DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE TABAKA KONTROLÜNE YÖNELİK ZEMİN KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Cem SARIKAYA

Ocak, 2024
İZMİR

YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE TABAKA KONTROLÜNE YÖNELİK ZEMİN KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Ana bilim Dalı

Cem SARIKAYA

Ocak,2024

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

CEM SARIKAYA tarafından **PROF.DR. TURGAY ONARGAN** yönetiminde hazırlanan **"YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE TABAKA KONTROLÜNE YÖNELİK ZEMİN KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof. Dr. Turgay ONARGAN

Yönetici

.....	.....
Dr. Öğr. Üyesi Tahir Mallı	Prof. Dr. Raşit ALTINDAĞ
Jüri Üyesi	Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle çalışma sürecimde bilgilerini ve tecrübelerini benden esirgemeyen, çalışmalarıma yol gösteren ve fikirler sunan değerli danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Turgay ONARGAN' a büyük bir saygıyla teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini hiç esirgemeyen, varlığıyla yalnız hissettirmeyen aileme ayrıca teşekkür ederim.

Cem SARIKAYA

YERALTI KÖMÜR MADENLERİNDE TABAKA KONTOLÜNE YÖNELİK ZEMİN KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Bu yüksek lisans tezi, son zamanlarda Avusturalya'da geliştirilen sistem olan Planla – Uygula – Kontrol Et – Önlem Al (PUKÖ) Sisteminin Türkiye'deki Polyak Eynez A.Ş ve Tire Linyit A.Ş madenlerine entegre edilerek uygulanması ve zemini güçlendirip tahkimat eksikliği ve yanlış tahkimat seçimi nedeniyle oluşabilecek olası iş kazalarının önüne geçmeyi hedeflemek için yapılmıştır. Maden sahalarının jeoteknik ve tahkimat durumu haritalarına bakılarak haftalık tahkimat, gaz ve su durumu ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen verilere göre uygulanması gereken tahkimat yöntemleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeraltı kömür madenciliği, uzun ayak madenciliği, tabaka kontrolü

DEVELOPMENT OF A GROUND CONTROL SYSTEM FOR STRATA CONTROL IN UNDERGROUND COAL MINES

ABSTRACT

This master's thesis is based on the recent development of the Plan, Implement, Control, Take Precautions System in Turkey by Polyak Eynez Inc. and Tire Linyit Inc. It was made in order to be integrated into mines and applied and to strengthen the ground and to prevent possible work accidents that may occur due to the lack of supporting and the wrong choice of supporting. Weekly Fortification, gas and water condition measurements were made by looking at the geotechnical and fortification condition maps of the mine sites. According to the data obtained from the measurements, the supporting methods that should be applied have been determined.

Keywords: Underground coal mining, Longwall mining, Strata control

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ ix
TABLOLAR LİSTESİ xi

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE YÖNTEM 3

2.1 Litaratür Taraması 3
2.1.1 Yeraltı Linyit Madenlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği 3
2.1.1.1 Klasik ve Mekanize Uzun Ayak Madenciliğinde İş Güvenliği 5
2.2 Yeraltı Madenlerinde Tahkimat Eksikliği Nedeni ile Kaza İstatistikleri .. 9
2.3 Yeraltı Kömür Madenlerinde Uygulanan Tahkimatlar 11
2.3.1 Ağaç Tahkimat 13
2.3.2 Çelik Tahkimat 13
2.3.3 Beton tahkimat 13
2.3.4 Kaya Saplamaları 14

BÖLÜM ÜÇ – MODEL ÇALIŞMA 15

3.1 Yeraltı Kömür Madenciliğinde Risk Yönetimi 15
3.2 Maden Tasarımı, Planlaması ve Zamanlaması 20
3.2.1 Madencilik Yöntemleri ve Ekipmanları 20
3.2.2 Sıralama ve Tablolama 21
3.2.3 Tasarım Yöntemleri 22
3.2.3.1 Ampirik Yöntemler ve Temel Kurallar 22
3.2.3.2 Kinematik, Analitik, Deterministik veya Olasılıksal Yöntemler 23
3.2.3.3 Sayısal Modelleme Kodları 23
3.2.3.4 Fiziksel Modelleme 24

3.3 Tasarım Kabul Kriterleri ve Tasarım Etkinlikleri ..... .25
3.4 Maden Kapatma.....27
3.5 Güvenli Tasarım Uygulanması ve İncelenmesi 27
3.6 Tehlikeli veya Potansiyel Olarak Dengesiz Tabaka Yönetimi 30
3.6.1 Duraylı olmayan zemin.....30
3.6.2 Yeraltı Faaliyetleri Kaynaklı Tehlikeler.....31
3.7 İletişim Eğitim ve Denetim 32
3.7.1 İletişim ve Danışma Süreci.....32
3.7.2 Jeoteknik Tehlike Haritaları.....33
3.7.3 Olay Raporlama.....34
3.7.4 Yetkinliğin Değerlendirilmesi.....34
3.7.5 Denetim.....36
3.7.6 Acil Müdahale.....36
3.8 Entegre, Bütünleşik, Zemin Kontrol Yönetim Planının Unsurları.....37
3.8.1 Prosedürler ve Standartlar.....37
3.8.1.1 Zemin Kontrolü Ana Tehlike Yönetim Planı.....37
3.8.1.2 Güvenli Tasarım.....38
3.8.1.3 Jeoteknik Model.....39
3.8.1.4 Jeoteknik Model Geliştirme.....42
3.8.1.5 Zemin Kontrol Standartları.....50
3.8.1.6 Geoteknik Tasarım Kılavuzları, Yazılım ve Hesaplamalar.....50
3.8.1.7 Jeolojik ve Jeoteknik Haritalama ve Tehlike Planları.....51
3.8.1.8 Risk Yönetimi ve Risk Değerlendirmeleri.....54
3.8.1.9 Tetikleyici Eylem Yanıt Planı.....54
3.9 Veri Toplama.....55
3.9.1 Rutin Jeoteknik Testler ve Numune Alma.....55
3.9.2 Değerlendirme ve Test Prosedürleri.....56
3.10 İzleme 58
3.10.1 Düzenli İzleme.....58
3.10.2 Madencilik Faaliyeti Süreci.....60
3.10.3 Düzenli Jeoteknik Kritik Alan Denetimi.....60

3.10.4 Haftalık Raporlama Sistemi.....61
3.10.5 Eğitim.....61
3.10.6 Kritik Kontroller.....62
3.11 İnceleme ve Araştırma 63
3.11.1 Kaza ve Olayların Araştırılması.....63
3.11.2 Zemin Kontrol Yönetimi Sürecinin Denetlenmesi.....64
3.11.3 Tabaka Yenilmesi Tehlike Kaydı.....64

BÖLÜM DÖRT – UYGULAMA.....65

4.1 Polyak Eynez Haftalık Jeoteknik ve Tahkimat İnceleme Raporu.....66
4.2.Tire Linyit Haftalık Jeoteknik ve Tahkimat İnceleme Raporu.....74

BÖLÜM BEŞ- DEĞERLENDİRME.....79

BÖLÜM ALTI – SONUÇ VE ÖNERİLER.....82

KAYNAKLAR 85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Türkiye-AB-ABD maden sektörü ölümlü kaza sayısı karşılaştırması…..5

Şekil 2.2 Uzunayak tahkimatı perspektif görüntüsü 6

Şekil 2.3 Kurt ağzı örneği 6

Şekil 2.4 Mekanize uzunayak kömür üretimi kesit görünüşü 7

Şekil 2.5 Tam mekanize uzunayak yöntemi 8

Şekil 2.6 Uzun ayak üretim yöntemi 9

Şekil 3.1 Risk yönetim süreci..... 15

Şekil 3.2 Ayrıntılı risk yönetim süreci 17

Şekil 3.3 Bir kömür madeninde risk yönetimi sistemi 18

Şekil 3.4 Tasarım ve risk yönetimi birleşimine sistematik bir yaklaşım 19

Şekil 3.5 Jeoteknik model 40

Şekil 3.6 Zemin kontrol standart süreçleri akım şeması 52

Şekil 3.7 Geliştirilmiş tabaka kontrol planı örneği 53

Şekil 3.8 Uzunayak tehlike planı örneği 53

Şekil 3.9 İki bağlantılı uzaktan okuma şeması 61

Şekil 3.10 Risk yönetimi kontrol süreci 63

Şekil 3.11 Tabaka kontrolüne yönelik tehlike planı..... 64

Şekil 4.1 Polyak yeraltı işletmesinde uygulanan tahkimatların kesit görünümü.....67

Şekil 4.2 Polyak işletmesinin imalat haritası ve zemin kontrol uygulama örneği. ..68

Şekil 4.3 Polyak CK01 VE CK02 ayağı pano imalatı, zemin kontrol noktaları....69

Şekil 4.4 Polyak C03 ayağı panosu imalat ve zemin kontrol uygulamaları.....70

Şekil 4.5 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 50.metresi……...73

Şekil 4.6 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 100. Metre.....73

Şekil 4.7 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 130. Metresi.....74

Şekil 4.8 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 135.metresi.....74

Şekil 4.9 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TP 02 ATY 40. metresi.....75

Şekil 4.10 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TP 02 ATY 80. Metresi.....76

Şekil 4.11 Tire Linyit yeraltı kömür işetmesinde TP 02 ÜTY 100. Metresi.....76

Şekil 4.12 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TL 02 ÜTY 150. Metresi.....76

Şekil 5.1 Risk yönetimi temelli tabaka kontrol yönetim sistemi modeli.....83

Şekil 6.1 Dünyada ölümlü maden kazaları grafiği (tahmini ve gerçekleşen) 85

Şekil 6.2 Kömür madenlerinde ölümlü iş kazaları nedenlerinin dağılımı.....85

Şekil 6.3 2015-2020 yılları kömür milyon ton üretim başına düşen ölüm sayısı.86

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Türkiye de 2011-2021 yılı arası madencilikteki kaza ve ölüm sayıları..4

Tablo 3.1 FOS ile tasarım kriteri oluşturma örneği.....26

Tablo 3.2 Jeoteknik model proje aşamaları ve içerik 42

Tablo 3.3 Bir uzunayak tetikleme eylemi müdahale planı örneği..... 58

Tablo 4.1 Polyak tahkimat, gaz, su durumu ölçümleriyle zemin kontrol çizelgesi71

Tablo 4.2 Uygun tahkimatla ilerleme planına yönelik izleme kontrol çizelgesi..72

Tablo 4.3 Tire Linyit ocağı uygun tahkimatla ilerleme planı kontrol çizelgesi.....77

Tablo 4.4 Tire Linyit maden ocağında tahkimat, gaz ve su durumu ölçümleri....78

Tablo 6.1 Türkiye'de son 40 yılda meydana gelen kömür madeni kazaları.....82

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Kömür enerji üretiminde uluslararası olarak en çok kullanılan kaynak olmakla birlikte, kömür madenciliği hem Dünya'da hem Türkiye'de en fazla iş kazasının yaşandığı sektörlerdendir (Oraee, Oraee-Mirzamani ve Goodarzi,2011). Yeraltı kömür madenciliği birçok risk unsuru içeren bir uygulamadır. Bu çalışma uygun tahkimat kullanımı ile tabaka ve zemin kontrolünün güçlendirilmesini sağlayıp olası iş kazalarını önlemek veya minimum seviyeye düşürmek için hazırlanmıştır.

Türkiye'de ve Dünyada maden işletmeleri, iş kazalarının en yoğun şekilde görüldüğü işyerleri arasında yer almaktadır (Toygar ve Orhaner, 2018). Yeraltı kömür madenlerinde yaşanan kazalar değerlendirildiğinde, en fazla yaşanan kazalar tahkimat seçimi ve uygun metodların geliştirilememesi nedeniyle göçük, taş ve kavlak düşmeleri olduğu gözlenmiştir.

Tabaka kontrolünü sürdürmek için; kapsayıcı sistemlerin ve prosedürlerin geliştirilmesi, uygulanması ve yönetimi, zemin yenilmesini en aza indirgeyen ve zeminin güçlendirilmesine katkı sağlayan önemli bir adımdır.

Bu tez çalışması yeraltı kömür ocaklarında entegre, bütünleşik, tavan kontrol yönetim planı sistemi uygulanarak, zayıf ve göçük olma ihtimali yüksek olan tabakaların tespit edilmesi, buna bağlı olarak çeşitli tahkimat sistemleri ile zeminin güçlendirilmesi ve göçük kaynaklı ölümlü iş kazalarını önlemeyi hedeflemektedir.

Entegre, bütünleşik, zemin kontrol yönetim planı sistemi, Avusturalya yeraltı kömür madenlerinde uygulanan ve küresel çapta yeraltı kömür madenlerinde uygulanabilecek iş güvenliğini ön plana çıkaran bir yöntemdir. Yeraltı kömür madenlerinde zemin arızaları hem bireyler hem de üretim için yüksek düzeyde risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, Avusturalya madenleri zaman içinde, hem çalışanlar için güvenli çalışma alanları sağlamak hem de üretimde planlanmamış gecikmeleri en aza indirmek için küresel olarak en iyi uygulama; proaktif zemin kontrol yönetimi stratejisi olarak kabul edilen yöntemi geliştirmiştir. Proaktif bir zemin kontrol stratejisi sadece tahkimat tasarımı ile ilgili değildir. Birçok kritik adımı içerir ve bu adımların uygulamaları madenin büyüklüğüne göre önemli ölçüde farklılık gösterir.

Zemin kontrolünün amacı, madenlerde kaya ve diğer zemin malzemelerinin güvenli ve ekonomik bir şekilde kazılmasını sağlamaktır. Başarısız tabaka kontrolünün, madenciliğin ekonomik uygulanabilirliği üzerindeki olumsuz etkilerine örnekler şunlardır:

- İşletmedeki jeoteknik ve madencilik altyapı ve ekipmanlarının zarar görmesi ve istikrarsızlaştırılması,
- İşetmenin dışındaki altyapı ve önemli özelliklerin (örneğin toplu taşıma yolları, boru hatları, yüzey drenaj sistemleri) zarar görmesi ve istikrarsızlaştırılması,
- Üretim oranlarında önemli değişiklikler,
- Maliyet girdilerinin aşımları,
- Kömürün seyreltilmesi veya kaybıdır.

Bu çalışmada zemin kontrolü tanımlanması; içeriğinde tabaka kontrolüne dayalı tavan formasyonlarının çalışma ortamının ve çalışanların güvenliği bakımından uygun destek sistemleri ile kontrolü anlamında ifade edilmiştir. Bu nedenle zemin kontrolü ifadesi geçen tüm bölümlerde tabaka ve tavan kontrolü ifadeleri anlaşılmalıdır.

Bu tez projesinin önemi, tavan kontrolü nedeniyle oluşabilecek iş kazalarının en aza indirilmesini sağlayıp üretimin güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesi için model oluşturmaktır.

BÖLÜM İKİ
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Literatür Taraması

2.1.1. Yeraltı Linyit Madenlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği

Hızlı gelişen teknolojiyle birlikte ham madde ihtiyacı artmış, yapılan işlemler karmaşıklaşmış ve bunların neticesinde tehlikeler artmıştır. Tehlikelerin artması sonucunda kazaları önlemek için iş güvenliği tedbirlerinin alınması zorunlu hale gelmiştir. İş yerlerinde işin yapılması sırasında, sağlığa, işe ve iş yerine, zarar verebilecek olan, çeşitli sebeplerden kaynaklanan kayıpları en aza indirmek amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel araştırmalara dayalı güvenlik önlemlerine iş güvenliği denmektedir (Dirik, 2016).

Bir maden projesinin bilim ve teknolojiye ayak uyduracak şekilde tasarlanması verimlilik, süreklilik, sağlık ve güvenlik için önemlidir ve bunlar birbirini etkileyen hususlardır. Tasarım sürecinde güvenlik risklerinin dikkate alınması gerekliliğinin mevzuatta yer alması, daha sonra yaşanacak güvenlik ve sağlık sorunlarının önüne geçilebilmesini, verimliliğin artırılmasını ve maliyetin azaltılmasını sağlar. İyi tasarlanmış bir maden projesi cevher ve cevher yatağı özelliklerini ayrıntılarıyla ortaya koyduktan sonra üretim planlamasına geçer. Aynı zamanda işin fiziksel, biyomekanik, bilişsel ve psikososyal karakteristikleri ile çalışanların ihtiyaç ve yeteneklerini bir arada değerlendirir, iş gereksinimlerini, şartları ve çalışma ortamını dikkate alır. Bütün bunlar tedarik zinciri boyunca ve işletme ömrü boyunca uygulanır. Tehlikeleri tanımlama, değerlendirme ve risk kontrolü ile sürekli iyileştirme gerektirir (Zou, Wilson ve Sun Adam, 2016).

