya, Yeni Zelanda, bazı Afrika ülkeleri, Japonya'nın belirli bölgelerinde zeolit yatakları vardır. Kayıtlara göre buralarda kanser olaylarının görülmemiş olmasının nedeni, yatakların yakınında yerleşim yeri olmamasındandır.

Yapılan jeolojik araştırmalarda akciğer kanserinin daha yoğun tespit edildiği Karain, Sarıhıdır, Çökek, Ulaşlı, Karacaören, Tuzköy yerleşim alanlarının bulunduğu volkanik tüf kayalarının diğer yerleşim yerlerine göre, göl ortamında çökelmiş kumtaşı, kireçtaşı ve kil taşı litolojisinden oluştuğu ve bazen merceksi bir yapıya sahip olduğu ortaya konmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Nevşehir, Kırşehir, Kayseri ve Aksaray arasında bulunan eriyonitli volkanik tüf kayalarının dağılımı (kırmızı alanlar) (Atabey, 2008; 2009)

Kaya tuzu oluşumları ve onun üzerine gelen tüf tabakaları Tuzköy’de gözlenmektedir. Dünyada en yaygın kanser türünün rastlandığı yöre olarak bilinir. Benzer oluşum Karain ve Sarıhıdır köyleri için de söz konusudur. Ancak Karain ve Sarıhıdır köylerinde Tuzköy’deki gibi tüflerin altında kaya tuzu yer almamakta, tüfler doğrudan gölsel evaporitli kil taşı ve tüfit tabakaları ile örtülmektedir.

Bu yöredeki tüfler de göl suyu ile reaksiyona girmiş ve bünyelerinde eriyonit zenginleşmesi oluşmuştur. Ardından sözü edilen bu göl çökelleri, Nevşehir ve çevresinde olan tüf ve bazalt türü volkanik kayalarla örtülmüştür. Daha sonra yöre kayaları genç faylarla kırılmış ve kıvrımlanmış olup, erozyon vd. bir dizi jeolojik olaylarla vadiler oluşturarak aşınmış, aşınmayan alanlar ise orijinal konumunda korunmuştur (Atabey, 2001, 2002a, 2002b; 2002c; 2009).

Eriyonit Mineralinin Sağlığa Etkileri

Eriyonit mineral iğneciklerinin (tozları) solunum yollarına kolayca girip, derinliklere kadar gidebilmesi, orada hiç değişmeden kalabilmesi ve kimyasal yapıları nedeniyle akciğer ve karın zarında mezotelyoma denilen kanser türünü yaptığı kabul edilmektedir (Barış, 1987, 1994, 2002-2005, 2008; Barış ve diğerleri, 2007; Göktepeli ve diğerleri, 1983). Eriyonitin kanser yapıcı özelliği Dünya Sağlık Teşkilatına (WHO) bağlı, Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu tarafından kabul edilmiştir. Lifsel (iğnems) yapılu mordenit ile lifsel yapıda olmayan diğer zeolit cinslerinin sağlığa zararlı olduğu gösterilememiştir. Belirli ölçülerde (çapı yarım mikrondan az, boyu 5 mikrondan fazla) ve akciğerde erimeden uzun süre kalabilen lifsel yapıdaki minerallerin kanser yapıcı olduğu Stanton isimli Amerikalı bir araştırmacı tarafından ortaya atılmıştır (Barış, 1987). Benzer minerallerin sebep olduğu mezotelyoma vakaları İrlanda, İzlanda, Yeni Zelanda ve Japonya ile birlikte Kaliforniya, Nevada ve Oregon'da da bulunduğu bilinmektedir (Barış, 2008). Eriyonit mineral tozuna bağlı hastalıklar Barış ve diğerlerine (2007) göre eriyonit mineral tozu ile ilgili hastalıklar benign ve malign adı altında iki grup altında toplanmıştır.

Benign hastalıklar; Kalsifiye, hyalinize plevral plaklar, kostal plevra, diafragmatik plevrada, mediastinal plevrada, perikartta, kronik diffüz fibröz plöritis, benign plevral effüzyon, yuvarlak ateletazi, üst lobda plevra ve parankimayı içine alan ilerleyici değişiklikler, kuş bacağı, pnömokonyosis ve küçük hava yolu hastalığıdır.

Malign hastalıklar; malign plevral mezotelyoma, malign peritoneal mezotelyoma, akciğer kanseri, diğer organ kanserleri (sindirim sistemi, larenks, ürojenital sistem, hematolojik tümörler) olarak sayılır.

Bölgede bulunan diğer oluşumlardan asbest, kuvars gibi mineral tozlarının da insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır.

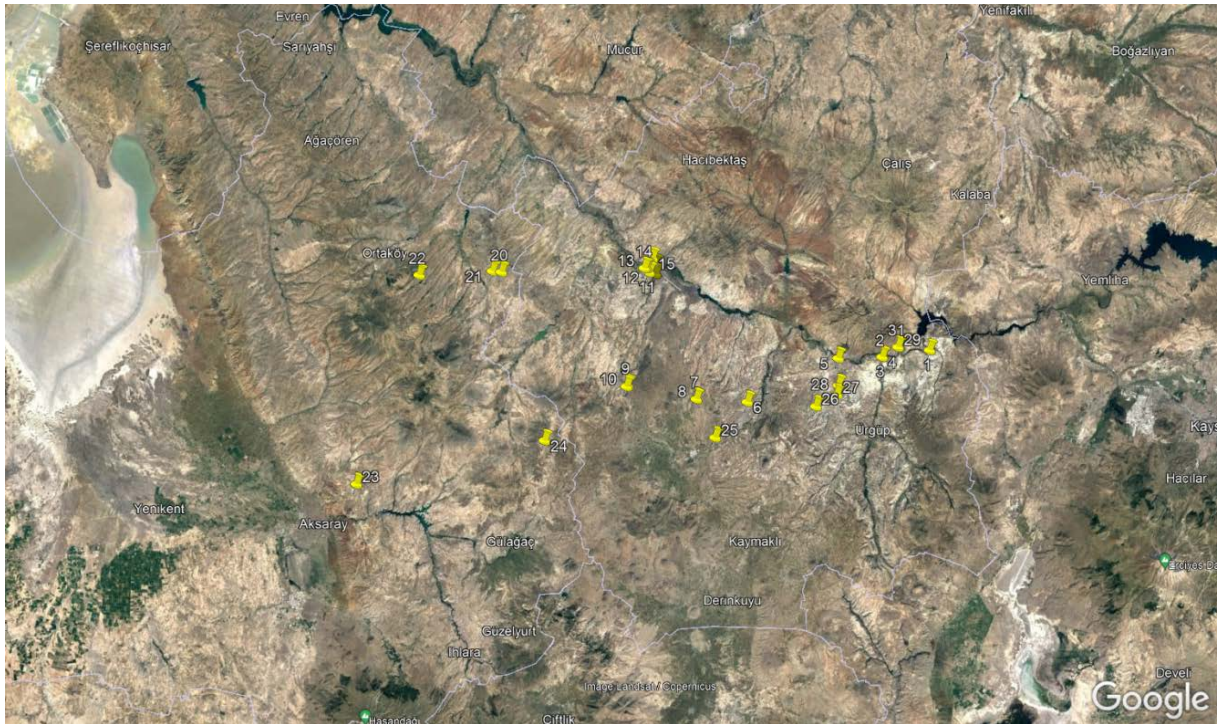
Araştırma Nevşehir İli ve çevresindeki zeolit grubu minerali eriyonitin madencilik sektöründeki ve kullanım alanlarındaki toksikolojisi ele alınmıştır.

Bölgede bulunan doğal hammaddelerin özellikle inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu nedenle gerek madencilik faaliyetlerinde çalışanlar ve gerekse yapısal malzemeyi kullananların sağlığı tehdit altındadır.

YÖNTEM

Çalışma, 4 bölüm altında yapılmış olup, literatür taraması, arazi çalışması, sonuçların değerlendirilmesi ve önerilerin geliştirilmesi şeklindedir.

Çalışmada kullanılacak olan kayaç örnekleri Acıgöl, Avanos, Derinkuyu, Gülşehir, Hacıbektaş, Kozaklı, Merkez ve Ürgüp bölgelerinden alınmıştır. Numunelerin alındığı yerlerin koordinatları GPS ile belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Örnek alım noktaları

Numune alımı temiz yüzeyden plastik eldivenlerle gerektiğinde yüzeyden parçalanarak yapılmıştır ve alınan temsili numuneler kurutulmuş, öğütülerek konileme dörtleme ile numune azaltıldıktan sonra alınan numunelerin mineral içerikleri belirlenmiştir. Numunelerin kimyasal içerikleri

ICP/MS ve X-Ray Flüoresans (XRF) ile belirlenmiştir. XRD analizleri yapılarak numunenin yapısı hakkında daha detaylı bilgi elde edilmiştir.

Özellikle bölgede bulunan volkanik tuf kayaları içinde muhtemel eriyonit mineral içerikli numunelerin örnekleme yapılmış Tuzköy, Karaseki, Sarıhıdır bölgelerinden alınan numune alımları fotoğraflanmıştır (Şekil 3-6).



Şekil 3. Nevşehir bölgesi tuflerinden örnek alım işlemi



Şekil 4. Mevcut Tüflerden blok çıkartan maden işletme ocağı



Şekil 5. Tüf bölgelerinin genel görünümü



Şekil 6. Kızılırmak mevkiinden alınan örneklerin arazi görüntüsü

ARAŞTIRMA BULGULARI

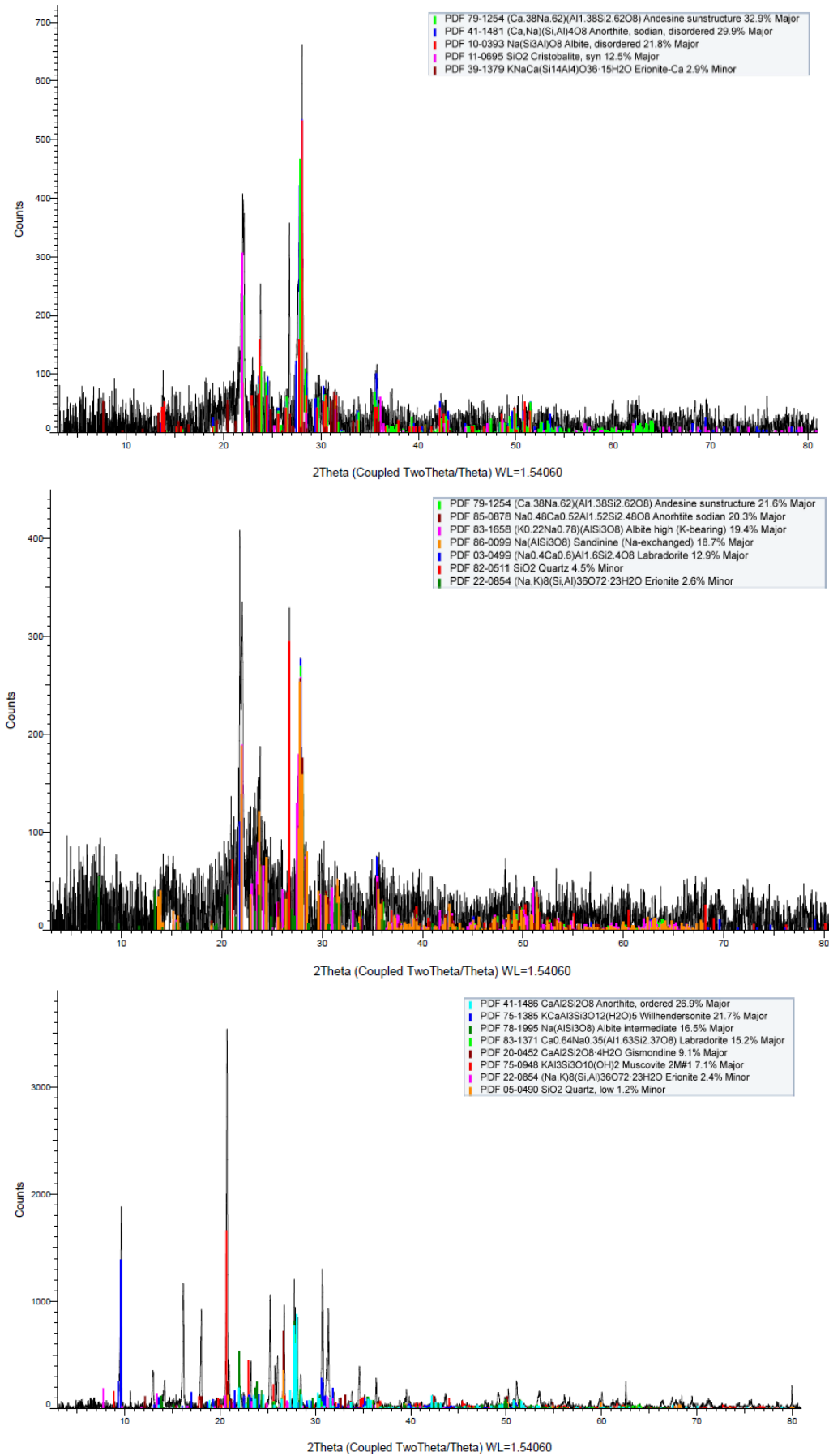
Kızılırmak-Gülşehir, Tuzköy, Kapodokya, Sarıhıdır bölgelerinden alınan tüf ve sediman örneklerinden yapılan Kimyasal analiz ve XRD sonuçları Çizelge 1 ve Şekil 7'de verilmiştir. Çizelge 2'de Gülşehir Kızılırmak nehir kıyısından alınan örneklere ait element kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı alanlardan alınan tüf örneklerine ait kimyasal içerik tablosu
(No: 1-4-30-31 (Ürgüp), 5: (Sarıhıdır), 11-12 (Tuzköy))

Element	1	2	5	11	12	30	31
SiO ₂	70,51	68,85	72	72,8	69,02	67,52	69,3
Al ₂ O ₃	15,26	15,25	17,3	11,51	13,95	13,52	12,32
TiO ₂	0,85	0,3	0,3	0,62	0,9	0,52	0,85
Fe ₂ O ₃	2,81	2,85	2,8	4,1	4,9	5,2	3,9
CaO	3,2	2,8	0,52	1,2	0,95	2,85	3,1
Na ₂ O ₃	0,11	0,35	0,1	0,52	0,82	0,65	1,02
K ₂ O	2,1	0,85	0,28	2,7	2,8	2,32	1,95
MnO	0,19	0,15	0,08	0,05	0,95	1,02	0,65
A.Z	4,6	5,2	5,1	5,8	5,6	5,1	5,3

Çizelge 2. Kızılırmak Nehri kıyısı (Gülşehir- Kırşehir) sedimana ait analiz sonuçları

CaO %	Na ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	As (ppm)
5,096	0,94	2,58	0,84	1,89	0,53	5
Pb (ppm)	Ni (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Cd (ppm)
34	47	268	14	35	2	17



Şekil 7. Tüflere ait XRD sonuçları

Bu sonuçlara göre Tuzköy, Sarıhıdır ve Gülşehir bölgelerinden alınan sediman ve tuf örneklerinde ağır metal ve kanserojene sebep olan eriyonit minerali hemen hemen her örnekte çıkmıştır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Özellikle Kapadokya bölgesi endüstriyel hammadde bakımından zengin bir bölgedir. Pomza, Diyatomit, Volkanik tuf, Perlit bölgenin başlıca endüstriyel kaynaklarıdır. Ayrıca volkanik faaliyet ile geniş alanları kaplayan tüfitler bölgenin inşaat sektörü için önemini artırmıştır. Tuzköy, Sarıhıdır, Gülşehir beldelerindeki yapılarda kullanılan zeolitli tüfler, pomzalar bünyesinde barındırdığı eriyonit minerallerinin kanserojen madde içeriği sebebi ile kanser ve akciğer hastalıklarından yüzlerce kişinin ölümüne sebebiyet vermiştir. Bölgede hâlihazırda açık ocak işletmeciliği ile pomza çıkaran maden işletmeleri bulunmaktadır. Hem iş sağlığı hem de halk sağlığı yönünden bilinen yüksek riskli bölgedir.

Bölgede bulunan Madencilik faaliyetleri ile ülkenin tamamına sevk edilen dış ve içyapı malzemelerinin mineral içeriğinin mutlaka tespit edilmesi gerekmektedir.

Eriyonitli alanlarda alınması gerekli önlemler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

- Ayrıntılı jeolojik çalışma yapılmalıdır,
- Ön çalışma sonucunda eriyonit minerali tespit edilen yerlerde, evlerde, samanlık, kiler, depo gibi eklentilerde duvar taşı olarak eriyonit içeren tuf kayası kullanılmamalıdır,
- Sokak araları olabildiğince nemli tutulmalı, tozlaşma önlenmelidir,
- Tozlu ortamda maske kullanılmalıdır,
- Özellikle bebekler tozdan uzak tutulmalıdır,
- Evlerin içleri, odalar, evin eşikleri, sokaklar süpürülürken ıslatılmalıdır,
- Eriyonitli tüften yapılmış duvarlar sıvanmalı, badana ve boya yapılmalıdır,
- Sokak araları ve giriş yolları asfaltlanmalıdır,
- Tozdan korunmak için zemin ve çevre yeşillendirilmelidir,
- Köy halkının eriyonitli tuf kayalarının evlerin yapımında kullanımı önlenmelidir,
- Köy halkı eriyonit mineral tozlarının sağlığa etkileri bakımından eğitilmelidir,
- Mezotelyoma (akciğer kanseri) riski olup, olmadığı hakkında yukarıda sayılan yerlerde tıbbi araştırma yapılmalıdır,
- Epidemiolojik, akciğer grafisi çalışması, erken tanı merkezli çalışmalar yapılmalıdır,
- Yapılacak her türlü tesis, yapı, yerleşim yeri zemini için eriyonit minerali ve diğer jeolojik unsurlarla ilgili konunun uzmanlarından görüş alınmalıdır.

Ayrıca bunlara ek olarak; yerleşim yerleri tahliye edilmeli yeni yerleşim yerlerinde yapı malzemelerinde eriyonit içerikli malzemelerin kullanılması önlenmelidir. Terk edilen alanlar mutlaka imha edilmeli, alanlar tel örgü veya çit gibi malzemelerle ayrılmalı insanların kullanımına kapatılmalıdır. Eski yerleşim yerlerinde bulunan yapılar tamamen terk edilerek, yapılar yıkılarak üzeri 2 metre toprakla kapatılmalıdır. Ayrıca şevli ve eğimli alanlarda istinat duvarları yardımıyla yapılmalıdır. Bütün bu işlemler yapılırken yerler ıslatılarak tozun hareketi engellenmelidir. İşlemler esnasında maske ve eldiven gibi koruyucular mutlaka kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Albayrak, M. (2008). Batı Anadolu, Trakya ve Kapadokya yöresi zeolitleri mineralojik veri tabanı. MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Arşivi, Ankara.
- Atabey, E. (2009). Türkiye’de asbest, eriyonit, kuvars ve diğer mineral tozları ve etkileri. MTA Yerbilimleri ve Kültür Serisi: 6, 191s. ISBN:978-605-4075-44-7 Ankara
- Atabey, E. (2002b). Tüm Kapadokya Yöresi Volkanik Tuf Nedeniyle Kanseri Riski Altında mı?, Uluslar arası Katılımlı Beslenme, Çevre ve Kanseri Sempozyumu Bildiri Özleri, 31 Mart-3 Nisan 2002, Ankara.
- Atabey, E. (2003b). Zeolitin Öteki yüzü, Cumhuriyet Bilim Teknik, 13 Eylül, 2003, S.860/13

- Atabey, E. (2008). Türkiye’de jeolojik olarak arsenik sorununa genel bir bakış. Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Kitabı. 113-115. YMGV Yayını ISBN:978-975-7946-33-5, Ankara.
- Atabey, E. (2002a), Tüm Kapadokya risk altında mı? TÜBİTAK Bilim ve Teknik, Sayı:412, 64-67.
- Atabey, E. (2002c). Erionitli tüflerle göl çökellerinin ilişkisi, Türkiye 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri.
- Atabey, E. (2001). Tuzköy kasabası yeni yerleşim yeri jeolojik etüt raporu, MTA Rapor No: 10400.
- Barış, Y.İ. (1994). Bu doktoru rehin alalım: Anadolu’da bir kanser araştırması, 110s., Kent Matbaası, 1994. Ankara.
- Barış, Y. İ. Akay, H. ve Emri, S. (2007). Türkiye’de asbest ve erionit ile ilgili hastalıklar. Toraks Dergisi, 8, Ek 1, ISSN: 1302-7808. Ankara.
- Barış, Y.İ. (1987). Asbestos and erionite related chest diseases, Semih Ofset Matbaası, 1987. Ankara.
- Eakle, A.S. (1898). Erionite, a new zeolite. Amer. J. Of Sci., 6, 66-68.

BİR TAŞ OCAĞINDA GÖRGÜL YÖNTEMLER KULLANARAK ŞEV DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ INVESTIGATION OF SLOPE STABILITY USING EMPIRICAL METHODS IN A QUARRY MINE

A. Ceylanoğlu^{1*}, B. Erdem¹, B. Şengün¹

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
(*Sorumlu yazar: aceylan@cumhuriyet.edu.tr)

ÖZET

Açık işletme madenciliğinde gerek iş sağlığı ve güvenliği gerekse ekonomik açılardan uygun şev geometrisinin planlanması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, bir taş ocağında yerinde ölçüm ve gözlemler yapılarak şev duraylılığı incelenmiştir. RMR ve Q kaya kütlesi sınıflama sistemlerine yönelik ocağın basamak aynalarının değişik ölçüm noktalarında veriler ve ana kayadan temsili numuneler alınmıştır. Kütle ve malzeme özellikleri kullanılarak RMR ve Q kaya sınıflama sistemlerine göre çalışılan noktalar değerlendirilmiş ve MRMR ve Q-slope değerleri belirlenmiştir. Ocak koşulları, üretim yöntemi, kaya kütle/malzeme özellikleri ve şev duraylılığına yönelik çalışma sonuçları dikkate alınarak basamak yüksekliği, genişliği ve şev açısı belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçları ışığında nihai genel şev açısının 55° olarak uygulanması önerilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Şev duraylılığı, Kaya kütle/malzeme özellikleri, Şev açısı, Güvenlik faktörü

ABSTRACT

In open pit mining, planning and application of proper slope geometry has of great importance from both occupational health and safety and economic points of view. In this study, slope stability was investigated by in-situ measurements and observations in a quarry mine. Data and representative rock samples for the RMR and Q rock mass classification systems were taken from the bedrock at different measurement points of bench faces in the mine. Using the mass and material properties, the studied points were evaluated according to the RMR and Q rock classification systems, and the MRMR and Q-slope values were determined. The bench height, width and slope angle were determined by considering the pit conditions, production method, rock mass/material properties and the results of slope stability. In the light of this study results, it was suggested that the overall slope angle should be applied as 55°.

Keywords: Slope stability, Rock mass/material properties, Slope angle, Safety factor

GİRİŞ

Gerek metal ve kömür açık ocaklarında gerekse taş ocaklarında örtü kazı miktarını düşürmek amacıyla şev açısının artırılması, şev duraylılığı problemlerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Şev duraylılığı, uygulanan işletme yöntemi, delme-patlatma koşulları, kaya veya zemin birimlerinin makaslama dayanım parametreleri, jeolojik yapı (süreksizlikler, faylar, kırıklar vb.), kaya kütle özellikleri, ocak derinliği ile gerilme durumu, yeraltı suyu koşulları, iklim özellikleri ve faaliyet süresi gibi birçok faktör ve işlemlerden etkilenmektedir.

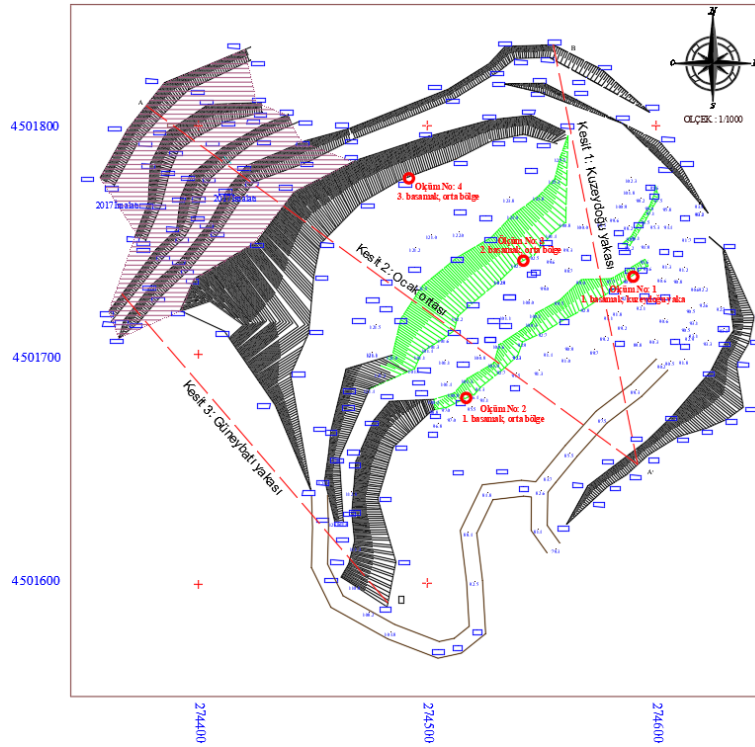
Kaya kütle sınıflama sistemleri açık ocak şev duraylılığı çalışmalarında da dikkate alınmaktadır. Bu sınıflama sistemleri maden ve inşaat projelerinin ön tasarım ve tasarım aşamalarında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Mevcut sınıflama sistemleri kaya kütlesinin davranışını etkileyen kütle ve malzeme özelliklerini analiz ederek, nitelik gözlem ve ölçümlerinden sayısal puanlama sağlamaktadır. Şev duraylılığı; şev açıları, şev yükseklikleri, basamak genişlikleri, kaya kütle ve malzeme özellikleri, kaya kütlesinin jeolojik yapısı, gerilme koşulları, yeraltı suyu, tektonizma, patlatma kaynaklı sismik olaylar ile

iklim ve ayrışma koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu çalışma kapsamında, bir taş ocağı için iki değişik kaya kütle sınıflama sistemi (RMR ve Q) kullanılarak şev duraylılığı incelenmiştir.

KAYA BİRİMLERİNİN MALZEME VE KÜTLE ÖZELLİKLERİ

Çalışılan Taş Ocağı

Sakarya ili Geyve ilçesinde Karaçam mücavirinde bulunan taş (Metagranodiyorit) ocağında basamak yükseklikleri 10 – 20 m arasında değişen beş ana şev oluşturulmuş olup bu şevlerin basamak genişlikleri ortalama 25 m'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Ölçüm yapılan noktalar

Arazi Çalışmaları

Metagranodiyorit taş ocağında gözlem, inceleme ve ölçümler, ilk ikisi birinci basamakta olmak üzere üç ardışık basamak aynasında yapılmıştır (Ceylanoğlu vd., 2019). Ocakta incelenen basamak aynaları ile gözlem ve ölçüm noktaları Şekil 1'de verilen ocak imalat haritası üzerine işlenmiştir. Bu ölçümlerde süreksizliklerin özellikleri ayrıntılı biçimde belirlenmiş (Şekil 2) ve yerinde Schmidt sertliği deneyleri yapılmıştır (Şekil 3). Schmidt sertliği deney sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. Ayrıca, ana kayayı temsil eden uygun boyutta numuneler alınmıştır.