Bir ülkede tasarım projelerinde iş sağlığı ve güvenliğinin önemli olabilmesi için yasal zorunluluk gereklidir. Tasarım aşamasında güvenlik risklerinin değerlendirilebilmesi ve kontrol tedbirlerinin alınması için mevzuatlar düzenlenmelidir.

İş kazaları göz önünde bulundurulduğunda maden sektörü kazaların en fazla yaşandığı ve kaza sonuçlarının en ağır yaşandığı sektörlerden biridir. Bu nedenle üretimin her safhasında; çalışanlar, ekipman ve tesisler her türlü tehlikeye maruz kalabilmektedir. Tehlikelerin önüne geçebilmek için mühendislik disiplini çerçevesinde gerekli analizlerin yapılması gerekmektedir. Madenlerde oluşan iş kazalarının sayısı, işçi yoğunluğu, jeolojik ve jeoteknik koşullar, uygulanan teknoloji ve yöntem, işçi eğitimi seviyesi, iş güvenliği kurallarının iyi

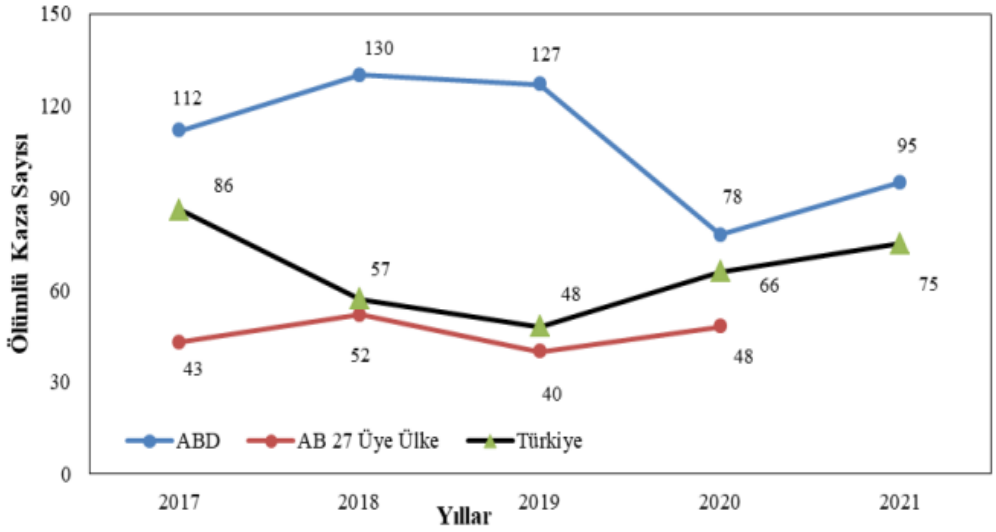
uygulanması, etkin bir denetim mekanizması gibi birçok faktöre bağlıdır. (Köse ve diğ., 1990). Kazalar hem kaza geçiren çalışanlara hem ailelerine hem de maden işletmelerine ağır ve maliyetli sonuçlar doğurmaktadır. Avustralya ve Yeni Zelanda'da yapılan bir araştırma sonucunda madenlerde çalışanların iş kazaları sonucunda ölüm oranlarının diğer sektörlere göre on kat fazla olduğu tespit edilmiştir (Lenne, Salmon, Liu ve Trotter, 2012).

Madencilik sektöründe meydana gelen kazalar, Türkiye genelinin 2011 yılında %15,3 'ünü oluştururken, 2021 yılına azalarak %3,3'ünü oluşturmaktadır. Madencilik sektöründe en fazla ölümlerin ise Kömür ve Linyit çıkartılması ve diğer madencilik ve taş ocakçılığı alt sektörlerinde olduğu gözlenmektedir. Özellikle 2014 yılındaki Kömür ve Linyit madenciliği alt sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede meydana gelen maden kazasının da etkisiyle ölüm oranları o yıl artarak rekor seviyeye ulaşmıştır. Tablo 2.1 'de 2011-2021 yılları arasında Türkiye geneli ve madencilik sektöründeki kaza ve ölüm sayıları gösterilmiştir (Sekmen ve Zengin,2023).

Tablo 2.1 Türkiye de 2011-2021 yılı madencilikteki kaza ve ölüm sayıları (Sekmen ve Zengin,2023)

Yıllar	Yıllık Kaza Sayısı							Oran %	Yıllık Ölüm Sayısı							Oran %
	Ekonomik Faaliyet Sınıflama Kodu (NACE)						Türkiye Geneli		Ekonomik Faaliyet Sınıflama Kodu						Türkiye Geneli	
	5	6	7	8	9	(5+6+7+8+9)			5	6	7	8	9	(5+6+7+8+9)		
2011	9.217	51	449	702	139	10.558	69.227	15,3	55	1	16	43	2	117	1.700	6,9
2012	8.825	44	421	569	101	9.960	74.871	13,3	20	0	7	17	0	44	744	5,9
2013	11.289	118	1.055	1.598	244	14.304	191.389	7,5	36	3	16	28	4	87	1.360	6,4
2014	10.026	165	1.030	1.557	271	13.049	221.366	5,9	335	1	7	38	1	382	1.626	23,5
2015	7.429	84	997	1.639	271	10.420	241.547	4,3	26	0	13	40	0	79	1.252	6,3
2016	8.274	112	1.037	2.045	324	11.792	286.068	4,1	11	0	8	64	0	83	1.405	5,9
2017	8.468	95	1.622	2.537	330	13.052	359.653	3,6	31	0	16	38	1	86	1.633	5,3
2018	8.399	57	1.775	2.806	734	13.771	430.985	3,2	11	1	11	33	1	57	1.541	3,7
2019	8.983	67	1.756	2.435	926	14.167	422.463	3,4	13	0	7	28	0	48	1.147	4,2
2020	8.460	63	1.741	2.133	650	13.047	384.262	3,4	21	0	13	28	4	66	1.231	5,4
2021	11.104	84	2.341	2.828	726	17.083	511.084	3,3	10	0	17	43	5	75	1.382	5,4

ABD'deki maden sektörü ölümlü kaza sayılarının değerlendirilen tüm yıllarda gerek Türkiye'den gerekse Avrupa Birliği genelinden daha yüksek olduğu şekil 2.1 de görülmektedir. Özellikle 2019 yılında ABD'deki maden sektöründe meydana gelen ölümlü kazalar Avrupa Birliği genelinden yaklaşık 3 kat, Türkiye'den ise yaklaşık 2,5 kat daha fazladır.



Şekil 2.1 Türkiye-AB-ABD maden sektörü ölümlü kaza sayısı karşılaştırması (Sekmen ve Zengin,2023)

Maden kazaları genellikle gelişmekte olan ülkelerin karşı karşıya kaldığı bir teknolojik afet olmakla birlikte küresel bir problemdir. Bu teknolojik afetler dünyanın her yerinde büyük oranda can kaybı, yaralanma ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

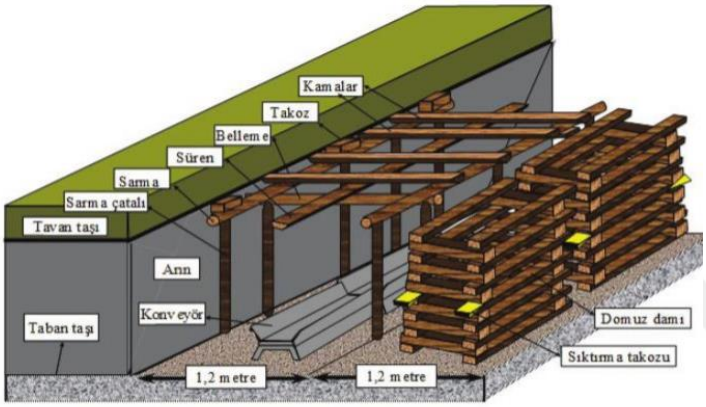
Maden kazalarının neden olduğu kayıpları önlemek/en aza indirmek için birincil adım risk azaltma çalışmalarıdır, bunun nedeni maden kazalarının genel olarak altyapı, teknoloji ve yönetim gibi önlenebilir sorunlarla ilişkili olmasıdır. Maden kazalarına yönelik başarılı bir risk azaltma planı, kazalara neden olan faktörlerin en iyi şekilde analiz edilmesini ve yorumlanmasını gerektirmektedir.

2.1.1.1.Klasik ve Mekanize Uzun Ayak Madenciliğinde İş Güvenliği

Yeraltında kömür üretim yöntemleri klasik, yarı mekanize ve tam mekanize olmak üzere üç şekildedir. Klasik ayakta ilerletimli veya geri dönümlü olarak üretim yöntemleri yapılabilir. Kömür kazısı ise; kazma, dinamit ve martopikör ile yapılır. Ayak boyları 30-100 m, pano uzunlukları 100-150 m'dir. Ayak içi tahkimatlar ya tamamen ağaç ya da hidrolik direk çelik sarma şeklinde yapılmaktadır. Tam mekanize ayak üretim yöntemi kalın damarlarda 2-3 kat şeklinde uygulanmaktadır. Öncelikle ana hazırlık galerileri açılmakta ve taş içerisinde sürülen bu galeriler kömür damarını kestiği noktalardan itibaren damarın doğrultusuna ve eğimine göre kömür içerisinde tavan-taban yolları oluşturularak üretim panoları oluşturulur. Tam mekanize sistemde şilt tipi yürüyen tahkimat ve çift tamburlu

kesici yükleyici ile kazı yapılmaktadır (Anonim,2021).

Türkiye'de kömür madenciliğinde yakın döneme kadar göçertmeli uzun ayak yöntemi kullanılarak konvansiyonel metotlarla çıkarılmaktadır. Şekil 2.2.'de uzun ayak tahkimatının perspektif görüntüsü verilmektedir. Bu yöntemde, ilerletimli çalışan ayakların baş ve dip kısımlarına sabit domuzdamları yapılır. Ayak gerisindeki kısımlar göçmeye terk edilerek ilerlenir. Ayak arkasındaki göçmeye terkedilen kısımlara girilmemesi gerekir. Ağaç sarmalarının her iki ucuna vurulan direkler sarma uçlarından 10-15 cm pay bırakılarak vurulur. Ağaç direklerin başları ise sarmaları kavrayacak şekilde şekil 2.2'de görüldüğü gibi kurtağzı yapılmalıdır. Bu şekilde direk dipleri taban taşında açılacak oyuğa oturacak şekilde kenarları yuvarlatılır. Ancak kurtağızları keskin yapılırsa çatal direklerin ortadan yarılmasına sebep olur. Direklerin tabanı taban taşında açılan boşluklara oturtulmalıdır.



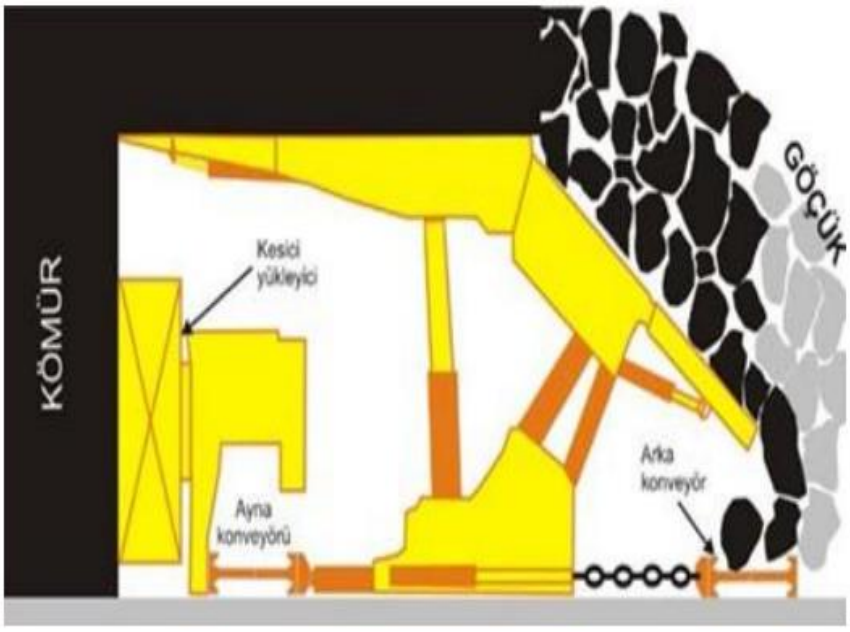
Şekil 2.2 Uzunayak tahkimatı perspektif görüntüsü (Yerlikaya, 2013)



Şekil 2.3 Kurt ağzı örneği

Uzunayak madenciliği özellikle ülkemizde yeraltı kömür madenciliğinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Uzunayaklarda kömür üretimi sırasında, çalışırken birçok tehlike kaynağı mevcuttur. Yeterli önlemler alınmaz ve kurallar yeterli uygulanmaz ise yapılan çalışmalar sırasında kazalarla karşılaşmak kaçınılmazdır. Tahkimat kazalarının en önemlisi, göçüklerin meydana getirdiği iş kazalarıdır. Uzunayak madenciliğinde, göçükler özellikle ayak bölgesinde oluşmaktadır.

Mekanize Uzun Ayak; mekanize yeraltı kömür madenlerinde yapılan işlerin tamamına yakını otomatik veya uzaktan kumandalı sistemler kullanılarak uygulanmaktadır (Kızıl ve diğ., 1995). Tamburlu kesici-yükleyiciler, damar yapısına ve kazı karakterine en uygun ilerleme hızının seçimini olası tahmin edebilen Eicomatik sistemdeki elektro-hidrolik sistemle donatılmaktadır (Şekil 2.4). Son yıllarda Eicomatik sistemdeki elektro-hidrolik devreye mikro işlemciler yerleştirilerek Eicotronik sistem geliştirilmiştir. Tamburlu kesici-yükleyiciye çeşitli sensörler yerleştirilerek yantaş-kömür kontağı hassas olarak algılanmakta ve tambur yüksekliği otomatik olarak yapılmaktadır. Son yıllardaki diğer bir gelişme ise tamburlu kesici-yükleyiciye bir verici yerleştirilerek, makina kazıyı gerçekleştirip ilerledikten sonra yürüyen tahkimatlar üzerindeki algılayıcı devreye girip tahkimatı ötelemesidir. Yeraltındaki çalışmalar tümü aynı anda yerüstündeki ana kontrol merkezine iletilerek, buradaki mikro işlemciler vasıtasıyla gerek dijital olarak gerekse mimik diyagramlarla görüntülenmekte ve böylece makinaların sevk ve izlenmesi sağlanmaktadır (Kızıl ve diğ., 1995).



Şekil 2.4 Mekanize uzunayak kömür üretimi kesit görünüşü (Ozfirat ve diğ., 2005)

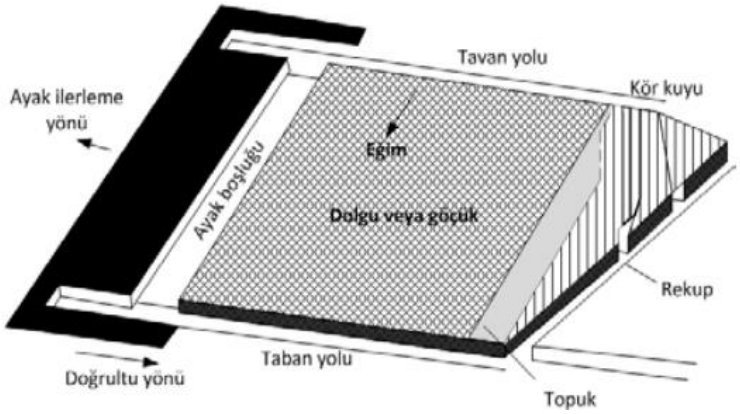


Şekil 2.5 Tam mekanize uzunayak yöntemi (Ozfirat ve diğ., 2005)

Uzunayak madenciliği, yatay olarak yataklanmış olan kömür veya orta sertlikteki cevherlerin, iki damar içi galerisi arasında kalan, uzun, dar ve doğrusal bir arın boyunca üretildiği bir yeraltı üretim yöntemidir (Şekil 2.6). Uzunayak panoları, kesitler ve çalışılan makineler düşünüldüğünde oldukça dar ve birçok tehlike kaynağının bir arada olduğu bölgelerdir.