Laboratuvar Çalışmaları

Ölçüm noktalarından alınan temsili kaya birimlerinin bazı önemli fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda birim ağırlık, nem oranı ve nokta yükleme deneyleri ISRM (1981) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve sonuçları toplu halde Çizelge 2'de verilmiştir.



a) 1 no'lu ölçüm yeri (birinci basamak)



b) 2 no'lu ölçüm yeri (birinci basamak)



c) 3 no'lu ölçüm yeri (ikinci basamak)



d) 4 no'lu ölçüm yeri (üçüncü basamak)

Şekil 2. Gözlem ve inceleme noktaları



a) 1 no'lu ölçüm yeri (birinci basamak)



b) 2 no'lu ölçüm yeri (birinci basamak)



c) 3 no'lu ölçüm yeri (ikinci basamak)



d) 4 no'lu ölçüm yeri (üçüncü basamak)

Şekil 3. Yerinde Schmidt sertliği belirleme deneyleri

Çizelge 1. Yerinde Schmidt sertliği deney sonuçları

Deney lokasyonu	Kaya birimi	Schmidt sertliği
1. ölçüm noktası (1. basamak, kuzey yaka)	Metagranodiyorit	34.60±3.73 (28 – 40)*
2. ölçüm noktası (1. basamak, orta bölge)	Metagranodiyorit	33.22±3.59 (28 – 42)*
3. ölçüm noktası (2. basamak, kuzey yaka)	Metagranodiyorit	34.53±3.84 (28 – 45)*
4. ölçüm noktası (3. basamak, orta bölge)	Metagranodiyorit	34.55±4.52 (28 – 46)*
Ortalama	Metagranodiyorit	34.22±3.92 (28 – 46)*

Çizelge 2. Kaya mekaniği laboratuvar deney sonuçları

Özellikler	1. ölçüm noktası	2. ölçüm noktası	3. ölçüm noktası	4. ölçüm noktası	Ortalama
Doğal Birim Ağırlık (g/cm ³)	2.95±0.01 (2.94-2.96)*	2.93±0.05 (2.89-2.98)*	2.96±0.02 (2.94-2.98)*	2.95±0.01 (2.94-2.96)*	2.95±0.02 (2.89-2.98)*
Mineral Tane Yoğunluğu (g/cm ³)	3.01±0.02 (2.99-3.03)*	3.00±0.04 (2.96-3.05)*	3.00±0.00 (3.00-3.00)*	3.07±0.00 (3.07-3.07)*	3.02±0.02 (2.96-3.07)*
Nokta Yükleme Dayanımı I _{s(50)} (MPa)	5.86±1.51 (3.80-8.66)*	7.58±2.23 (4.48-12.93)*	7.14±2.40 (4.61-11.81)*	9.34±2.07 (4.97-13.31)*	7.48±2.05 (3.80-13.31)*
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	128.92±33.24 (83.70-190.53)*	166.75±49.04 (98.48-284.55)*	157.18±52.72 (101.52-259.83)*	205.46±45.64 (109.2-292.8)*	164.58±45.16 (83.70-292.82)*
Tek Eksenli Çekme Dayanımı (MPa)	7.32±1.89 (4.76-10.83)*	9.47±2.79 (5.60-16.17)*	8.93±3.00 (5.77-14.76)*	11.67±2.59 (6.21-16.64)*	9.35±2.57 (4.76-16.67)*

*Minimum ve maksimum değerler parantez içinde verilmiştir.

Kaya Birimlerinin RQD Değerleri

Ölçüm noktalarını temsil eden sondaj bulunmadığından, kaya biriminin ortalama kaya kalitesi belirteci (RQD), yerinde ölçülen ortalama süreksizlik aralığı ile RQD arasında literatürde verilen ilişki (Priest ve Hudson, 1976) kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen RQD değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Kaya Birimlerinin Malzeme Sınıflamalarına Göre Sınıflandırılması

Kaya malzeme özellikleri dikkate alınarak yapılan birçok kaya malzeme sınıflaması bulunmaktadır. Bunlar arasında kaya kalitesi belirteci (RQD), Schmidt sertliği ve tek eksenli basınç dayanımı (TEBD) en sık kullanılan sınıflamalardır. Çalışılan kaya birimleri yerinde ve laboratuvarla yapılan deneylerden elde edilen malzeme özellikleri kullanılarak, yukarıdaki kaya malzeme sınıflamalarına göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3). Kaya birimlerinin kaya kalitesi belirtecine göre sınıflandırılmasında Deere ve Miller (1966) sınıflamasından yararlanılmıştır. Buna göre kaya birimlerinin kalitesinin çok iyi sınıfta yer aldığı görülmüştür.

Kaya birimlerinin Schmidt sertliğine göre sınıflandırılmasında ISRM (1978) sınıflamasından yararlanılmıştır. L-tipi Schmidt çekici ile bulunan sertlik değeri ISRM'ye (1981) göre değerlendirilmiş ve kaya birimleri, "az sert" sınıfında yer almıştır. Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dayanımına (TEBD)

göre sınıflandırılmasında ISRM (1981) sınıflamasından yararlanılmıştır. Kaya birimleri tek eksenli basınç dayanımı ISRM (1981) sınıflamasına göre “yüksek dayanımlı” olduğu görülmüştür.

Çizelge 3. Kaya birimlerinin malzeme sınıflamalarına göre sınıfları

Lokasyon (Ölçüm No)	RQD	Schmidt Sertliği	TEBD (MPa)
1	Çok iyi (99.83)	Az sert (34.60)	Yüksek dayanımlı (128.92)
2	Çok iyi (99.88)	Az sert (33.22)	Yüksek dayanımlı (166.75)
3	Çok iyi (99.90)	Az sert (34.53)	Yüksek dayanımlı (157.18)
4	Çok iyi (99.90)	Az sert (34.55)	Yüksek dayanımlı (205.46)

Jeomekanik Sınıflama Sistemine (RMR) Göre Değerlendirme

Bieniawski (1973) tarafından geliştirilen Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi ya da Kaya Kütlesi Değerlendirme Sistemi'nde (RMR), temel RMR değerinin belirlenmesinde kayanın dayanımı (nokta yükü dayanım indisi veya tek eksenli basınç dayanımı), RQD, süreksizlik aralığı, süreksizliklerin durumu ve yeraltı suyu durumu olmak üzere toplam 5 parametrenin değeri kullanılmaktadır. RMR sistemini uygulamak için araştırma yapılan ocaktaki kaya kütlesi yapısal bölgelere ayrılmakta olup bu yapısal bölgeler, içlerinde kaya yapısının (kaya malzemesi ve süreksizliklerin) aşağı yukarı aynı olduğu zonlardır. Arazideki ölçüm noktalarından ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen söz konusu parametrelerin değerleri kullanılarak, ocakta en düşük RMR değeri 87 (Çok iyi) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kaya birimlerinin RMR'ye göre sınıflandırılması

Kaya tanımı	RMR	Lokasyon (Ölçüm No)	RMR Sınıfı
Çok zayıf	<20	1	Çok iyi (87)
Zayıf	21-40		
Vasat	41-60	2	Çok iyi (89)
İyi	61-80	3	Çok iyi (93)
Çok iyi	81-100	4	Çok iyi (94)

Q Sistemine Göre Sınıflama

Barton vd. (1974) tarafından geliştirilen Q-Sistemi; RQD, süreksizlik takımı sayısı, süreksizlik pürüzlülük durumu, süreksizlik ayrışma durumu, süreksizlik suyu indirgeme faktörü ve gerilme indirgeme katsayısı olmak üzere toplam 6 parametrenin değerini kullanmaktadır. Q-sistemini uygulamak için araştırma yapılan galeri veya tünel boyunca kaya kütlesi yapısal bölgelere ayrılmakta olup bu yapısal bölgeler, içlerinde kaya yapısının aşağı yukarı aynı olduğu zonlardır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen söz konusu parametrelerin değerleri kullanılarak ocaktaki en düşük Q değeri 49.91 (Çok iyi) olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Kaya birimlerinin sınıflandırılması için kullanılan kaya kütle sınıflama sistemlerinden açık ocak şev duraylılığı çalışmalarında da yararlanılmaktadır. Bu sınıflama sistemleri maden ve inşaat projelerinin ön tasarım ve tasarım aşamalarında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu sınıflama sistemleri kaya kütlelerinin davranışını etkileyen kütle ve malzeme özelliklerini analiz ederek, nitelik gözlem ve ölçümlerinden sayısal puanlama sağlamaktadır.

Çizelge 5. Kaya birimlerinin Q-sistemine göre sınıflandırılması

Kaya tanımı	Q	Lokasyon (Ölçüm No)	Q Sınıfı
Olağanüstü zayıf	<0.01	1	Çok iyi (49.91)
Son derece zayıf	0.01-0.1		
Çok zayıf	0.1-1.0	2	Çok iyi (49.94)
Zayıf	1.0-4.0		
Orta	4.0-10.0	3	Çok iyi (49.95)
İyi	10.0-40.0		
Çok iyi	40.0-100.0	4	Çok iyi (49.95)
Son derece iyi	100.0-400.0		
Olağanüstü iyi	400.0-1000.0		

ŞEV DURAYLILIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Açık ocaklarda şev duraylılığı; şev açıları, şev yükseklikleri, basamak genişlikleri, kaya kütle ve malzeme özellikleri, jeolojik yapı, gerilme koşulları, yeraltı su durumu, patlatma ile iklim ve ayrışma koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu kapsamda, çalışılan ocak için iki farklı sınıflama sistemi (RMR ve Q) dikkate alınarak şev duraylılığı değerlendirilmesi yapılmıştır.

Jeomekanik Sınıflama Sistemine (RMR) Göre Değerlendirme

Metagranodiyorit ocağı Kuzey Anadolu Fay Hattına çok yakın olup birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Ayrıca üretim amaçlı kontrollü basamak patlatması planlanıp, uygulanacaktır. Bu nedenlerle, belirlenen RMR değerleri 0.90 katsayısı kullanılarak düzeltilmiş ve Madencilik RMR değerleri belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Madencilik RMR değerleri

Kaya tanımı	RMR	Lokasyon (Ölçüm No)	RMR Sınıfı	MRMR Değeri
Çok zayıf	<20	1	Çok iyi (87)	78
Zayıf	21-40			
Vasat	41-60	2	Çok iyi (89)	80
İyi	61-80	3	Çok iyi (93)	83
Çok iyi	81-100	4	Çok iyi (94)	84

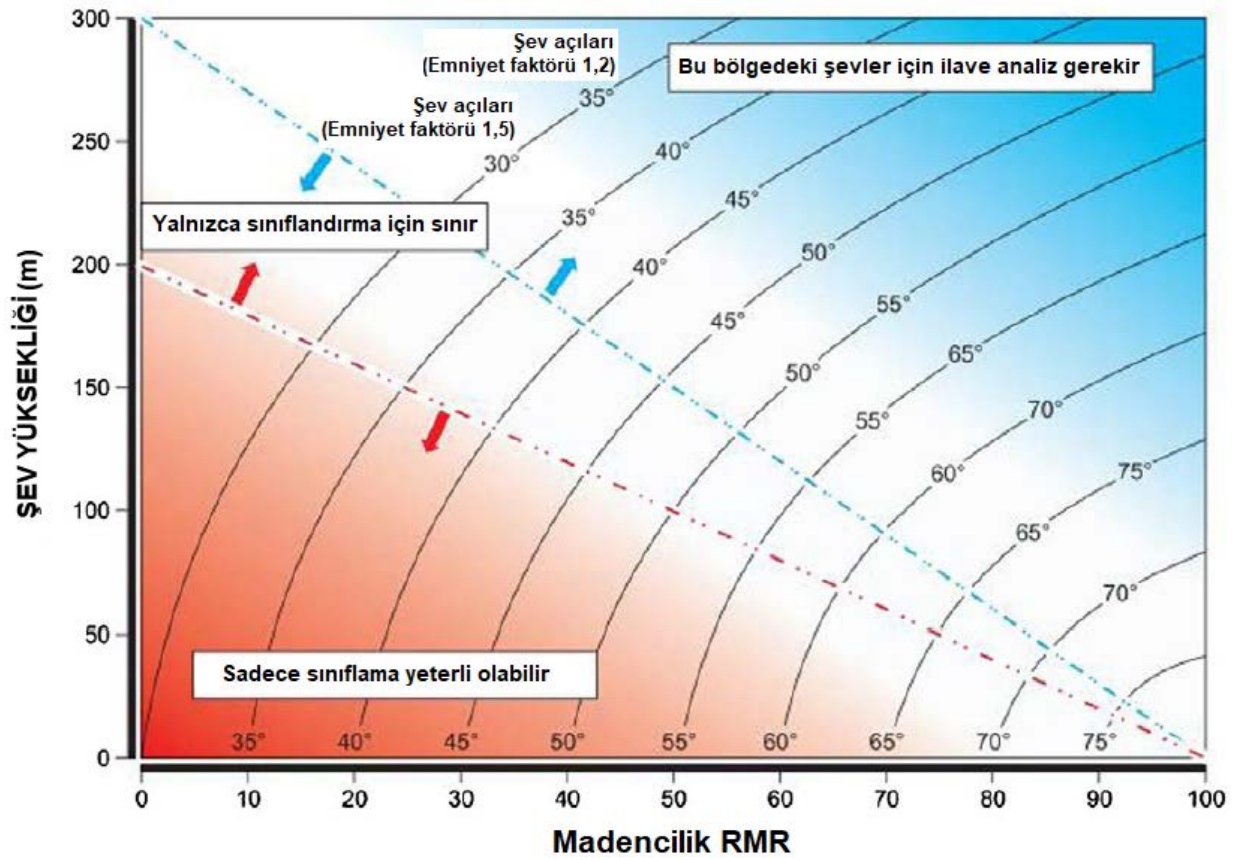
Haines ve Terbrugge (1991) tarafından şev açısı ve şev yüksekliği belirlemek için geliştirilen abak, Madencilik RMR'sine dayanmakta olup 20 yıldır yaygın biçimde kullanılmaktadır (Şekil 4). Belirlenen MRMR değerleri ve MRMR abağı kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Ölçüm noktalarındaki kaya birimleri RMR sınıflama sistemine göre çok iyi sınıfındadır. Şev açısı 80° olarak ölçülen en yüksek basamağın (14.7 m) incelendiği 3 no'lu ölçüm noktasında, MRMR sistemine göre basamak şev açısı; güvenlik faktörü 1.50 için 69°, güvenlik faktörü 1.20 için ise 70° belirlenmiştir. Genel şev açısı belirlenmesine yönelik değerlendirme sonuçları ise Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7. Alçıtaşı ocağındaki ölçüm noktalarının MRMR'ye göre basamak şev duraylılığı değerlendirme sonuçları

Lokasyon (Ölçüm No)	Ölçüm Sonuçları		MRMR Abağına Göre Duraylı Basamak Şev Açısı (°)		
	*H (m)	**α (°)	MRMR Değeri	Güvenlik Faktörü (GF)=1.20	Güvenlik Faktörü (GF)=1.50
1	5.5	80	78	68	65
2	4.0	75	80	68	65
3	14.7	80	83	70	69
4	13.3	80	84	70	69

*H: Şev yüksekliği **α: Basamak şev açısı



Şekil 4. Şev açısı ve şev yüksekliği belirlemek için MRMR abağı (Haines ve Terbrugge, 1991)

Çizelge 8. Farklı doğrultulardaki şevlerin MRMR'ye göre genel şev duraylılığı değerlendirme sonuçları

Doğrultu	Şev Yüksekliği (m)	MRMR Abağına Göre Genel Şev Açısı (°)			
		MRMR Değeri	Genel Şev Açısı	Güvenlik Faktörü (GF) =1.20	Güvenlik Faktörü (GF) =1.50
Kuzeydoğu yakası (KKB-GGD)	87	78	25.60	73	64
Güneybatı yakası (KB-GD)	125	78	35.86	68	58
Ocak ortası (KB-GD)	168	78	32.10	61	52

Q-Sistemine Göre Değerlendirme

Q-sistemi kullanılarak geliştirilen Q-slope yöntemi yaygın olarak açık ocak şev duraylılığı değerlendirilmelerinde kullanılmaktadır (Bar ve Barton, 2016) (Şekil 5). Q-sisteminde olduğu gibi Q-slope için de benzer parametreler kullanılmaktadır. Aşağıdaki üç parametrenin fonksiyonu olarak ifade edilen Q-slope, Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 ile hesaplanabilmektedir. Ölçüm noktaları için hesaplanan Q-slope değerleri Çizelge 9'da verilmiştir. Bu değerlere bağlı basamak şev ve genel şev duraylılığı değerlendirme sonuçları, sırasıyla Çizelge 10 ve Çizelge 11'de verilmiştir.

$$Q_{Slope} = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \cdot \left(\frac{J_r}{J_a} \cdot Q_f \right) \cdot \left(\frac{J_{wice}}{SRF_{Slope}} \right) \quad (1)$$

$$SRF_{Slope} = SRF_a \cdot SRF_b \cdot SRF_c \quad (2)$$

Burada;

1. Blok boyutu : (RQD/J_n)
 2. Makaslama dayanımı : (J_r/J_a)
 3. Dış faktörler ve gerilme : (J_w/SRF_{Slope})
- Q_f : Süreksizlik oryantasyon faktörü
 J_{wice} : Çevre ve jeolojik durum sayısı
 SRF_{Slope} : Dayanım indirgeme faktörü
 SRF_a : Fiziksel durum sayısı
 SRF_b : Gerilme ve dayanım sayısı
 SRF_c : Majör süreksizlik sayısı

Çizelge 9. Q-Slope değerleri

Kaya tanımı	Q	Lokasyon (Ölçüm No)	Q Sınıfı	Q-Slope Değeri
Olağanüstü zayıf	<0.01	1	Çok iyi (49.91)	5.59
Son derece zayıf	0.01-0.1			
Çok zayıf	0.1-1.0			
Zayıf	1.0-4.0	2	Çok iyi (49.94)	5.59
Orta	4.0-10.0			
İyi	10.0-40.0			
Çok iyi	40.0-100.0	3	Çok iyi (49.95)	6.36
Son derece iyi	100.0-400.0			
Olağanüstü iyi	400.0-1000.0			
		4	Çok iyi (49.95)	7.99

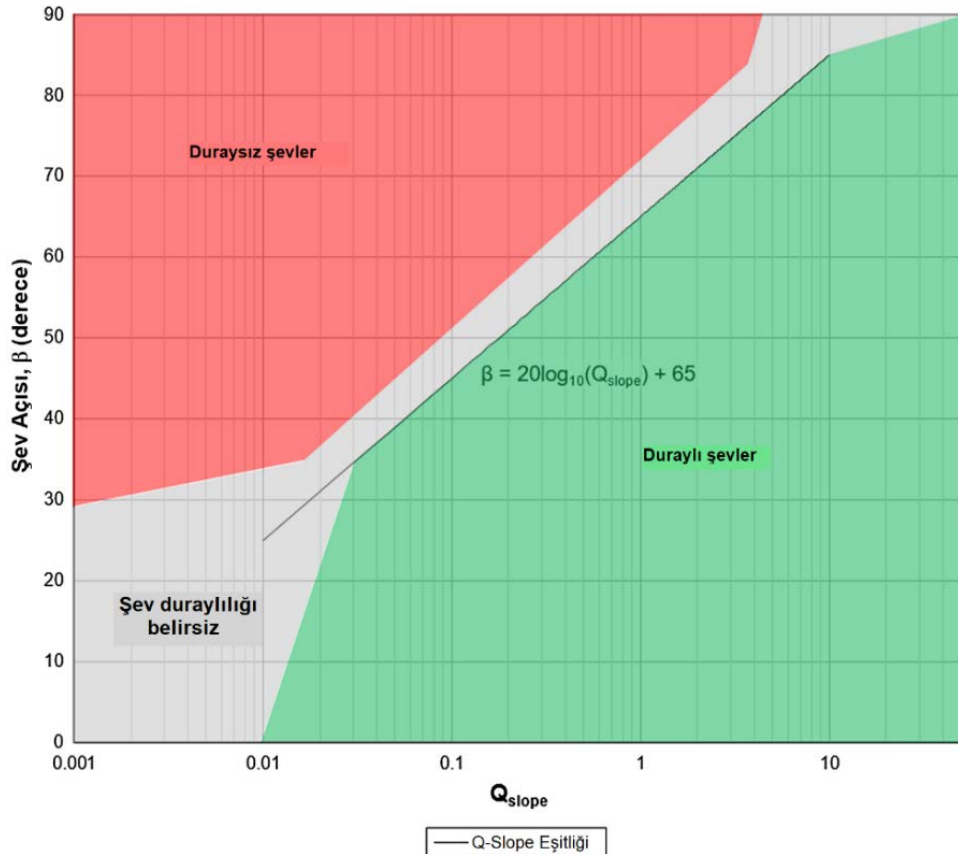
Çizelge 10. Farklı doğrultulardaki şevlerin Q-Slope'a göre basamak şev duraylılığı değerlendirme sonuçları

Lokasyon (Ölçüm No)	Basamak Yüksekliği, H (m)	Basamak Şev Açısı, α (°)	Q-Slope Değeri	Q-Slope Abağına Göre Duraylılık Durumu
1	5.5	80	5.59	Duraylı
2	4.0	75	5.59	Duraylı
3	14.7	80	6.36	Duraylı
4	13.3	80	7.99	Duraylı

Çizelge 11. Alçıtaşı açık ocağının Q-Slope'a göre genel şev duraylılığı değerlendirme sonuçları

Doğrultu	*Şev Yüksekliği (m)	Genel Şev Açısı (°)	Q-Slope Değeri	Q-Slope Abağına Göre Duraylılık Durumu
Kuzeydoğu yakası (KKB-GGD)	87	25.60	5.59	Duraylı
Güneybatı yakası (KB-GD)	125	35.86	5.59	Duraylı
Ocak ortası (KB-GD)	168	32.10	5.59	Duraylı

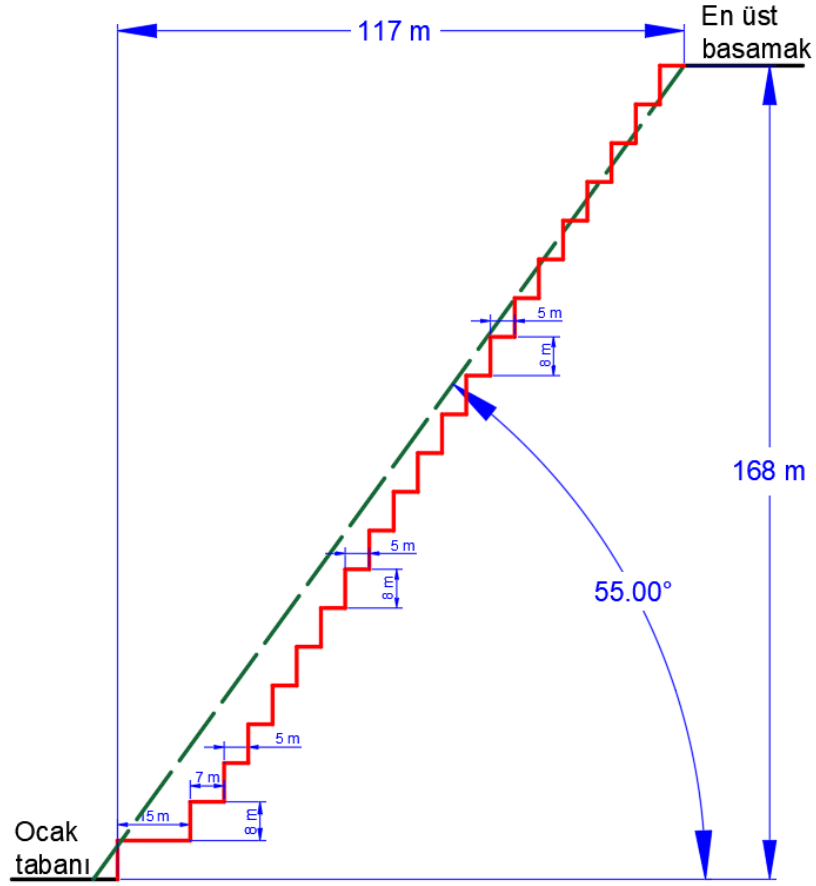
*Q-slope abağının, şev yüksekliğinin 30 m'den düşük olduğu durumlarda şev açısını belirlemek için kullanılması önerilmektedir. Burada şev yüksekliği dikkate alınmadan mevcut genel şev açısına göre abak değerlendirilmiştir.



Şekil 5. 30 m'den düşük şev yüksekliklerinde şev açısını belirlemek için kullanılan Q-slope duraylılık abağı (Bar ve Barton, 2016)

Ocak Şev Duraylılığının Genel Değerlendirilmesi

Ocakta yapılan gözlem, inceleme ve ölçüm çalışmaları sırasında basamak üstlerinde herhangi bir gerilim çatlağına rastlanmamıştır. Gerek RMR gerekse Q sınıflama sistemlerine göre tüm ölçüm noktalarındaki kaya birimi oldukça sağlamdır. Şev açısı 80° olarak ölçülen en yüksek basamağın (14.7 m) incelendiği 3. no'lu ölçüm noktasında, MRMR sistemine göre basamak şev açısı; güvenlik faktörü 1.50 için 69°, güvenlik faktörü 1.20 için ise 70° belirlenmiştir (Çizelge 7). Bu açı, Şekil 5'te verilen Q-slope abağına göre de duraylıdır. Buradan da anlaşılabileceği gibi 80°'lik mevcut basamak şev açısının MRMR



Şekil 7. Ocak nihai genel şev açısı.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Sakarya ili, Geyve ilçesi civarında bulunan metagranodiyorit açık taş ocağında şev duraylılığına yönelik yerinde ölçüm, gözlem ve incelemeler yapılmıştır. Arazi verileri ve laboratuvar deney sonuçları RMR ve Q sınıflama sistemleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca basamak ve genel şev açılarının belirlenmesinde kullanılan en düşük MRMR ve Q-slope değerleri sırasıyla 78 ve 5.59 olarak hesaplanmıştır.

Ocağın en derin olduğu ocak ortası kesit hattında genel şev yüksekliği 168 m ve genel şev açısı 32.10°'dir. En düşük MRMR değeri (78) kullanılarak, bu derinlikte genel şev açısı; güvenlik faktörü 1.50 için 52°, güvenlik faktörü 1.20 için ise 61° belirlenmiştir. Bilindiği gibi ocak genel şev açısı belirlenirken güvenlik faktörü 1.30 alınmaktadır. Bu çalışmada ise gerek patlatma ile üretim yapılacak olması gerek ocak-karayolu mesafesinin (100-300 m) düşük olması gerek ocağın Kuzey Anadolu fay hattına yakınlığı ve gerekse sondaj verisi bulunmadığından ilerideki kazı operasyonları için kaya kütle özelliklerinin tam olarak bilinmemesi nedenleriyle güvenlik faktörü 1.40 alınmıştır. Üretim yöntemi, kaya kütle özellikleri ve şev duraylılığına yönelik çalışma sonuçları dikkate alınarak basamak yüksekliği 8 m, basamak genişliği 9.5 m ve basamak şev açısı 90° olarak belirlenmiştir. Bu durumda ocak çalışma eğimi en fazla 38° olarak gerçekleşmektedir.

İşletme sırasında daha geniş basamaklarda çalışılarak, ocak çalışma eğiminin düşürülmesinde yarar görülmektedir. Şev güvenliği açısından basamaklar, ocağın en üst kısmından itibaren oluşturulmaya başlanması ve kaya biriminin malzeme özellikleri, yerinde yapılan gözlem ve incelemeler sonucu belirlenen kütle özellikleri ve şev duraylılığı çalışma sonuçları dikkate alınarak, nihai genel şev açısının 55° olarak uygulanması önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Bar, N. and Barton, N. (2016). Empirical slope design for hard and soft rocks using Q-slope. In: Proceedings of the 50th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, ARMA 2016, Houston, 26–29 June 2016. ARMA16-384.
- Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6:189-236.
- Bieniawski, Z.T. (1973). *Engineering rock mass classifications*, Pennsylvania, USA, 273 p.
- Ceylanoğlu, A., Erdem, B. ve Şengün, B. (2019). Sakarya ili Geyve ilçesi Karaçam köyü mücavirinde bulunan taş ocağı için şev duraylılığına yönelik gözlem, ölçüm, inceleme ve değerlendirme, Proje Çalışması, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, 26 s.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. (1966). Engineering classification and index properties for intact rock, Air Force Weapons Lab. Tech. Report, AFWL-TR-65-116 Kirtland Base, New Mexico, USA.
- Haines, A. and Terbrugge, P.J. (1991). Preliminary estimation of rock slope stability using rock mass classification systems, *Proceedings ISRM 7th International Congress for Rock Mechanics*, Aachen, Vol. 2, 887-892.
- ISRM (1978). Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*. 15:89-97.
- ISRM (1981). *Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods*. ET Brown (ed.), Pergamon Press.
- Priest, S.D. and Hudson, J. (1976). Discontinuity spacing in rock, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(5), 135-148.

KÖMÜR MADENLERİNDE PSİKOLOJİK SAĞLIK VE GÜVENLİK: ISO 45003 PSİKOSOSYAL RİSKLERİN YÖNETİLMESİ KILAVUZU PERSPEKTİFİNDEN NİTEL DEĞERLENDİRME^{1,2,3}
PSYCHOLOGICAL HEALTH AND SAFETY IN COAL MINES: QUALITATIVE ASSESSMENT FROM THE PERSPECTIVE OF ISO 45003 GUIDELINES FOR MANAGING PSYCHOSOCIAL RISKS

İ. Işık^{1*}, Ş. Öz Aktepe¹, A. Kayınova², E. Çetin Özbudak³, F. Ceylan³, Y. Kuzdağ³, A. Dönmez³, K. Güney³

¹ İstanbul Bilgi Üniversitesi, Örgütsel Psikoloji Bölümü

² Akkurt Madencilik Limited Şirketi

³ İstanbul Bilgi Üniversitesi

(*Sorumlu yazar: idil.isik@bilgi.edu.tr)

ÖZET

İş yerinde psikolojik sağlık ve güvenlik uzun zamandır üzerinde çalışılan bir konu olmasına rağmen sistemli çalışmalar ve konuyla ilgili ulusal ve uluslararası düzenlemeler oldukça yenidir. Psikososyal tehlikelere ve risklere yönelik farklı ülkelerin farklı ulusal düzenlemeleri olmakla birlikte Uluslararası Standardizasyon Örgütü tarafından 2021 yılında yayınlanan ISO 45003:2021 "İş Yerinde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik – Psikososyal Risklerin Yönetilmesi" kılavuzu bu alandaki ilk uluslararası standarttır. Standart içeriğinde psikososyal tehlikelerin nasıl belirlenebileceğine ve yönetilebileceğine dair bilgiler olmakla birlikte tıpkı iş ve çalışma koşullarının sektörel farklılıkları olduğu gibi psikososyal tehlikeler ve riskler de sektörel olarak farklılaşabilmektedir. Bu doğrultuda Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından fonlanan "İş'te Psikososyal Güvenlik Projesi" kapsamında maden çalışanlarının maruz kalabileceği psikososyal tehlikeler ve riskler incelenmektedir. Bu bildiride Zonguldak'ta kamu veya özel sektör işletmelerinde çalışan ve 29 odak grup görüşmesi aracılığıyla toplam 97 maden işçisi, maden mühendisi, iş güvenliği uzmanı, iş yeri hekimleriyle işveren ve/veya temsilcilerinden oluşan katılımcılardan elde edilen maden sektörüne özgü değerlendirmeler ISO 45003 standardında yer alan psikososyal tehlikeler kapsamında değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Psikososyal tehlike, Psikososyal risk, Standart, Maden, Çalışan esenliği, Psikolojik sağlık, Psikolojik iyilik hali, ISO 45003

ABSTRACT

Although psychological health and workplace safety have long been researched, systematic studies and national and international regulations are pretty recent. Different countries have different national regulations regarding psychosocial hazards and risks; the ISO 45003:2021 "Psychological Health and Safety at Work- Managing Psychosocial Risks" guide published by the International Standardization Organization in 2021 is the first international standard in this field. This standard provides information on recognizing and managing psychosocial hazards; however, just as employment and working conditions varied by sector, so do psychosocial hazards and risks. The psychological hazards and risks that mine workers may face are being investigated as part of the "Psychosocial Safety at Work Project," which is supported by the European Union and the Republic of Turkey. This study summarizes the observations of 97 miners, mining engineers, occupational safety professionals, occupational physicians, employers, and/or their representatives who operate in public or private sector mining enterprises in the Zonguldak coal mine basin. The data was obtained through 29 focus group studies and analyzed in accordance with the ISO 45003 guideline's psychosocial hazards.

Keywords: Psychosocial hazard, Psychosocial risk, Standard, Mining, Employee well-being, Psychological health, ISO 45003

1 Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla yazarların sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

2 Fonlanan projenin resmi adı "Maden Sektöründe Çalışanların Psikososyal Risklerinin Değerlendirilmesi ve Önlenmesine Yönelik İşyeri Hekimlerinin Kapasitesini Geliştirme Projesi" dir. "İş'te Psikososyal Güvenlik" ismi ile yürütülmektedir; Şubat 2021'de sözleşmesi aktif hale gelen 18 aylık bir projedir. İstanbul Bilgi Üniversitesi, esas faydalanıcı, İşyeri Hekimleri Derneği eş faydalanıcı kurumlardır. Bu araştırmanın yürütülmesi amacıyla İstanbul Bilgi Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 31.05.2021 tarihinde onay alınmıştır (Proje No: 2021-400024-25).

3 Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin mali katkısıyla hazırlanmıştır. Bu yayının içeriğinden yalnızca İstanbul Bilgi Üniversitesi ve İşyeri Hekimleri Derneği sorumludur ve bu içerik hiçbir şekilde Avrupa Birliği veya Türkiye Cumhuriyeti'nin görüş ve tutumunu yansıtmak zorunda değildir.

GİRİŞ

Meslekler, sektörler, çalışma ortamı ve iş yaşamı bireylerin yaşamını olumlu ve olumsuz etkileyebilir. Her mesleğin ve her sektörün kendine özgü farklı riskleri ve tehlikeleri bulunmaktadır. Madencilik ise çok tehlikeli işler sınıflandırmasında yer alan ve özellikle çalışılan ortamın kendine özgü koşulları nedeniyle ciddi iş kazalarının yaşanabildiği bir sektördür. İş kazalarını ve işle ilgili hastalıkları önlemek amacıyla kurumlarda iş sağlığı ve güvenliği birimleri çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Genel olarak iş sağlığı ve güvenliğinin alanı ve amacı çalışanların yaralanmalarını ve hastalıklarını önlemek, güvenli ve sağlıklı işyerleri sağlamaktır.

Günümüzde iş yerlerinde çalışanların sağlığını etkileyebilecek fiziksel unsurların yanı sıra psikososyal unsurlar da dikkate alınmaya başlamıştır. Psikososyal unsurlar; çalışana psikolojik ve sosyal bakımdan tesir eden etkenleri kapsamakta, çalışanın kendini sarmalayan çevresini nasıl deneyimleyeceğini ve ona nasıl yanıt vereceğini etkilemektedir (Öz Aktepe, 2022). Psikososyal unsurlar bireyin psikolojik yükünü artırarak yüksek düzeyde stres deneyimlemesine neden olabilmekte, tehlike kaynağına dönüşebilmekte, hatta bireyin fiziksel ve psikolojik sağlığın risk altına girmesine yol açabilmektedir (Işık, 2019; Taouk vd., 2020). İşin özellikleri, iş yerindeki sosyal ilişkiler, çalışma koşulları çalışanların psikolojik sağlıklarını etkileyebilecek sonuçlar doğurabilmektedir ve bunlar psikososyal riskler olarak ele alınmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği alanında ise iş yükünün artması, iş yerinde yaşanabilecek iletişim problemleri, iş güvencesinin olmaması veya yöneticilerin yetersiz desteği gibi sorunlar güncel konular olarak araştırılmaya başlanmıştır (Vatansever, 2014).

Uluslararası Çalışma Örgütü'ne göre (ILO) psikososyal riskler, (a) işin içeriği, işin organize edilmiş şekli ve yönetimi ile diğer çevresel ve organizasyonel koşullar arasındaki etkileşimleri, (b) çalışanların yetkinlikleri ve ihtiyaçları arasındaki etkileşimleri içerir ve (c) bunların çalışanların algıları ve deneyimleri yoluyla çalışanların sağlığı üzerindeki etkisini ifade eder (ILO, 1986). Bu tanımın temelinde, çalışma ortamının tüm sosyal ve örgütsel yönleri, potansiyel olarak çalışanların sağlığı üzerinde tehlikeli bir etkiye sahip olabileceği öngörüsü yatmaktadır (Leka ve diğerleri, 2011).

Psikososyal riskler sadece çalışana değil ilgisizlik, işe devamsızlık gibi sonuçları nedeniyle örgütleri de bütünsel performans ve kârlılık açısından negatif yönde etkileyebilmektedir (ILO, 2016; Dünya Sağlık Örgütü, 2010). Leka ve arkadaşlarına (2017) göre bir kuruluşun psikososyal çalışma koşullarının olumlu ya da olumsuz oluşu, mevcut psikososyal tehlikelere, bunların zarar verme potansiyeline ve kuruluşun psikososyal riskleri ne kadar etkili bir şekilde yönettiğine bağlıdır. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, psikososyal riskler önemli bir halk sağlığı sorunudur ve ekonomik ve sosyal güvenlik sorunlarıyla ilişkilidir (Leka ve Cox, 2008). Psikososyal riskleri ve çalışanların refahı ve ruh sağlığı üzerindeki olumsuz sonuçlarını önlemek ve yönetmek gittikçe önem kazanmaktadır. Teknolojik gelişmeler, Covid-19 gibi küresel tehditler ve iş dünyasının hızlı değişmesine bağlı mevcut ve gelecekteki belirsizliği psikososyal tehlikelere giderek daha fazla maruz kalınabileceğine dair işaretler vermektedir ve gelecekteki dünyada bu konu daha da önemli hale gelecektir (ILO, 2020, Schulte, 2020). İş yerlerinde ve çalışma yaşamında psikososyal risklerin yeni bir alan olması nedeniyle akademik ve pratik alanlarda ölçülmesine, yönetilmesine dair kapsamlı ve sistematik çalışmalar da yeni yapılmaktadır.

Çalışma yaşamında psikososyal tehlikelerin önlenip, psikososyal risklerin azaltılması için çeşitli kılavuzlar yayınlanmaktadır. 2011 yılında, İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI), işletmelerin psikososyal riskleri iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin bir parçası olarak ele almalarını sağlamak için iş yerlerinde psikososyal risk yönetimine ilişkin ilk kılavuz olan PAS1010'u geliştirmiştir (İngiliz Standartlar Enstitüsü, 2011). 2013 yılında, Kanada'da ulusal bir standart olan CAN/CSA-Z1003-13/BNQ 9700-803/2013 "İş yerinde psikolojik sağlık ve güvenlik-Önleme, aşamalı uygulamaya yönelik teşvik ve rehberlik" tanıtılmıştır. Bu gönüllü standart, psikolojik olarak sağlıklı ve güvenli bir işyeri geliştirmek ve sürdürmek adına belgelenmiş ve sistematik bir yaklaşım için gereksinimleri belirtmektedir (Kanada Standart Ajansı, 2013). Safe Work Australia, 2018'de, işçilere verilen zararı önlemek ve yönetmek görevi olan herkese rehberlik sağlayan "İşle ilgili psikolojik sağlık ve güvenlik—ulusal rehberlik materyali" yayımlamıştır (Safe Work Australia, 2018).

İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI) ve Kanada Standartlar Birliği (Safework), 2018 yılında, psikolojik sağlık ve güvenlik konusunda uluslararası bir rehber niteliği taşıyacak bir kaynağın geliştirilmesi için Uluslararası Standardizasyon Örgütü'ne (ISO, Cenevre İsviçre) ortak bir teklif sunmuştur (Jain ve diğerleri, 2021). Uluslararası Standartlar Örgütü, 2021 yılında, iş yerlerinde psikososyal tehlikelere ve risklere yönelik olarak ISO 45003 "İşletmelerde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik" başlıklı iş yerlerinde psikososyal risklerin ve tehlikelerin önlenmesine ve yönetilmesine dair uluslararası düzeyde rehberlik edecek bir kılavuz yayınlamıştır.

Madencilik sektörü fiziki çalışma koşulları ve yapılan işin niteliği nedeniyle çok tehlikeli işler sınıfında yer almaktadır. Ancak psikososyal tehlikeler sonucu oluşabilecek psikososyal riskler sadece çalışanın fiziksel iyi oluşunu değil, aynı zamanda iş kazası geçirme olasılığını da arttırmaktadır (Kocabaş ve diğerleri, 2017). Madencilik sektöründeki araştırmalar da psikososyal tehlikelerin iş kazalarını arttırdığına işaret etmektedir (Amponsah-Tawiah ve diğerleri, 2017). Bunun yanı sıra, Yu ve Li (2019) iş stresi ve iş tükenmişliği ile güvensiz davranışlar arasında psikososyal güvenlik ikliminin aracı rolü olduğunu göstermektedir. Olumlu psikososyal iklimin, madencilerin güvensiz iş davranışlarını azalttığı görülmüştür (Yu ve Li, 2019). Bu çalışmalar, Türkiye'de de maden sektörü özelinde psikososyal tehlikelere ve risklere yönelik yapılacak çalışmalar, çalışanların refahını, psikolojik ve fiziksel sağlıklarını olumlu yönde etkilerken, kurumların da bütünsel performansı, kârlılığı ve imajını olumlu yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Bu sebeple çalışmamızda maden sektörü ve maden işçilerinin maruz kaldığı veya kalabileceği psikososyal tehlikeler ve riskler ISO 45003 kapsamına giren tehlike ve risk unsurları çerçevesinde incelenecektir.

Psikososyal Tehlikeler ve Riskler

İş sağlığı ve güvenliği alanında tehlike ve risk kavramları genel olarak birbiri ile karıştırılmaktadır. Tehlike kavramı daha çok zarar verme potansiyeli olan unsurlar için kullanılmaktayken, risk kavramı ise bu tehlikeye maruz kalma sonucunda oluşacak zararları ifade etmektedir (Vatansever, 2014). 6631 sayılı iş kanununa göre tehlike "İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli" (Sayfa 3, Madde 3, p bendi); risk ise "Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali" olarak tanımlanmaktadır (Sayfa 2, Madde 3, o bendi).

Tehlike ve risk kavramları psikososyal açıdan ele alındığında psikososyal tehlikelerin, çalışanın işinin içeriği, çalışma koşulları, sosyal çevredeki ilişkileri, çalıştığı organizasyonun kültürü ve yönetim yaklaşımlarından kaynaklanabilecek ve baş edebileceğinden daha fazla strese neden olabilecek unsurlardır (Işık, 2021). Psikososyal riskler ise psikososyal tehlikeler sonucu ortaya çıkabilecek sonuçlar, bu sonuçların ortaya çıkma ihtimali ve zarar verme derecesi olarak tanımlanabilir (Işık, 2021). ISO 45003'te ise psikososyal riskler "Psikososyal nitelikteki işle ilgili tehlikeye/tehlikelere maruz kalma

olasılığının ve bu tehlikelerin neden olabileceği yaralanma ve sağlığın bozulmasının ciddiyetinin birleşimi” olarak tanımlanmaktadır (ISO 45003, Sayfa 3, Madde 3.1).

Kurumlar, psikososyal riskleri önleyebilmek adına ISO 45003’ü bir çerçeve olarak kullanarak çalışanların ve diğer paydaşların ihtiyaçlarını ve beklentilerini belirlemeli ve anlayabilmelidir (ISO, 2021). Çalışan sağlığı ve güvenliğini sağlayabilmek adına da öncelikle tehlike kaynakları belirlenmelidir. ISO 45003 kılavuzu, iş yerindeki psikososyal tehlike kaynaklarını üç ayrı başlık altında incelemektedir. Kılavuzda bu sınıflandırma içine giren çeşitli tehlike kaynakları için temel başlıklar verilmekte, ancak unsurların bunlarla kısıtlı kalmayacağına da altı çizilmektedir. Her sektör ve işletmede, işin tasarımı, sosyal kurgusu ve işin gerçekleştirildiği fiziksel koşulların yarattığı psikolojik koşullar çok özgün olabilir ve kılavuzda da sunulan listelerde yer verilmemiş olabilir. Bu sebeple, örgütün özgün koşulları içinde, çalışanların kendilerini fiziksel ve psikolojik olarak sağlıksız, yaşam kaliteleri düşük, mutsuz ve değersiz hissettiren her türlü unsuru anlamaya dönük çalışmalar ISO 45003’ün sunduğu yönetim sistem esaslarına göre yürütülmelidir.

ISO 45003’ün psikososyal tehlike kaynaklarını tanımlamak için önerdiği ilk kategori işin organize edilışinden yani işin tasarımından veya yapısından kaynaklanabilecek tehlikeleri içermektedir (Çizelge 1).

İş ve iş yerlerinde karşılaşılabilecek bir diğer kategori ise işin sosyal unsurları ile ilgilidir (Çizelge 2).

ISO 45003’te önerilen son kategori, işin yürütüldüğü çevre, ekipman ve tehlikeli görevlerden kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeleri içermektedir (Çizelge 3).

Bu çalışmada da psikososyal tehlikeler ISO 45003’te yer alan bu sınıflandırma kapsamındaki unsurlara göre ele alınacaktır.

Çizelge 1. İşin tasarımından kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

Tehlike	Örnek
Rol ve beklentiler	Rol belirsizliği, rol çatışması, iş ve görev standartlarına ilişkin belirsizlik ya da sık değişimler
İş kontrolü ve özerklik	Kararlara katılım olanağının sınırlılığı, iş yükü üzerinde kontrol eksikliği
İş talepleri	Becerilerin yetersiz kullanımı, birbiri ile çelişen talepler, yetkinlik-sorumluluklarla uyumlu olmayan beklentiler
Örgütsel değişim yönetimi	Geçiş dönemlerinde destek eksikliği, işle ilgili değişikliklerde fikir alma ve iletişim eksikliği
Uzaktan ve izole çalışma	Evden, aileden, arkadaşlardan ve sosyal destek ağlarından uzakta çalışmak, insan etkileşiminden uzakta tek başına çalışmak
İş yükü ve çalışma temposu	Yoğun iş yükü, zaman baskısı
Çalışma saatleri ve programı	Düşük iş çeşitliliği, vardiyalı çalışma, belirsiz saatler, esnek olmayan iş programları
İş güvencesizliği-güvencesiz çalışma	İşin devamlılığına veya saatlerine dair belirsizlik, düşük ücretli veya güvencesiz işler, iş kanunu ya da sosyal güvence kapsamında olmayan çalışma

Kaynak: ISO45003:2021’den uyarlanmıştır (ISO45003, 7-8).

Çizelge 2. İşin sosyal unsurlarından kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

Tehlike	Örnek
Kişiler arası ilişkiler	Zayıf iletişim ve bilgi paylaşımı, yöneticiler, çalışma arkadaşları ve müşterilerle zayıf iletişim, kişiler arası çatışmalar, zorbalık, taciz, sosyal destek eksikliği
Liderlik	Vizyon ve hedeflerin belirsizliği, liderin adil davranmaması, kötü karar verme biçimleri, fazla veya yanlış güç kullanımı, tutarsız, zayıf karar verme uygulamaları
Örgüt/Çalışma ekibi kültürü	Zayıf iletişim, problem çözmede ve kişisel gelişimde düşük düzeyde destek
Tanıtma ve ödül	Çalışanların çabasının adil, zamanında, uygun şekilde kabul ve takdir edilmemesi; Çalışanların çabası ile formel/informel tanınma ve ödüllendirilme arasındaki dengesizlik
Kariyer gelişimi	Kariyer durgunluğu, yetersiz terfi, beceri geliştirme fırsatı eksikliği
Destek	Yönetici ve çalışma arkadaşlarından yetersiz destek, performansı destekleyebilecek bilgi ve/veya eğitime erişim eksikliği
Nezaret	Yapıcı geribildirimlerin eksikliği, dijital takibin amaç dışı kullanımı
Medeniyet ve saygı	Güven, dürüstlük, nezaket ve saygı eksikliği
İş-yaşam dengesi	İşle ilgili talepler ile evle ilgili taleplerin çatışması
İş yerinde şiddet	Tehditler, saldırılar ve taciz (fiziki, sözel ve cinsel)
Taciz	İrk, cinsiyet, cinsel yönelim, dini inanç, engellilik gibi konularda hedefteki kişiye yönelik saldırgan davranışlar
Zorbalık ve mağduriyet	Sosyal ve fiziksel izolasyon, yersiz eleştiriler, isim takma, hakaret etme gibi davranışlar, yetiştirilmesi imkânsız işler vermek

Kaynak: ISO45003:2021'den uyarlanmıştır (ISO45003, 9-11).

Çizelge 3. Çalışma ortamı, ekipman, tehlikeli görevlerden kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

Tehlike	Örnek
Çalışma ortamı, ekipman, tehlikeli görevler	Yetersiz ekipman mevcudiyeti, güvenilirliği, uygunluğu, bakım-onarımı, çalışma alanı küçüklüğü, yetersiz aydınlatması gibi kötü koşullar, aşırı yüksekte veya aşırı soğukta çalışmak

Kaynak: ISO45003:2021'den uyarlanmıştır (ISO45003, 11).

YÖNTEM

“İş’te Psikososyal Güvenlik Projesi” kapsamında Zonguldak kömür madeni havzasında faaliyet gösteren özel ve kamu maden işletmelerinde çalışan, 97 kişinin dahil olduğu 29 odak grup görüşmesi gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında görüşülen grupları maden işçisi, maden mühendisi, iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi ve işverenleri (ve/veya temsilcilerinden) oluşturmaktadır. Katılımcılara ait demografik bilgiler Çizelge 4’te sunulmaktadır. Kartopu örnekleme yöntemi kullanılmış, “İş’te Psikososyal Güvenlik Projesi” kapsamında proje ekibinin temasta olduğu kurum ve kuruluşlar katılımcılara ulaştırılmasında destek sağlamışlardır. Gerçekleştirilen odak grup görüşmelerinin toplam süresi 29 saat, 2 dakika, 17 saniyedir.

Odak grup görüşmeleri maden işçileri ve işveren-işveren temsilcilerinden oluşan gruplar ile yüz yüze; maden mühendisleri, iş güvenliği uzmanları ve iş yeri hekimlerinden oluşan gruplar ile ise çevrim içi platform aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Her bir grupta maksimumda beş kişi yer almış ve her bir odak grup görüşmesi ortalama bir saat sürmüştür. Görüşmelerde katılımcılara yarı yapılandırılmış açık uçlu sorular yöneltilmiştir. Görüşmeler kapsamında katılımcılara yöneltilen sorulardan bazıları şunlardır: “Maden sahalarında risk değerlendirmesi yapılırken hangi riskler değerlendirme kapsamına alınır?”, “Psikososyal riskler ne düzeyde gündemdedir? “Maden işçileri hangi risklere sahiptir ve en ciddi sorunlar nelerdir?”.

Her bir odak grup görüşmesinde, katılımcıların bireysel izinleri alınarak ses kaydı yapıldı. Görüşmeler tamamlandıktan sonra bu ses kayıtları deşifre edildi ve MAXQDA20 programı kullanılarak analiz edildi. Görüşme verileri deneyimli uzman araştırmacılarımız tarafından, ISO 45003: 2021 “İş Yerinde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik – Psikososyal Risklerin Yönetilmesi” kılavuzu referans alınarak, tımdengelimine dayalı nitel analiz yaklaşımı ile sistematik şekilde kodlandı. Odak grup görüşme metinleri üzerindeki bu kodlama süreci, ilgilendiğimiz psikososyal unsurlara dair Zonguldak havzası maden işçilerinin içinde bulunduğu şartları resmetmek için gereken bulguları sundu ve verinin sunduğu çeşitli örneklerle sistemli şekilde bakma olanağı ortaya çıktı. Bu çalışmanın takip eden bölümünde, maden sektöründeki psikososyal tehlikeler ve riskler ele alınarak, bunlarla ilgili sahanın resmini çizmeye imkân verecek söylemler aktarılmaktadır.

Çizelge 4. Katılımcıların demografik bilgileri

	N (Katılımcı)	Yaş			Deneyim			Eğitim Seviyesi
		Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	
Maden İşçileri	27	30	46	38	3	24	13	İlkokul- Yüksek Lisans
İş Güvenliği Uzmanları	20	33	64	43	-	-	13	-
Maden Mühendisleri	23	28	68	41	-	-	13	-
İş Yeri Hekimleri	20	35	73	54	-	-	9	-
İşçi/İşveren Temsilcileri	7	-	-	-	-	-	-	-

BULGULAR

Görüşmelerde elde edilen veriler, ISO 45003: 2021 “İş Yerinde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik – Psikososyal Risklerin Yönetilmesi” kılavuzunda yer alan psikososyal tehlike boyutları kapsamında değerlendirilmiş ve kodlama sonucu ortaya çıkan boyutlar standartta yer alan boyutlar ile eşleştirilmiştir. Çizelge 5’te madencilik sektöründe işin tasarımıından kaynaklanabilecek psikososyal tehlikelere dair proje kapsamında analiz edilen veriden ortaya çıkan boyutlar yer almaktadır. Devam eden kısımda ise her boyut için, ISO 45003 boyutu ile öne çıkan segment örneklerine yer verilmektedir.

Gerçekleştirilen görüşmeler neticesinde elde edilen bulgular ile ilgili segment örnekleri de metinde yer almaktadır. Bu segmentlere ait detaylar, (mülakat no, satır no) şeklinde sıralı olarak verilmiştir. Kısaltılan kodlar şu anlama gelmektedir: İŞV: işveren ve temsilcileri; MM: maden mühendisleri; Mİ: maden işçileri; İYH: işyeri hekimleri; İGU: iş güvenliği uzmanları.

Çizelge 5. Madencilik sektöründe işin tasarımıından kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

ISO 45003’ e göre tehlike	“İşte Psikososyal Güvenlik Projesi” tehlike kategorileri
Rol ve beklentiler	Rol Çatışması
İş kontrolü ve özerklik	İşe Etki, Mola ve İzin Kararlarında Çalışanın Etkisi
İş talepleri	Talepler
Örgütsel değişim yönetimi	-
Uzaktan ve izole çalışma	-
İş yükü ve çalışma temposu	İş Temposu
Çalışma saatleri ve programı	Monotonluk
İş güvencesizliği-güvencesiz çalışma	İş güvencesizliği ve çalışma şartlarının bireyin isteği dışında değiştirilmesi, öngörülebilirlik eksikliği

Rol çatışması (Rol ve beklentiler): Maden işçilerinin, işin tasarımıından kaynaklı karşılaşılabilecekleri tehlikelerden birisi rol çatışmasıdır. Bu konuda özellikle kamu kurumları ve özel sektörde farklılıklar

olduğu; özel sektörde bir işçinin birden fazla görevde çalıştırılabildiği görülmüştür. Görüşmelerde işveren temsilcisi bir katılımcı şunları aktarmıştır:

“Şimdi ben işçiye hazırlık işçiliği eğitimi vereceğim. Hazırlık işçiliği, lağım ilerlemesi, taşta galeri sürme diyebiliriz. Ama şimdi TTK'da zamanında branş branş hep vardı. Özel sektörde öyle bir şey yok işte. Ben şimdi o zaman o işçiye hazırlık işçiliğine aldıracağım, nakliyata aldıracağım. Efendim diğer tabancılık, bacacılık aynı işçiye...” (İŞV-4, 56)

Katılımcı branşlara göre bir ayırım yapmanın daha uygun olduğunu çünkü her bir branşın kendi eğitimi ve yetkinliğinin olduğunu ifade ediyor. Kamu kurumu olan Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) branşa göre hareket edildiği vurgulanırken, özel sektördeki maden işçilerinin ise birden çok role sahip olabildikleri dile getiriliyor. Bu da beraberinde rol belirsizliğini getirerek yetkin olmayan alanda rol almayı ve rol belirsizliğinin tehlike kaynağı olmasını sürdürüyor.

İşe Etki, Mola ve İzin kararlarında Çalışanın Etkisi (İş kontrolü ve özerklik): Çalışanların yaptığı işin miktarı veya iş yerinde alınan kararlar üzerindeki etkisinin derecesi, işe etki derecesi olarak ifade edilmektedir. Bu konuda bir işveren temsilcisi şu cümleleri kuruyor:

“İnsanlar ciddiye alınmayı severler. Fikirlerinin sorulmasını severler. Sen sadece iştesin, eline al kazma küreği gir ocağa sabah 8 akşam 4 çık denmesinden kimse hoşlanmaz.” (İŞV-6, 123).

Katılımcının bu gözlemi ve çıkarımı maden işçilerinin işe etkilerinin olmasından hoşnutluk duyabileceğini aktarıyor. Ayrıca sadece kendi işleri konusunda değil, başka işlerde de “fikirlerinin sorulmasının” olumlu etkisinin olduğunu okuyabiliyoruz.

İşe etki konusunu maden mühendisi olan bir başka katılımcı ise iş güvenliği ile ilişkilendirerek gündeme getiriyor:

“Zaten birçok meslektaşımızın ya da birçok çalışan arkadaşımızın hiçbirinin korkuyla girdiğini ben düşünmüyorum. Bir inşaat işçisinden farklı değil maden işçisi de. Yani her an burası benim ne zaman tepeme çökecek diye düşünmez. Çünkü zaten orada kendisi biz zati çalıştığı için oranın güvenliğini alan da bir çalışan oluyor artık o saatten sonra.” (MM-1, 96).

Odak grup görüşmelerinde maden işçilerinin yer altında yaşadığı yoğun duygulardan bir tanesinin korku olduğu sıklıkla gündeme getirilmişti. Korkuyu yenmenin en etkili yollarından birisi olan iş güvenliği önlemlerini ise maden işçilerinin iş yapış biçimlerini kendilerinin belirleyerek, kendilerinin aldıklarını görüyoruz. Bu iki söylem de çalışanların işe etki düzeylerinin yüksek olduğunu gösteriyor.