Günümüzde yeraltı kömür madenciliğinde klasik yöntemlere göre yüksek üretim kapasitelerine ve daha güvenli bir çalışma ortamına sahip olmaları nedeniyle gittikçe artan bir oranda tam mekanize sistemler uygulanmaktadır. Öyle ki, uzunayak mekanizasyonunun başlangıcı sayılan ve tüm önemli gelişme ve yeniliklerin ortaya çıktığı Almanya'da bu oran, 1987'den beri %100'dür (Plum, 1994).

Bir uzunayak tabaka kontrolü esaslı potansiyel tehlikeler; tahkimat çalışmaları (tahkimatların ilerletilmesi, tahkimatların başka panoya taşınması, hidrolik hortumun patlaması, hidrolik direklerin kurulumu ve taşınması), üretim (yükleme işlemi sırasında, ayak içi malzeme nakliyesi sırasında, tahkimatların düzeltilmesi ve ilerletilmesi sırasında, ayak içi temizlik sırasında, ayak arkasından tavan kömürünün alınması sırasında, tahkimat penceresinden tavan kömürünün alınması sırasında meydana gelen kazalardır (Özfırat vd., 2013).



Şekil 2.6 Uzunayak üretim yöntemi

2.2.Yeraltı Madenlerinde Tahkimat Eksikliği Nedeni ile Kaza İstatistikleri

Göçük yeraltı imalatında, tahkimatın yetersizliği veya eskiyip dayanıklılığını kaybetmesi sonucu tavanın çökmesi haline denir. Çok nadir haller hariç, genellikle her göçükte bir hata veya ihmal vardır. Yer altı kömür ocaklarında göçükler ağırlıklı olarak ayaklarda meydana gelir. Daha sonra tarama ve taban yolu ilerlemeleri ile lağım sürülmesi esnasında meydana gelen göçükler yer almaktadır. Kavlak ise maden ocaklarında atımdan sonra meydana gelen çatlaklar veya diğer yerlerde herhangi bir nedenle oluşan kılcal çatlakların zamanla büyümesiyle ana kayaçtan ayrılıp askıda kalan ve tehlike yaratan, tıklatıldığında kof ses çıkaran taş veya cevher parçaları veya blokları anlamına gelmektedir (Dirik,2016).

Göçük ve taş-kavlak düşmesi koşulları madenden madene, hatta aynı maden için bölümden bölüme değişmektedir. Kömür damarını çevreleyen tortul kayaç tipi maden tavanının dayanımını etkiler ve bu durumun diğer jeolojik süreksizliklerle birleşmesi madenlerde tavan ve yan duvarların kontrol edilmesini zorlaştıran en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle her zaman madenin değişen koşullarına ayak uydurulması gerekmektedir. Her yeni kömür kazısı neticesinde yeni bölgeler açılmakta ve yeni potansiyel tehlikeler oluşmaktadır. Bu nedenle her madenin kendine özgü koşullarının olduğunun kabul edilmesi ve kazı ve tahkimat çalışmalarının buna göre yapılması gerekmektedir (Dirik, 2016).

Yeraltı madenlerinde taş-kavlak düşmeleri ve göçüklerden meydana gelen kazalar hem Türkiye'de hem de dünyada en fazla yaşanan iş kazalarından biridir. Örneğin 1997 yılında ABD'de bulunan yeraltı kömür madenlerinde 800'den fazla çalışan taş-kavlak düşmeleri ve

göçükler nedeniyle hayatını kaybetmiştir. 1999 – 2008 arasında ise yine taş-kavlak düşmeleri ve göçüklerden 75 kişi hayatını kaybetmiş ve 5941 kişi yaralanmıştır, bu süre zarfında yeraltı madenlerinde ölümlerin % 40'ı göçük ve taş-kavlak düşmeleri nedeniyle meydana gelmiştir (Bauer ve Dolinar, 1999).

Yeraltı kömür madenlerinde göçükler çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Jeolojik koşullar, gerilme, madenin tasarımı, çevresel etkiler bunlara örnek olarak gösterilebilir. Literatürde göçüklerin jeolojik koşullarla, gerilme durumuyla, maden tasarımıyla ilişkisini araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Kömür madenlerinde gerçekleşen göçük tehlikeleriyle ilgili kötü tavan koşulları hakkında çalışanların bilgilendirilmesi ve tavan koşullarının haritalandırılması şeklinde çalışmalar yapılmıştır (Düzgün, 2005).

Göçük ve taş-kavlak düşmelerini önlemenin en önemli yollarından biri uygun tavan-zemin kontrol sistemleri oluşturulmasıdır. Zemin kontrolü taş-kavlak düşmelerini ve göçükleri önlemek için, yeraltında kayaçların sağlamlaştırılması veya dengede tutulması amacıyla yapılır. Zemin kontrolü için iki önemli aşama vardır. Birincisi tasarım aşamasında kazı işlerinin nasıl yapılacağı ve hangi tip tahkimatın nerelerde kullanılması gerektiği gibi ölçümler, ikincisi ise operasyonel ölçümler, yani madenin tasarımına göre açılacak yeni ayakların nasıl olması gerektiği ile ilgili ölçüm ve önlemlerdir. Tahkimat sistemlerinin ise madenin jeolojisine, gerilme koşullarına ve açıklık geometrisine uygun olarak yapılması gerekir. İyi bir tahkimat sisteminde madenin ölçekleri ve geometrisi iyi bir şekilde bilinmeli, kaya kütlesine etki edecek patlatma hasarları, jeolojik süreksizlikler, gerilme koşulları gibi bütün etmenler anlaşılmalıdır. Bu nedenle göçük oluşumunu ve taş-kavlak düşmesini etkileyebilecek bütün nedenlerin detaylı bir şekilde araştırılması gerekir (Hoek ve Brown, 1982**).**

Maden sektörü, dünya genelinde en ağır ve en tehlikeli iş kollarından biridir. Madenlerde oluşan iş kazalarının sayısı, işçi yoğunluğu, jeolojik ve jeoteknik koşullar, uygulanan teknoloji ve yöntem, işçi eğitimi seviyesi, iş güvenliği kurallarının iyi uygulanması, etkin bir denetim mekanizması gibi birçok faktöre bağlıdır (Köse ve diğ., 1990).

Bir yeraltı maden ocağında iş sağlığı ve güvenliğine yönelik önlemlerin alınması, plan ve proje aşamasında başlar. Cevher ve yan kayaçların karakteristik özellikleri, cevher üretim ve malzeme tüketim miktarları, yeraltı su durumu, ocaktaki tehlikeli gaz oranları vb. parametreler ocak planlamasında dikkate alınarak tesis planlamaları buna göre yapılmaktadır.

Yeraltına girişte ilk faaliyet; güvenli bir şekilde kazı yapılması, daha sonra da açılan boşluğun içinde güvenli bir şekilde çalışmayı temin edecek şekilde tahkimatının gerçekleştirilmesidir.

Yeraltı kömür madenciliğinde üretim süreci iş kazalarının yoğun olarak yaşandığı bir süreçtir. Bu süreçte kömür kazısı, tahkimat işleri, kömürün ve diğer malzemelerin nakledilmesi gibi işlemler aynı anda yapılmaktadır (Akkaya, 2001). Bu işlemlerin zaman, üretim miktarı ve üretimin devamlılığı ve çalışma koşullarının güvenli ve emniyetli bir hal alması açısından birlikte ve merkezi bir kontrol sistemiyle yapılması gerekmektedir. Bu durumun sağlanması için de yeraltı kömür üretiminde mekanize üretim sistemine geçmek kaçınılmaz olmaktadır.

Ülkemizde yeraltı kömür madenlerinde yaşanan iş kazaları ile ilgili yapılan araştırmalarda yaşanan kazalar, üretim sürecinde meydana gelen aksaklıklar nedeniyle sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Akkaya, 2001).

Tatar ve Özfırat,2002 tarafından T.K.İ.-E.L.İ. Eynez Bölgesi yeraltı linyit ocağında 1992-2000 yılları arasındaki kazalar derlenmiş ve çeşitli kriterlere göre değerlendirilmiştir. Yanlış tahkimat kullanımı veya tahkimat eksikliği nedeniyle oluşan kazalar en çok ölümle sonuçlanan kazalar arasında yer almaktadır. Göçük, taş, kömür düşmesinden kaynaklanan kazaların klasik sistemde açılan kazı havesine hemen tahkimat yapılmamasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Mekanize sistemde ise yürüyen tahkimatların, tabanın kil olması ve tavandan alınan 4,7 m'lik kömür kalınlığının oluşturduğu yük etkisi ile yürüyen tahkimatların tabana batmaları ve tahkimatların yan yatmaları sonucu iki yürüyen tahkimat arasında oluşan boşluktan parça düşmesi ile kazaların oluştuğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonunda, 1997 yılının ortasında ocağın belirli bir kısmında manuel sisteme ek olarak çalışmaya başlayan mekanize sistemin, çalışanların uyum süreci olan ilk yıllarında kaza sayılarının arttırdığı, ancak işçinin sisteme uyum sürecinden sonra 2000 yılında üretimin geçmiş yıllara nazaran arttığı buna karşılık kaza sayılarında da azalma olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle mekanize sistemin yıllık üretimin artması ve iş kazalarının azalması yönünde yarar sağladığı ve bu sistemde çalışmaya devam edilebileceğini belirtmişlerdir.

2.3.Yeraltı Kömür Madenlerinde Uygulanan Tahkimat Sistemleri

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre bütün yeraltı işlerinde, taş, toprak, kömür, cevher vb. maddelerin kayma ve düşmelerini önlemek üzere, uygun ve yeterli tahkimat yapılması gerekmektedir. Madenin güvenli ve verimli bir şekilde işletilebilmesi için

yeraltı koşulları, kayaçların özellikleri gibi etkenler bilinmeli ve hem uygulanacak yöntemler hem de kullanılacak tahkimatlar bu doğrultuda seçilmelidir.

Jeoteknik veri, kaya kütle ortamlarında kayaç malzemeleri ve süreksizliklerin sayısallaştırılması işlemidir. Yapı malzemesi olarak düşünüldüğünde kaya kütlesi, çelik, ahşap, beton ve benzeri yapı malzemelerinden farklılıklar arz etmektedir. Bu tip malzemelerde dayanım özellikleri belirleyici olurken, kaya kütlelerinde çeşitli sınıflamalar, karakterizasyonlar ve sayısallaştırılmış tecrübeler geçerlidir. Ancak nihai olarak, kaya kütlesi içinde uygunluk ve kalite kriterleri kütlenin dayanım özellikleri tarafından sınırlandırılır (Palmström, 1995).

Bunun yanında kaya kütlesini diğer yapı malzemelerinden ayıran en önemli özellik ve zorluk jeolojik durumların ve jeoteknik parametrelerin belirsizliğidir (Einstein ve Baecher, 1982). Yapı malzemesi olarak kullanılacak olan kaya kütlelerinin dayanım özelliklerinin ve buna bağlı olarak, dayanım üzerinde etkili olan parametrelerin güvenilir bir şekilde tespit edilip yorumlanması son derece büyük önem arz etmektedir. Süreksizliklerin yoğun olduğu bir sistemde stabiliteyi kontrol eden süreksizlik özellikleri olurken, süreksizliklerin az olduğu veya sayılamayacak kadar çok olduğu ortamlarda stabiliteyi kayaç malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri kontrol etmektedir. Jeoteknik veri tabanı oluşturulurken, kayaç malzemelerinin dayanım özellikleri ve süreksizliklerin geometrik ve yapısal unsurları temin edilmelidir. Kayaç malzemelerin dayanım özellikleri genellikle tek eksenli basınç dayanımı veya nokta yük dayanımı ile temsil edilir.

Tahkimat tasarımı üç boyutlu kompleks bileşenlerden oluşan bir çözümleme sürecidir. Bileşenlerin doğru olarak elde edilmesi, uygun analiz teknikleri ile değerlendirilmesi, çözümlerin olası koşullara göre simülasyonlarının üretilmesi tahkimat tasarımlarının başarısı için önemli aşamalardır (Feng ve Hudson 2008). Tahkimat tasarımının özetle en önemli aşamaları, jeoteknik veri elde edilmesi, verinin analitik çözümlerde kullanılması ve tahkimat tasarımlarının yapılması ve tasarımın çıktılarının nümerik yöntemler ile test edilerek yeterliliklerinin araştırılmasıdır.

Jeoteknik veri ve analitik çözüme dayalı tahkimat tasarımlarından sonra saha uygulamalarına geçilir. Maden işletmelerinin derinleşmesi yüksek üretim hedefleri, belirsizliklerin ve bu da hataların artmasına sebebiyet verebilir. Buna engel olmak için yeraltı açıklıklarında kullanılan tahkimat uygulamalarının başarısı denetlenmeli ve bu denetlemeler sonucunda elde edilen verilerden hareket ederek gerekli revizyonlar yapılmalıdır. Tahkimat

uygulamalarının yeterlilikleri ve başarısının denetlenmesi için sahada yapılabilecek gözlem ve ölçümler farklılık arz etmektedir. Öncelikle sahada yapılacak rutin kontrollerle sorunlu bölgeler ve sorunlu imalatlar tespit edilmeli ve bu bölgelerde yenileme uygulamaları yapılmalıdır.

2.3.1. Ağaç Tahkimat

Türkiye'de yeraltı kömür madenlerinde yakın zamanda en fazla kullanılan tahkimat tipi ağaç tahkimatlardır. Ağaç tahkimatların avantajları; hafif olması nedeniyle ocak içinde taşıma ve tahkimat yapımında kolaylık sağlaması, kolay işlenebilir olması, yüksek dayanıma sahip olması, işçiliğinin kolay ve basit olması ve kısa sürede hazırlanabilmesi, kırılmadan önce kıymıklanması, ihbarlı kırılma özelliğine sahip olması, tahkimatın değiştirilmesi ve takviyesi için zaman sağlaması olarak sıralanabilir. Dezavantajları ise mekanik dirençlerinin büyük ölçüde değişim gösterilebilmesi, rutubete karşı duyarlı olması, mekanik özelliklerinin rutubet artışı ile düşmesi, yanabilir bir malzeme olduğundan yangına elverişli ortamlarda kullanımının uygun olmamasıdır.

2.3.2. Çelik Tahkimat

Bir diğer yaygın kullanılan tahkimat çeşidi ise çelik tahkimatlardır. Uzun ömürlü galerilerin ve ayak açıklıklarının çoğu çelik tahkimatlar ile tutulmaktadır. Çelik tahkimatların avantajları ise yük taşıma kapasitelerinin yüksek olması, istenilen şeklin kolaylıkla verilebilmesi, boyutlarının istenilen şekilde imal edilebilmesi, deformasyona uğradıktan sonra birkaç kere düzeltilebilmesi, yapısındaki kusurların diğer malzemelere göre daha az olması, homojen olması ve doğal koşullardan az etkilenmesi olarak sıralanabilir. Olumsuz yönleri ise ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, korozyon etkilerine açık olması, taşınması ve kurulmasının zorluğu ve şekillendirilmesinin genellikle ocak dışında olup özel ekipman gerektirmesidir.

2.3.3. Beton Tahkimat

Beton tahkimat ise genellikle kuyu ve galeri kaplamaları, taban yolu takviyeleri, suni tavan, su ve yangın barajlarında kullanılmaktadır. Beton tahkimatların yangına karşı dirençli olması ve tahkimat için pürüzsüz olması ve havalandırma yük kayıplarının en az şiddette olması nedeniyle tercih edilmektedir

.

2.3.4.Kaya Saplamaları

Tavanın kaya saplaması ile tahkim prensibi, ayrılan tabakaları birbirine bağlamak, tabakaların çökme hareketini önlemek, özellikle deformasyon eğilimi fazla olan zayıf tabakaları daha sağlam tabakalara bağlayarak birlikte çalışmalarını sağlamak esasına dayanır. Mekanik ankrajlı, dolgulu, birleşik (mekanik ankraj + dolgulu) sürtünmeli ve çelik kablolu tipli kaya saplamaları kullanılmaktadır.