Talepler (İş talepleri): Talepler; nicel, bilişsel ve duygusal talepler olarak incelenmektedir. Kömür madenleri özelinde *Nicel talepler*, ocaktan çıkartılması beklenen kömür miktarı ile ilgilidir. İş, organizasyon ya da insan faktörlerinden üçünden de kaynaklanabilecek nicel talepler; çalışanlar üzerinde yüksek iş yükü oluşturabilir, zaman baskısı altında çalışmalarına neden olabilir ve çalışanlar stres deneyimleyebilir. Maden mühendisi bir katılımcı şunları ifade ediyor:

“Yeraltında işi yetiştirme şeyi var, ağır işler, zaten çalışma süreleri belli işte. Çıkacak kömür belli. Yani maaş almanız için belli bir kömürün çıkması lazım. Yetiştirme stresleri çok işçilerin.” (MM-4,64)

Maden işçilerinin özellikle çıkartmaları gereken kömür miktarına bağlı olarak zaman baskısı yaşadıklarını açık bir biçimde görüyoruz.

İşçi sayısının yetersizliği de diğer işçiler üzerinde sayısal anlamda bir baskı yaratıyor. Bu konuda bir iş güvenliği uzmanı şunları aktarıyor:

“Burada eskiden beş işçinin yapacağı bir işi şimdi biz iki işçiye yaptırma pozisyonlarına düşüyoruz. Yapılacak iş gününbirlik değişebiliyor. İşçi sayımız yeterli değil, işçi sayısı yeterli olmadığı için de sıkıntı yaşıyoruz. İşçilerin senelik izinleri oluyor. Hastalıkları oluyor. Bu gibi etkenler iş kaybına neden oluyor. Bu problemlerle de karşılaşılıyor. Yani işçi sayımız yeterli olmadığı için yüzde on işçi fazlamız var, biz işe gelmeyen arkadaşların eksikliğini kapatırız gibi bir durumumuz yok. Böyle sıkıntılarla uğraşıyoruz.” (İGU-3,67)

Bilişsel talepler ise özellikle çalışanların iş veya iş dışında yaşadıkları sorunların işe yansımaları noktasında zihinsel (bilişsel) yetenekleriyle başa çıkmaları gereken talepleri içermektedir. Maden mühendisi bir katılımcı şunları dile getirmektedir:

“İşçileri tertip ederken, sürekli aynı işçileri gördüğümüzde zaten surat ifadesinden, halinden, tavrından arkadaşın bir sıkıntısı olduğunu anlıyoruz. Kafası bir şeye takıldığı zaman bu yer altında yer üstünde fark etmez, nerede çalışırsa çalışsın, kafası daima oradadır. Kendini işe odaklayamaz. Yani yapacağı işi aslında dört dörtlük yapıyordur. Ama o gün kafası başka bir şeye takılı olduğu için kafasında başka sorular geçtiği, kendisini oraya tam anlamıyla veremediği için, bu da genelde iş kazası veya işte başka bir sebepler doğuruyor.” (MM-1,68)

“İşçinin kafasının bir şeye takılması” bilişsel olarak bir çaba gösterdiğine işaret eden bir söylem olarak okunduğunda; işe odaklanamamasına ve bunun sonucunda da iş kazaları yaşanmasına sebep olabiliyor. Bu bağlamda bilişsel taleplerin kişi üzerinde oluşturduğu yükün kritik önemine dikkat çekilmelidir.

Duygusal talepler de gerçekleştirdiğimiz analizlerde maden işçilerinin psikososyal risk deneyimlemelerine sebep olabilen tehlike kaynakları arasında yer almaktadır. Çalışanların özellikle algıladıkları ölüm riski sebebiyle duygusal olarak zorlandıkları, işlerinden uzaklaşmış hissettikleri görüşmelerde ifade edilmiştir. İş güvenliği uzmanı olan bir katılımcı bunu şu şekilde aktarıyor:

“7/24, üç vardiya çalışan bir düzende her vardiya yaklaşık 3-4 tane kazalı işçimizin çıkmış olması zaten insanda ister istemez psikolojik olarak bir rahatsızlık oluşturuyor. Yakından şahit olduğum mesela işte bu ölümlü kazaların olması, uzuv kayıplı kazaların olması insanda derin yaralar açıp bunların psikolojik olarak tedavi yani destek almalarına yol açıyor. Ve insan ister istemez ocağa, yani yer altına gitmekten çekiniyor.” (İGU-2,49)

İş temposu (iş yükü ve çalışma temposu): Yapılan analizlerde maden sektöründe işin yapısından kaynaklanabilecek bir diğer psikososyal tehlikenin iş temposu olduğu görülmüştür. Madencilerin genel olarak belirlenen üretim miktarını ortaya çıkartmak için yoğun ve hızlı çalıştıkları ifade edilmektedir. Bir maden mühendisi katılımcı şunları söylemiştir *“İşi yetiştirmek için belli bir üretim yapmak zorundayız. Bunun için işi yetiştirmek zorunda, hızlı olmak zorundalar yani.” (MM-4,68)*. Bu söylemle iş temposunun, zaman baskısıyla ve iş yetiştirme telaşıyla sıkı bir ilişki içerisinde olduğunu ifade edebiliriz.

Monotonluk (Çalışma saatleri ve programı): Vardiyalı çalışma düzeni ISO 45003 kapsamında tehlike olarak ele alınmaktadır. Maden sektöründe vardiyalı çalışma programı yaygın olarak uygulanmakta olduğu için “İş’te Psikososyal Güvenlik Projesi” kapsamında da özellikle ele alınmaktadır. Ancak proje kapsamında yapılan analizlerde maden işçilerinin vardiyalı çalışması dışında sürekli aynı işi yapıyor olmalarının da bir tehlike kaynağı oluşturduğu görülmüştür. İş güvenliği uzmanı bir katılımcı şunu belirtiyor: *“Bu arkadaşlar sürekli aynı işte çalışa çalışa yıpranıyorlar, yoruluyorlar. Meslek hastalıkları ortaya çıkmaya başlıyor.” (İGU-3,69)*. Bu ifade ile maden işçilerinin sürekli aynı işi yapmaları çalışanlara zarar veren bir durum olarak belirtilmektedir.

İş güvencesizliği ve Çalışma Şartlarının Bireyin İsteği Dışında Değiştirilmesi, Öngörülebilirlik Eksikliği (İş güvencesizliği-güvencesiz çalışma): Türkiye’de madencilik faaliyeti gösteren işletmeler kamu işletmeleri ya da özel işletmelerdir. Analizlerde çalışanların iş güvencesizliği algılarının çalıştıkları maden işletmesinin kamu ya da özel işletme niteliğinde olmasına göre farklılaştığı görülmektedir. İş yeri hekimi bir katılımcı bu duruma şu sözlerle işaret ediyor:

“Daha çok özel madenler için muhtemelen geçerli. Devlet, TTK ‘da falan çalışanlarda iş güvencesi vesairesi daha şey olduğu için onlarda biraz daha farklı. Ama hani özel sektörde çalışanlar için tabii ki en büyük risk faktörleri iş kaybı, mesela adamın her an iş hakkı feshedilebilir.” (İYH-6,29)

Prekar çalışma olarak da gündeme gelen güvencesiz çalışma her sektör ve her iş için çok yüksek bir tehlike kaynağıdır. Çalışanlar kendilerini güvende hissetmedikleri zaman hem işlerine hem de çalıştıkları kuruma yabancılaşıp, aidiyet hissetmemeye başlarlar. Bu durumda iş tatminleri azalır, işi kaybetme kaygıları artar ve kuruma bağlılıkları azalır. Hem kurum hem de çalışan açısından kayıplara yol açacak bu durum kurumların dikkat etmesi gereken önemli bir unsurdur.

Aşağıda sunulan çizelgede (Çizelge 6); ISO 45003 kılavuzunda yer alan işin sosyal unsurları kategorisinde yer alan boyutlar ile madencilik sektöründe işin sosyal unsurlarını araştıran “İş’te Psikososyal Güvenlik Projesi” verisinin analizi ile elde edilen boyutlar bir arada yer almaktadır.

Çizelge 6. Madencilik sektöründe işin sosyal unsurlarından kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

ISO 45003’e göre tehlike	“İş’te Psikososyal Güvenlik” projesi kapsamında ortaya çıkan tehlike kategorileri
Kişiler arası ilişkiler	-
Liderlik	Etkili Liderlik
Örgüt kültürü	-
Kariyer gelişimi	Gelişim Olanakları
Destek	Sosyal Destek
Nezaret	-
Medeniyet ve saygı	Adalet ve Saygı
İş-yaşam dengesi	İşin Özel Yaşamı Kısıtlaması
İş yerinde şiddet	-
Taciz	-
Zorbalık ve mağduriyet	İstenmeyen Davranışlar

Etkili Liderlik (Liderlik): Maden işçilerinin karşılaşabileceği, kaynağını işin sosyal unsurlarından alabilecek tehlikelerden ilki liderin iletişimi, desteği gibi konuları kapsayan liderlik kalitesi ile ilgilidir. Yapılan görüşmelerde maden işçilerinin amirlerinin talepleri karşısında kendilerini baskı altında hissettikleri ve amirlerinin bu gibi durumları kendileriyle konuşabilecekleri bir iletişim ortamını yaratmadığı görülmektedir. Bu konuda bir iş yeri hekimi katılımcımız şunu aktarıyor:

“Önemli bir husus ise çalışanların, amirlerinden baskı gördüklerini ifade etmeleri. Bize ifade ediyorlar ama amirlerine çok bunu ifade edemiyorlar. Adam patlama derecesine gelmiş. Askeriye gibi burası. Yani bir askerlik gibi düşünün burayı. Patlama derecesine gelmeden o adamı eleyip hemen onu yer üstüne çıkarıyorum, bir şekilde onu o madenden çıkarıyorum yani. Yoksa ya adam kendine bir şey yapacak ya da orada bir kaza yapacak.” (İYH-3,105)

Gelişim Olanakları (Kariyer Gelişimi): Gelişim olanağı çalışanların iş yerlerinde beceri ve kariyer geliştirme olanaklarına ne derecede sahip oldukları ile ilişkilidir. Maden işçilerinin kendi görevleri kapsamında gelişme fırsatı olmadığı görülürken kurum içi bürokrasisinin de çalışanların gelişmesine imkân vermediği anlaşılmaktadır. Bu konuda bir maden işçisi katılımcımız “Kendimi geliştirme anlamında bana sunabileceği bir şey yok. Hani ben bir memur olsam memurluktan şefliğe yükselsem, şeflikten bölge

müdürü olsam o ayrı bir şey ama madende öyle bir şey yok. Gelişimin de önü kapatıldı. Mesela arkadaş tekniker, kurum içinde teknikerlik sınıfına geçemiyor. Onun da önü kapatılıyor. Mesela okul okudu, ama olamıyor. İşçi olarak kalıyor.” (Mİ-1,277) şeklinde görüşünü belirtmiştir.

Sosyal Destek (Destek):

Üstlerinden Sosyal Destek: Sosyal destek çalışanın ihtiyaç duyduğunda çalışma arkadaşlarından ve yöneticilerinden destek alabilme imkanını göstermektedir. Yapılan analizlerde üstlerinden ve çalışma arkadaşlarından sosyal destek bir psikososyal tehlike olarak belirginleşmektedir. Bu konuda bir maden mühendisi katılımcımız, “Şefin iletişim seviyesine göre değişiyor. Yine mi gelmiyorsun işe deyip tavır takınabilir. Yani niye gelmiyorsun? Niye kaçıyorsun? der. Gelmediğimde kaçma olarak algılar. Herhangi bir mazeret kabul edilmiyor. Ne olursa olsun, cenazen olduğunda bile kabul etmiyor bazen.” (Mİ-4,41)

Bazı durumlarda çalışanlar bu desteği üstlerinden talep etseler dahi yöneticiler iş koşullarının bu taleplere olumlu yanıt vermelerini engellediğini belirtmektedir: Bir İş güvenliği uzmanı katılımcı bu konudaki fikirlerini, “Ufak tefek rahatsızlıkları olan oluyor. Şimdi adam ben hastayım dediğinde o adamı doktora gönderip ona istirahat vermek işimize gelmiyor açıkçası. Neden? Çünkü kısıtlı sayıda işçiyle çalışıyoruz.” (İGU-2.51).

İşin Özel Yaşamı Kısıtlaması (İş-Yaşam Dengesi): İşin özel yaşamı kısıtlaması, işin çalışanın aile yaşantısını ve özel yaşamını olumsuz etkilemesini ifade etmektedir. Çalışanın iş çıkışındaki fiziksel durumu, zihinsel durumu ve dinlenmek için ne kadar zaman ayırabildiği yapılan işin aile yaşamına olumsuz etki etmesine, onu kısıtlamasına neden olabilir. Bu konuda bir maden çalışanı katılımcı görüşlerini şu şekilde belirtmiştir: “Eve yorgun geldiğimde, dinlenmem için eşim çocukları alıp ya bahçe işlerini yapar ya da çocukları babanız dinlensin diyerek dışarı çıkarır. Bir gün izinli olduğum için de kendim için hiç vakit kalmıyor.” (Mİ-1,295).

Maden işçisinin evindeki tüm ev içi düzenlemelerin onun yorgun geldiği ve dinlenmeye ihtiyaç duyacağı göz önünde tutularak yapıldığını görüyoruz. İşten yorgun dönen maden işçisi ailesiyle birlikte olabilmek için yeterli zamanı da ayıramamaktadır. Ayrıca; ‘Kendim için vakit kalmıyor’ ifadesi ile, kişinin işe ve aileye zaman ayırdığı zaman birey olarak ilgilenmek istediği farklı iş ve uğraşlara zaman ayırmasının imkansızlığına vurgu yapılmaktadır. İşin özel yaşam üzerinde güçlü bir hakimiyet kurduğunu okuyabiliyoruz.

Adalet ve Saygı (Medeniyet ve Saygı): Adalet ve saygı çalışanlara işyerinde adil davranılmasını ifade etmektedir. Yapılan görüşmelerde maden işçilerinin kurumlarında adaletsiz uygulamalar ile karşı karşıya kaldıklarına dair inançlarının yüksek olduğu görülmektedir. Maden işçilerinin adaletsiz uygulamalar konusunda şikâyet ettikleri ana konulardan ikisi ücret adaleti ve adam kayırmadır. Bu konuda bir iş yeri hekimi katılımcı şunları aktarmaktadır:

“Adalet duygusu çok kötü. Yani işçilerin büyük çoğunluğu adalet olmadığını söylüyor. En büyük adaletsizlik konusu ise ücret adaleti konusu. Örneğin bir işçi, ben pano ayakta (üretimde) çalışıyorum. Benden çok daha az zahmetli işte çalışan insanlar bana yakın para veya benim kadar para alıyor diyerek bu sistemin adaletsiz olduğunu savunuyor. Ücret adaletsizliğinin dışında bir de ayrıcalıklı işçilerin varlığından dolayı adaletsizlikten şikayetçiler. Yani şimdi işçilerin idare edildiklerini söylüyorlar. Yani hiçbir iş yapmadıkları halde yeraltında çalışıyor gözükp çalışmadıkları halde yer altı ücreti aldıkları söyleniyor. Bunları sık sık dile getiriyorlar.” (İYH-4,43)

Bir maden çalışanı ise kıdemden dolayı adaletsiz uygulamaların varlığından rahatsız olduğunu belirtmektedir:

“Şöyle bir durum var. Eski 15-20 yıllık madenci. Benimle aynı maaşı alıyor ama yer altına inmeden alıyor. Ben mesela sabahdan akşama kadar üretimde çalışayım benden fazla alıyor. Bu beni nasıl düşündürmez? Benden 15 sene önce girdi diye niye benden fazla maaş alıyor.” (Mİ- 3, 331)

İstenmeyen Davranışlar (Zorbalık ve mağduriyet): İş yerinde var olan olumsuz davranışlar sadece bu davranışa maruz kalan çalışanı etkilemekle kalmaz, diğer bireylere de etkisi olur. Eğer bu toksik davranışların önüne geçilmezse iş yerinin kültürü de bu durumdan etkilenecektir. Yapılan görüşmelerde kayırma (hemşericilik) gibi durumlarla maden çalışanlarının karşılaştığı görülmektedir. Bu konuda bir maden mühendisi katılımcı *“Bazı davranışlar işçiler üzerinde baskı oluşturmakta. İşte 'Sen benim köylümsün.' deyip kayırma gibi. Bu sefer öbür işçiye ne yapıyor? Birisi kayırıldığı zaman, diğerinin morali bozuluyor, psikolojisi bozuluyor. Bu da çalışma, iş hayatına yansıyor. İster istemez kazaya da davetiye çıkartıyor yani aynı zamanda.” (MM-6,62)* şeklinde görüşünü belirtmektedir.

Bir başka maden mühendisi katılımcı da bulguları destekler ifadelerde bulunmaktadır: *“Tabii yine XX'in dediği gibi yer altında ciddi memleketçilik, ayırmacılık, adam kayırmacılığı olduğu için bundan aşırı etkilenen arkadaşlarımız var. Zaman zaman söylerler. ZZ Bey'in dediği gibi ifadeler alınır. Bunların da önüne geçmeye çalışırız.” (MM-6,69)*

Bir iş güvenliği uzmanı katılımcı ise maden içerisinde bir “devrecilik” olduğunu söylerken bu tutumları engelleyemediklerini şu ifadeleri ile belirtmektedir: *“Kendi içlerinde hiyerarşileri var ve birbirine baskı yapıyorlar. Böyle bir kültür var. Askeri mantıkla düşünün, devrecilik gibi. Yani işte yedekti, ustaydı, posta başı, nezaretçi birbirlerine yaptırım uyguluyorlar. Böyle şeyler oluyor. Yani ister istemez bunun önüne geçemiyorsunuz.” (İGU-2, 63).*

Son olarak da ISO 45003 kılavuzunda yer alan çalışma ortamı, ekipman, tehlikeli görevler kategorisi ile “İş'te Psikososyal Güvenlik Projesi” verisinin analizi sonucunda elde edilen boyutlar bir arada sunulmaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Madencilik sektöründe çalışma ortamı, ekipman, tehlikeli görevlerden kaynaklanabilecek psikososyal tehlikeler

ISO 45003'e göre tehlike	“İşte Psikososyal Güvenlik” projesi kapsamında ortaya çıkan tehlike kategorileri
Çalışma ortamı, ekipman, tehlikeli görevler	Ekipman, malzeme yetersizliği; çalışma ortamının yetersiz fiziki koşulları

Yapılan görüşmelerde yetersiz ekipman, yetersiz çalışan, havalandırma ve nakliyat gibi maden içi fiziki çalışma koşulları işin tasarımından kaynaklanan tehlikeler olarak görülmektedir. Bu konuda iş güvenliği uzmanı katılımcı görüşünü şöyle aktarıyor:

“Malzeme problemlerimiz var. Mesela burada benim malzeme ihtiyacım oldu. Elimde yok başka müesseselere devreye sokuyoruz ya da üst amirlere söylüyoruz. Böyle eksiklerimiz var.” (İGU-3,67)

Ocak içerisinde yaşanan aksaklıkların maden işçilerini daha hızlı çalışmak zorunda bıraktığı görülmektedir. Bu konuda bir maden mühendisi katılımcı:

“Öyle aksaklıklar oluyor ki mesela nakliyat aksaklığı, havalandırma aksaklığı oluyor yani çalışma sırasında önünüze bir aksaklık geldiğinde otomatik olarak çalışanın zamanından yediği için bu sefer ne yapıyor? O yetiştirmek için daha hızlı çalışmak zorunda. Yani biz illaki iş bitsin demiyoruz ama artık bu çalışanlarda şey yapmış. Yani görev diyelim. Hani bitecek gidip dışarıda bana işte nezaretçim veya işveren bu iş niye yetiştiremedin deyip beni geri plana atmasın diye bu işi yetiştirmeye çalışıyor. Yani bu şekilde de yürüyor zaten işler. Bu hız da kazalara sebep olabilir.

Zaten kazalara baktığınızda zaten büyük çoğunluğu da vardiya saatleri sonunda oluyor. Yani iş yetiştirme bitireyim, görevimi yerine getireceğim derken o sırada olan kazalar.” (MM- 4, 104)

SONUÇ VE TARTIŞMA

ISO 45003: 2021 “İş Yerinde Psikolojik Sağlık ve Güvenlik – Psikososyal Risklerin Yönetilmesi” kılavuzunda yer verilen psikososyal tehlike kategori ve boyutları ile “İş’te Psikososyal Güvenlik Projesi” kapsamında yürütülmüş olan araştırma sonucunda ulaşılan boyutlar birçok boyutta eşleşmektedir. Bu durum çok yüksek riskli çalışma kollarından olan kömür madenciliğinin psikososyal riskler açısından da oldukça yüksek riskli kabul edilebileceğini göstermektedir. Sunulan segment örneklerine bakıldığında işe etki, işte özgürlük derecesi için sunulmuş olan segment örneği “Korkuyu yenmek için iş güveliği önlemini çalışanın kendisinin alması çalışanı nasıl hissettiriyor olabilir?” sorusunu zihinlere getirmektedir. Diğer bir soru da “Bir maden mühendisi bu durumu işe etki düzeyinin yüksek olması şeklinde yorumlarken, çalışan kendi aldığı önleme ne kadar güveniyor olabilir?”. Bağlantılı olarak; “İş güvenliği önlemlerini başka profesyonellerin alıp, işçinin sadece çalışma sahasına gittiği bir iş yapış biçimiyle, işçinin kendisinin önlem alması gerektiğini bilerek, düşünerek gittiği bir çalışma sahasındaki iş yapış biçimi arasında nasıl bir fark vardır?”. Çalışanın işe başlarken güvensiz olduğunu bildiği bir alana girmesi yüksek bir psikososyal tehlike kaynağıdır. Çalışma ortamının her detayıyla güvenlik kurallarına göre düzenlenmesi çalışanın psikolojik açıdan daha rahat olmasına ve verimli çalışmasına sebep olacaktır.

İş tamamlama konusundaki zaman baskısı ve hedeflenen üretim miktarına ilişkin baskılar çalışanların olağan tempolarından yüksek hızda ve daha fazla çalışmalarına sebep olduğunda psikososyal risklerin oluşmasına zemin hazırlayacaktır. Kişinin zihninde sürekli tekrar eden işi nasıl yetiştireceğim gibi kaygılar da işin getirdiği yüksek bilişsel talebin bir yansımasıdır.

Çalışanların amirleriyle olan iletişimlerine baktığımızda da kişinin sürekli iletişim halinde olduğu, iş yerinde vaktinin çoğunu geçirdiği amiriyle açık, net ve şeffaf iletişim kuramaması sorunları daha da çetrefilli hale getirmektedir. Çalışanda öfke birikimi olduğunu ve öfkenin içten içe onu kemirdiğini ifade eden iş yeri hekiminin (İYH-3,105) bu durumdaki bir çalışanın ya kendine zarar vereceğini ya da bir kazaya sebep olacağını ifade etmesi de ciddi ve dikkate alınması gereken bir tehlikenin varlığına işaret ediyor.

Görüşmelerde gündeme gelen bir diğer konu da adaletsizlik algısının tetiklenmesi konusudur. Adalet kavramı birçok duyguyu içerisinde barındıran hacimli bir ifade biçimidir aslında. Kişiler hayal kırıklığı yaşar, öfkelenir, geleceğe karşı umutsuz olabilirler. Tüm bunları deneyimlerken de duygusal açıdan yıpranabilirler. Çalışma ortamındaki adaletsiz ve eşit olmayan uygulamalar çalışan üzerinde duygusal talep oluşturabilmekte, bu durum da kişinin baskı altında hissetmesine neden olabilecektir. Kişilerin bu hissi yaşamamaları için alınacak önlemler çalışanları psikososyal risklerden koruyabilmek adına oldukça kritik değere sahiptir. Örneğin; kişilerin adaletsizlik algılamasına neden olabilecek durumların göz önünde bulundurulması bu durumların oluşmaması için şeffaf iletişimin sağlanması, çalışanlar ile bilgi paylaşımlarının yapılması oldukça değerlidir.

İSG yönetim sisteminin amacı ve amaçlanan sonuçları, çalışanların işle ilgili yaralanmalarını ve hastalıklarını önlemek ve güvenli ve sağlıklı işyerleri sağlamaktır. Sonuç olarak, psikososyal riskleri yönetmeye yönelik önlemleri içeren etkili önleyici ve koruyucu önlemlerin alınarak tehlikelerin ortadan kaldırılması ve İSG risklerinin kontrol altına alınması kurumlar için kritik değerdedir. Psikososyal tehlikeler, iş yerinde sağlık, güvenlik ve esenliğin sağlanmasının önündeki engellerdir.

KAYNAKLAR

6631 sayılı İş Kanunu. (2012). T.C. Resmî Gazete, 28339, 30/6/2012. Erişim linki: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6331.pdf>

- Amponsah-Tawiah, K., Leka, S., Jain, A., Hollis, D. and Cox, T. (2014). The impact of physical and psychosocial risks on employee well-being and quality of life: The case of the mining industry in Ghana. *Safety Science*, 65, 28–35.
- BSI, (2021). British Standards Institution. *Guidance on the Management of Psychosocial Risks in the Workplace: PAS1010*; BSI: London, UK, 2001. Erişim linki: <http://mtpinnacle.com/pdfs/Guidance-on-the-management-of-psychosocial-risks-in-the-workplace-1.pdf>
- Canadian Standard Agency. (2013). Psychological Health and Safety in the Workplace—Prevention, Promotion and Guidance to Stage Implementation (CAN/CAA-Z1003-13/BNQ 9700-803/2013). Erişim linki: https://www.csagroup.org/documents/codes-and-standards/publications/CAN_CSA-Z1003-13_BNQ_9700-803_2013_EN.pdf
- ILO, (2020). Managing work-related psychosocial risks during the COVID-19 pandemic. Erişim linki: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/instructionalmaterial/wcms_748638.pdf
- International Labour Office (ILO). (1986). Psychosocial factors at work: recognition and control. Report of the Joint International Labour Office and World Health Organization on Occupational Health, Ninth Session, Geneva, 18–24 September 1984. Occupational Safety and Health Series No. 56. Erişim linki: https://www.who.int/occupational_health/publications/ILO_WHO_1984_report_of_the_joint_committee.pdf
- International Labour Organization, (2016). *Work Related Stress: A Collective Challenge*. Erişim linki: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_466547.pdf
- International Standards Organization, (2021). ISO45003:2021- Occupational health and safety management-Psychological health and safety at work — Guidelines for managing psychosocial risks. Erişim linki: <https://www.iso.org/standard/64283.html>
- Işık, İ. (2021). Çalışma Yaşamında Psikososyal Riskler ve Yönetilmesi. *Artıbülden* Ocak-Nisan 2021, 2-6.
- Jain, A., Hassard, J., Leka, S., Di Tecco, C. and Iavicoli, S. (2021). The Role of Occupational Health Services in Psychosocial Risk Management and the Promotion of Mental Health and Well-Being at Work. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 1-24.
- Kocabaş, F., Aydın, U. Canbey Özgüler, V., İlhan, M.N., Demirkaya, S., Ak, N., ve Özbaş, C. (2017). Çalışma ortamında psikososyal risk etmenlerinin iş kazası ve işle ilgili hastalıklarla ilişkisi. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 7 (14), 28-62.
- Leka, S. and Cox, T. (2008). The European Framework for Psychosocial Risk Management: Prima-EF; I- WHO Publications: Nottingham, UK. Erişim linki: https://www.who.int/occupational_health/publications/PRIMA-EF%20Guidance_9.pdf
- Leka, S., Jain, A. and Lerouge, L. (2017). Work-Related Psychosocial Risks: Key Definitions and an Overview of the Policy Context in Europe. In Loïc L. (Eds.) *Connecting healthcare worker well-being, patient safety and organisational change* (1 ed., pp. 1-12). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Leka, S., Jain, A., Widerszal-Bazyl, M., Żołnierczyk-Zreda, D. and Zwetsloot, G. (2011). Developing a standard for psychosocial risk management: PAS 1010. *Safety Science*, 49 (7), 1047-1057.
- Öz Aktepe, S. (2022). İş yeri nezaketsizliği: Bir toksik etkileşim, bir psikososyal tehlike. T. Moç (Ed.), *Örgütlerde toksik davranışlar* (ss. 243-272) içinde. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Safe Work Australia (SWA). (2018). Work-related psychological health and safety: A systematic approach to meeting your duties. Erişim linki: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1911/work-related-psychological-health-and-safety-a-systematic-approach-to-meeting-your-duties.pdf>
- Schulte, P., Streit, J.M.K., Sheriff, F., Delclos, G., Felknor, S., Tamers, S.L., Fendinger, S., Grosch, J. and Sala, R. (2020). Potential Scenarios and Hazards in the Work of the Future: A Systematic Review of the Peer-Reviewed and Gray Literatures. *Annals of Work Exposures and Health*, 64, 786–816.