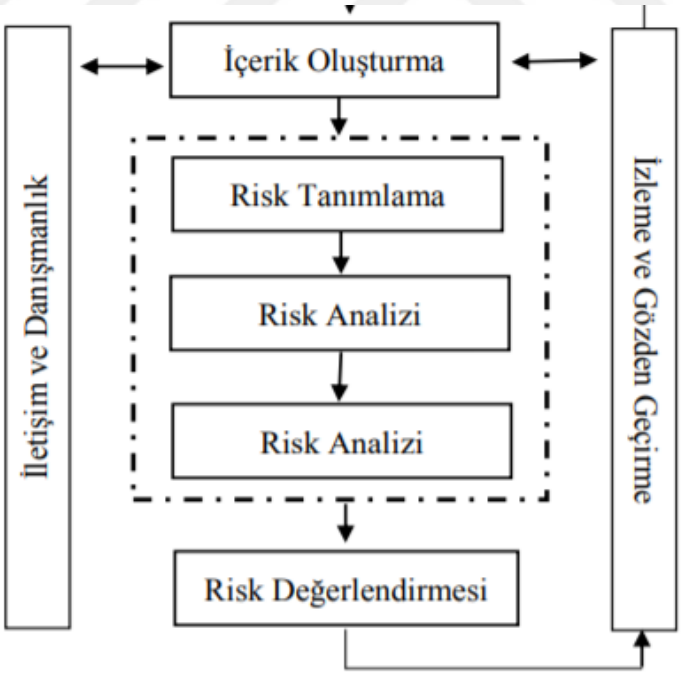
BÖLÜM ÜÇ
MODEL ÇALIŞMA

3.1.Yeraltı Kömür Madenciliğinde Risk Yönetimi

Risk yönetimi, tehlikelerin tanımlanması ve bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilmesi, kontrol tedbirlerinin belirlenmesi, bu kontrol tedbirlerinin etkinliği ve yeni tehlikelere yol açıp açmadığının izlenmesi için gerekli olan yapısal bir sistemdir.

Risk değerlendirmesinin hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Operasyonun, çalışanlar ve çevre açısından, güvenlik ve sağlıklarının hangi derecede sağlandığının kanıtlanabilir biçimde belirlenmesi,
- Güvenlik gereksinimlerine uygunluğunun doğrulanması, teyit edilmesi,
- Herhangi bir hata oluştuğunda, bunun mal, can ve çevreye etkilerinin belirlenmesi,
- Hataların nasıl değerlendirileceğinin belirlenmesi ve bu hataların nasıl kontrol altına alınabileceğinin tespitidir (Özkılıç, 2014).



Şekil 3.1 Risk yönetim süreci (Özkılıç, 2005)

Şekil 3.1 ‘de yer alan risk yönetim sürecinde içerik oluşturulması aşamasında madenin içinde bulunduğu durum, iş sağlığı ve güvenliği yapısı, iç ve dış şartların tanımlanması gereklidir.

Dış şartlar aşağıda verilmektedir;

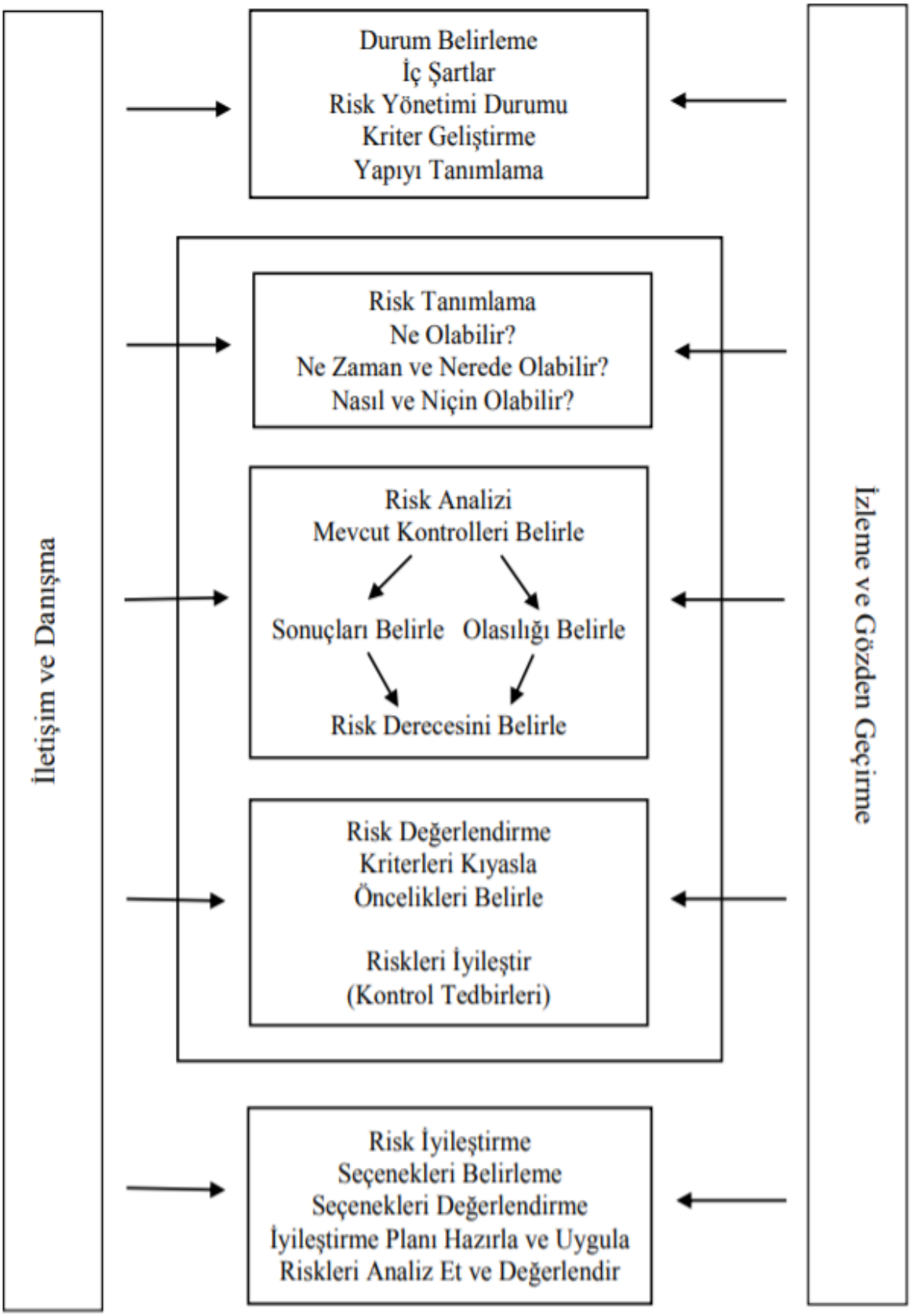
- İşletme, mevzuat, sosyal, kültürel faktörler, rekabet faktörü, mali ve siyasi faktörler ve çevre,
- İşletmenin güçlü ve zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri,
- Dış paydaşlar,
- İşletmeye yön veren başlıca amaçlar.

Risk yönetimin herhangi bir aşamasına geçmeden önce işletmeyi tanımlayan iç şartlar oluşturulması oldukça önemlidir ve iç şartlar aşağıda verilmektedir;

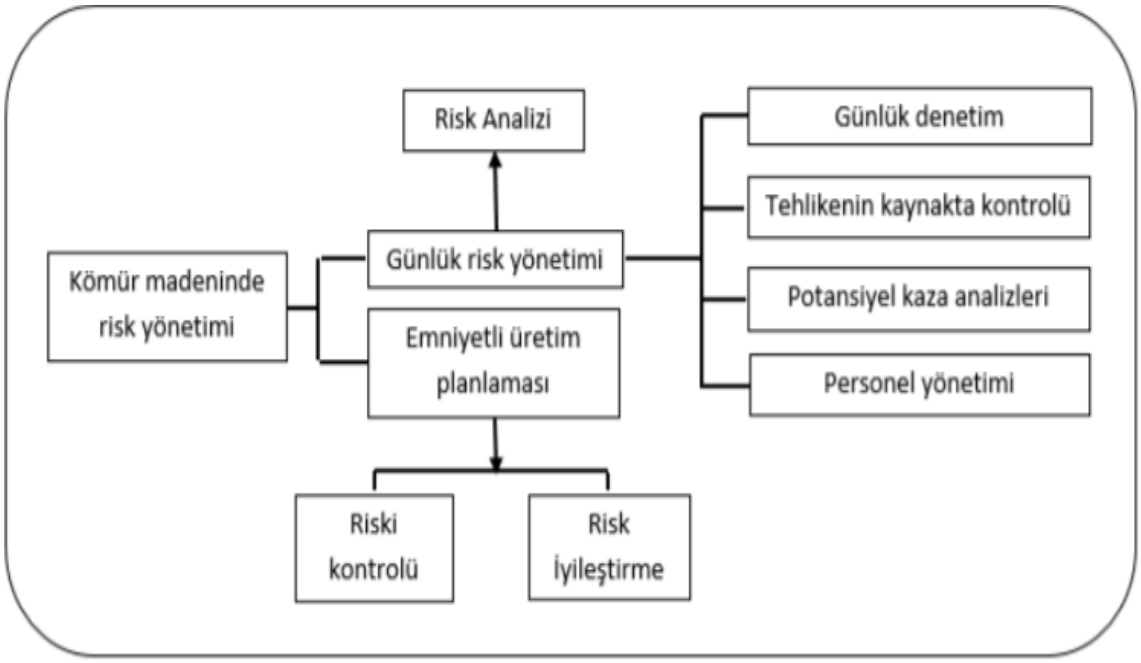
- Kültür,
- İç paydaşlar,
- İşletme yapısı,
- Çalışma yöntemleri,
- Maden işletme yöntemi,
- Kaynak açısından işletme kapasitesi (insan, sistem, süreç vb.),
- Hedef ve amaçlar ve bunları gerçekleştirebilmek için kullanılacak stratejilerdir.

Maden için risk kriterleri ve işletme koşulları ile mevzuat ve standartlar göz önüne alınarak kabul edilebilir risk seviyeleri belirlendikten sonra risk değerlendirme aşamasına geçilir. Ayrıntılı risk yönetim süreci Şekil 3.2'de yer almaktadır. Risk değerlendirmesi aşamasında madende var olabilecek tüm tehlikeler belirlenir, bu tehlikelerin neden olabileceği riskler tanımlanır ve bu risklerin nasıl ve niçin oluştuğu değerlendirilir. Risk analizi sürecinde her bir riskin meydana gelme olasılığı ve olası sonuçlarının şiddeti analiz edilerek riskler derecelendirilir. Derecelendirilen riskler önceliklendirilerek risk kontrol adımları belirlenir. Kontrol tedbirlerinin uygulanmasından sonra risklerin analiz edilme süreci tekrar edilerek riskin kabul edilebilir seviyeye inmesi sağlanır. İzleme, gözden geçirme ve ilgili birimlere bilgi verme risk yönetim sürecinin her adımında kesintisiz olarak devam etmelidir (ILO,2014).

Başarılı bir risk yönetimi ile iş kazaları ve meslek hastalıklarının azalması mümkündür. Sürdürülebilir risk yönetimi, genel sağlık düzeyinde iyileşmeye, verimliliğin ve işyeri imajının artmasına, mevzuatsal yükümlülüklerin yerine getirilmesine olanak sağlar.



Şekil 3.2 Ayrıntılı risk yönetim süreci (Qing-gui, Kai, Ye-jiao, Qi-hua ve Jian, 2012)



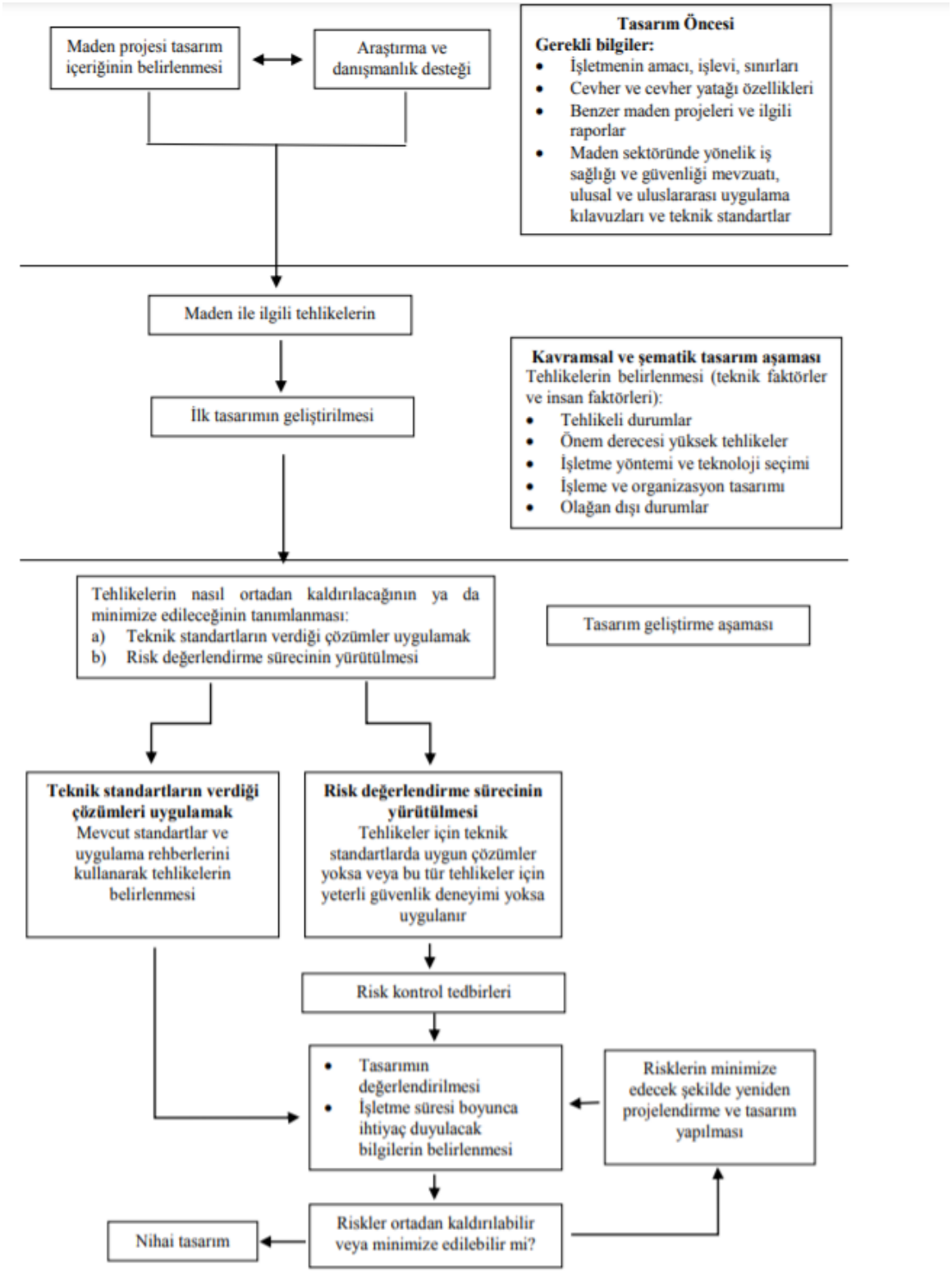
Şekil 3.3 Bir kömür madeninde risk yönetimi sistemi (Qing-gui, Kai, Ye-jiao, Qi-hua ve Jian, 2012)

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin genel amacı yürütülen işi ve üretimin verimliliğini etkileyecek olan iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı önlem almaktır. Madencilik sektörü sürekli değişen çalışma koşulları ile iş sağlığı ve güvenliği açısından yüksek risk içeren sektörler arasında yer almaktadır. Sektörde arama, hazırlık, üretim, nakliye ve cevher hazırlama gibi faaliyetler ayrı ayrı riskler barındırmakta ve bu risklerin önlenememesi sonucu oldukça yüksek sayıda iş kazası ve meslek hastalıkları meydana gelmektedir.

Başarılı bir risk yönetimi proaktif yaklaşımın sistematik uygulanma şeklidir. Risk yönetimin en önemli ayağı risk değerlendirmesidir ve eksiksiz yapılan risk değerlendirme çalışmaları risk yönetimini düzenli olarak besleyerek sistematik ve dinamik yapısını koruyacaktır.