- Taouk, Y., Spittal, M., LaMontagne, A. and Milner, A. (2020). Psychosocial work stressors and risk of all-cause and coronary heart disease mortality: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Work, Environment, and Health*, 46(1), 19-31.
- Vatansever, Ç. (2014). Risk değerlendirmede yeni bir boyut, psikososyal tehlike ve riskler. *Çalışma ve Toplum Dergisi*, 1, 117-138.
- World Health Organization (WHO). (2010). *Health Impact of Psychosocial Hazards at Work: An Overview*. Erişim linki: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44428/9789241500272_eng.pdf
- Yu, M. and Li, J. (2019). Psychosocial safety climate and unsafe behavior among miners in China: The mediating role of Work Stress and Job Burnout. *Psychology, Health & Medicine*, 25(7), 793–801.

KAZA RAPORU HAZIRLAMA VE İSG UYGULAMALARI REPORT PREPARATION IN THE ACCIDENTAL INVESTIGATION AND OHS PRACTICES

H. Vapur^{1*}, M.Ş. Durgut², S. Top³, A. Ürünveren¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

² Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü

³ Abdullah Gül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü

(*Sorumlu yazar: hvapur@cu.edu.tr)

ÖZET

Bu çalışmada İSG yönünden kaza ve kök sebep analizi hakkında önemli bilgiler verilmiştir. İş kazalarının önlenmesine yönelik eğitimlerin ve olayların tekrarlanmaması için hazırlanabilecek analizlerin neler olabileceği ve nasıl kaydedileceği belirtilmiştir. İş kazası inceleme raporu, kaza veya ramak kala olayları hakkında tüm bilgiler verilmiştir. Ayrıca, kaza sonrası yapılacak işler arasında olan rapor sürecine bağlı kayıtların tutulması endüstriyel uygulamalarda faydalar sağlayacaktır.

Anahtar Sözcükler: Kaza Araştırma, Kök sebep analizi, Risk analizi, Rapor Hazırlama

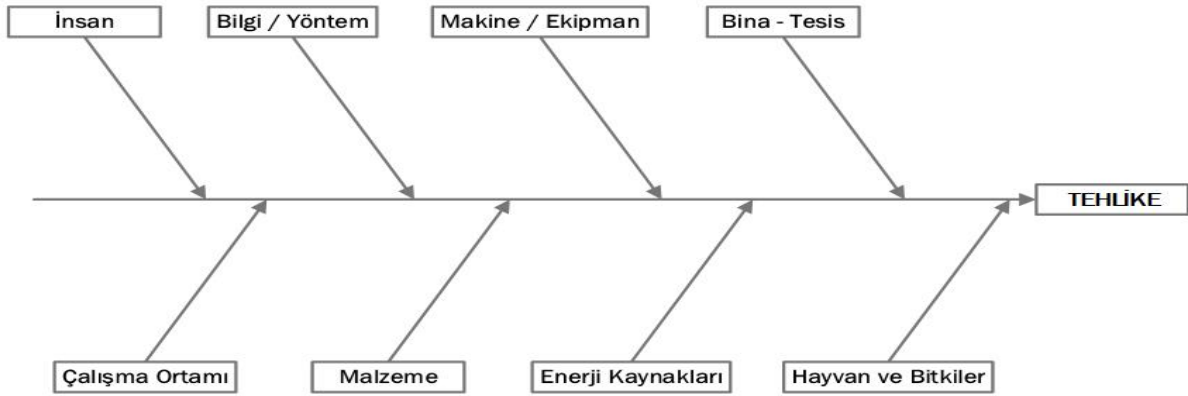
ABSTRACT

In this study, the important information about accident and root cause analysis in terms of OHS is provided. It is explained what the trainings for the prevention of occupational accidents and the analyses that can be prepared to prevent the incidents from recurring and how they will be recorded. The required information about work accident investigation report, accident or near miss events is given. In addition, keeping records related to the report process, which is among the works to be done after the accident, will provide benefits in the industrial applications.

Keywords: Accident Investigation, Root Cause Analysis, Risk Analysis, Report Preparation

GİRİŞ

Kaza incelemesi; Kazaların, iş başında yaralanmaların, maddi hasarların ve yakın aramaların bir daha meydana gelmemesi için temel nedenlerinin belirlenmesi sürecidir. Çünkü kaza araştırması sizi bir şeyin neden gerçekleştiğinin gerçek sebebine götürecektir ve bu bilgiyle donanmış olarak, gelecekteki kazaların oluşmasını önlemek için olumlu adımlar atılabilir. Ramak kala (near miss) olayları özellikle kayıt altına alınmalıdır. 6331 sayılı İSG Kanuna göre; işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olaya iş kazası denir (ÇSGB, 2012). Bir işyerinde tehlikeli durum (%10) ve tehlikeli davranış (%88) birleşimi ile kaza gerçekleşmektedir. Burada %2 beklenmeyen durumların etkisi vardır. Kaza sonrası tehlike sınıfına bağlı yıl süresi beklenmeden hemen risk analizini yenilemek gerekir (Heinrich, 1959; Zegear ve Topkara 1991; Erdoğan, 2021). En çok karşılaşılan tehlikelerden bazıları; Düşmeler, dönen ya da kesici makine parçasına bir uzvunu kaptırma, arada sıkışma, araç kazaları, elektrik, yangın, zehirlenme, boğulma, sivri bir parçanın vücuda batması, patlama, saldırı, şiddet, terör, savaş, hırsızlık, hastalıklar, kırık-çıkık, gürültü, titreşim, bel fıtığı, boyun fıtığı, kısmi felç, cilt hasarı, toz, ağır metal bulaşma, organ yetmezliği, deprem, sel, heyelan v.b. gibi sıralanabilir (ÇSGB, 2006). Tehlike kaynakları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tehlike Kaynakları (Zegear ve Topkara, 1991; Tunca ve Utlu, 2016; Erdoğan, 2021)

Ayrıca disiplinsiz davranışlar, eğitim almamakta inatçılık, eşek şakası (horse play), bana bir şey olmaz deyip hayatıyla kumar oynama (gambling) da tehlike kaynaklarıdır. Örnek olarak; elektrik panosunda çıplak elle işlem yapmak, standartlara, kanun ve yönetmeliklere uymamak, ilk yardım ve acil durumlarda eylem planı eksiklikleri de kaza sayılarını artırmaktadır. Denetleyenlerdeki eksiklikler (yani devletin görevlendirdiği denetçilerin ya da işletme içinde yönetimin yetersiz olması), yasal düzenlemelerdeki boşluklar, donanımsal hatalar, KKD'lerin düzgün kullanılmaması, işaretleme ve kaza raporları, sözlü ve yazılı talimatlar, güvenlik eğitimleri, stres, dikkatsizlik, ilgi, yoğunluk vb. gibi kavramlar 'kök sorun' olmasa da dolaylı yollardan etken olan nedenlerdendir (HSE, 2000; Heinrich v.d., 1980; AS,1960). Genel olarak istatistiksel kaza piramidi aşağıda verilmiştir (Şekil 2). İş yerindeki Ana aktörler aşağıdadır.



Şekil 2. Genel istatistiksel Kaza Piramidi (Heinrich, 1959; Erdoğan, 2021)

İşveren: Tüm olaylar için doğrudan veya dolaylı sorumludur. İlgili alan ve/veya faaliyetlerin genel denetçisidir.

Çalışanlar: Kaza araştırmalarında çalışanları güvenlik ve sağlık konularına dâhil etmek iyi bir yoldur. Çalışanların katılımı raporlayana yalnızca ek uzmanlık kazandırmakla kalmayacak, aynı zamanda çalışanların gözünde sonuçlara güvenilirlik artacaktır. Çalışan katılımı, ilgili çalışanları potansiyel tehlikeler konusunda eğiterek te fayda sağlar ve bu deneyim onları güvenliğün önemine inandırır ve böylece İSG kültürünü güçlendirir.

İSG Güvenlik Komitesi: Birçok şirket, ciddi yaralanma veya kapsamlı maddi hasar içeren olayları araştırmak için bir ekip veya alt komite veya ortak çalışan-İSG komitesi kullanılır. Ekip üyeleri bir polis müfettişi gibi ya da araştırmacı gazeteci gibi detaylı araştırma yapmalıdır (Şekil 3).

İSG Uzmanı: Güvenlik departmanı veya güvenlik ve sağlıktan sorumlu kişi araştırmaya katılmalı veya araştırma bulgularını ve tavsiyelerini gözden geçirmelidir (ÇSGB, 2012).



Şekil 3. Kaza araştırma ekibi toplantısı (HSE, 2000)

Kaza incelemesi için işverenin temel hedefleri:

- Hedef olarak bir kaza soruşturma süreci geliştirmek. Hata bulma değil, o olayın neden meydana geldiğinin temel nedenlerini belirlemek ve o olayın bir daha yaşanmaması için değişiklik yapmak.
- Kazaların ve yakın aramaların (büyük ve küçük) eşit şiddetle soruşturulacağı bir politika belirlemek. Kaza araştırmalarını yürüten personele eğitim ve araçlar sağlamak.
- Yeterli düzeyde ayrıntıyla zamanında tamamlandıklarından emin olmak için tamamlanmış araştırmaları denetlemek (AS, 1960; HSE, 2000).

İş kazaları meydana geldikten sonra ekip tarafından en kısa sürede araştırılmalıdır. Zamanında ve kapsamlı bir kaza soruşturmasının hedefleri şunlar olmalıdır: Kazanın nedenini belirlemek ve kazanın tekrar olmasını önlemek. İşyerindeki sağlık ile güvenlik koşullarını iyileştirmek. Kazaya karşı güvenlik ile sağlık standartlarının, ihlalinin katkıda bulunup bulunmadığını belirlemek. Gelecekteki yasal işlem durumunda şirket veya bireysel sorumluluğu belirlemek. Hasarlı parçaların onarım veya değiştirilmesi ihtiyacını belirlemek. Çalışanlar için ek eğitim ve öğretim ihtiyacını belirlemek. Kapsamlı ve eksiksiz bir kaza araştırması yapmak. Özellikle: arka plan araştırması, saha araştırması, toplantı ve görüşmelerde alınan yazılı kayıtlar ile analiz ve raporlama olmak üzere birkaç adımı içermesi gerekir. Analizler için anahtar olan bu araştırmalar aşağıda daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır (AS, 1960; Sanders ve McCormick, 1993; HSE, 2000).

ARKA PLAN ARAŞTIRMASI

Aşağıdaki aşamaları içerir:

- Yaralı çalışanların ve/veya eylemleri kazaya katkıda bulunan diğer kişilerin istihdam ve yaralanma kayıtlarının gözden geçirilmesi.
- Herhangi bir yaralanma ve/veya ekipman, makine, bina veya mülke verilen hasar raporlarının gözden geçirilmesi.
- Kazayla ilgili bir tanık listesinin oluşturulması.
- Alanın normal koşulları ve/veya operasyonları hakkında bilgi toplanması. Bilgiler; haritaları, kat planlarını, kablo şemalarını ve diğer tüm boruları veya mimari çizimleri veya operasyonel yönergeleri içerecektir.
- Soruşturmanın amacını ve hedeflerini özetlemek için, etkilenen alandan sorumlu denetçiler ve diğer çalışanlar ve etkilenen alanın çalışanları ile görüşülmesi. İlgili malzemeler, ekipman, operasyon

veya süreç hakkında temel bir anlayış olduğundan emin olunması (AS, 1960; Heinrich v.d.,1980; Sanders ve McCormick, 1993; HSE, 2000).

SAHA ARAŞTIRMASI

Aşağıdaki eylemler önerilmektedir;

- Olay meydana geldikten sonra mümkün olan en kısa sürede kaza mahalline gelin.
- Saha incelemesi sırasında kaza mahallini yetkili kişilerle sınırlandırın.
- Kurcalamayı veya diğer değişiklikleri önlemek için taşınabilir kanıtların güvence altına alınmasını sağlayın.
- Kazadan sonra hangi fiziksel değişikliklerin meydana gelmiş olabileceğini belirleyin. Değişiklikler temizlik, hava durumu, bakım ve normal kullanıma bağlanabilir.
- Tüm alanı turlayın ve binanın, zeminin, ekipmanın, aydınlatmanın ve havalandırmanın durumu ve durumuna ilişkin ilgili ilk algıları kaydedin.
- Kazaya karışan ekipman veya makinelerin bulunduğu veya kazaya katkıda bulunan eylemlerin meydana geldiği kaza mahallinin bölümlerini çizin veya çizdirin.
- Bir kaza mahallini çizerken veya çizdirirken aşağıdaki yönergeleri kullanın: Kare (grafik) kağıdı kullanın. Mesafe veya boyut önemliyse, her kare için değeri belirleyin ve bunu her çizimin altına not edin. Her çizimi bir ok kuzeyi gösterecek şekilde yönlendirin. Tüm nesneleri etiketleyin. Kişilerin ve/veya araçların seyahat yollarını belirtmek için okları kullanın. Hareketli nesnelerin iki sabit konumdan uzaklığını belirtin. Kaza anında hazır bulunan tanıkların yerlerini not edin.
- Olay yerinin tamamının, hasarlı alanların ve ilgili makine ve/veya ekipmanın fotoğraflarını çekin. Fotoğraflar, kaza mahallinde herhangi bir düzeltme yapılmadan önce çekilmelidir. Fotoğraf çekmeden önce alanın değiştirilip değiştirilmediğini belirleyin. Öğeler taşındıysa veya değiştirildiyse, fotoğraflar için geri taşımayın. Öğeleri bulunduğu gibi fotoğraflayın, ancak değişikliği ve değişiklikten sorumlu veya bilgi sahibi olan kişiyi belgeleyin. Yakın çekimler için, fotoğrafı çekilen öğelerin boyutunu veya eğimini belirtmek için cetvel veya seviye ölçer gibi referans öğeleri kullanın. Her yakın çekim için, bir referans sağlamak için aynı öğeyi uzaktan fotoğraflayın. Kişilerin yerleşimini belirtmek için referans işaretlerini kullanarak yaralı işçinin/işçilerin bulunduğu alanı fotoğraflayın (AS, 1960; Heinrich v.d., 1980; Sanders ve McCormick, 1993; HSE, 2000).

TOPLANTI VE GÖRÜŞMELERDE ALINAN YAZILI KAYITLAR

Yazılı kayıtlar ile ilgili önerilenler aşağıdadır:

- Görüşülecek tanıkların ve diğer kişilerin bir listesini hazırlayın. Mümkün olduğunda, görüşmeleri gerçekleştirmeden önce 24 saatten fazla geçmesine izin vermeyin. Kesintileri ve dikkat dağınıklarını önlemek için görüşmeleri özel bir ortamda gerçekleştirin.
- Herhangi bir görüşmeden önce bir soru listesi hazırlayın. Yönlendirici cevaplar gerektiren sorular kullanmayın. Beklenen bir yanıt öneren (Örnek: “Yaralanan çalışanın koştuğu doğru değil mi?”) veya “evet” veya “hayır” olarak yanıtlanabilecek sorulardan kaçının. Sorular aşağıdaki altı temel unsurdan yapılandırılmalıdır: Kim? Ne? Neresi? Ne zaman? Nasıl? Neden? Soruları ve ilgili tüm tarafları tanımlar.
- Mülakata başlamadan önce, görüşülecek kişiye oturumun amacının kazanın nedenini belirlemek ve gelecekte herhangi bir kaza olmasını önlemek olduğunu söyleyin. Bireyden ne olduğunu açıklamasını isteyerek görüşmeye başlayın. Sorularla sözünü kesmeyin. Birey ilk ifadesini verdikten sonra, hazırlanan soruları ve bireyin ifadesinin yönelttiği ek soruları sorun.
- Bireyin ifadesini, sorulan soruları ve alınan yanıtları oluş sırasına göre kaydedin. Bireyin konuşmasına izin verin, ama başıboş dolaşmayın. Konuşmayı eldeki konuya geri döndürmek için gerektiğinde araya girin.

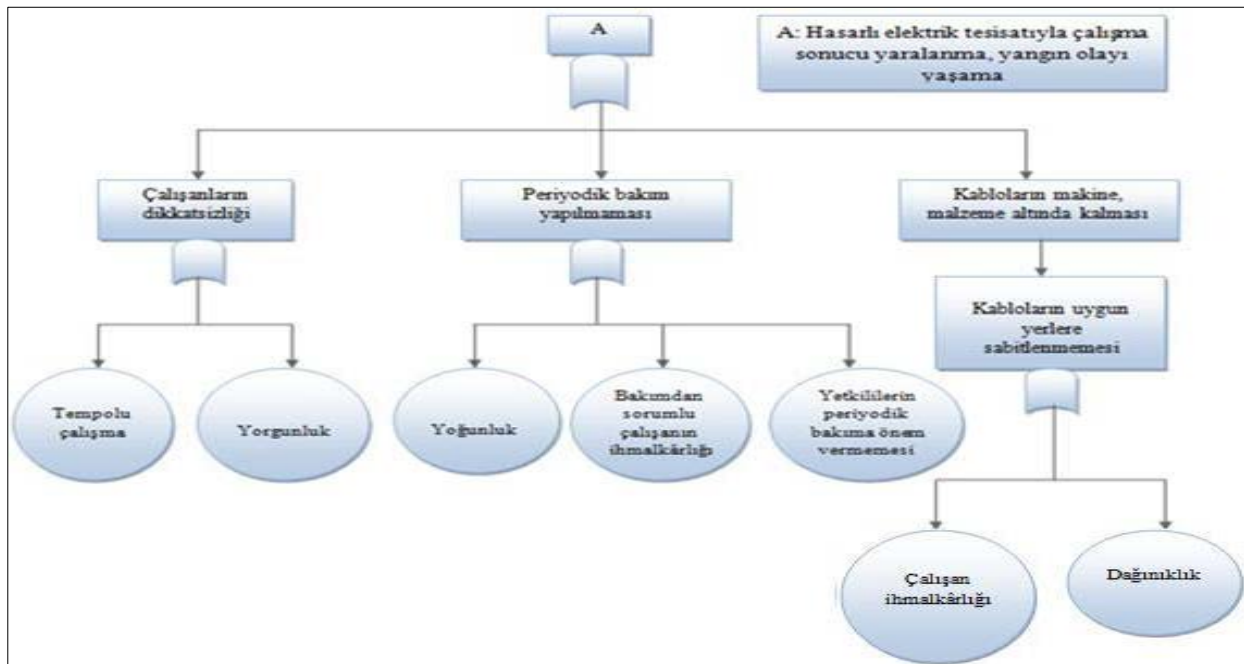
• Tüm sorular yanıtlandığında ve kişi ek bilgi sağlanamayacağını belirttiğinde görüşmeyi kapatın. Aklınıza başka ilgili bilgiler gelirse, kişiyi sizinle iletişim kurmaya teşvik edin. Görüşmeden hemen sonra, kişinin ifadesini ve yanıtlarını gözden geçirin ve izlenimlerinizi ve yargılarınızı kaydedin (AS, 1960; Heinrich v.d.,1980; Zegear ve Topkara,1991; Sanders ve McCormick, 1993; HSE, 2000).

ANALİZ VE RAPORLAMA

Burada geçmişte yapılmış risk analizleri ve kayıt altına alınmış eski kaza raporlarından yararlanılabilir. Çalışanlar ile yapılan beyin fırtınası şeklindeki toplantı raporlar, çeklist anket sonuçları, iş yeri güvenlik analizleri (JSA) fayda sağlayacaktır. Özellikle Şekil 4'te verilen hata ağacı (FTA) ve Şekil 5'te verilen olay ağacı (ETA) ve FMEA v.b. gibi analizler yapılarak kaza önleme stratejileri geliştirilebilir. Kök sebepler araştırılmalıdır.

Kök sebepler üç ana başlıkta toplanabilir.

- Fiziksel nedenler (İş Faktörleri); Somut, maddi öğeler bir şekilde arızalandı (örneğin, bir arabanın frenlerinin çalışmayı durdurması).
- İnsan nedenleri (Tehlikeli Davranışlar); İnsanlar yanlış bir şey yapabilir ya da gerekli bir şeyi yapmayabilir. Tipik olarak fiziksel nedenlere yol açar (örneğin, fren hidroliğini kimse doldurmadı, bu da frenlerin arızalanmasına neden oldu).
- Organizasyonel nedenler (Tehlikeli durumlar); İnsanların karar vermek veya işlerini yapmak için kullandıkları bir sistem, süreç veya politika hatalıdır (örneğin, araç bakımından hiç kimse sorumlu değildir ve herkes, fren hidroliği seviyesini bir başkasının kontrol ettiğini varsaymıştır).



Şekil 4. Elektrik Tesisatı ile ilgili Hata Ağacı Analizi (FTA)

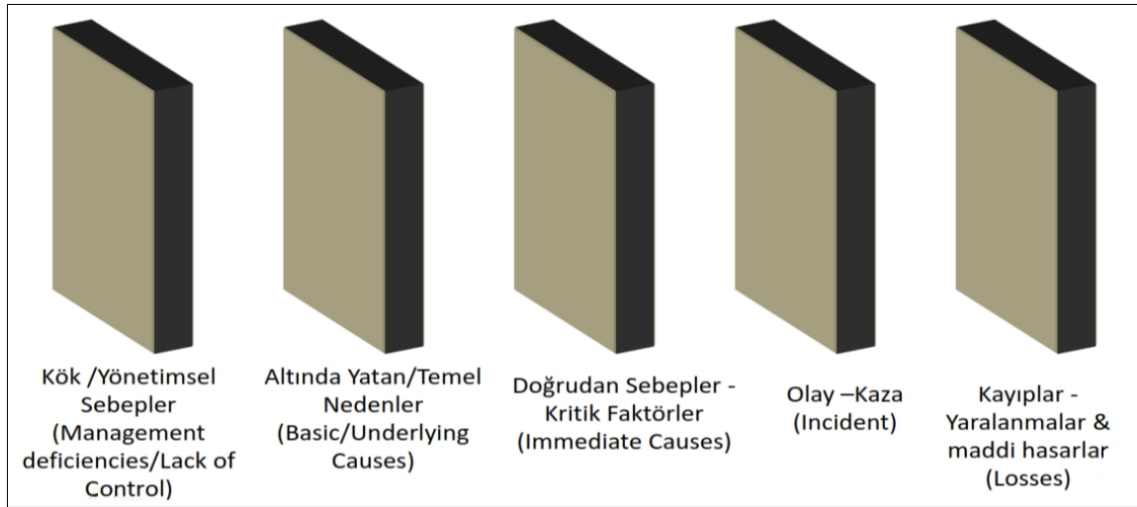
Kaza araştırmada çeşitli teorileri kullanılmaktadır. Burada önemli olanlardan bahsedilecektir. **Enerji Teorisi**; Enerji boşalması ile bağlantılıdır. Zira enerji boşalması ne kadar büyükse, hasar potansiyeli de o kadar büyüktür. Tehlikelerin tanınmasında bu kavram “enerji transferi” kavramıyla oldukça sınırlandırılmış olduğundan, bu cihetten Tek Faktör Teorisi’ne benzemektedir. **Tek Faktör Teorisine** göre; Bu teori, bir kazanın tek bir nedenin sonucu olarak ortaya çıktığını ileri süren görüşten doğar. Eğer bu tek neden tanınabilir ve ortadan kaldırılabilir ise kaza tekrar etmeyecektir. **Çok etken Teorisi** ise; Tek Faktör Teorisi’nin tersine, kaza birçok etken ile birlikte değerlendirilerek analiz edilir. Bu teori ve analiz

yöntemleri birçok deneyimli sağlık ve güvenlik uzmanları tarafından da kabul edilip uygulanmaktadır. **Epidemiyoloji Teorisinde** anahtar bileşenler yetenek ve durum özellikleridir. Kişilerin yetenek ve kapasitelerine uygun çalışma koşulları gerekir. Aşırı zor koşullar kazaya neden olabilir (Heinrich v.d., 1980; Dizdar, 2001; ÇSBG, 2006; Özçatalbaş, 2014; Erdoğan, 2021).

Shell Modelinde şu ana etkenler vardır. Software (Yazılım): Kurallar, prosedürler, yazılı dökümanlar gibi standart çalışma prosedürleri. Hardware (Donanım): Çalışanların kullandığı ekipmanlar, ekranlar, kontrol yüzeyleri. Environment (Çevre): Çalışanların bulunduğu sosyal, ekonomik ve doğal şartların etkili olduğu ortam. Liveware (Çalışan): Çalışanın kendisidir. Ekipmanları, yazılımları kullanan ve o ortamın içinde yaşayarak ortama anlam katan bireydir.

İnsan Faktörleri Teorisinde; Bu teori (human factors theory) kazaları, eninde sonunda insan hatasından kaynaklanan olaylar zincirine bağlar. Teori, insan hatasına yol açan üç önemli faktörü içerir: Aşırı yük, uygun olmayan tepki ve yerinde olmayan faaliyetler.

Domino Teorisi kök neden araştırmada oldukça yaygındır (Şekil 5). Beş temel nedenin arka arkaya dizilmesi sonucu kaza meydana gelir. Bunlardan biri olmadıkça bir sonraki meydana gelmez ve dizi tamamlanmadıkça kaza ve yaralanma olmaz. Kazalar fiziksel, kimyasal, biyolojik, ergonomik, psikolojik vb. faktörlere bağlı tehlike sınıflarına göre meydana gelmektedir. Yukarıda belirtilen faktörlerin arka arkaya dizilmesi de kazanın olması için yeterli olmaz. Önceden planlanmayan ve bilinmeyen, zarar vermesi muhtemel bir olayın da meydana gelmesi gereklidir (Heinrich v.d., 1980; Dizdar, 2001, ÇSBG, 2006; Özçatalbaş, 2014; Erdoğan, 2021).