Her sektörde olduğu gibi maden sektöründe de işletmelerde yaşanan kazaların önüne geçilebilmesi için projelendirme ve tasarım aşamasında risk yönetimi sürecinin uygulanması zorunluluğu bulunmalıdır. Şekil 3.4'de tasarım ve risk yönetimi entegrasyonu örneği yer almaktadır. Madende güvenlik sisteminin oluşturulabilmesi için tasarım sürecinin her aşamasında risk tahmini, risk analizi ve risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Tehlike tanımlama ve risk analizi, maden işletme projelerinde risk yönetimi için kapsamlı bir metodoloji sağlar. Güvenli bir maden tasarımı için maden projelendirme aşamasında risk kontrol tedbirleri ve bunların uygulama stratejileri göz önüne alınmalıdır. Bu kapsamda ilk olarak bir tehlikenin olay

ve kazaya neden olma olasılığının azaltılması ikinci olarak olayın şiddetinin azaltılması amaçlanmaktadır (Qing-gui, Kai, Ye-jiao, Qi-hua ve Jian,2012).



Şekil 3.4 Tasarım ve risk yönetimi birleşimine sistematik bir yaklaşım (Qing-gui, Kai, Ye-jiao, Qi- hua ve Jian, 2012)

3.2. Maden tasarımı, Planlaması ve Zamanlaması

3.2.1.Madencilik yöntemleri ve ekipmanları

Yeraltı madenleri için ilk kararlardan biri, "yeniden girişli" veya "girişsiz" durdurma yöntemlerinin kullanılmasıdır. Bunların ortak özelliği, iş gücünün, özellikle geniş cevher kütlelerinde, geniş aralıklardan ve duvarlardan oluşan kaya düşmesi veya çökme tehlikesine maruz kalmasıdır. Bu nedenle bu madencilik yöntemleri, yerel ölçekte zemin kontrolünde yüksek düzeyde çaba gerektirir; bununla birlikte, faydalar genellikle daha iyi cevher tenörü kontrolünü, seyreltmeyi en aza indirmeyi ve geri kazanımı en üst düzeye çıkarmayı içerir (Anonim, 2020).

Girişsiz durdurma yöntemleri arasında, arakat göçertme ve blok göçertme bulunur. Bu madencilik yöntemleri, büyük ölçekli zemin kontrolüne çok daha yüksek düzeyde teknik girdi gerektirir; bunun nedeni, öncelikle durdurmaların veya kazılan alanın büyük boyutları ve zemin stresindeki hızlı ve önemli değişiklikler potansiyelidir.

Girişsiz durdurma sistemleri, yeniden giriş durdurma sistemlerinden ziyade toplu patlatma tekniklerine daha uygundur. Kütle patlatma yoluyla boşluk geometrisindeki büyük, ani değişiklikler, yakındaki maden açıklarında büyük ölçekli zemin hareketlerine neden olarak erişim veya hava püskürtme sorunlarına, cevher seyrelmesine ve çekme noktalarının zarar görmesine neden olabilir (Anonim,2020).

Tersine, arakat ve blok göçertme madencilik yöntemleri kontrollü bir şekilde kapatılabilir veya kapanmayabilir, bu da önemli tehlike ve güvenlik kaygılarına neden olabilir.

Madencilik ekipmanı amaca uygun olmalı ve maden tasarım gerekliliklerini karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Örneğin, Jumbo matkapların, sınırlı çalışma alanları tarafından kısıtlanmadan doğru aralık ve yönlendirmede donatı monte edebilmesi gerekir. Benzer şekilde, patlatmadan sonra açık ocaklardaki meyilli tepelerden gevşek malzemeyi ölçeklemek için kullanılan ekipman, tepelere güvenli bir şekilde erişebilmeli ve gerekli standardı elde edebilmelidir.

Risk yönetimin en önemli süreci risk değerlendirmesinin tüm adımlarının eksiksiz yapılmasıdır. En uygun madencilik yöntemini ve ilgili planları ve zamanlamayı belirlemek için kapsamlı risk değerlendirmeleri kullanılmalıdır.

3.2.2.Sıralama ve Tablolama

Basit bir ifadeyle, açık ocak ve yeraltı maden işletmelerinde sıralama ve çizelgeleme şunları içerir;

- Cevhere güvenli erişim sağlamak,
- Güvenli cevher üretiminin sağlanması,
- Güvenli ve sürdürülebilir maden kapatmanın sağlanması.

Maden alanlarının sıralanması ve programlanması, genellikle yeterli tanıma almayan zemin kontrolünün bir parçasıdır. Uygun olmayan sıralama ve programlama genellikle iki sorundan biriyle sonuçlanır.

- Güvenli olmayan işyeri kurulumları,
- Güvensiz zemin koşulları vb.

İlişkili güvensiz zemin koşullarının örnekleri şunları içerir;

- Elverişsiz maden şekilleri,
- Atık bertarafı için istenmeyen yerler,
- Boşluk geometrisi nedeniyle olumsuz yüksek veya düşük stres seviyeleri (çoğunlukla yer altı madenlerindeki topuklar, dayanaklar ve kalıntılar için geçerlidir.
- Hızlı yanal ilerleme veya derinlik artışı nedeniyle olumsuz stres seviyeleri; yüksek boşluk basınçlarının gelişebileceği yeraltı suyu seviyesinin altındaki yumuşak zemindeki madenler gibi.

Yüksek gerilimli ortamlarda patlatma deliğinin kapanması gibi sorunlar da yetersiz sıralama ve programlamadan kaynaklı sorunları beraberinde getirir.

Sağlam maden planlama stratejilerinin uygulanmasıyla bu tür tehlikelerden kolayca kaçınılır.

Kısa ve uzun vadeli boşluklarla ilişkili jeoteknik kontroller önemli ölçüde değişebilir. Bu nedenle, maden ömrü boyunca çeşitli zaman dilimleri için ilgili olduğu durumlarda (örneğin ocak rampası veya eğim tasarımları ve konumu, zemin desteği ve takviyesi gerektiren alanlar) için madencilik programları geliştirilmelidir.

Ek olarak, madenler çeşitli boşluk tiplerine sahip olabilir (örneğin yer altı maden atölyeleri ve insanların, havanın, cevherin ve atık kayaların hareketi için erişim yolları).

Madenin toplam ömrü için proje geliştirme ve üretim genel bir bakış açısıyla bir sunum ömrü üretim programı da mevcut olmalıdır. Bu program, örneğin, kalıcı ve geri kazanılabilir topukların oluşumunu vurgulamalı, topuk kurtarma dizileri önermeli, erişim gereksinimleri ve kalıcı olmayan topukların geri kazanılması için olası madencilik yöntemleri önermelidir. (Anonim, 2020).

Maden yerleşimi ve destek sistemi denemeleri, geçerli kaya kütlesi ve stres koşulları için önerilen bir tasarım stratejisinin uygunluğuna ilişkin kanıt toplamak için etkili bir yol olabilir.

3.2.3. Tasarım Yöntemleri

Maden operatörlerinin etkili zemin kontrolünü sürdürmelerine yardımcı olacak çok sayıda tasarım aracı ve yöntemi mevcuttur. Bu tasarım yöntemleri, genellikle, aşağıda açıklananlar gibi, benzer tasarım türlerine veya tasarım mekanizmalarına bölünmüştür.

Güvenli maden tasarımı, herhangi bir özel tasarım yönteminin kullanımıyla ilgili sınırlamaların ve yöntemin uygulanabileceği koşulların iyi anlaşılmasını gerektirir.

Jeoteknik altyapının tasarımı için uygun analiz düzeyini belirlemek için önemli mühendislik kararları ve madencilik deneyimi gereklidir.

Ayrıca, bazı tasarım yöntemleri, ilk planlama ve madenciliğin erken aşamaları için diğerlerinden daha uygundur. Tasarım kesinliği seviyesi, bir madendeki tehlikelerle orantılı olarak zamanla gelişmelidir.

3.2.3.1.Ampirik Yöntemler ve Temel Kurallar

Bu yöntemler, belirli bir zemin koşullarında madencilik deneyiminin maden tasarım sürecine dahil edilmesini sağlar. Madencilik ve tünel açma için deneysel yöntemler, maden boşluğu geometrisini beklenen zemin koşullarıyla ilişkilendirmek için genellikle kaya kütlesi sınıflandırma yöntemlerini veya bunun değiştirilmiş bir versiyonunu kullanır. Örnekler arasında tünel açma endeksi, MRMR, hidrolik yarıçap (HR) ile ilgili kömür madeni tavan indeksi ve açıklık ve yer desteği sayılabilir. Temel kurallar (topuk genişliği-yükseklik oranları veya kaya bulonu uzunluğu gibi) tamamen deneyime dayalıdır (Colwell ve Frith, 2009).

Bu yöntemler, esas olarak ortalama bir süreç oldukları için birçok sınırlaması vardır. Örneğin, kaya kütlesinin doğasında var olan değişkenlik, onu bir dizi keyfi tablo numarasına uygun hale getirme ihtiyacıyla gizlenebilir.

Bu yöntemler kullanılarak elde edilen güvenli tasarımların, maden geometrisi gibi girdi verilerinin daha karmaşık olduğu ve sürekli kullanım için düzenli ve titiz performans izleme stratejileri gerektirdiği daha rafine tasarım yöntemleriyle çapraz kontrol edilmesi gerekebilir.

Bu sınırlamalara rağmen, deneysel tasarım yöntemleri, özellikle maden ömrünün başlarında faydalı bir araç olabilir.

3.2.3.2.Kinematik, Analitik, Deterministik veya Olasılıksal Yöntemler

Bu yöntemler en iyi şekilde maden içi ölçümden, laboratuvar testlerinden veya mevcut arızların geriye dönük analizden elde edilen (ve zemin kontrol yönetim planının jeolojik veya yapısal bölümünde kaydedilen) jeoteknik parametrelerle birlikte kullanılır. Bu yöntemlerde bulunan araçlara örnek olarak kiriş teorisi, voussoir kemeri ve Janbu dilim yöntemi dahildir (Anonim, 2020).

Bu yöntemler, yakındaki maden boşlukları ve değişken jeoloji gibi diğer faktörlerin zemin performansını etkileyebileceği durumlarda hataya eğilimlidir. Ancak, belirli konumlardaki madencilik seçeneklerinin basit bir şekilde değerlendirilmesi için nispeten hızlı ve kullanımı kolaydır.

Bu yöntemlerle elde edilen güvenli tasarımlar, sahaya özel verilen düzenli olarak haritalanmasıyla doğrulanmalı ve madenin ömrü boyunca düzenli performans izleme stratejileri gerektirmelidir.

3.2.3.3.Sayısal Modelleme Kodları

İki veya üç boyutlu olarak sayısal gerilme analizi veya blok davranışı yöntemleri, yakındaki maden boşluklarının etkileşimi ve jeolojik varyasyonun ampirik tasarım yöntemlerine göre çok daha ayrıntılı olarak ele alınmasına izin verebilir. Sayısal yöntemlerin kullanımı genellikle, geliştirme açıklıklarının, açık ocak duvarlarının, dayanakların ve topukların geometrisi ve sıralaması, yerinde gerilmeler, zemin kütlesinin mühendislik özellikleri ve jeolojik yapının

konumu ve oryantasyonu dahil olmak üzere önemli ölçüde daha fazla girdi verisi gerektirir (Mark,1990).

Her biri benzersiz güçlü ve zayıf yönleri olan çok sayıda farklı sayısal modelleme kodu ve programı mevcuttur. Sayısal bir stres analizi yönteminin zayıf yönleri, stres ölçümleri ve sınırlamaları bilinmeden kullanılması sorunlu olabilir.

Bu modelleme kodlarıyla ilişkili sorun örnekleri şunları içermektedir;

- Kalibrasyon eksikliği,
- Temsili girdi verilerinin eksikliği ve çıktıya aşırı güven,
- Kaya yenilmesi, genleşme veya büyük ölçekli şekil değiştirmeyi içeren maden tasarım problemleri için basit elastik şekil değiştirme yöntemlerinin kullanımı,
- Analiz edilmekte olan gerçek maden geometrisinin yetersiz temsili (örneğin karmaşık 3D geometrisinin 2D enine kesitle yetersiz şekilde yaklaştırılması,
- Kodların gerçek jeolojik ve yer kütlesi koşullarının doğasında var olan değişkenliği temsil etmedeki yetersizliği,
- Sonuçları gerçek yeraltı veya açık ocak gözlemleri bağlamında doğru yorumlayabilecek yetersiz deneyime sahip modelleyiciler.

Sayısal modelleme ile ilgili potansiyel sorunları kabul ederken, bu tasarım yöntemlerinin önemli bir yararı, çeşitli madencilik stratejilerini karşılaştırmak için kullanılmalarıdır.

3.2.3.4.Fiziksel Modelleme

Madenin tamamının veya bir bölümünün ölçekli modelleri, çeşitli madencilik stratejileri için potansiyel zemin davranışını değerlendirmek üzere oluşturulur. Modeller, ilgili tüm parametrelerin (örneğin maden boşluğu boyutları, derinlik veya yükleme koşulları, mühendislik özellikleri) orantılı olarak ölçeklendirileceği (örneğin boyutsuz Buckingham Pi teorisi kullanılarak) yapılandırılmıştır (Salamon, Galvin ve Hocking ,1996).

Bu modeller tipik olarak madencilik önerisi olmadığında tek kullanımlık projelere veya bir teoriyi test etmek için (örneğin, zayıf tortullarda madencilik çökmesi) uygulanır. Bu tasarım yönteminin sürekli kullanımı genellikle sınırlıdır veya hiç yoktur.

3.3.Tasarım Kabul Kriterleri ve Tasarım Etkinlikleri

Madenin her alanında belirsizlik seviyesini ve algılanan riskleri yansıtan çeşitli madencilik uygulamaları için tasarım kabul kriterleri benimsenmelidir. Örneğin, madenlerde daha riskten kaçınan bir planlama ve tasarım stratejilerinin benimsenmesi gerekir.

- Sınırlı jeoteknik bilgi (istatistiksel olarak temsili değil)
- Zemin kontrol yönetimi konusunda sınırlı bilgi
- Zemin hareketlerini uygun şekilde yönetmek için sınırlı yetenek (finansal veya başka türlü)
- Birçok personele zarar verebilecek ani zemin düşme potansiyeli
- Önemli ölçüde değişken zemin veya maden koşulları
- Yakınlarda önemli jeoteknik veya diğer altyapı (madenle ilgili veya kamuya açık) oldukça önemlidir.

Herhangi bir tasarımdaki muhafazakarlık seviyesini ölçmek için kullanılan ortak kriterler arasında güvenlik faktörü yer alır. (FOS) ve arıza olasılığı (POF). Tablo 3.1, FOS tasarım kabul kriterleri için bir yaklaşım örneği sunmaktadır (Salamon, Galvin ve Hocking ,1996).

Her bir jeoteknik tasarım kriteri, farklı şekillerde, bir tür tasarım olayına (örneğin sel, deprem) dayanır. Diğer tasarım olayı değerlendirme biçimleri, belirli tasarım yöntemleri için en kötü durum, ortalama veya medyan mühendislik özelliklerinin veya potansiyel blok veya kama boyutunun kullanılmasıdır.

Güvenli maden tasarımı için gerçek zemin koşullarını temsil etmeyen varsayılan değişkenlerin kullanılmasının potansiyel olumsuz etkisi önemli olabilir. İdeal olarak hem kullanılan tasarım varsayımları hem de kullanılan çeşitli jeoteknik tasarım yöntemleri için "belirsizliğin" etkisini belirlemek için duyarlılık analizleri yapılmalıdır.

En uygun tasarım olaylarının seçilmesi tehlikenin, potansiyel sonuçların ve ilgili risklerin değerlendirilmesini içerir.

Tablo 3.1 FOS ile tasarım kriteri oluşturma örneği (Read, J. and Stacey, 2009)

Yenilmenin sonucu	Tasarım (FOS)	Jeoteknik altyapı örnekleri
Ciddi değil	İlgili değil	Beklenen tüm potansiyel arızaların muhafaza yapıları içinde tutabileceği zemin
Orta derecede ciddi	1, 2	Güvenli işletim prosedürlerinin iyi takip edilmemesi durumunda, iş gücüyle etkileşim için bir miktar potansiyele sahip olan zemin
Ciddi veya uzun vadeli	1, 5	Büyük maden altyapısını taşıyan (örneğin ana rampa veya işyerlerinde büyük ölçekli arıza potansiyeli olan zemin
Aşırı ciddi veya uzun vadeli	2, 0	Maden kapatıldıktan sonra kamu altyapısını veya diğer kişilerin sahip olduğu araziyi etkileyebilecek büyük ölçekli arızalı zemin

Tasarım kabul kriterleri, tasarım olay kriterleri ve risk değerlendirmesi ayrıca aşağıdakilerden kaynaklanan etkileri de dikkate almalıdır.