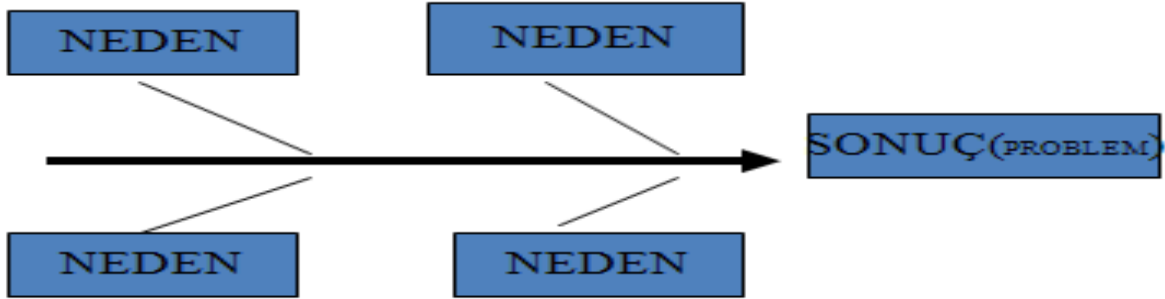


Şekil 5. Domino teorisi ile kök neden araştırma (HSE, 2000)

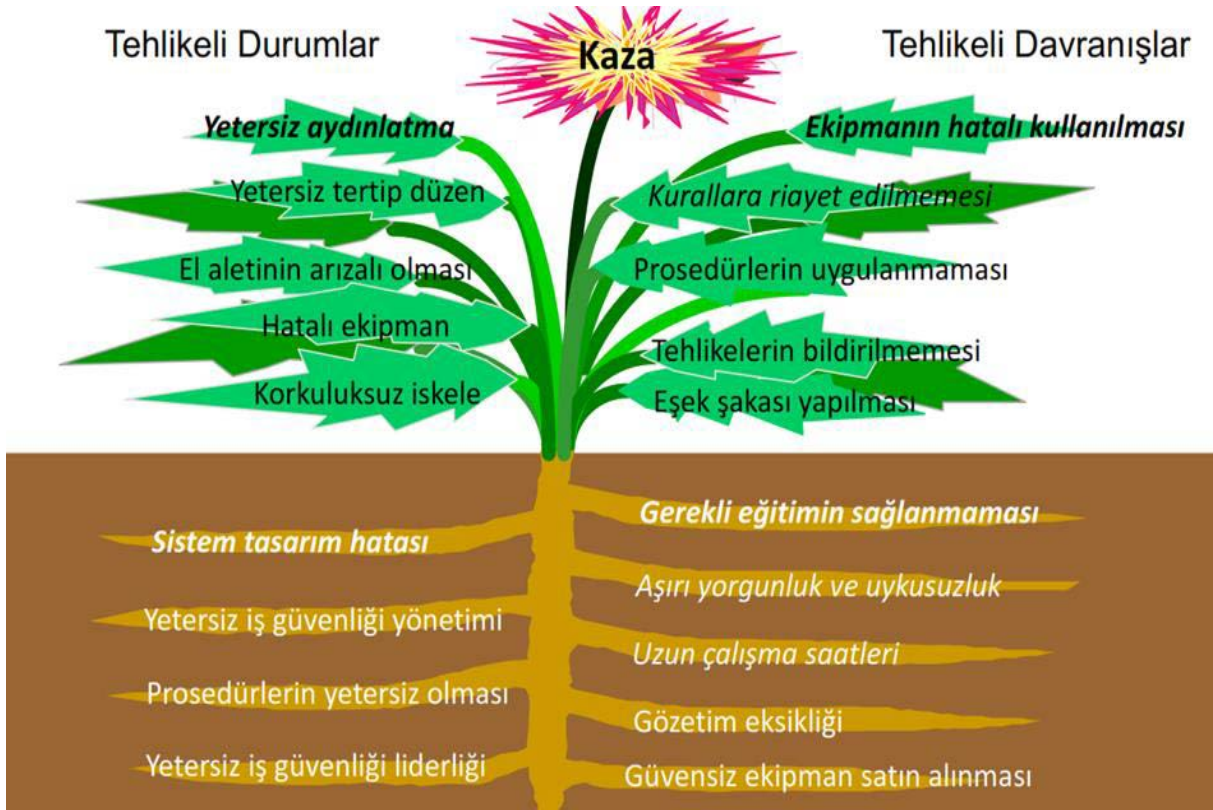
Bazı durumlarda, kök neden analizi toplam **beş “neden?”** sorusunun sorulmasından ibaret olabilir. Örneğin; Bir işçi düştü. (1) İşçi **“neden”** düştü? Zeminin yağlı ve kaygan olması yüzünden (Şekil 6). (2) Zemin **“neden”** yağlı? Kırık bir parça yüzünden. (3) Parça **neden** kırık? Sürekli bazı parçaların aşınması nedeniyle. (4) Aşınmanın **nedeni** ne? Satın alma usullerindeki değişiklik yüzünden. (5) Satın alma usulü **neden** değişti? Sonuç: Ucuz ve düşük kalite ürün kullanıldı.

Tüm gerçek bulma çalışmaları tamamlandıktan sonra, kazanın tüm nedenlerini belirlemek için verileri analiz edin. Ardından, belirlenen nedenleri özetleyen ve gelecekte benzer kazaları önlemek için düzeltici önlemleri açıklayan kapsamlı bir rapor hazırlayın. Bir kazanın neden meydana geldiğini en iyi şekilde anlamak ve önleyici eylemleri planlamak için, çoğu kazanın birden fazla nedeni olduğunu anlamak önemlidir. Bir kazanın görünüşte ilgisiz olayların etkileşiminin sonucu olabileceğini anlamak önemlidir. Bir kazanın nedeni, onsuz kazanın olmayacağı veya yaralanmaların ciddiyetinin daha az

olacağı herhangi bir davranış, koşul, eylem veya ihmaldir. Nedenler doğrudan, dolaylı veya katkıda bulunan olarak karakterize edilebilir (AS, 1960; Heinrich v.d., 1980; Dizdar, 2001; ÇSBG, 2006; Özçatalbaş, 2014; Erdoğan, 2021). Şekil 7'de tehlikeli durum ve davranışların bazıları ile kazaya etkilerine değinilmiştir.



Şekil 6. Kök neden analizi toplam beş "neden" Yöntemi ve Balık Kılıçğı Analizi (ETA) (Dizdar, 2001)



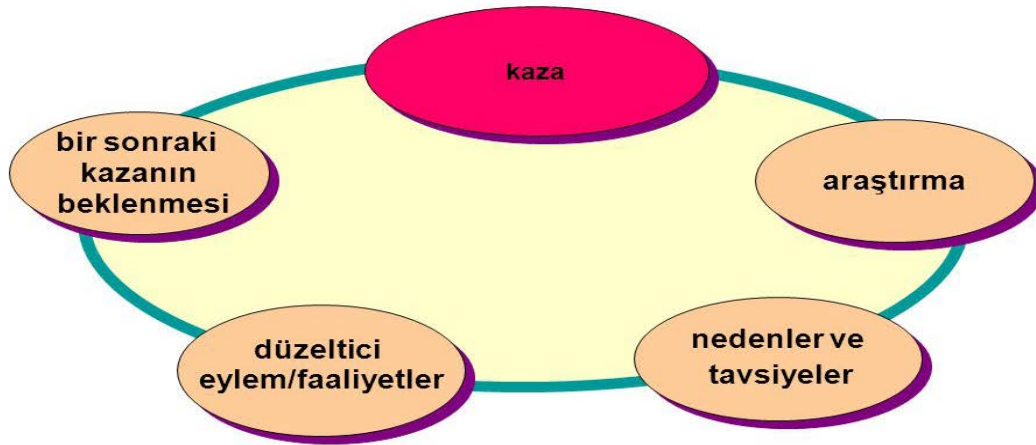
Şekil 7. Tehlikeli durum ve davranışların kazalara etkileri

• Doğrudan nedenler, doğrudan kazayla ilgili eylemler veya ihmallerdir. Bunlar, aşağıdakileri yapan işçileri veya diğer kişileri içerebilir: Ekipmanı güvenli olmayan bir şekilde çalıştıran veya güvenlik kusurları veya eksiklikleri olduğu bilinen ekipmanı kullanan, gerekli veya gerekli güvenlik önlemlerini veya prosedürlerini takip etmeyen, ekipmanın bilinen hasarını veya hatalı işlemlerini düzeltmeyen

• Dolaylı nedenler, doğrudan bir nedenin ortaya çıkmasına doğrudan katkıda bulunan koşullardır. Bu nedenler şunları içerebilir: Ekipman, makine, araç, bina veya zeminin kusurlu veya olağandışı koşulları, sarhoşluk, fiziksel kusurlar veya sınırlamalar veya psikolojik kusurlar veya sınırlamalar gibi işçilerin veya diğer kişilerin kusurlu veya olağandışı koşulları o tehlikeli veya olağandışı hava koşulları.

• Katkıda bulunan nedenler, doğrudan kazayla ilgili olmayan, ancak doğrudan veya dolaylı bir nedenin ortaya çıkmasına veya varlığına katkıda bulunan koşullar, programlar, eylemler veya ihmallerdir. Bu nedenler aşağıdakileri içerebilir: Güvenlik programı, eğitim programları, önleyici bakım programları, düzeltici bakım programları, denetim, uygulama, ekipman, makine, araç veya tesislerin tasarımı o tavsiye veya uyarı iletişimi, etiketler veya işaretler.

• Verileri toplayın ve ilişkilendirin. Kaza araştırma ekibi tarafından tüm bilgiler bir kerede gözden geçirilebilir şekilde toplanmalı ve organize edilmelidir: ilgili çalışanların istihdam ve yaralanma kayıtlarının özeti, ilgili çalışanlar için uyum (oryantasyon) ve eğitim kayıtlarının özeti, normal koşulların ve/veya ilgili personelin işleyişinin özeti: Olağan ve güvenli işlemlerin veya ilgili malzemelerin, ekipmanların, tesislerin, işlemlerin veya süreçlerin kullanımının tanımı, ilgili malzeme, ekipman ve tesislerin teftişlerinin özeti, aralarında anlaşma ve anlaşmazlık alanlarının ana hatlarını içeren tanık ifadelerinin özeti beyanlar o önleyici bakım veya onarımla ilgili kayıtların özeti o yazılı şirket politikaları. Şekil 8'de klasik kaza araştırma döngüsü verilmiştir (AS, 1960; Heinrich v.d., 1980; Dizdar, 2001, ÇSBG, 2006; Özçatalbaş, 2014; Erdoğan, 2021).



Şekil 8. Klasik Kaza araştırma döngüsü (Heinrich vd., 1980; Dizdar, 2001; Özçatalbaş, 2014; Erdoğan, 2021;).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaza Araştırmaları İSG uygulamalarının optimize edilmesi için mutlaka hem yazılı olarak hem de elektronik ortamda kayıt altına alınmalıdır. Ramak kala olaylarının da kayıt altına alınması (record keeping) gerekir. Böylelikle devlet tarafından yapılan denetlemelerde sağlıklı raporlara ulaşılabilecektir. Ayrıca istatistiki bilgilerin sağlıklı olarak belirlenmesine olumlu katkı sunabilecektir. Kazanın küçüğü ya da büyüğü olmadan kayıt altına alınmalıdır. Ancak kurumsallaşmamış küçük ve orta ölçekli şirketler tarafından ya da işverenler tarafından verilerin tam olarak işlenmemesi yada tam şeffaflık sağlanamaması sorunları iş yerlerinde daha büyük kazaların oluşmasına neden olmaktadır. İleriki yıllarda yapılacak olan risk analizleri içinde kaza raporları önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle Risk analizlerinin birinci aşaması olan tehlikelerinin belirlenmesinde de kaza araştırma raporları en önemli kaynaklardan birisidir.

KAYNAKLAR

- AS, (1960). Accident Investigation, Applicable Standart: 1960. 29. <https://www.isri.org/docs/default-source/safety/>
- ÇSBG, (2006). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. İş müfettişleri risk değerlendirme metodolojileri eğitim projesi değerlendirme raporu. Ankara: ÇSBG yayınları

- ÇSGB, (2012). iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yönetmeliği, 6331 sayılı kanun 29.12.2012, Resmî Gazete Sayısı: 28512
- Dizdar E.N. (2001). Kaza Sebeplendirme Yaklaşımları, Türk tabipleri birliği mesleki sağlık ve güvenlik dergisi, Temmuz sayısı, sayfa 26-31.
- Erdoğan, H. (2021). Kaza ve olay araştırması & kök neden analizi, <https://www.mmo.org.tr>, İş Kazası Sunum, 115 s.
- Heinrich, H. (1959). Industrial accident prevention, 4th ed. , New York, McGraw-Hill
- Heinrich, H.W., Petersen, D. and Roos, N. (1980). Industrial accident prevention, McGraw-Hill, (5th Ed.), New York, USA.
- HSE, (2000). Management of health and safety at work. Management of Health and Safety at Work Regulations 1999. HSE Books. Approved Code of Practice and guidance L21 (Second edition) ISBN 978 0 7176 2488 1 (Regulations 3(3) and 5 refer). www.hse.gov.uk/pubns/books/L21.htm
- Özçatalbaş, Ö., (2014). İş kazası nedenlerinin kök sebep analizi ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Özçatalbaş, Ö., (2014). İş kazası nedenlerinin kök sebep analizi ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Sanders, M.S. and McCormick, E. (1993). Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill Inc., Seventh Edition, Singapore.
- Tunca, F. ve Utlu, Z. (2016). İş güvenliğinde kök, neden-sonuç ilişkisi, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, cilt 31, s.1-14.
- Zeggar D.A. ve Topkara B. (1991). Kaza araştırması, Madencilik cilt 30, sayfa 33-38

AÇIK OCAK MADENLERİNDE ELEKTRİK İŞ GÜVENLİĞİ ELECTRICAL SAFETY IN OPEN PIT MINES

S. Çelik^{1*}, O. Doğan²

¹ Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş. (Sabancı Holding ve E. ON ortaklığındaki Enerjisa)

² Gümüşhane Üniversitesi, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı
(*Sorumlu yazar: selcuk.celik@toroslaredas.com.tr)

ÖZET

Elektrik bir enerji türü olup başka bir enerji türüne dönüşümü anında ortaya çıkmaktadır. Elektrik enerjisi taşınırken ses, koku çıkarmayıp saniyede 300.000 km hızla hareket etmektedir. Bu nedenle çalışma alanlarında elektrik kullanımı eğer gerekli önleyici ve düzeltici tedbirler alınmaz ise büyük risk oluşturmaktadır. Açık ocak maden işletmelerinde kullanılan elektrikli ekipmanlar ve aletler ile ortam aydınlatması için kullanılan elektrik enerjisi ve işletme alanına yakın iletim ve dağıtım havai hat şebekelerinden kaynaklanan birçok tehlike ve riskler mevcuttur. Gerek işletme ekosisteminde gerekse işletme dışındaki insan ve diğer canlıların bu tehlikelerden olumsuz yönde etkilenmemelerini sağlamak için bu çalışmada bahsedilecek idari, teknik, teknolojik uygulamalar ile elektrik kaynaklı riskler kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Bu çalışmanın amacı ve nihai hedefi; açık ocak maden işletmelerinde, işletmeler açısından ana dağıtım panosu, tali pano, iç tesisat ve aydınlatma sistemleri gibi kronik sorunların, nitelikli ve yetkin personel seçimi, rol ve sorumlular belirlenmesi, arıza-bakım ve onarım çalışmaları ile insanı ve doğayı merkeze alıp işletmedeki elektrik ile ilgili işlerde güvenlik kültürü oluşturarak giderilmesidir.

Anahtar Sözcükler: Elektrik iş güvenliği, Madenlerde iş güvenliği, İyi saha uygulamaları

ABSTRACT

Electricity is a type of energy, and its conversion to another type of energy occurs instantly. While electrical energy is being transported, it moves at 300,000 km per second without making any sound or smell. For this reason, the use of electricity in work areas poses a great risk if the necessary preventive and corrective measures are not taken. There are many hazards and risks arising from electrical equipment and tools used in open-cast mining operations, electrical energy used for ambient lighting, and transmission and distribution overhead line networks close to the operation area. In order to ensure that people and other living things, both in the business ecosystem and outside the business, are not adversely affected by these hazards, the administrative, technical and technological applications that will be mentioned in this study can reduce the electrical risks to an acceptable level. The aim and ultimate goal of this study; In open-cast mining operations, chronic problems such as main distribution panel, sub-panel, interior installation and lighting systems in terms of enterprises, selection of qualified and competent personnel, determination of roles and responsibilities, malfunction-maintenance and repair works, putting people and nature at the center and dealing with electricity in the enterprise is to eliminate it by creating a safety culture at the work places.

Keywords: Electrical occupational safety, Occupational safety in mines, Good field practices

GİRİŞ

Elektrik enerjisi günümüzde endüstriyel sanayinin vazgeçilmez unsurlarından bir tanesidir. Geçmişten günümüze insanoğlunun evrilmesinde büyük rol oynamış ve birçok kolaylığı da beraberinde getirmiştir. Ancak diğer taraftan getirmiş olduğu tehlike ve riskler günümüzde çok farklı iş kazalarının ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Bilişim, iletişim ve internet gibi unsurların yanı sıra elektriğin

sanayiye entegrasyonu üretim süreçlerini her zamankinden çok daha karmaşık bir hale getirmiştir. Bu nedenle elektrikle çalışırken gerekli önleyici tedbirleri almak insan hayatı açısından önemlidir. Elektrik teknik bir konu olması nedeniyle çalışırken birçok tehlikeli durum göz ardı edilmektedir. Günümüzde elektrik kaynaklı iş kazalarının ortaya çıkış nedenleri incelendiğinde; enerjili kısımlara fiziki müdahalede bulunmak, enerji kontrolü yapılmadan çalışma yapılması, işe uygun kişisel koruyucu donanım kullanılmaması, enerjisi kesilen kısımlara yetkili olmayan kişilerce müdahale edilmesi, ekip içi veya ekipler arası koordinasyon eksikliği, elektrik arıza-onarım-bakım çalışmalarında mahalli topraklama yapılmaması, elektrik arızasındaki bakım-onarım sonrası enerji verme aşamasında iletişim eksikliği gibi birçok davranış iş kazalarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ayrıca hasar görmüş iletkenler ve kablolar, topraklaması olmayan aletler, deforme izole eldiven ve yalıtkan halılar, standart dışı panolar, elektrikli cihazlara geçici müdahaleler gibi birçok tehlikeli durum bulunabilmektedir. Belirtilen tehlike ve risklerin minimum düzeye indirilebilmesi için çalışma yapılacak alanlarda risk analizlerin yapılması, uygun kişisel koruyucu donanım kullanılması, elektrik ile ilgili iş ve işlemler için gerekli tedbirlerin alınması ile sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlanabilir.

ELEKTRİĞİN İŞLETMELERDE KULLANIMI

Enerji tüketimi, sanayinin gelişimi ve ülkelerin ekonomik kalkınmalarında önemli rol oynamaktadır. Ekonomik büyüme enerji tüketimine ve talebine gereksinim duyan sektörler üzerinde olumlu etki yaratırken enerjide yaşanabilecek darboğaz ise gelişim ve değişim sürecindeki işletmeleri olumsuz yönde etkilemektedir (Kar ve Kınık, 2008). Enerji gereksinimine olan ihtiyacın gün geçtikçe artış göstermesi enerji politikalarında da değişim yaşanmasına neden olmuştur. Temel hedef enerjinin verimli şekilde kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Pamir, 2003). Sürekli artmakta olan elektrik enerjisinin üç temel özelliği vardır. Bunlar; çevre kirliliğine yol açması, dünyada eşitsiz dağılım göstermesi, enerji kaynaklarının yeterli olmayışıdır (Akpolat ve Altındaş, 2013). Ülkelerin enerji ihtiyaçları; güvenilir, ucuz ve kesintisiz bir şekilde sağlanması ile ekonomileri sürdürülebilir bir şekilde gelişebilir (Özata, 2010).

Madencilik Faaliyetlerinde Elektrik İş Güvenliği

Madenler geçmişten günümüze insanoğlunun gelişimi için önemli iş kollarından bir tanesi olmuştur. Birinci sanayi devriminde kömür sanayini gelişiminde önemli bir dönüm noktası olmuştur. İkinci sanayi devriminde elektriğin sanayide kullanımı ile üretim hızı artış yaşanırken diğer taraftan elektrik kaynaklı birçok iş kazasının (asansör kazaları, elektrik yangınları, patlamalar, elektrik kazaları vb.) yaşanmasına neden olmuştur. Otomasyon sistemler ve işletme ekosistemine bağlantılı makine ve ekipman kullanımının her geçen gün artması üremin hızlı, verimli ve güvenli şekilde (gerçek zamanlı takip sistemleri) yapılmasını sağlamıştır. Günümüzde kullanılan teknolojiler ile çok tehlikeli iş kolu madencilik sektörü geçmişe nazaran çok daha güvenli hale gelmeye başlamıştır. İşletmelerde; ödüllendirme ve yaptırım uygulamaları, yapılan işler sırasında ortaya çıkabilecek tehlike ve risklerin elimine edilebilmesi için alınacak önlemler ile ilgili eğitimler, çalışanlarla belirli aralıklarla toplantı yapılması, işletmede veya benzer işyerlerinde meydana gelen ramak kala olayları ve iş kazalarının çalışanlara aktarılması, tehlikeli durum ve ramak kala olaylarının bildirimi, düzenli olarak yapılan saha ziyaretleri, çalışanların görüş ve önerilerinin alınması ile çalışma sahalarındaki risk düzeyi yüksek işlerde alınacak tedbirlerin teyitli olacak şekilde yapılması ile güvenlik kültürünü geliştirmek ve risk algı seviyesini yükseltilebileceği ön görülmektedir.

Açık Ocak Madencilik Faaliyetlerinde Elektrik ile ilgili Çalışmalarda İş Güvenliği Uygulamaları

24246 Sayılı Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinin 4.md'sine göre; "Elektrik kuvvetli akım tesisleri: İnsanlar, diğer canlılar ve eşyalar için bazı durumlarda (yaklaşma, dokunma vb.) tehlikeli olabilecek ve elektrik enerjisinin üretilmesini, özelliğinin değiştirilmesini, biriktirilmesini, iletilmesini, dağıtılmasını ve mekanik enerjiye, ışığa, kimyasal enerjiye vb. enerjilere dönüştürülerek kullanılmasını sağlayan tesislerdir. Alçak gerilim (AG), Etkin değeri 1000 volt ya da 1000 voltun altında olan fazlar arası

gerilimdir Yüksek gerilim (YG), Etkin değeri 1000 voltun üstünde olan fazlar arası gerilimdir. Tehlikeli gerilim, Etkin değeri alçak gerilimde 50 voltun üzerinde olan, yüksek gerilimde hata süresine bağlı olarak değişen gerilimdir”.

Elektrik kazalarının insan üzerindeki etki faktörleri;

- Gerilimin büyüklüğü
- Akım değeri
- Akımın etki yaptığı süre
- Akım kaynağı ile kazalı arasında akımı engelleyici sistem bulunmaması
- Akımın izlediği yol olay sırasında vücudun ve zeminin gösterdiği direnç (kuru, ıslak olması)

Elektrik riskleri; elektrik çarpması, elektrik arki, yangın ve çarpılma sonucu yüksekte düşme olarak değerlendirilebiliriz. Elektrik çarpmasına karşı önlem olarak; Şekil 1’de belirtilen gerilime uygun izole eldivenler (alçak gerilim ve yüksek gerilime uygun izole eldivenler); enerji varlığının kontrolü, ölçüm ve topraklama yaparken kullanılmaktadır.

Class	AC V rms
00	500
0	1 000
1	7 500
2	17 000
3	26 500
4	36 000



Elektrikçi Eldiveni

Avrupa Standartı EN 60903

Uluslararası Standart IEC 60903:2014

Şekil 1. Elektriksel değerlere göre izole eldiven sınıfları

Şekil 2’de elektrik çarpmasına karşı izole tabure ve halı görülmektedir. Alçak gerilim ve yüksek gerilimde enerji kontrolü yaparken, enerji kesme ve açma manevrası yaparken kullanılmaktadır.



İzole Halı ve Tabure

Avrupa Standartı EN 61111

Uluslararası Standart IEC 61111

Şekil 2. Elektrik şokuna karşı koruyucu donanımlar (izole halı ve tabure)

Elektrik arki, elektrik enerjisinin kontrolsüz bir şekilde, enerjili bir iletken den hava yoluyla diğer enerjili iletken e veya toprağa deşarj olmasıdır. Elektrik arki gerilim seviyesine, kısa devre akımına ve arıza süresine bağlıdır. Meydana gelen enerji cal/cm² olarak hesaplanır. Şekil 3’te belirtilen özel koruyucu ekipmanlar, alçak gerilim veya yüksek gerilim şebekesindeki anahtarlama elemanından enerji kesme veya açma manevrası sırasında kullanılmaktadır. Şekil 4’de belirtilen alçak gerilim dedektörü ile gerilim kontrolü yapılmaktadır.



Şekil 3. Elektrik ark flaşına karşı kullanılan özel koruyucu ekipmanlar



Alçak Gerilim Dedektörü

Uluslararası Standart IEC 61243-3
CATIV Koruma Sınıfı,
2 kutuplu

Şekil 4. Alçak gerilim dedektörü

Şekil 5'de gerilime uygun yüksek gerilim dedektörü ile yüksek gerilimde enerjinin olup olmadığı kontrol edilmektedir.



Yüksek Gerilim Dedektörü

Uluslararası Standart IEC 61243-1

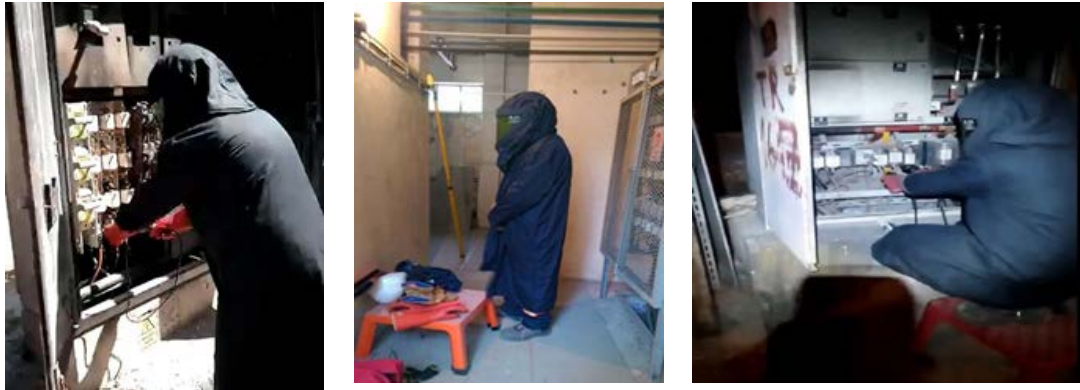
Şekil 5. Yüksek gerilim dedektörü

Şekil 6'da belirtilen kişisel ama kilit, etiket, çoklu vinil aparatı ve kapı ve/veya pano kapağındaki asma kilit birlikte kilitlemenin yapılacağı yerde kullanılmaktadır. Etiketle, kilitle, emniyete al ve dene (EKED) uygulaması ile ekipmanın çalışmaz/enerjisiz ve iş güvenliği açısından çalışma alanında tehlikenin gerilmesini sağlamak için yapılan kilitleme şeklidir. Kilitlemenin yapılacağı yerde, enerjili olabilecek teçhizatın kontrol noktalarından, gerilim seviyesine uygun (yüksek gerilim dedektörü ya da alçak gerilim çift uçlu gerilim dedektörü) dedektör ile dokunmadan önce enerji olmadığı kontrol edildikten sonra EKED uygulaması kesinti noktası ile çalışma alanına olan mesafe bakılmaksızın her kesintide uygulanmaktadır.



Şekil 6. EKED aparatları ile dikey sigortalı yük ayırıcıda ve termik manyetik şalterde yapılan saha uygulaması

Enerji kesme ve verme manevrası, enerji kontrolü, topraklama ve EKED uygulaması, karayolları yönetmeliğine uygun alınması gereken yol ve çevre emniyet tedbirleri, yüksekte çalışmalarda en az bir noktadan bağlı kalma kuralına uygun çalışma yapılıp yapılmadığı, işlere özgü kişisel koruyucu donanımlarının kullanılıp kullanılmadığı gibi riskli aşamalarda gerekli İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) önlemlerinin doğru bir şekilde uygulanarak yapıldığının izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla görüntülü teyit ve video kayıt süreci işletilmektedir. Bu uygulamanın hayata geçirilmesi ile çalışma yapılan lokasyona gitmeden gerçek zamanlı olarak personel ve çalışma sahaları takibi sağlanmaktadır.



Şekil 7. Görüntülü teyit ve video kayıt uygulaması eşliğinde yapılan saha uygulaması

SONUÇ VE ÖNERİ

Çok tehlikeli iş kollarından olan maden endüstrisinde; aydınlatma, delme-patlatma çalışmaları, makine-ekipman ile çalışmalar, elektrik arıza, bakım ve onarım çalışmaları, yeraltı ve yüksekte yapılan çalışmalar, kaldırma operasyonları gibi kritik çalışmalar yapılmaktadır. Bu faaliyetlerdeki olası risklerin minimum düzeye indirilmesi çalışan sağlığı ve işletme güvenliği açısından önemlidir. Görüntülü teyit ve video kayıt gibi uygulamalar sürdürülebilir iş güvenliği açısından işletmelere büyük avantaj sağlamaktadır. Bu tür uygulamalar sayesinde kritik süreçlere uzaktan erişim sağlanır. Böylelikle tehlikeli durum ve davranışların gerçek zamanlı takip edilmesi ile tehlikeli davranışlara anlık müdahale fırsatı sunar. Ayrıca kritik operasyonların video kayıt altına alınmasıyla gerektiğinde önlemlere uyulup uyulmadığına imkân sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Akpolat, A.G. ve Altıntaş, N. (2013). Enerji tüketimi ile reel GSYİH arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi: 1961-2010 dönemi, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, 7, 115- 127.
EN 60903, (2014). Avrupa Standartı, Uluslararası Standart IEC 60903:2014

- IEC 61243-3, 2002, Alçak Gerilim Dedektörü, Uluslararası Standart IEC 61243-3 CATIV Koruma Sınıfı, 2 kutuplu
- Kar, M. and Kınık, E. (2008). Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10 (2) , 333-353. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akuiibfd/issue/1628/20413>
- Özata, E. (2010). Türkiye'de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonometrik incelemesi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 26, ss.101- 113.
- Pamir, N. (2003). Dünya'da ve Türkiye'de enerji, Türkiye'nin enerji kaynakları ve enerji politikaları, Metalurji Dergisi, 134, 73-100
- Yönetmelik, (2000). Elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmelik. Resmi Gazete (Sayı:24246). <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/enerji/toroslar-edas-61-milyon-lira-butceli-sebeke-bakimlarini-tamamladi/665531>

DEPREM KURTARMA ÇALIŞMALARINDA YERALTI MADEN İŞÇİLERİNİN ÖNEMİ
THE IMPORTANCE OF UNDERGROUND MINE WORKERS IN EARTHQUAKE RESCUE WORKS

E. Günay^{1*}

¹*Maden Mühendisi, AKEL İSG, İstanbul*
(*Sorumlu yazar: egunay@akelisg.com)

ÖZET

1985'teki Mexico City depreminde kurtarma faaliyetlerinde bulunan, enkaza ve göçüğe girme konusunda uzman olmayan ve tahkimat metotları hakkında eğitimsiz kurtarma ekiplerinden 130 kişiden fazlasının kurtarma çalışmaları sırasında hayatını kaybetmesi, kurtarma faaliyetlerinin ne kadar tehlikeli ve uzmanlık isteyen özel bir çalışma olduğu gerçeğini göstermiştir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinde görev alan 3209 madenci göçük ve enkaza; Yeraltı kömür madenciliğinde kullanılan özel tahkimat metotları ile girmiştir. Bu çalışmalar esnasında, Kurtarma ekibinden bir tek kişinin dahi burnu kanamadan görev tamamlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yeraltı maden işçisi, Deprem, Kurtarma çalışmaları

ABSTRACT

In the Mexico City earthquake of 1985, the death of more than 130 rescue teams, who were not experts in wrecking and collapse and were not trained in fortification methods, lost their lives during the rescue efforts, demonstrating the reality of how dangerous and specialized rescue operations are. 3209 miners who took part in the earthquakes of 17 August and 12 November 1999 crashed and wrecked; It entered with special fortification methods used in underground coal mining. During these studies, the mission was completed without a single person from the Rescue team bleeding.

Keywords: Underground mine workers, Earthquake, Rescue works

GİRİŞ

Afrika levhasının yılda 2,15 santimetre hızla kuzeydoğuya hareket ederek Akdeniz'i daraltmakta ve Akdeniz'in tabanının Anadolu'nun altına 14 derece açıyla girmektedir. Afrika levhası kuzeybatıya doğru hareket ederek Anadolu levhasına baskı uygulamaktadır. Bu baskı Anadolu'nun batıya doğru hareket etmesine yol açar. Anadolu levhasının Avrasya levhasıyla sınırını "Kuzey Anadolu Fay (KAF)" hattıdır. KAF, 1100km uzunluğunda olup Van Gölü'nden Saros Körfezi'ne kadar tüm Kuzey Anadolu'yu kesmektedir (Anonim, 2014).

Anadolu'nun Arap levhasıyla karşılaşma alanı da "Doğu Anadolu Fay (DAF)" hattıdır. 558 km uzunluğundaki fay, Bingöl Karlıova'dan İskenderun körfezine kadar uzanmaktadır. Anadolu plakası ortalama her sene 2,5 santimetre batıya doğru kayıyor. Burada bir enerji birikiyor ve bu enerji bir gün dışarı çıkacak. Ne zaman olacağını maalesef bilmiyoruz (Anonim, 2020)

Afet riski taşıyan 7 milyon yapının dönüştürülmesi gerekiyor. Meclis Deprem Araştırma Komisyonu, 4 aylık çalışmasının sonucunda taslak raporunu hazırladı. Köye dönüşün özendirilmesi istenen rapora göre; 20 milyonu bulan yapı stokundan afet riski taşıyan 7 milyona yakın konut ve işyerinin hızla dönüştürülmesi gerekiyor.

DÜNYADA GERÇEKLEŞEN BÜYÜK DEPREMLER

Dünyadaki en yoğun tektonik deprem kuşağı, Pasifik Deprem Kuşağı yani ateş çemberinde meydana gelmekte. Araştırmalara göre, bu kuşakta yeryüzündeki depremlerin yüzde 81'i gerçekleşiyor. Japonya tıpkı Aleut Adaları, Filipinler, Yeni Gine, Güney Pasifik adaları, Yeni Zelanda, Orta Amerika, Meksika gibi Pasifik Deprem Kuşağı ülkelerinden biridir. 17 Ocak 1995 tarihinde Asya-Pasifik ülkelerinden Japonya'da gerçekleşmiş, Kobe Depremi Richter ölçeğine göre 6.9 büyüklüğünde gerçekleşti ve bölgede ciddi bir yıkıma sebep oldu. Kobe depremi Japonya tarihinde gerçekleşmiş olan en şiddetli depremler arasına girdi. Kobe depremi, dünya tarihinde gerçekleşen ilk gökdelen yıkımı ile de tarihe geçti.

17 Ağustos 1999 Depreminden Sonra Neler Yaptık?

İstanbul'da 762 mahalle ile 173 köye, içinde olası bir afette ihtiyaç duyulacak konteynerler yerleştirilecek. Muhtarlıklar ile karakolların yakınına ve okul bahçelerine yerleştirilmesi planlanan konteynerlerde, jeneratör, kırıcı aletler, battaniye, katlanabilir sedye ve iklim çadırı gibi malzemeler yer alacak. Bu projeye 4 milyon dolar harcadık. İstanbul'da sivil savunma alanında tarihte böyle bir yatırım yok.

İki yılda toplam 22 ilçedeki 62 konteynır soyuldu. İstanbul Vali Yardımcısı Adem Karahasanoğlu, 22 ilçede 62 konteynerde hırsızlık olayı olunca bu konteynerleri ilçe kaymakamlıklarıyla görüşerek daha güvenli yerlere naklettiklerini söyledi.

Afet Risklerine Hazır mıyız?

Son 15 yılda hızla artan kentsel dönüşüm çalışmaları, hazır beton kullanımının hayatımıza girmesi ve yapıların yeni deprem yönetmeliğine göre yapılması ile güvenli yapıların sayısı hızla artmakla birlikte, mevcut konut stokunun %40'a yakınının, yapı ömrünü tamamlamış, düşük yapı kalitesinde, sağlıksız ve ruhsatsız olması, olası bir deprem meydana gelebilecek hasar bakımından ciddi kaygılar taşımaktadır.

Bazı Büyük Depremlerde Neler Yaşandı?

1971 San Fernando, Kaliforniya, 1972 Managua, depremlerinden sonra, ihtiyaç duyulan, ambulans, itfaiye ve kurtarma ekiplerini taşıyan araçların deprem bölgesine ulaşmalarında aksamalar olmuştur. Gerek itfaiye istasyonlarının gerekse hastanelerin ağır hasar görmesi veya yıkılması sonucu birçok ambulans ve itfaiye aracı enkaz altında kalmıştır.

17 Ağustos 1999 Depreminde Neler Yaşadık?

17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden sonra yakın illerdeki sivil halkın araçlarına binerek deprem bölgesine yardım, lojistik destek veya kurtarma faaliyetlerinde bulunmak üzere bir an önce ulaşmaya çalışmaları zaten hasar görmüş ve zorlukla ulaşım yapılabilen karayollarında organize kurtarma faaliyetlerinde önemli gecikmelere yol açmıştır.

Sivil halkın, özellikle kendi yakınlarını veya diğer felaketzedeleri kurtarabilmek amacıyla, izin almadan deprem bölgesine dışından karayolu trafiğini alt üst ederek ağır iş makineleri getirmeye çalışmaları arama kurtarma çalışmalarına faydadan çok zarar vermektedir.

DEPREMLERDEN KURTARMA ÇALIŞMALARINDA MADENCİLERİN ÖNEMİ

1985'teki Mexico City depreminde kurtarma faaliyetlerinde bulunan, enkaza ve göçüğe girme konusunda uzman olmayan ve tahkimat metotları hakkında eğitimsiz kurtarma ekiplerinden 130 kişiden

fazlasının kurtarma çalışmaları sırasında hayatını kaybetmesi, kurtarma faaliyetlerinin ne kadar tehlikeli ve uzmanlık isteyen özel bir çalışma olduğu gerçeğini göstermiştir.

17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinde görev alan 3209 madenci göçük ve enkaza; Yeraltı kömür madenciliğinde kullanılan özel tahkimat metotları ile girmiştir. Bu çalışmalar esnasında, Kurtarma ekibinden bir tek kişinin dahi burnu kanamadan görev tamamlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinde görev yapan kurtarma çalışmaları görüntüleri

17 Ağustos Ve 12 Kasım 1999 Depremlerinde Madencilerin Çalışmaları

17 Ağustos 12 Kasım 1999 Depreminde, Zonguldak TTK Maden işçilerinin her iki depreme toplam 146 ekip ve 3209 madenci ile müdahale etmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Adapazarı ve Düzce depreminde Zonguldak TTK çalışanlarından oluşan ekip ve canlı kurtarma oranları

Deprem	Mühendis/Şef	İşçi	Toplam	Ekip	Canlı	Ölü	Canlı Kurtarma Oranı %
17/08/1999 Adapazarı	136	1484	1620	80	32	447	7
12/11/1999 Düzce	67	1522	1589	66	71	177	40
Toplam	203	3006	3209	146	103	624	

Sonuç olarak olası acil durum ve afetlerde ilk 2 saat altın saat olarak adlandırılmakla birlikte, ilk 72 saatte kurtarma çalışmalarında depremzedeleri canlı kurtarma bakımından kritik süredir.

Depremden Sonra İlk Saatlerin Önemi

Emekli maden işçisi Alaaddin Kara, depremin ardından çalıştığı maden ocağına gittiğini ve arkadaşlarıyla ilk gönüllü ekibinde yer aldığını söyledi. Yollarda oluşan göçükler ve yoğun trafik nedeniyle, Adapazarı'na 18 saatte ulaşabildiklerini ve hemen çalışmaya başladıklarını belirten Kara, "Biz orada kısa sürede gidebilseydik kurtardığımız can sayısı buna paralel olarak artardı."

Kurtarma Çalışmalarında İlk 72 Saat'in Önemi

Sahip olduğumuz çürük ve kalitesiz yapılar nedeniyle, 7 ve üstündeki şiddete sahip olası bir depremde, binlerce binanın hasar göreceği veya yıkılacağı bir afette, ana arterlerin dahi olumsuz etkilenmesi nedeniyle AFAD ekiplerinin, kendi merkezlerinde toplanarak, özellikle ilk 72 saatte planlı ve düzenli bir şekilde arama kurtarma çalışmalarını organize edebilmeleri çok kolay görünmemektedir.

ARAMA KURTARMA ÇALIŞMALARINDA KURTARMA EKİPLERİNİN ÖNEMİ

Göçük tehlikesi bulunan bina ve tesislerde, kurtarma ekiplerinin enkaza girmeden evvel binanın ahşap, metal ve pnömatik tahkimatla tahkim edilmesi büyük önem arz etmektedir.

17 Ağustos 1999'da sadece elindeki kazma ve Kürek ile etraftan bulduğu ahşap tahkimatlar la kurtarma çalışmalarında bulunan ve göçük açma konusunda uzman olan madencilerin çalışmaları büyük başarı sağlamıştır.

Sayıları yaklaşık 5000 civarında bulunan AFAD'ın mevcut toplam 500 adet lojmanı bulunması nedeniyle, olası büyük bir depremde, AFAD ekiplerinin de önemli oranda depremzede konumunda kalabileceği riski nedeniyle,

AFAD üyelerinin, ekipman, malzeme ve teçhizatlarının da bir arada bulunduğu kampüs özelliğinde yapılmış toplu ve sağlam yapılarda birlikte ikamet etmelerinin sağlanması önem taşımaktadır.

Olası İstanbul depreminde, kara yolu ile ulaşımın mümkün olamaması durumunda, yaklaşık 10 000 Maden işçisinin malzeme ve ekipmanlarıyla birlikte, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı veya İDO filosundan yararlanarak deniz yoluyla sıfır noktasına kadar 4-5 saat gibi kısa bir süre içerisinde ulaştırması sağlanabilir.

Maden işçileri kapalı devre ferdi kurtarıcıları ile her türlü gazlı ortamlar, madenci lambaları ile de enerji kaynakları kesik dahi olsa, gece-gündüz ayrımı olmaksızın 24 saat çalışma yapabilecek donanımdadırlar. Göçükte ilerleme ve enkaz açma konularında doğal olarak yoğrulmuş bu ekiplerin resmi ve gönüllü kurtarma ekipleri ile birlikte verilecek özel eğitim ve afet kurtarma ekipmanlarıyla donatılarak çok daha profesyonel konuma gelebilecektir.

Ülke genelinde Kamu ve Özel kurum ve kuruluşlarında faaliyet gösteren ve sanayiden sayılan işyerlerinde sahip olunan çalışan personel sayısına göre, 100, 1000 ve 10000 çalışanı bulunan işyerlerine göre 3 ayrı kategoride planlama yapılarak, olası acil durumlara önceden hazır hale gelebilmek önem taşımaktadır.

100 ve daha üstü personel çalışan sanayiden sayılan işyerlerinde, gerektiğinde görevlendirilmek üzere 10 kişiden az olmamak kaydıyla çalışan personelin %3'ü acil durum ekipleri olarak önceden eğitilmelidir. Acil durum ekiplerinin kullanabilmesi için, kazma, kürek, balta, balyoz, manivela, gelberi, ip merdiven, yangın söndürme tüpleri vb. malzemeler ile, enkaza girebilmek ve enkazda ilerleyebilmek için, çeşitli ahşap tahkimat (domuz damı, sarma, belleme, fırça, kama, süren vb) tesislerde hazır bulundurulmalıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Enkaza girebilmek ve enkazda ilerleyebilmek için, çeşitli ahşap tahkimat gereçleri

1000 personel ve daha fazla sanayi ve endüstri işçisi çalışan iş yerlerinde, çalışan personelin %3'ü olan 30 kişilik acil durum ekipleri önceden eğitilerek olası afetler için hazırlanır. Bu tesislerde hafif ve orta afet kurtarma ekipmanları (benzinli delici ve kırıcı, jeneratör, motopomp, basınçlı hava yastıkları, demir kesme makası ve kaynak makinesi vb) hazır bulundurulmalıdır (Şekil 3).



Şekil 3. Hafif ve orta afet kurtarma ekipmanları

10 000 personel ve daha fazla sanayi ve endüstri tesisleri için, çalışanların %3'ü olan 300 kişilik acil durum ekipleri eğitilerek hazırlanır. Bu tesislerde orta ve ağır acil durum kurtarma ekipmanları ve kurtarma aracı, telsiz, iklim çadırı, koruyucu özel giysiler vb. malzemeler hazır bulundurulmalıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Tesislerde orta ve ağır acil durum kurtarma ekipmanları ve kurtarma aracı

DEPREM ÖNCESİNDE VE SONRASINDA NE YAPMALIYIZ?

Deprem Öncesinde Ne Yapmalıyız?

Depreme hazırlıklı olmak açısından tabiki öncelikle deprem çantasını hazırlanmalıdır. Deprem çantamızda neler olmalı?

- Streç Film, Paket Bandı,
- Düdük
- Şeffaf naylon örtü ve koli bandı,
- Toz maskesi, bez mendil veya bandana (Fert sayısı kadar)
- Çok başlı çakı,
- LED lambalı el feneri,
- Power Bank,
- Suni solunum maskesi,
- Asetat kalem,
- Alüminyum yanık örtüsü,
- Mum, Çakmak,
- Hidrofil pamuk (70 gr) ve steril hidrofil 10 adet sargı bezi
- Üçgen sargı bezi ve flaster, yara bandı, çengelli iğne, makas, cımbız,
- Tıbbi eldiven,
- 1 kutu ağrı kesici,
- Anti alerjik hap veya krem ile antibiyotikli pomat
- Kişi başı en az 2 lt yetecek temiz su,
- Yüksek kalorili, vitamin ve karbonhidrat içeren dayanıklı gıdalar,
- Konserve,
- Kuru yemiş ve meyveler,
- Tahin, Pekmez,
- Meyve Suyu veya dayanıklı süt,
- Varsa düzenli kullanılan ilaçlardan 72 saat yetecek kadarı,
- Evcil hayvanınız varsa onun kapalı kapta bir miktar yemi,
- Bebeğinize veya çocuğunuza ait en sevdiği küçük bir oyuncak,
- 1 cm en ve 1 metre boyunda, lastik, kurdele veya bez,
- Küçük bir radyo.

Deprem çantanızda, evinizde, arabanızda ve ofisinizde mutlaka bir düdük, streç film ve toz maskesi bulundurunuz. Özellikle kış aylarındaki depremlerde en büyük sorun ısınma olacaktır.

Deprem Sonrasında Kullanmak Üzere Önceden Ne Yapmalıyız?

Kış ayların meydana gelebilecek deprem sonrasında, elektrik ve doğalgaz kesilebileceği için, en büyük sorun ısınma olacaktır. İlk gece çadır 'da gelemeyeceği için özellikle artı depremlerden dolayı evlerine giremeyen vatandaşların, ilk gece barınabilecekleri geçici yapılar temini son derece önemlidir.

27 mikron kalınlığında 50 cm eninde 300 metrelik sanayi tipi streç film ile, 8-10 dk içerisinde, bir otobüs durağı, park ve bahçelerdeki kamelya veya 4 direk veya ağaç arasını kapatarak, başta, yaşlı, kronik hastalığı olanlar, hamile ve çocukları en kötü hava koşullarında bile koruma altına alabilirsiniz. Bu nedenle, işyerlerinde, evlerde ve araç bagajında streç film bulundurulması hayati önem taşımaktadır.

Olası depremden sonra, yolların araç geçişine engel olduğu durumlarda, bisiklet ve elektrikli scooterların, merkezden otomatik veya AFAD üyelerine tanımlanan şifreler ile kullanımına olanak sağlanmalıdır.

Özellikle katlanabilir özellikteki bisiklet ve motosikletler arama kurtarma ekiplerinin manevra kabiliyetlerini son derece arttıracaktır.

Olası Marmara depreminden sonra, yolların trafiğe müsait olmadığı durumlarda, 173 istasyona sahip İstanbul metrosu, afet bölgelerine ulaşmak için kullanılabilecek en önemli ana arter olabileceği unutulmamalı ve İstanbul'un birçok noktasına kara yoluyla ulaşımın müsait olamayacağı durumlarda, metro hattı üzerinden arama kurtarma ekipleri rahatlıkla ulaşabilirler.

Depremden sonra, elektrik nakil hatlarının görev yapmaması durumunda, pedallı bisikletler ile metro hattını kullanarak, arama kurtarma ekipleri afet bölgelerinde ulaşabileceği düşünülerek önceden hazırlanılması önerilir.

Olası Depreme Nasıl Hazırlanmalıyız?

Hatırlanacağı üzere, 23 Ekim 2011'de saat 13:41'de yaşanan Van-Erciş merkezli deprem 25 saniye sürmüştü. Merkez üssü Van'a 17 kilometre uzaklıktaki Tabanlı köyü olarak belirlenen depremde, Kandilli Rasathanesi tarafından Richter ölçeğine göre 7,2 şiddetinde olduğu açıklanmış ve 644 vatandaşımız hayatını kaybetmişti.

- 7,2 şiddetindeki Van Erciş Depremi 25 saniye sürdü.
- 25 saniye içinde çok katlı binadan dışarı çıkabilmeniz mümkün değildir.
- Deprem anında en zayıf ve riskli noktalar, merdivenlerdir.
- Kesinlikle sarsıntı devam ederken, merdivenleri kullanmayınız.
- Deprem'den sonra dışarı çıkılması halinde, yüksek binaların altında veya yakınında değil, etrafı açık toplanma alanlarına gidiniz.

Yaşadığımız ortamlarda, okul, işyeri ve evlerimizde devrilebilecek eşyaların sabitlenmesi ve deprem anında, çök-kapan-tutun kuralını önceden yapacağımız tatbikatlar ile tüm aile fertlerine öğretmeliyiz.

Deprem sarsıntısı bittikten sonra, binayı tahliye edeceksek, asansörlerin kullanılmaması ve binadan çıkarken, elektrik ve doğalgaz vanalarının kapatılması, kibrit, çakmak vb. açık alev kaynaklarının kullanılmamasına dikkat etmeliyiz.

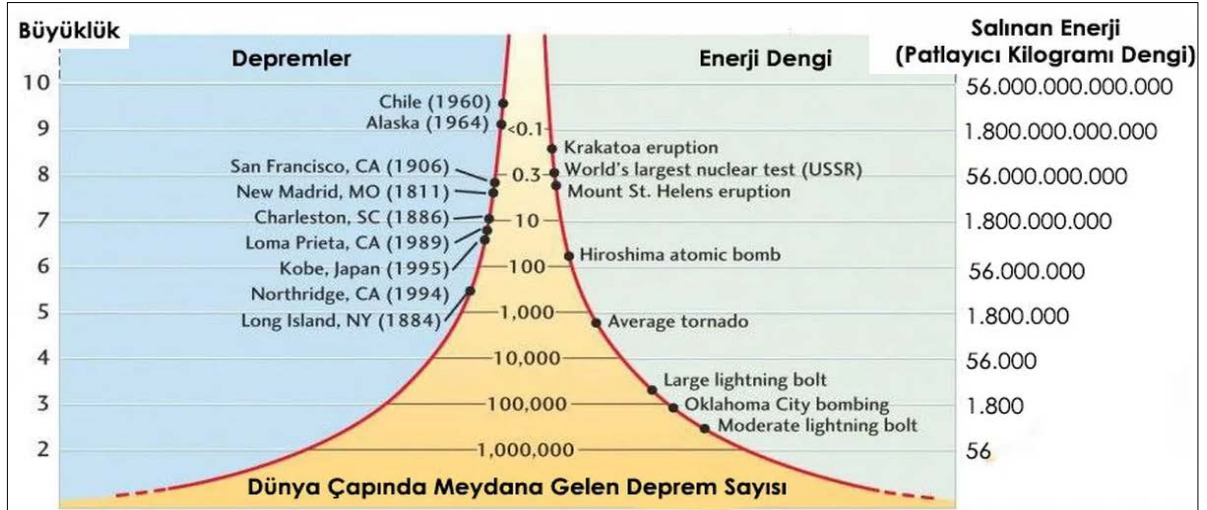
Yapılarda perde beton ve kolonlar ile zemin katındaki duvarların kontrolü yapılmalıdır. Kat planlarına uygunluk, binalarda su yalıtımı, binanın yapı durumu ve iskan durumu kontrol edilmelidir.

Okullarda öğrencilere deprem anında nasıl davranılacağı hususunda mutlaka tatbikatlar yapılmalı ve “*Deprem Anında Doğru Davranış Biçimi*” oluşması sağlanmalıdır.

Depremin Büyüklüğü ve Şiddeti

Depremin büyüklüğü; deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. “Magnitüd” tanımlanmıştır.

Depremin şiddeti; herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Genellikle Mercalli Cetveli (MM) kullanılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Mercalli Cetveli

MEYDANA GELEN ÖNEMLİ DEPREMLER

Richter ölçeğine göre 6,9 kimi kaynaklara göre 7,2 büyüklüğündeki Kobe depreminde, ilk defa bir gökdelenin yıkımına yol açmıştır. Toplam 6,434 kişi hayatını kaybetmiştir. 1923 yılında Tokyo'da meydana gelen ve 143 000 kişinin ölümüne neden olan Kanto depreminden sonra Japonya tarihinin hasar ve kayıplar yüzünden ikinci büyük depremdir.

2020 yılında şu ana kadar tüm dünyada 6.5 büyüklüğünün üzerinde 20'den fazla deprem yaşandı. Bu depremlerde en çok can kaybı ise 24 Ocak'ta Elazığ'da gerçekleşen ve 41 kişinin hayatını kaybettiği 6,7 büyüklüğündeki Elazığ depremi ile İzmir'de gerçekleşen 6.6 büyüklüğünde, 114 kişinin hayatını kaybettiği 1035 kişinin yaralandığı deprem oldu. Türkiye dışındaki 7 farklı ülkede gerçekleşen 6,5 ile 7,5 arasında 12 deprem meydana geldi.

Meksika'nın güneyindeki Oaxaca eyaletinde 23.06.2020 tarihinde 7,5 büyüklüğünde deprem meydana gelirken, toplam 2 kişinin hayatını kaybettiği tek can kaybı yaşanan deprem ise, 6,9 büyüklüğündeki 18 Ağustos tarihinde, Filipinler'de merkez üssü Samar Adası olan bir deprem olarak kayıtlara geçmiş bulunmaktadır.

Japonya, Şili, Endonezya, Yunanistan, Solomon Adaları ve ABD'de gerçekleşen 6,5 ile 6,9 büyüklüğü arasındaki depremlerde de hayatını kaybeden kimse olmadı.

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi'nde Sisam adasının kuzeyi ile Doğanbey-İzmir açıkları arasında (37.9020 Kuzey, 26.7942 Doğu) yerel saat ile 14:51'de aletsel Büyüklüğü Mw=6,6 (AFAD), Mw=6,9 (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) olan bir deprem meydana gelmiştir. Yerin 16,54 km derinliğinde gerçekleşen ana şoktan sonra çok sayıda artçı sarsıntı yaşanmıştır.

04.03.2021 tarihinde Yeni Zelanda, 7 ve 8 büyüklüğündeki depremlerle sarsıldı. İlk olarak meydana gelen 7,2'lik depremin ardından 7,4-8,1 ve 6,2 büyüklüğünde üç büyük deprem daha yaşandı. Depremlerin ardından tsunami uyarısı verildi.

19/05/2021 tarihinde İzmir'in Menderes ilçesinde saat 14.14'te 4,3 ve 14.18'de de 4,2 büyüklüğünde iki deprem meydana geldi.

21/05/2021 AFAD'dan son dakika deprem açıklaması geldi. Malatya'nın Battalgazi ilçesinde saat 19.06'da 4,3 büyüklüğünde bir deprem meydana geldi.

22.06.2021, 01:14:15 TSİ Ege Denizi'nde, Muğla'nın Datça ilçesi açıklarında 5,3 büyüklüğünde deprem kaydedildi. Deniz yüzeyinin 11,40 kilometre derinliğindeki depremin merkez üssünün Datça'ya yaklaşık 40 kilometre mesafede olduğu belirlendi. Kandilli Rasathanesi ise depremin büyüklüğünü 5,5 olarak geçti.

Ege Denizi'nde Muğla'nın Datça ilçesi açıklarında 03.08.2021 saat 15.38'de 5 büyüklüğünde deprem oldu. Datça'nın 56 km açığında meydana gelen deprem AFAD'da göre yerin 7,6 km derinliğinde oluştu.

Deprem Sonrasında Ne Yapmalıyız?

- Sarsıntı bittiğinde üstü ve etrafı açık ve güvenli toplanma noktalarına gidiniz.
- Acil durum veya kriz masası yöneticilerinin talimatlarına uyunuz.
- Başta AFAD olmak üzere kamu görevlileri, radyo veya TV yayınlarından gelişmeler hakkında bilgi alınız.
- Artçı şoklar devam edecektir. Binanızın veya bulunduğunuz yerin güvenli olduğuna emin olunuz.
- Telefonla iletişim zorlaşabilecektir. Telefon hatlarını uzun süre meşgul etmeyiniz.
- Çevrenizdeki kopuk kablolardan uzak durun ve üzerinize düşebilecek cisimlerden uzak durunuz.
- Gaz kaçağı ihtimaline karşı kibrit, çakmak vb ateş veya kıvılcım çıkartacak cisimler kullanmayınız.
- Araçlarınız ile trafiğin yoğunlaşmasına neden olmayın. Unutmayın ulaşım yollarına, kurtarma, ambulans ve itfaiye ekiplerinin ihtiyacı olacaktır.

SONUÇLAR

Türkiye yüzölçümünün % 96'sı, nüfusunun % 99'unun deprem riski altında olması, beşeri ve ekonomik faaliyetler açısından depremin önemini artırmaktadır. Olası bir deprem anında can kayıplarını, maddi ve manevi kayıpları azaltabilmek için öncelikle deprem tatbikatlarına, deprem ile ilgili eğitimlere önem verilmelidir. Bu eğitimler ilköğretimden başlayarak tüm kamu ve özel sektör kuruluşlarında devamlı hale getirilmelidir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2014, <https://www.haberler.com/teknoloji/kuzey-anadolu-fayi-na-afrika-kitasi-etkisi-6543191-haberi/>, Erişim Tarihi: 15.01.2022.

Anonim, 2020, <https://www.milliyet.com.tr/gundem/prof-dr-haluk-ozener-acikladi-dogu-anadolu-fayi-uzerinde-kirilacak-daha-cok-parca-var-6283814>, Erişim Tarihi: 15.01.2022.