- Maden işletmesinin ömrü boyunca değişen zemin koşulları
- Tasarımı etkileyen faktörler için yapılan varsayımlar,

Patlama veya sismik titreşimler nedeniyle kaya kütlesinin gevşemesi,

- Hava veya suya maruz kaldığında bazı kayaların özelliklerinin zamanla değişmesi (örneğin, ayrışma, boşluk suyu basıncı değişimleri),
- Statik yük altında kaya kütlesinin zamana bağlı değişken davranışı,
- Kazı kalitesi ve boşluk geometrisindeki ani değişiklikler (örneğin, zayıf patlatma),
- Gerilme durumunda iken lokalize varyasyon (örneğin, yeraltı boşluklarında, dayanaklarda ve topuklarda stres azalması veya artış).

Herhangi bir tasarım yöntemini, stratejisini ve tasarım kabul kriterlerini benimsemenin temeli, resmi olarak gerekçelendirilmeli ve zemin kontrol yönetim planında belgelenmelidir. Bu gerekçelendirme için yapılan varsayımlar da zemin kontrol yönetim planına dahil edilmelidir. Tersine, mühendislik özelliği testi için kullanılan zemin örnekleri, çıkarılacak tüm

jeoteknik malzemeleri temsil etmiyorsa (örneğin yalnızca geri kazanılan en iyi sondaj çekirdeği test edilir), maden tasarım kriterleri için daha yüksek güvenlik faktörleri benimsenmelidir.

Bir madende kullanılan uygulamaların resmi inceleme süreçleriyle doğrulanması ve onaylanması gerekir.

3.4. Maden Kapatma

Madenlerin yasal olarak kapatılabilmesi için Bakanlık, uzun vadeli çevresel performansın ve kamu güvenliğinin dikkate alınmasını ve uygun şekilde yönetilmesini şart koşar.

Madenciliğin son aşamalarında, jeoteknik tasarım, bir madenin kapatılması ve rehabilitasyonu ile ilgili uzun vadeli konuların yeterince kontrol edilebileceğini göstermek için yeterli veriye sahip olmalıdır. Önemli kamu veya maden altyapısının altında bulunan madenler, uzun vadeli istikrar için daha ayrıntılı tasarım kabul kriterleri gerektirecektir.

3.5. Güvenli Tasarım Uygulanması ve İncelenmesi

Güvenli maden planlaması ve tasarımlarının gerekli standartlar ve toleranslar dahilinde uygulanabilmesini sağlamak için alınacak önlemlerin ayrıntıları resmi olarak belgelendirilmelidir. Belgeler güvenli çalışma prosedürlerini, orijinal ekipman üreticisinin gerekliliklerini ve çalışma talimatı kılavuzlarını içermeli ve zemin kontrol yönetim planında içermelidir (Mark ,1990).

Maden işletmecisi, maden tasarımında hiçbir şartın kaçırılmadığını doğrulamak için bir doğrulama incelemesi yapmalıdır. Örneğin, tüm tasarım girdileri (örn. şartnameler, mevzuat ve endüstri düzenlemeleri, endüstri deneyimi ve madenin düzgün çalışması için gerekli diğer faktörler) tasarım çıktılarıyla karşılaştırılır (örn. tasarım kriterleri, çizimler ve montaj, kurulum ve izleme talimatları).

İnceleme, tasarım sürecinin tasarım amacını karşılamadığı alanları belirlerse, tasarım sürecinin değiştirilmesi ve bu değişikliklerin zemin kontrol yönetim planına yansıtılması gerekir. Maden işletmesi, daha sonra, inşa edildiği şekliyle jeoteknik yapının madenin ömrü için gereksinimlere göre ve eğer uygunsa, kapatıldıktan sonra işlev görmesini sağlamaya yardımcı olmak için pratik bir doğrulama incelemesi yapmalıdır.

Doğrulama gözden geçirme süreci, başarıların yanı sıra başarısızlıklardan öğrenilenleri de içermelidir. İzleme, teftiş ve denetimlerin (iç veya dış denetimler) sonuçları, gözden geçirme sürecinin bir parçasını oluşturur. Düzenli olarak (örneğin genel denetimin bir parçası olarak) ve önemli, planlanmamış bir olaydan sonra incelemeler yapılmalıdır.

Doğrulama için dikkate alınması gereken hususlar üç tipte sınıflandırılabilir.

Jeoteknik model: Örneğin, tüm jeoteknik varsayımları doğrulamak için maruz kalan yüzeylerin jeolojik ve jeoteknik haritasını çıkarmak, ek sondaj, kayıt, test yapmak. Zemin kütlesi özelliklerini ve davranışını daha iyi tanımlamak için yenilme olaylarının ve zemin performansı gözlemlerinin geriye dönük analizleri de yapmak.

Maden planlama ve tasarım süreçleri: Maden sahasının incelenmesi, jeolojik, jeoteknik ve hidrolojik özelliklerinin analizini yapmak. Madenin ekonomik potansiyelini değerlendirmek, çevresel etkileri incelemek. Madenin açılması ve işletilmesi için teknik planlar hazırlamak, maden ocağının şeklini ve boyutlarını belirlemek, ekipman seçimi yapmak. Madenin çevresel etkilerini değerlendirmek ve gerekli önlemler almak. Maden işletmesi için gerekli izinleri almak. Sismik koşullar için potansiyeli en aza indirirken tasarlanan şev konfigürasyonlarına ulaşma kapasitesinin izlenmesi; susuzlaştırma ve basınçsızlaştırma tasarımlarının etkinliğini ölçmek.

Genel operasyonel sorunlar: Örneğin meyilli tepelerin geliştirme tahriklerinin aşırı kırılma derecesi gibi patlatma hasarını izlemek; kazılan maden boşluklarının, meyilli yüzey açısının ve sedde genişliğinin ölçülmesi; zemin desteği ve takviye kurulumunun verimliliği ve etkinliği; eğitim ve yeterlilik.

Asgari olarak, maden operatörünün, zemin kontrolüyle ilgili olanlar da dahil olmak üzere potansiyel güvenlik sorunlarını değerlendirmek için her vardiya başlamadan önce görsel işyeri güvenlik incelemeleri yapması gerekir. Ancak, denetimlerin sıklığının ve niteliğinin, her bir lokasyondaki madencilik oranı ve olası tehlikeli sonuçlar için uygun olması beklenmektedir. Örneğin, görsel performans izleme, zamanında düzeltici eylemi mümkün kılmak için yakın olan güvenli olmayan zemin hareketlerine ilişkin yeterli ön uyarıyı sağlamayacağından, zemin hareketinin tüm türleri ve mekanizmaları için genellikle yeterli değildir. Başlangıç noktası olarak, düzenli olarak kaydedilen görsel gözlemlerle birleştirilmiş basit, sağlam izleme sistemi çoğu maden için uygun kabul edilir.

Performans izleme sistemini tasarlarken, yetkin bir kişi, izleme yöntemlerindeki (örneğin güç kaynağı, kaya patlamalarına, kaya fırlamalarına maruz kalma ve personelin yetkinliği)tüm sınırlamaları dikkate almalıdır (Colwell ve Frith, 2009).

Operasyonel olarak, performans izlemenin önemli amacı, istisnai zemin kütlesi davranışındaki aşağıdakileri sağlayan değişiklikleri belirlemektir.

- Gerekirse personelin geri çekilmesi de dahil olmak üzere acil müdahale gerektirir,
- Mevcut zemin kontrol yönetimi stratejileri değiştirilmezse tehlikeli madencilik ortamlarının gelişebileceği gösterir.

Her iki senaryoda da düzeltici eylemlerin zamanlamasını ve türünü (örneğin maden planı ve tasarımındaki değişiklik) belirlemek madenin değişim yönetimi politikalarıyla uyumlu olmalıdır.

Zemin hareketine yönelik izleme stratejileri ve operasyonel tepkiler, sahadaki değişim ve tehlike yönetimi süreçlerine uygun olarak belirlenmelidir. Uygun ve zamanında önlemlerin alınmasını sağlamak için tetikleyici eylem müdahale planları geliştirilmelidir.

Tetikleyici eylem müdahale planları şunları içermelidir;

- Net bir amacı olmalıdır,
- İlgili tüm tehlikeli zemin hareketlerinden kaynaklanan tüm olası sonuçları ele almalıdır,
- Açıkça tanımlanmış performans izleme stratejileri, tetikleyiciler ve alınacak önlemler ile anlaşılması kolay olmalıdır,
- Saha acil durum eylem planları için benimsenen felsefelerle uyumlu olmalıdır,
- Tüm personel için açık rol ve sorumluluklara sahip olmalıdır,
- Yürütülebilir olmalı ve ilgili personel tarafından erişebilir olmalıdır,
- Doğrudan ve dolaylı olarak kendileriyle ilişkili personel için uygun eğitim ve bilinçlendirme programlarına sahip olmalıdır.

Önceki üretim programlarının ve madencilik geçmişinin gözden geçirilmesi, belirli jeoteknik problemlerin neden gelişmiş olabileceği ve tasarım sürecinin iyileştirilip iyileştirilmeyeceği konusunda değerli bilgiler sağlayabilir.

3.6. Tehlikeli veya Potansiyel Olarak Dengesiz Tabaka Yönetimi

3.6.1.Duraylı Olmayan Zemin

Jeoteknik modeller, tasarım yöntemleri ve tasarım uygulanmasındaki (örn. zemin güçlendirilmesi) içindeki içsel belirsizlikler nedeniyle tüm madende plansız zemin hareketleri beklenmelidir (Buddery, Morton, Scot ve Owen,2018).

Sonuç olarak, madenin, personelin çalışması veya içinden geçmesi beklenen tüm alanlarının, potansiyel tehlikeli zemin hareketleri için düzenli olarak denetlenmesi gerekir. Gevşek kaya veya zemin hareketi tanımlanmış tolerans sınırlarını aştığında, bu yerleri güvenli bir şekilde düzeltmek için resmileştirilmiş yönetim faaliyetlerinin geliştirilmesi gerekir.

Maden işçileri için tehlike oluşturan gevşek kaya için yönetim stratejilerine ilişkin bazı hususları içerir;

- Etkilenen bölgeye erişim sağlamak için gereken tehlike kontrol önlemlerini değerlendirmek üzere bir risk değerlendirmesi yapılması,
- Etkilenen bölgeye erişim sağlamak için gereken tehlike kontrol önlemlerini değerlendirmek üzere bir risk değerlendirmesi yapılması,
- Maden tasarımındaki değişiklikleri içerebilecek bölgeyi güvenli hale getirmek için iyileştirici önlemler alınmasıdır.

Daha sonra düzeltici önlemlerin planlanması, tasarlanması ve uygulanması için destek stratejileri belirlenmeli ve dikkate alınmalıdır (nedensel faktörler anlaşılamazsa, uygulanan düzeltici önlemler benzer olayların tekrarlanmasını önlemek için yeterli olmayabilir).

Ölçeklendirme eylemi nispeten basit olsa da aşağıdakiler için güvenli çalışma prosedürlerine dikkat edilmelidir:

- Zemin koşullarının belirlenmesi,
- Manuel ölçekleme,
- Mekanize ölçekleme,
- Büyük potansiyel olarak kararsız blokların ölçeklenmesi,
- Yüksek veya erişilmesi zor alanlarda ölçekleme.

Bazı durumlarda, ilgili kaya hacmi veya hareket türü, ayrıntılı araştırma, güvenli maden tasarım sürecinin yeniden değerlendirilmesi ve zemin kontrol yönetim planının değiştirilmesi gerektirecek kadar önemlidir. Bu nitelikteki olaylar vaka bazında değerlendirilmelidir.

Büyük hacimlerde gevşek kaya oluştuğunda, acil eylem, bir güvenlik veya yakalama bendi kullanarak bölgeyi yanlışlıkla erişimden korumak olmalıdır.

3.6.2. Yeraltı Faaliyetleri Kaynaklı Tehlikeler

Yeraltı çalışmaları yoluyla madencilik (yüzey veya yeraltı operasyonları ile), maden tasarımında dikkate alınması gereken bir takım potansiyel tehlikeler sunar. Maden planlaması ile ilgili araştırılacak jeoteknik konulara örnek olarak şunlar verilebilir (Anonim, 2020).

- Mevcut yeraltı kazılarının yeri ve kapsamının belirlenmesi (örneğin sondalı sondaj veya uzaktan algılama uygulamaları ile), yeraltı maden boşluklarının durumunun (örneğin dolu veya kısmen çökmüş olup olmadığını), ve açık ocağın tabanında karşılaşan yeraltı boşlukları ile yeraltı çalışmalarının mevcut maden planlarında gösterilenler arasındaki farklılıklar.
- Sondaj deliklerinin konumunu, aralığını, derinliğini, yönünü, açısını ve sayısını kaydeden ve sondaj sırasında yorumlanan zemin koşullarını kaydeden doğru araştırma planları oluşturmak. Madencilik işlemi sırasında boşlukların kaldırdığı veya doldurduğu yerleri belirtmek de önemlidir.
- Personelin ve madencilik ekipmanlarının madencilik faaliyetleri sırasında güvenli bir şekilde geçiş yapabilmesi için işletmelerin sürekli stabilitesi için açık aktif işletmeler ile yeraltı işletmeleri arasında bırakılan "bozulmamış" zeminin güvenli kalınlığının belirlenmesidir.
- Üretim gereksinimlerine uygun yeraltı boşluklarının yakınında ve içinden madencilik için bir dizi çalışma prosedürü oluşturulması. Ele alınacak konular arasında personel ve ekipman erişimi; patlatma stratejileri, dolgu, dolgu ve barikat prosedürleri ve genel raporlama prosedürleri (özellikle yeni dengesiz zemin tespit edildiğinde) yer alır.

Bu konuların her birini ele alan güvenli çalışma prosedürlerinin her maden sahasındaki risklere uygun olmasını ve titizlikle uygulanmasını sağlamak maden yönetiminin sorumluluğundadır. Bu prosedürlerin uygulanması zemin kontrol yönetim planına dahil edilmelidir.

3.7. İletişim Eğitim ve Denetim

3.7.1. İletişim ve Danışma Süreci

Maden işletmecisi ile bir madende etkin zemin kontrolünün sağlanmasından sorumlu tüm personel arasında resmi iletişim ve danışma süreçleri oluşturulmalıdır. Aşağıdaki durumlarda zemin hareketi tehlikelerine maruz kalma potansiyeli önemli ölçüde artar:

- İşletmelerde zemin kontrol tehlikeleri genel iş akışı açısından meydana gelen,
- Zemin koşulları ve zemin kontrol gereksinimleri iyi anlaşılması ve kontroller iyi tasarlanmaması durumunda,
- Zemin kontrol önlemleri ve tasarımları (örn. patlatma ve güçlendirme tasarımları) uygun şekilde uygulanmaması durumunda,
- Jeoteknik bilgi tabanı ve zemin kontrol yönetim planı güncel tutulmaması durumunda

Tabaka kontrolü ile ilgili iletişim stratejisi, aşağıdaki gibi bilgi ve talimatların sağlanmasını içermelidir:

- Maden tasarım ve planlama protokolleri,
- İş güvenliği veya tehlike analizleri gibi risk değerlendirme araçlarının kullanımı,
- Standart işletim prosedürler ve güvenli çalışma prosedürleri gibi politikalar, prosedürler ve standartlar,
- Zemin desteği kurulumu ve zemin izleme için gereksinimler ve özellikler (örneğin enstrümantasyon, görsel ve işitsel gözlemler),
- Yürürlükteki mevzuat, Avustralya ve endüstri standartları ve diğer rehberlik materyalleri,
- Acil müdahale planı.

İletişim süreci şunları içerir;

- Etkili zemin kontrolü ile ilgili tüm bilgileri zemin kontrol yönetim planı gibi kolay erişilebilen belgelere dahil etmek
- Yaygın olarak erişilen duyuru panolarında okunması kolay formatlarda tehlike haritaları ve izleme verileri sağlamak

- Tasarım, uygulama ve değerlendirme süreçlerinde yer alan tüm kişiler için yeterli eğitimin verilmesi
- Yeterli denetimin uygulanması.

Kapsamlı bir zemin kontrol yönetim planı, maden planlama ve tasarımından sorumlu kişilerin, zemin kontrolü üzerinde etkisi olan veya etkisiz veya yetersiz zemin kontrolünden etkilenebilecek her bir kişiye yeterli ve zamanında bilgi sağlamasına olanak tanır (Colwell ve Frith,2009).

İdeal olarak, iletişim ve danışma süreçleri, madenleri planlarken ve tasarlarken kullanılan herhangi bir uygulama veya bilginin iyi tarafının yanı sıra olumsuz taraflarını da tanımalı ve ele almalıdır. İlgili tüm uygulamaların, tasarım yöntemlerinin, ekipmanın, teknolojinin ve bilgi veya verilerin sınırlanmalarının açık tartışması, sağlam jeoteknik mühendisliği uygulamasının merkezinde yer alır. Zemin kontrolü konusunda bilgi ve deneyime sahip olanlar, meslektaşlarını veya müşterilerini tercih edilen herhangi bir hareket tarzının doğal güçlü ve zayıf yönleri hakkında objektif ve tarafsız bir şekilde bilgilendirmeye özen göstermekle sorumludur. Benzer şekilde, maden işletmecileri de bu bilginin uygulanmasına ilişkin zamanında, dengeli ve belgelenmiş kararlar almalı ve bu kararların ilgili kişilere derhal iletilmesini ve gelecekte referans olması için resmi olarak belgelenmesini sağlamalıdır.

3.7.2. Jeoteknik Tehlike Haritaları

Bir tehlike haritası, maden işçilerine madendeki mevcut jeoteknik tehlikeler hakkında görsel olarak bilgi iletmek için kullanılan bir araçtır.

Jeoteknik tehlike haritalarının oluşturulması düzenli olarak güncellenmesi ve aşağıdakilere yardımcı olması için kullanılması önerilir:

- İşyeri teftişlerinin geliştirilmesi ve programlanması,
- İşgücü tarafından dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gereken alanları vurgulamak,
- Sorumlu kişiler tarafından alınacak önlemlerin belirlenmesi

Zemin kontrol yönetim planı, bir madendeki iletişim, eğitim ve denetim gereksinimlerinin belirlenmesine ve yönetilmesine yardımcı olacak şekilde yapılandırılmalıdır.

3.7.3. Olay Raporlama

Olay raporlama protokolleri, bir madenin süregelen güvenli tasarımından ve işletilmesinden sorumlu olanlara yeterli bilginin zamanında transferini sağlamalıdır. Olay raporları (örneğin tetikleyici olaylardan sonra) ve araştırmaların sonuçları tasarımcılara ve işçilere benzer şekilde iletilmelidir.

Maden işletmecileri istenmeyen olayın niteliği, madencilik faaliyetleri üzerindeki doğrudan ve potansiyel etkisi ve tekrarını önlemek için alınması gereken önlemler hakkında bilgileri kayıt altına almamaları gerekmektedir.

3.7.4. Yetkinliğin Değerlendirilmesi

Tüm personel, faaliyetlerinin madendeki zemin kontrolü üzerindeki etkisinin farkında olmalıdır. Zemin kontrol tehlikelerine maruz kalabilecek işçiler, tehlikeli zemin koşullarını tanımlayabilmeli ve bunlara uygun şekilde tepki verebilmelidir.

Personel, kendilerine verilen görevlerde yetkin olmalıdır. Bu, görevi güvenli ve doğru bir şekilde yerine getirmek için gerekli bilgi ve becerilere sahip oldukları anlamına gelir. Yetkinlik, eğitim ve tecrübe ile kazanılır. Verilen zemin kontrol eğitimi, denetimi ve mentorluk düzeyi belirlenen rol ve sorumluluklara uygun olmalıdır. Yeterliliğin değerlendirilmesi kanıta dayalı olmalıdır. Eğitim sistemleri, tehlikeli zemin hareketlerine potansiyel maruz kalma düzeyini ve üstlenilen görevlerin karmaşıklığını göz önünde bulundurmalıdır. Eğitim aşağıdaki maddelerden oluşur;

- Zemin kontrol tehlikelerinin belirlenmesi,
- Zemin kontrol risk yönetim süreci,
- Göreve özgü güvenli çalışma yöntemleri de dahil olmak üzere güvenli çalışma sistemi.

Risk profilini değiştirilebilecek iş sistemleri değiştiğinde veya yeni çalışma sistemleri başlatıldığında (örneğin zemin koşullarındaki bir değişikliğin sonucu olarak) veya tesis ve ekipman tanıtıldığında, personel yeniden eğitilmeli ve yetkinlikleri yeniden değerlendirilmelidir.

Maden işletmecisi, işçilerin işleriyle ilgili zemin kontrol sorunlarından haberdar olmalarını sağlamak için eğitim sistemleri geliştirmeli, uygulamalı ve sürdürmelidir, örneğin:

- Potansiyel olarak güvenli olmayan zeminin belirlenmesi,
- Zemin kazı uygulamaları (örneğin delme ve patlama, serbest kazı, hidrolik, tarama) ve kalite kontrolü,
- Zemin destek ve takviye montajı ve kalite kontrol,
- Belirli jeoteknik tehlikelerin yakınında çalışırken riske dayalı çalışma uygulamaları (örneğin, dolgu, stoklar ve atık yer şekilleri),
- Duraysız malzeme için yönetim uygulamaları
- Raporlama sorumlulukları.

Aşağıdaki hususların personeller için özel eğitim ihtiyaçları göz önünde bulundurulması gerekir:

- Maden planlayıcıları ve tasarımcıları,
- Jeolojik ve jeoteknik personel,
- Bilirkişiler,
- Delme ve patlatma ekipleri,
- Mobil tesis operatörleri,
- Servis ekipleri,
- Denetçiler.

Eğitim sistemleri, işçilerin çeşitli zemin hareketi biçimlerine veya maden boşluklarının üzerindeki yükseklikten düşmelere maruz kalma düzeyine göre oluşturulmalıdır.

Eğitim programları, personelin süreci kolayca takip edebilmesi ve saha yetkinliğini koruyabilmesi ve ayrıca tüm maden personeli için yetkinliğin sürekli olarak yetkinlik değerlendirmesine izin verebilmesi için oluşturulmalıdır.

Zemin kontrolü ve yetkinlik değerlendirmesi eğitimi, sunulan konuda yetkin personel tarafından yapılmalıdır.

3.7.5. Denetim

Denetim, zemin kontrol stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmasının ayrılmaz bir parçasıdır:

- Teknik ve maden işlerinin güvenli çalışma sistemlerine ve işletme politikalarına uygun olarak yürütülmesini sağlamak,

- Üstlenilecek görev için eğitimli ve yetkin işçilerin görevlendirilmesi,
- Zemin kontrolünü etkileyebilecek kalite kontrol gereksinimlerinin sağlanması,
- Zemin koşullarının incelenmesi, izlenmesi ve kaydedilmesi,
- Tehlikelerin raporlanması ve ele alınması,
- Zemin kontrol yönetim planında denetleyici roller (ör. Yönetici, ön saf amiri, lider el) ve sorumluluklar belirtilmelidir.

3.7.6. Acil Müdahale

İşletmenin, tabaka kontrolü ve maden kurtarma ekiplerinin konuşlandırılması ve kullanımı ile ilgili olaylar da dahil olmak üzere, madendeki acil durumlarla başa çıkmak için bir plan hazırlaması gerekmektedir.

Zemin kontrolüne özel herhangi bir acil durum müdahale planı şunları dikkate almalıdır:

- Zemin kontrolü ile ilgili tüm olası acil durum senaryolarının belirlenmesi,
- Tasarım spesifikasyonları ve tolerans limitleri tarafından tanımlanan belirli tetik seviyeleri için gereken yanıtlar ve kaynaklar,
- Kararsız zemin koşullarını içerebilecek durumlarda mahsur kalan personelin güvenli bir şekilde tahliyesi de dahil olmak üzere acil durum müdahalesinin ne zaman ve nasıl gerçekleştirilebileceği,
- Planın uygulanmasına katılan işçiler ve komuta düzeni,
- Acil uyarı sistemleri ve alarmın nasıl yükseltileceği,
- Acil durumlar için hazırlık ve eğitim,

3.8. Entegre, Bütünleşik, Zemin Kontrol Yönetim Planı Sisteminin Unsurları

Bu yaklaşım planla, uygula, kontrol et ve önlem al metodolojisine veya benzer metodolojilere dayanmaktadır (Bulat, Emery, Craig, Naylor ve Skyes ,2015).

Planla, uygula, kontrol et ve önlem al ilkelerini aşağıdaki şekilde maddeler halinde sıralayabiliriz.

- Amaçların planlanması ve belgelenmesi, beklenen sonuçlar, süreçler ve faaliyetler,
- Planın kabul edilmesi ve uygulanması,
- Ölçümlerin ve analizlerin anlaşılır ve kabul edilebilir olmasıdır.

Avusturalya yeraltı kömür madenlerinde kullanılan tipik zemin kontrol unsurları; prosedürler ve standartlar, veri toplama ve tasarımı, uygulama ve izleme, inceleme ve araştırma olarak dört ana kategoriye ayrılabilir. Bu kategorileri detaylı olarak inceleyecek olursak, tabaka kontrolü ana tehlike yönetim planı, zemin kontrol standartları, geoteknik tasarım kılavuzları ve yazılım programları, geoteknik tasarım raporları, geoteknik veriler ve ilgili hesaplamalar, jeolojik ve geoteknik haritalama ve tehlike planları, tehlike raporlarının incelenmesi, risk yönetimi ve risk değerlendirmeleri, erişilebilir bir veri tabanında tutulan periyodik geoteknik test ve örnekler, yüksek riskli bölgelerin periyodik denetimleri, tahkimat ürünlerinin standart özellikleri, değerlendirme ve test prosedürleri, haftalık raporlama sistemleri, işçiler ve mühendisler için eğitimler, zemin kontrol yönetim sürecinin denetim ve takibidir.

3.8.1.Prosedürler ve Standartlar

3.8.1.1. Zemin Kontrolü Ana Tehlike Yönetim Planı

Maden işletmecileri madenciliğe başlamadan önce bir zemin kontrol yönetim planı geliştirmelidir (Harris, Kirsch, Shi M, Li, Gagrani ve Krishna, 2014).

Tabaka kontrol yönetim planı maden yönetimi ve zemin kontrolünü etkileyebilecek görevlerin doğru uygulanmasını sağlama sorumluluğuna sahip çalışanlar için her şeyi kapsayan bir araçtır.

Ana tehlike yönetim planı Avusturalya gibi yüksek standartlara sahip ülkelerin maden mevzuatında zorunlu olup her bir madenin yüksek güvenlikli ve sağlıklı yönetim süreçleri ile üretim yapılmasını amaçlayan bir sistemdir. Bu tehlike yönetim planı, tehlike analizi, tehlike yönetimi ve kontrolü, güvenlik ve sağlık bilgilerinin raporlanıp kaydedilmesi, verilerin ve hesaplamaların kaydedilmesi gibi unsurları içerir.

Ana tehlike yönetim planı, madencilik başlamadan önce ayrı ayrı risk değerlendirmesi yapılıp, risklerin azaltılması göz önüne alınarak geliştirilir. Madenciliğin başlamasından sonra ana tehlike yönetim planının içindeki kriterlere dayanarak oluşturulan temel risk değerlendirmeleri, ana tehlike yönetim planı gözden geçirilmeden önce periyodik olarak gözden geçirilir.

Ana tehlike yönetim planı hazırlanırken meydana gelebilecek riskleri kabul edilebilir sınırlar dahilinde yönetmek için tehlike tanımlama, kontrol seçimi, kontrol yönetimi, inceleme, denetim

ve düzeltici eylemleri ele almalıdır. Genel olarak ana tehlike yönetim planı şunları içerir: yasal zorunluluklar, maden hakkında geçmişi de dahil olmak üzere herhangi bir önemli kontrol kaybı olaylarını içeren gerekli bilgiler, temel risk değerlendirmeleri, geoteknik tasarım kuralları, ana tehlike yönetim planı veya buna eşdeğer başka metodların gereksinimlerinin gözden geçirilmesi, uygulama kalitesini değerlendirme ve kaydetme yöntemleri gibi kritik kontrol süreçlerinden oluşur.

3.8.1.2. Güvenli Tasarım

Madencilikte etkin zemin kontrolü sağlamak için güvenli tasarım süreci, maden planlaması ve maden tasarımı disiplinleri içindeki işyeri güvenliğini etkileyebilecek tüm faktörleri içerir. Maden planlama ve maden tasarım süreçleri, entegre bir süreç olarak işlev görmesi gereken birçok alt sisteme sahip karmaşık mühendislik sistemlerini temsil eder (Colwell, 1998). Bu entegre sistemler, güvenli tasarım sürecinin etkin bir şekilde çalışmaya devam etmesi için resmileştirilmiş, sistematik ve sağlam stratejilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını gerektirir.

Güvenli tasarımın, fizibilite aşamasından işletme ömrü boyunca madenin nihai kapanmasına kadar, madencilik operasyonundan tüm ömrü boyunca jeoteknik değerlendirmeyi gerektiren yinelemeli bir süreç olması gerekir.

Her güvenli tasarım mevzuata uygunluk açısından kontrol edilmelidir. Her bir güvenli tasarımın kabulü, ilgili yetkili personel ve yasal yöneticiler tarafından zemin kontrol yönetim planında belirtilen imza protokolüne dayalı olarak imzalanmalıdır. Süreç, ilgili olduğunda, madencilik bloklarının ölçekli planlarını, enine kesitlerini ve boylamsal projeksiyonlarını, ayrıca yapılması önerilen madencilik çalışmasının ve ele alınması gereken madencilik konularının yazılı bir açıklamasını içermelidir. Sonuçlara ulaşmak için kullanılan varsayımlar varsa da listelenmelidir.

3.8.1.3. Jeoteknik Model

Madencilikte jeoteknik model, maden sahasının jeolojik ve jeoteknik özelliklerini analiz etmek ve madenin güvenli ve verimli bir şekilde işletilmesini sağlamak için kullanılan bir araçtır. Bir jeoteknik model, bir madene ilişkin güvenli tasarım süreçlerinde nihai kullanım için

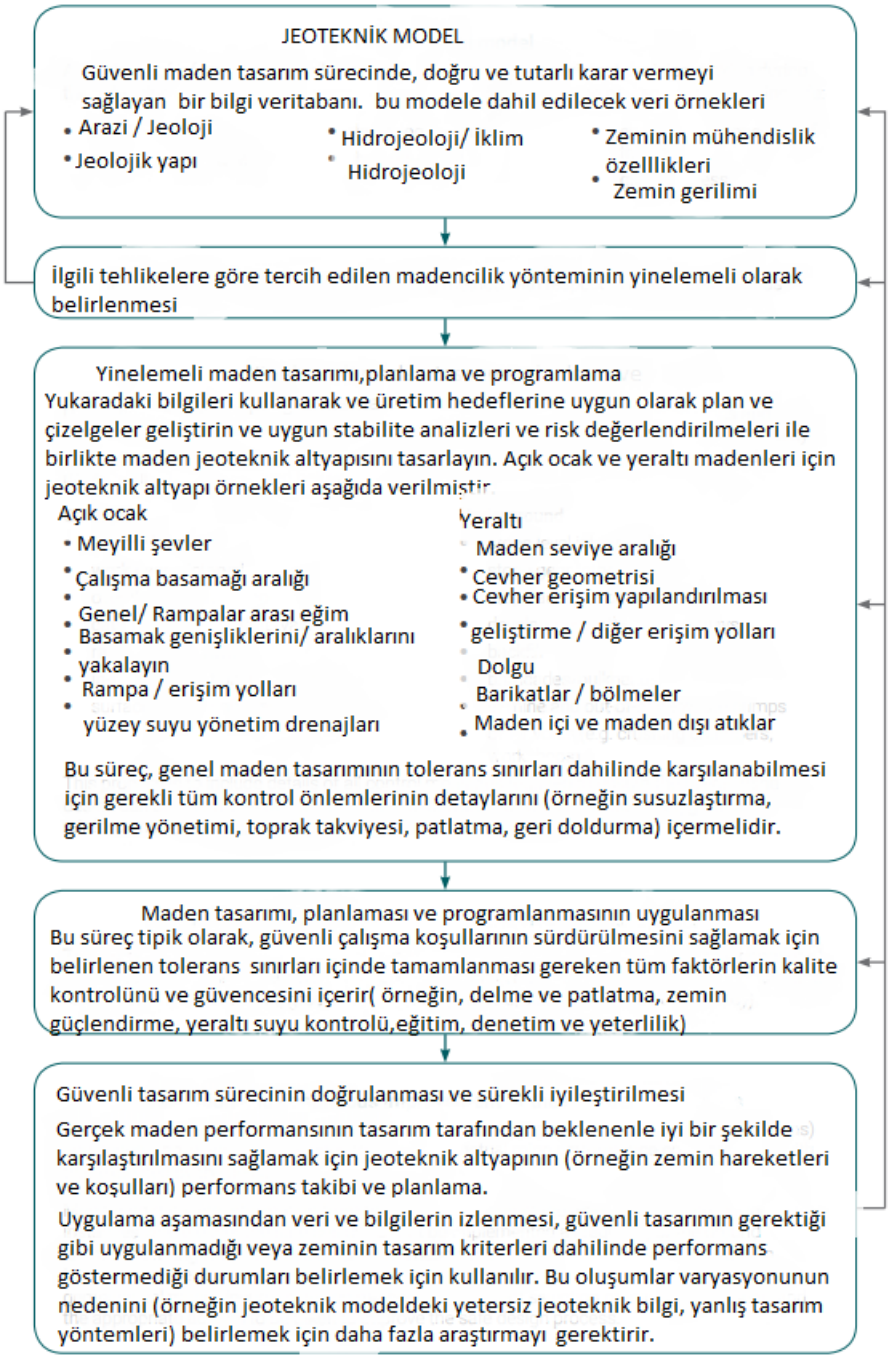
ilgili tüm jeoteknik verileri sağlar. Jeoteknik model; jeolojik modelleme, jeoteknik analizler, yeraltı madencilik tasarımı ve risk değerlendirmesi bileşenlerinden oluşur.