MADENCİLİK TESİSLERİ EMNİYET VE GÜVENİLİRLİK TEDBİRLERİ PLANLAMA VE UYGULAMA SİSTEMİ MINING FACILITIES SAFETY AND RELIABILITY MEASURES PLANNING AND IMPLEMENTATION SYSTEM

Sayalı Alekperova^{1*}

¹MDD Expert Limited Şirketi, Moskova, Rusya Federasyonu
(*Sorumlu yazar: Kaplansayali@gmail.com)

ÖZET

Madencilik tesislerinin tüm yaşam döngüsü güvenilirliğini ve emniyetini sağlamak için kaza başlangıcında ve kazanın seyrinde etkili risk yönetimi şarttır. Risk yönetimi, teknik ve önleyici tedbirlerin planlanması ve uygulanması ile sağlanır. Bu tedbirlerin listesi tesisin özel tehlikeleri dikkate alınarak sırasıyla oluşturulur. Bu tür tedbirlerin uygulanacağı alanlar tesislerin yaşam döngüsü aşamaları, kaza başlangıcının ve seyrinin safhaları dikkate alınarak seçilmelidir. Bu durumda sadece kazaları önlemek değil, aynı zamanda kazaların zamanında tahmin edilmesini ve tespit edilmesini. Kaza sonuçlarının sınırlandırılmasını ve ortadan kaldırılmasını sağlamak da gereklidir. Kazaların önlenmesinin etkinliğini artırmak için Phyton programlama dili temelinde geliştirilen otomatik bir sistemin kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Madencilik Tesisleri, Risk Yönetimi, Yapay Zeka Teknolojileri, Süreç ve Üretim Güvenliği, Platform Çözümleri, Emniyet ve Güvenilirlik Tedbirleri Planlama ve Uygulama Sistemi.

ABSTRACT

Mining facilities operational safety is ensured by risk of emergency situations effective management, such as planning and implementing technical and preventive measures according to project specific hazards. The focus of such decisions should take into account the facilities life cycle stages and phases of beginning and amplification of probable emergency situations. In this case not only to the prevention of probable emergencies should be provided: timely forecasting and detection of emergencies and, in some cases, localization and liquidation of emergencies consequences must be applied. To increase the effectiveness of accident prevention, it is recommended to use an automated System (SARM PI) developed on the basis of the Python programming language.

Keywords: Mining Facilities, Risk Management, Artificial Intelligence, Technological Processes and Productions Safety, Platform Solutions, Safety and Reliability Measures Planning and Implementation (SARM PI) system

GİRİŞ

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 3. Maddesi ö bendine göre risk değerlendirmesi: “İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları” ifade eder. Kazaları tetikleyen faktörler ve bu faktörlerin parametreleri (önkoşulları) hakkında kapsamlı bilgilerin mevcudiyeti, etkin risk yönetimini garanti eder. Sistemin uygulanması kazaların önlenmesini, kazaların ön koşullarının zamanında tespitini, kazaların sonuçlarının sınırlandırılmasını ve ortadan kaldırılmasını sağlar. SARM PI Sisteminin kullanımı, risk değerlendirme sonuçlarının tarafsızlığını sağlar: oluşturulan raporlar, faktörleri dikkate alarak, olası tehlikelerin temel göstergeleri hakkında analizler ve belirtilen kriterlere göre planlanmış önerilen tedbirler içerir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Madencilik tesislerine özgü faktörleri belirlemek için kazaların en tipik nedenleri analiz edilmiştir. Madencilik tesislerine özgü belirlenen etki faktörleri Çizelge 1'de listelenmiştir.

Çizelge 1. Madencilik tesislerinin güvenliğini etkileyen faktörler

ID	Etki faktörü
F1	Ekipman imalatında düzenleyici belgelerin gerekliliklerine uyulmaması
F2	Ekipman kabulü kurallarına uyulmaması
F3	İşletme sırasında yapı ve ekipmanın durumunun yetersiz takibi
F4	İşletme süresine uyulmaması
F5	Ekipmanı çalıştırmadan önce yetersiz teşhis
F6	İnşaat sırasında norm, standart ve kuralların ihlali
F7	Tasarım çözümlerine uyulmaması
F8	İşletme personelinin yetkinliğinin yetersiz kalması
F9	İşletme personelinin sertifikasyonunun yetersiz kalması
F10	Süreç teknolojisinin ihlali

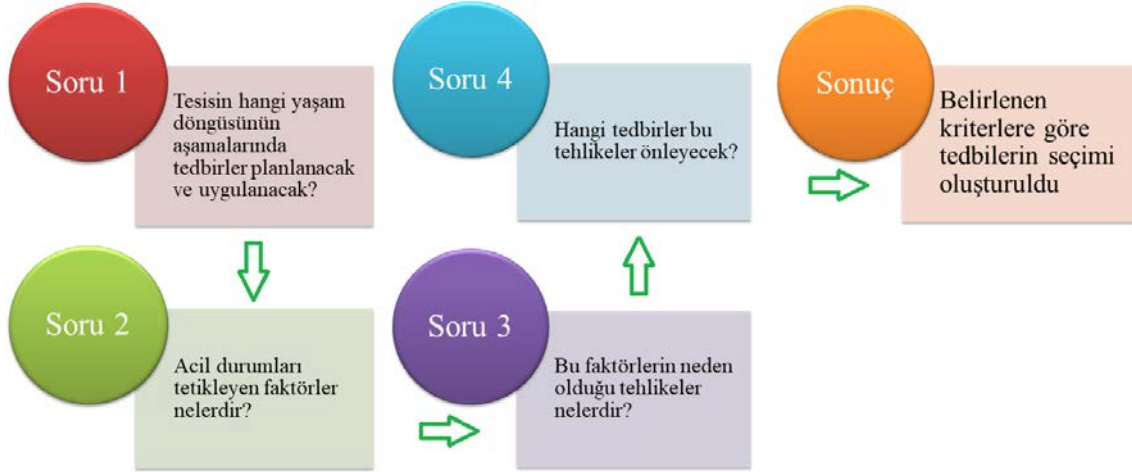
Etkin risk yönetimi, olası kazaların meydana gelmesini önlemek ve tesislerin tüm yaşam döngüsü boyunca teknolojik süreçlerin güvenliğini sağlamak için yeterli tedbirlerin planlanmasını ve uygulanmasını gerektirir. Boru hatları ile doğal gaz taşıma tesislerindeki (Revazov ve Alekperova 2015–2018) tedbirleri planlamak için geliştirilen yaklaşımların başarılı bir şekilde uygulanması, bunların madencilik tesisleri için uygulanabilirliğini değerlendirmeyi mümkün kılıyor. Rusya Federasyonu'nda, geliştirilen bilgisayar programları ve veri tabanı Federal Fikri Mülkiyet Kurumu tarafından tescil edilmiştir.

Tesislerin her biri için en tipik olan etki faktörleri hakkındaki bilgiler çapraz platformlu sistemler kullanılarak depolanır. Bu sistemler, tesislerin güvenliğini sağlayan ve kaza riskini yöneten önlemlerin planlanması aşamasında bilgilerin daha fazla toplanması, işlenmesi ve kullanılması için gereklidir. Tedbirlerin kapsamı, aşağıdaki ihtiyaçlar dikkate alınarak oluşturulmuştur:

1. Faktörün zamanında tanımlanması;
2. Tesislerin faktörün etkisinden kapsamlı bir şekilde korunmasının sağlanması;
3. Faktörün olası etkisinin sonuçlarının derhal ortadan kaldırılması.

Önerilen yöntem, güvenilirlik ve emniyet tedbirlerinin otomatik olarak planlanmasına ve uygulanmasına dayanmaktadır ve yapay zeka teknolojilerinin kullanımını sağlamaktadır. Yapay zeka kullanımına bir örnek Şekil 1'de verilmiştir.

Oluşturulan tedbirlerin listesi nihai değildir: yapay zeka, tedbirlerin önceliğine göre seçenekler önerir, ancak nihai karar bir uzman tarafından verilir. Yapay zeka ve entegre veri tabanlarının kullanılması, risk yönetimi açısından alınan kararların kalitesini ve geçerliliğini önemli ölçüde artırabilir. Tedbirleri planlamak için bir sınıflayıcı geliştirildi ve bu Sınıflayıcı, veritabanı olarak kullanılır. Tedbirler sınıflandırılırken, ayrı bir sınıflandırma uygulandı. Çizelge 2'de sunulan sınıflandırma özellikleri listelenmiştir.



Şekil 1. Tedbirlerin seçiminde cevaplanması gereken sorular

Çizelge 2. Sunulan sınıflandırma

Grup numarası	Grup adı	Alt grup numarası	Alt grup adı
I	Tedbirin amacı	IA	Kazaların önlenmesi
		IB	Kazaların zamanında tespiti ve tanımlanması
		IC	Kazaların sınırlandırılması
		ID	Kaza sonuçlarının ortadan kaldırılması
II	Tedbirin doğası	IIA	Örgütsel
		IIB	Teknik
III	Tesislerin yaşam döngüsünün aşaması	IIIA	Jeolojik araştırmalar
		IIIB	Tasarım
		IIIC	İnşaat
		IIID	Lansman öncesi testler
		IIIE	İşletme
		IIIF	Tadilat
IV	Tedbirin uygulama alanı	IVA	İnşaat malzemeleri
		IVB	Tesislerin yapısı
		IVC	Teşhis, test, kontrol araçları ve yöntemleri
		IVD	Jeolojik tedbirler
		IVE	Kaza sonuçlarını sınırlandırma ve ortadan kaldırma araçları

Belirlenen kriterler, tesislerin tüm yaşam döngüsü aşamalarında emniyet ve güvenilirliği sağlama ihtiyacını dikkate alır. Tedbirlerin seçimi aşağıdaki kriterlere göre yapılır (Şekil 2):

- Teknik önlemlerin örgütsel önlemlere karşı avantajı;
- Bir kazanın önlenmesinin sınırlandırılmasına karşı avantajı;
- Tedbirin doğrudan binaya/tesise yönelik olması avantajı;
- Tedbirler listesi oluşturulurken “güvenlik bariyerlerini” düzenleme yaklaşımını uygulama.

Başlangıç Formu

Фактор №1	Фактор №2	Фактор №3	Фактор №4	Фактор №5
Фактор №6	Фактор №7	Фактор №8	Фактор №9	Фактор №10
Фактор №11	Фактор №12	Фактор №13	Фактор №14	Фактор №15
Фактор №16	Фактор №17	Фактор №18	Фактор №19	Фактор №20
Фактор №21	Фактор №22	Стадия №1	Стадия №2	Стадия №3
Стадия №4	Стадия №5	Стадия №6	Стадия №7	Стадия №8
Рекомендуемые мероприятия				

Kazaları Tetikleyen Faktörler

Tesislerin Yaşam Döngüsü Aşamaları

Seçilen Faktörler ve Yaşam Döngüsü İçin Önerilen Tedbirler

Фактор №1	Фактор №2	Фактор №3	Фактор №4	Фактор №5
Фактор №6	Фактор №7	Фактор №8	Фактор №9	Фактор №10
Фактор №11	Фактор №12	Фактор №13	Фактор №14	Фактор №15
Фактор №16	Фактор №17	Фактор №18	Фактор №19	Фактор №20
Фактор №21	Фактор №22	Стадия №1	Стадия №2	Стадия №3
Стадия №4	Стадия №5	Стадия №6	Стадия №7	Стадия №8
Рекомендуемые мероприятия				
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94				

Seçilen Faktörler

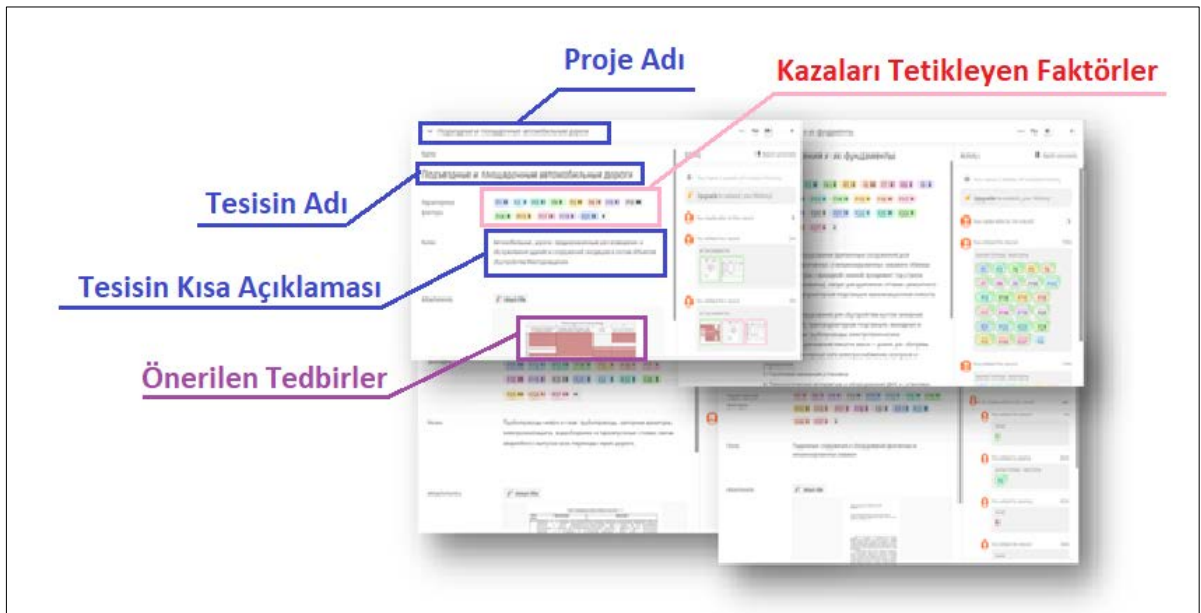
Seçilen Yaşam Döngüsü Aşaması

Önerilen Tedbirlerin Numaraları

Şekil 2. Tedbirlerin seçimi

Yapay zeka teknolojilerinin uygulama sonuçlarından elde edilen system arayüzü Şekil 3'de ve veri tabanı Şekil 4'de sunulmuştur. Karar destek sistemi şu konularda desteklenmektedir:

- Emsallerin temeli;
- Tedbirlerin sınıflandırıcı;
- Önerilen tedbirlerin listesini oluşturan akıllı bir program.



Şekil 3. Sistem arayüzü

Tedbirlerin Numaralar

Tedbirlerin Açıklamalar

Sınıflandırma Alt Grupları

№ n/n	Наименование КМ	Порядковый номер группы в соответствии с Классификатором КМ																			
		IA	IB	IC	ID	IIA	IIB	IIC	IIIA	IIIB	IIIC	IIID	IIIE	IIIF	IIIG	IIIH	IVA	IVB	IVC	IVD	IVE
1.																					
2.																					
3.																					
4.																					
5.																					
6.																					

Şekil 4. Veri Tabanı

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

SARM PI Sistemine dayalı yaklaşımların tanıtılması, aşağıdaki göstergeler açısından faaliyet planlama ve uygulama sürecini önemli ölçüde iyileştirmiştir:

- 1) Kazaya yol açabilecek olası tehlikelerin kapsamlı analizi ve değerlendirilmesi;
- 2) Tahmin edilebilir acil durumların kazaların analizi;
- 3) Faaliyetlerin önceliğine ilişkin karar verme hızı;
- 4) Gerektiğinde düzeltme, yorum ve açıklamalar yapmak amacıyla karar verme algoritmasının adım adım açıklaması;
- 5) Alınan kararların tarafsızlığı: Sistem, tedbirleri (tedbirlerin kombinasyonunu) ancak risk göstergelerinin fiilen azaldığını teyit ederse onaylar;
- 6) Verilen koşullar için tipik olan tehlikeler dikkate alınarak, yatırım fizibiliteleri açısından alınan kararların geçerliliği.

YORUM

Hali hazırda, çapraz platform çalışma ortamları temelinde yazılımlar ve veritabanları geliştirilmektedir, bunların tamamlanması ve güncellenmesi nesnelliği sağlama, açık güvenilir veri kullanma ve bilgilerin gizliliğine saygı gösterme ihtiyacını dikkate almaktadır.

KAYNAKLAR

- Alekperova S.T. (2019). Ana gaz boru hatlarının aşamalı güvenliği için bir metodolojinin geliştirilmesi. Teknik bilimler adayı derecesi için tez // Moskova.
- Alekperova S.T., Revazov A.M. (2018). Development and Implementation of the Staged Safety System of Trunk Gas Pipelines. // Environmental Protection in the Oil and Gas Complex, No. 3, P. 12–15.

- Revazov A.M., Alekperova S.T. (2015). Accidents risk management on the linear part of gas trunk pipelines based on monitoring of operational factors. // Gas Industry, No. 12. – P. 50–53.
- Revazov A.M., Alekperova S.T. (2015). Identification and assessment of the operating factors impact, that provoke accidents on gas trunk pipelines // Quality management for the oil and gas industry. No 3. – P. 39–42.
- Revazov A.M., Alekperova S.T. (2016). Phased safety system for the trunk pipelines at all stages of the investment projects implementation // Drilling and oil, No. 3. – P. 39-42.
- Revazov A.M., Alekperova S.T. (2017). Gas trunk pipelines safety // Business Journal Neftgaz. № 12. 42-47.
- Revazov A.M., Alekperova S.T. (2018). Planning of Measures to Ensure the Trunk Pipelines Safety // Gas Industry, No. 12, P. 20–26.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 28339 Sayılı Resmi Gazete, 2012.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 6727 Sayılı Maden Kanunu, 18785 Sayılı Resmi Gazete, 1985.
- TMMOB, (2016). Maden Mühendisleri Odası, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Ankara.

MADENCİLİK İŞLETMELERİ İÇİN YAPAY ZEKA TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ (ISG) PLATFORMU AI POWERED WORKPLACE SAFETY (EHS) PLATFORM FOR MINING

D. Ayata^{1,2*}

¹Boğaziçi Üniversitesi, MIS Departmanı,
²AIATUS Yapay Zeka ve Bilgi Teknolojileri A.Ş.
(*Sorumlu yazar: deger.ayata@aiatus.com)

ÖZET

Kişisel koruyucu ekipmanları bir veya birden fazla sağlık ve güvenlik tehlikesine karşı korunmak için kişilerce giyilmek veya taşınmak amacıyla tasarlanmış herhangi bir malzeme, donanım ya da koruyucuları ifade eder. Baretler, güvenlik yelekleri, koruyucu gözlük ve eldivenler vb. koruyucu ekipmanlar, kişisel koruyucu ekipmanlarına örnek olarak verilebilir. Madencilik kaza ve ölüm risklerinin en yüksek olduğu sektörlerden biri olduğundan çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanımı, kullanımın denetlenmesi ve uygun kullanım iş güvenliği açısından kritik önemdedir. Çalışmamızda madencilik sektöründe çalışanların kişisel koruyucu ekipman kullanımını denetlemek, ihalelleri bularak gerçek zamanlı olarak raporlamak ve doğru kullanımı arttırmak amacıyla yapay zeka alanları olan bilgisayar görüşü, makine öğrenmesi, derin öğrenme yaklaşımları ile akıllı iş sağlığı ve güvenliği platformu geliştirilmiştir. Kişisel koruyucu ekipmanlarının kameralardan gelecek görüntülerle algılanabilmesi için bir nesne tespit modelinin geliştirilmesi amacıyla Fast R-CNN, Region-based Convolutional Neural Networks (R-CNN), ve farklı YOLO (You Only Look Once) yöntemleri ele alınmış ve başarımları kıyaslanmıştır. Geliştirilen modelin farklı ortam koşullarında yüksek başarılı çalışabilmesi için parametre ve hiper-parametre optimizasyonu yapılmıştır. Model geliştirilmesi ve eğitimi için madencilik sektöründen kişisel koruyucu ekipman kamera ve fotoğraf verileri toplanmış ve elde edilen veriler makine öğrenmesi modellerinin eğitiminde ve test edilmesinde kullanılmıştır. Geliştirilen yapay zeka motoru sahada çalışanların kişisel koruyucu ekipmanlarını kontrol edebilmesi için bir mobil uygulama ve kamera aracılığı ile tespit edilen ihlallerin raporlanabilmesi için hazırlanan web tabanlı bir yazılım ile birlikte platform olarak sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Yapay zeka, Makine öğrenmesi, Yapay zeka destekli iş sağlığı ve güvenliği, Madencilikte yapay zeka uygulamaları

ABSTRACT

Personal protective equipment (PPE) refers to any material, equipment or protector designed to be worn or carried by persons to protect against one or more health and safety hazards. Helmets, safety vests, safety glasses and gloves are examples of PPE. Since mining is one of the sectors with the highest risk of accidents and death, appropriate usage of personal protective equipment is fatal for occupational safety. In our study, a smart occupational health and safety platform was developed with artificial intelligence approaches such as computer vision and deep learning. AI Platform monitors the use of personal protective equipment by employees in the mining industry to detect and report violations in real-time. Fast R-CNN, Region-based Convolutional Neural Networks (R-CNN), and different YOLO (You Only Look Once) methods have been used and their performances have been compared to develop object detection models for detecting and recognizing personal protective equipment with images from cameras. Personal protective equipment camera and image data were collected from the mining industry for model development, and the obtained data were used in the training and testing of machine learning models. A mobile app has been developed to enable field workers to check their PPEs, and a software application has been developed to report violations detected via camera in real-time.

Keywords: Artificial intelligence, Machine learning, AI powered workplace safety, AI applications in mining

İNSANA YARAŞIR İŞ VE GELECEĞİMİZ İÇİN ÖNCE GÜVENLİK
SAFETY FIRST FOR DECENT WORK AND OUR FUTURE

İ. Kabasakal¹, İ. Annıak^{1*}, B. Avşar¹

¹Aydın Ticaret Odası

(*Sorumlu yazar: ilknurkaracayir@hotmail.com)

ÖZET

Madencilik sektöründe meydana gelen iş kazası, iş kazası sonucu ölüm kayıtları incelendiğinde sektörde iş sağlığı ve güvenliği alanında çok ciddi tedbirlerin alınması, bu tedbirlerin sürekliliğinin sağlanması ve en önemlisi işveren ve çalışanlarda kalıcı farkındalık yaratılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda Odamız Ar-Ge ve Proje Birimi tarafından hazırlanan “İnsana Yaraşır İş ve Geleceğimiz için Önce Güvenlik” adlı projemiz T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Mali Yardımlar Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen İş Sağlığı ve Güvenliğinin Geliştirilmesi Programından destek almaya hak kazanmıştır.

Projemizin amacı: Maden sektöründe Aydın’da işverenlerde iş sağlığı ve güvenliği kültürünün artırılmasına, teknolojik araçların kullanımıyla da iş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesine katkı sağlamak yanısıra Aydın’ı “En Güvenilir Maden Kenti” haline getirmektir. Aynı zamanda Açık Ocak Madencilğinde şev kayması, dinamit patlatma ve iş makinası kullanımlarında sıklıkla meydana gelen kazaların önlenmesi için sanal gerçeklik uygulaması geliştirilerek, sektörde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği unsurlarına yeni bir yaklaşım getirmektir. Böylece iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yerleşmesinde öncelikle işveren ve çalışan farkındalığının artırılacak, sanal gerçeklik uygulamasıyla iş kazaları ve can kayıplarının önlenmesine katkı sağlanacak, sektörde iş sağlığı ve güvenliği koşullarına uyumlu, kapsayıcı stratejiler geliştirilecektir. Projemiz konusu, ana çıktılarıyla sektöre örnek teşkil ederek ulusal çapta farkındalık ve bilinç oluşturacaktır.

Anahtar Sözcükler: Açık ocak, İş sağlığı, İş güvenliği, Sanal gerçeklik

ABSTRACT

When work accidents occurred in mining sector, death records as a result of work accidents are examined, it is concluded the necessity of taking very serious measures in the field of occupational health and safety in the sector, providing sustainability of these measures and the most importantly creating permanent awareness for employers and workers. In this sense, our project titled "Safety First for Decent Work and Our Future", prepared by Research & Development and Project Department of our Chamber has been entitled to receive support from "Occupational Health and Safety Improvement Program" carried out by Department of European Union and Financial Assistance of Ministry of Labor and Social Security.

The objective of our Project: To contribute to the increase of occupational health and safety culture in employers in mining sector in Aydın, and development of occupational health and safety with technological tools, in addition making Aydın "Most Reliable Mining City". Besides, we aim to bring a new approach to the occupational health and safety elements applied in the sector by developing a virtual reality application to prevent the accidents that occur frequently in the use of slopes, dynamite explosion and work machines in Open Mining. Thus, in order to establish an occupational health and safety culture, primarily employer and employee awareness will be increased, the virtual reality application will contribute to the prevention of work accidents and loss of life, and inclusive strategies

will be developed in line with the occupational health and safety conditions in the sector. The subject of our project will set an example for the sector with its main outputs and will create national awareness and consciousness.

Keywords: Open mining, Occupational health, Occupational safety, Virtual reality

YERALTI MADENCİLİĞİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KÜLTÜRÜNÜ GELİŞTİRMEK İÇİN KARMA GERÇEKLİK UYGULAMALARI

MIXED REALITY APPLICATION FOR IMPROVING MINE SAFETY CULTURE IN UNDERGROUND MINING

M. Erkayaoğlu^{1*}, E. Süre¹, O. Gölbaşı¹, N. Demirel¹, C. Kaydım¹, C. Karataş Batan¹, İ. K. Bahçeci¹

¹ Orta Doğu Teknik Üniversitesi

(*Sorumlu yazar: emustafa@metu.edu.tr)

ÖZET

MR4MS (Yeraltı madenciliğinde iş sağlığı ve güvenliği kültürünü geliştirmek için karma gerçeklik uygulamaları) projesinin temel hedefi, maden endüstrisinde güvenlik kültürünü iyileştirmek ve maden kazalarındaki yaralanma ve yaşam kaybı oranlarını düşürmektir. MR4MS projesi, bir yeraltı kömür madeninin sanal gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojilerinden yararlanarak simüle edilmesini kapsamaktadır. Bu proje, madencilik sektörü için geliştirilmiş olup Türkiye’de yürütülmektedir. Projenin beklenen katkıları yeraltı madenciliği çalışanları için güvenlik kültürünü geliştirmek, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) eğitimleri ve koşullarını iyileştirmek ve Türkiye madencilik sektöründe yasal zorunlulukların yerine getirilmesine olanak sağlamaktır. Projenin faaliyet planı kapsamında, Türkiye’deki yeraltı maden işletmelerinde meydana gelen kazaların kavramsallaştırılması ve değerlendirilmesi yapılarak odak grup toplantısı aracılığı ile ilgili paydaşların görüşleri alınmıştır. Bu sayede oyun senaryosunda temsil edilecek olan olaylar kavlak düşmesi ve göçük olarak belirlenmiştir ve önceliklerinin tanımlanması sağlanmıştır. Proje kapsamında düzenlenecek olan ileri seviye eğitim için Unity ortamında sanal gerçeklik ve karma gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesi ve geleneksel eğitim materyalleri ve geliştirilen modeller ile hedef grupların eğitimi faaliyeti gerçekleştirilecektir. Karma gerçeklik ortamında hedef grupların performansının değerlendirilmesi ve anket yoluyla veri toplanmasının ardından projenin nihai sonuçlarının hedef gruplara ve nihai yararlanıcılara sunulması planlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Video oyunu, Karma gerçeklik, Sanal gerçeklik

ABSTRACT

The overall objective of Mixed Reality Application for Improving Mine Safety Culture in Underground Mining (MR4MS) is to improve the mining industry’s mine safety culture and decrease the rate of injuries and life losses in mine accidents. MR4MS covers developing a Mixed Reality (MR) environment that simulates an underground coal mine by utilizing Virtual Reality (VR) and MR technologies. The MR4MS project is specific to the mining sector and is performed in Turkey. It is expected to contribute to developing a safety culture, especially for the labor in underground mining, improve safety training and safety conditions, and facilitate the fulfillment of legislative requirements in the mining sector in Turkey. As part of the activity plan, accidents that occurred in underground mining operations in Turkey were conceptualized and evaluated prior to a focus group meeting where stakeholder opinions were obtained. This way, roof fall, and collapse were identified as incidents to be represented in the game scenario and prioritized. Virtual reality and mixed reality applications will be developed in the Unity environment to organize the advanced training activity within the project scope. Training of the target groups will be performed with conventional training material and the developed models. It is planned to present the final results to target groups and beneficiaries following the performance assessment of target groups in the mixed reality environment and data collection by standard questionnaires.

Keywords: Video game, Mixed reality, Virtual reality