Jeolojik modelleme; maden sahasının jeolojik yapısı, stratigrafik birimler, kayaç tipleri, kusur ve katmanların özellikleri gibi faktörlerin detaylı bir şekilde modellenmesidir. Jeoteknik analizler; maden sahasının jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi, kayaç dayanımı, deformasyon özellikleri, su geçirgenliği gibi parametrelerin değerlendirilmesini içerir. Risk değerlendirmesi; jeoteknik model, maden sahasının potansiyel risklerini değerlendirir ve uygun önlemlerin alınmasına yardımcı olur.

Güvenli tasarım amacıyla bir jeoteknik modelin geliştirilmesi, madenciliğin başlamasından çok önce (örneğin keşif ve ön fizibilite sırasında) başlamalı ve madenin ömrü boyunca devam etmelidir. Jeoteknik tehlikeler tarafından dayatılan herhangi bir maden tasarımı sınırlaması, kaynağın bir cevher rezervi olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağını ve dolayısıyla madencilik olup olmayacağını etkileyecektir. Bu durum, arama sonuçlarının, maden kaynaklarının ve cevher rezervlerinin raporlanmasına ilişkin Ortak Cevher Rezervleri Komitesi Avustralya kanununda da kabul edilmektedir (Harris, Kirsch, Shi M, Li, Gagrani ve Krishna, 2014).

Toplanacak verilerin kapsamı, ayrıntısı ve sıklığı siteden siteye değişiklik gösterir. Bu nedenle hem yeraltı hem de yerüstü operasyonları için veri toplamanın aşağıdakilerle orantılı olması gerekir:

- Operasyonun ölçeği ve karmaşıklığı,
- Jeoteknik alanların karmaşıklığı,
- Etkisiz veya yetersiz zemin kontrolünün potansiyel sonuçları.



Şekil 3.5 Jeoteknik model (Anonim, 2019)

Bir jeoteknik model geliştirmek için gereken veriler çeşitli şekillerde elde edilebilir ve hem tanımlayıcı hem de gözlemsel ve ölçülebilir olabilir.

Planlama ve güvenli tasarım amaçları için bu veri kaynaklarının kalitesi ve kullanışlılığı büyük ölçüde değişebilir. Bununla birlikte, başka hiçbir bilgi olmasa da bu tür veriler daha ayrıntılı araştırma ve analiz gerektiren alanları belirlemek için kullanılabilir.

Madenciliğe başlamadan önce dikkate alınması gereken potansiyel veri kaynakları şunları içerir:

- Yayınlanmış literatür,
- Mevcut yerel veya komşu yüzey ve yeraltı kazıları,
- Karotlu sondaj ve jeoteknik numuneler,
- Jeofizik, jeokimyasal ve sismik araştırmalar,
- Pompa ve saha testleri.

Daha büyük madenlerde madenciliğe başlamadan önce, bu verilerin çoğu, jeoteknik araştırmalardan elmaslı karotlu sondajlardan elde edilir. Bozulmamış halde fotoğraflanmamış veya yeterince standartlara uygun olarak karottan alınan jeoteknik veriler sınırlı güvenirliğe sahiptir.

Kullanılan jeoteknik araştırma yöntemleri ve jeoteknik olarak kaydedilen gerçek sondaj sayısı ne olursa olsun, jeoteknik model için elde edilen bilgilerin aşağıdakiler olması esastır:

- Maden yatağı içindeki fiili zemin koşullarının değişkenliğinin uygun bir şekilde temsil etmesi.
- Maden planlama ve tasarım sürecine uygun olması.

Bir madenin işletilmesi sırasında jeoteknik modelin (veri tabanı) sürekli olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi gerekir. Madenciliğin ilk aşamalarında genellikle güvenli tasarım için mevcut olan verilerin göreceli olarak azlığı nedeniyle devam eden değerlendirme gereklidir.

Jeoteknik modeli doğrulamak için yapılan çalışmalara örnekler ise şunlardır:

- Maden boyunca zemin kütlesindeki (örneğin kaya kütlesi derecelendirmeleri) jeoteknik alanların belirlenmesi,
- Mevcut jeoteknik alanlardaki değişikliklerin zamanında ölçülmesini sağlamak için madenin seçilen alanlarında üç boyutlu jeoteknik tarama veya bölgesel numune alma,
- Temel jeolojik verilerin ek yönlendirilmiş karot veya jeofiziksel kayıtlara karşı kontrol etme,
- İlgili mühendislik özelliklerini ve yeraltı suyu özelliklerini belirlemek için madenin içinden yeraltı ve yeraltı suyunun temsili numunelerini toplayarak ve test ederek yerinde mühendislik özellikleri ve yeraltı suyu özellikleri hakkında bilgileri geliştirmek,

- Gözlemlenen ve ölçülen zemin performansının beklenen performansla karşılaştırılması (örneğin zemin gerilimi ve sismik izleme cihazlarının kurulumu ve kullanımı yoluyla).

3.8.1.4. Jeoteknik Model Geliştirme

Jeoteknik model, maden çıkarılacak alanları temsil etmeli ve bir madende uygulanacak planlama ve tasarım süreçleriyle ilgili olmalıdır. Zaman içinde jeoteknik modellerin geliştirilmesine yönelik tercih edilen yaklaşımları gösteren çok sayıda literatür mevcuttur. (Tablo 3.2.) Yetkili kişilerin, yerel koşullarına en uygun yaklaşım veya yaklaşımları belirlemek için bu literatürü yeterli düzeyde araştırmaları gerekir. Madenin jeoteknik modellerine ve dolayısıyla nihai maden tasarımına olan güven derecesini sürekli olarak iyileştirme ihtiyacını sağlamalıdır (Anonim,2019).

Tablo 3.2 Jeoteknik model proje aşamaları ve içerik (Anonim,2019)

Proje Aşaması					
Proje seviyesi durumu	Kavramsal	Ön fizibilite	Fizibilite	Tasarım ve yapı	İşlemler
Jeoteknik seviye durumu	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Seviye 5
Jeoteknik karakterizasyon	İlgili bölgesel bilgi	İlk maden ölçeği jeoteknik verilerin incelenmesi	Tüm yeni maden ölçeği Jeoteknik verilerin Devam eden değerlendirilmesi	Jeoteknik veri tabanının ve 3 D modelinin iyileştirilmesi	Jeoteknik veri tabanının ve 3D modunun devam eden bakımı
Her model için hedef veri güven seviyeleri					
Jeoloji	>50%	50-70%	65-85%	80-90%	>90%
Yapısal	>20%	40-50%	45-70%	60-75%	>75 %
Hidrojeolojik	>20%	30-50%	40-65%	60-75%	>75%
Kaya kütlesi	>30%	40-65%	60-75%	70-80%	>80%
Jeoteknik	>30%	40-60%	50-75%	65-85%	>80%

Daha büyük, daha karmaşık madenler için, bir jeoteknik model genellikle zemin yüzeyi ile ilgili konular (hidrojeoloji, iklim ve arazi), jeoloji ve jeolojik yapı, zemin gerilimi, hidrojeoloji, mühendislik özellikleri, jeoteknik alanlar gibi konuları içerir.

Yüzey suyu hidrolojisi, yeterince yönetilmezse, jeoteknik altyapı ve güvenli madencilik koşulları üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Etki kapsamı yerel saha özelliklerine, maden tipine ve kullanılan madencilik yöntemlerine bağlı olacaktır. Örneğin, önemli doğal drenaj yollarını veya su depolarını kesen açık ocak ve yeraltı madenleri hızla taşabilir veya jeoteknik altyapıda yüksek su basınçları oluşabilir.

Jeolojik çevrenin ve jeolojik yapının önemi ve kaya stabilitesi üzerindeki olumsuz etki potansiyeli çok önemlidir. Maden jeologları, jeoteknik mühendisleri, maden mühendisleri ve denetçiler, jeolojik etkilerin, bir metreden yüzlerce metreye kadar olan bir ölçekte, yerüstü ve yeraltı madenlerindeki çoğu göçüklerde önemli bir faktör olduğunu kabul etmektedir.

Jeolojik etkiler tipik olarak şunları içerir:

- Tabakalanma, jeolojik yapı veya her ikisi ile sınırlanan çökmeler,
- Cevher ve ana kayanın litolojisi,
- Cevher kütlesi geometrisi,
- Mineralizasyon ve zemin stabilizasyon elemanları üzerindeki etkileri,
- Ayrışma ve aşınabilirlik.

Jeolojik yapı, aşağıdakiler de dahil olmak üzere herhangi bir madencilik faaliyetinden önce gelen, zemindeki doğal düzlemleri veya zayıflık bölgelerini ifade eder.

- Eklemler,
- Yenilmeler,
- Makaslama zonları,
- Klivaj,
- Tabakalaşma yüzeyi,
- Foliasyon,
- Dayklar ve eşikler,
- Maden damarları,
- Kıvrımlar,
- Şistozite,
- Çatlaklar ve oyuklar vb.

Bu yapılar arasında, zemin kütlesi genellikle nispeten az çekme mukavemetine sahiptir veya hiç yoktur ve kaya kütlesini boyutları, şekilleri ve yönelimleri ile güvenli çalışma koşullarını güçlü bir şekilde etkileyen potansiyel olarak ayrı bloklardan oluşan bir koleksiyona bölme

eğilimindedir. Koşullara bağlı olarak, bir madenin belirli alanlarının “benzer bölgeler” halinde gruplandırılmasına yardımcı olmak ve planlanan maden alanlarındaki potansiyel zemin hareketinin tahminine yardımcı olmak için genellikle yapısal bir modelin geliştirilmesi gerekecektir. Tersine, bazı madenler yapısal bir model gerektirmez.

Yapısal bir model geliştirilirken dikkate alınması gereken faktörler şunlardır:

- Kritik maden açıklıklarına göre önemli yerel ölçek ve bölgesel yapının oryantasyonu,
- Süreksizlik takım sıklığı,
- Yüzey profili ve yapının pürüzlülüğü,
- Dolgunun kesme mukavemeti,
- Süreksizlik setlerinin sayısı ve içindeki değişkenlik,
- Yeraltı suyunun etkisi ve türü.

Yeraltı ve yerüstü madencilik operasyonları için farklı derecelerde, yerel, maden çapında ve bölgesel ölçeklerde jeolojik yapıların oluşumunu anlamak, güvenli maden tasarımı ve zemin kontrol stratejilerinin belirlenmesinde yardımcı olacaktır.

Özellikle sert kaya madenleri için, jeolojik yapıya göre maden kazılarının tasarım boyutu, şekli ve yönü, maden kazılarını çevreleyen kaya içinde gelişebilecek potansiyel olarak dengesiz blokların sayısını, boyutunu ve şeklini kontrol eden ana faktörler olarak kabul edilmelidir. Büyük madenler için diğer bir jeoteknik model ise zemin gerilimidir.

Bir madendeki ve çevresindeki zemin gerilimi şunlardan etkilenir:

- Madencilik öncesi veya doğal stres alanı, aşağıdaki etkilerden oluşur:
- Tabakalanma durumu,
- Zemin kütlesinin yerel jeolojisi, yapıları ve mühendislik özellikleri,
- Yer kabuğundaki tektonik kuvvetler,
- Basınç altındaki akışkanlar,

Doğal gerilimleri arttıran veya azaltan madencilik kaynaklı gerilimler, örneğin:

- Patlatma, topuk kazısı ve çoğu yeraltı kazı faaliyetler; diğer boşluklara bitişik maden boşluklarının kazılması ve sondaj malzemelerinin çıkarılması gibi boşaltma faaliyetleridir.

Kaya kütlesi mukavemetine yaklaşan zemin gerilimine sahip madenlerin, tehlikeli çalışma koşullarının gelişmesine daha yatkın olan yüksek zemin gerilimi koşullarında çalıştığı kabul edilir.

Yükseltilmiş zemin gerilimi koşulları kayayı kayda değer bir şiddetle kırabilirken, bazı basınç gerilimleri, yer çekiminin neden olduğu zemin düşmelerine duyarlı olacak olan yeraltı madenlerini çevreleyen kayalarda jeolojik yapı tarafından oluşturulan kaya blokları için stabilizasyon etkileri sağlayabilir.

Bir maden boşluğunun etrafındaki zemin kütlesi içinde harekete neden olan gerilmeler, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çok çeşitli sonuçlara neden olabilir.

- Yerel gerilme alanında bir değişiklik (daha yüksek veya daha düşük gerilme),
- Kaya gürültüsü veya sismik olaylar,
- Kaya düşmeleri,
- Kaya kütlesinde önceden var olan zayıflık düzlemlerinde ani hareket veya kayma (düzlemsel veya kama yenilmeleri),
- Büyük ölçekli çökme veya ezilme (örneğin topuklar ve duvarlar).

Jeolojik etkiler (örneğin, zeminin mühendislik özelliklerindeki değişiklikler ve faylanma), gerilimlerin bir maden boşluğu etrafında yeniden dağılma şeklini önemli ölçüde değiştirebilir. Örneğin, bir serpantinit ana kayası içindeki sert dolerit sokulumları serpantinitten daha fazla zemin hareketine direnme eğiliminde olacaktır ve yakındaki tüm kayalardaki buna eşlik eden gerilme değişiklikleri, izotropik zemin koşullarında beklenenden farklı olacaktır.

Zemini etkileyen yukarıdaki değişkenler göz önüne alındığında, yüksek zemin gerilme koşullarında maden ocakları tasarlanırken önemli deneyim ve teknik beceri, uygun ekipman ve teknik destek gereklidir.

Sonuç olarak, maden işletmecisinin madenin ömrü boyunca gerilme düzeylerindeki herhangi bir değişikliğin potansiyelini erken bir aşamadan itibaren tanıması ve ölçmesi ve olası sonuçları tahmin etmek için uygun yöntem ve araçları kullanması gerekir.

Hidrojeoloji büyük ve karmaşık madenler için diğer bir araştırılması ve modellenmesi gerekli alandır. Hidrojeolojik ortam, jeoteknik altyapının stabilitesini ve madencilik operasyonlarının güvenliğini önemli ölçüde etkileyebilir. Etki, beklenen göçme mekanizmalarının su basıncından daha fazla etkilendiği (örneğin yumuşak kaya ve topraktaki

boşluk suyu basıncı) veya yeraltı suyu kalitesinin madeni stabilize etmek için kullanılan herhangi bir zemin desteği ve takviyesinin bütünlüğünü etkilediği madenlerde daha fazladır.

Bir maden sahasındaki hidrojeolojik koşulları anlamak için madenciliğin başlamasından önce ve sonra yeterli araştırma yapılmalıdır.

Yeraltı suyu sorunlarının potansiyelinin erken tanınması, arama sondaj deliklerinin piyezometreler veya üretim delikleri olarak daha iyi kullanılmasına olanak sağlayacaktır.

Yeraltı suyu kontrolüne yaklaşım iki genel kategoriye ayrılabilir.

- Madencilik öncesinde su drenajı (örneğin, ocak içi ve ocak dışı üretim sondajları),
- Madencilik sırasında drenajı (örneğin, madene açılan üretim sondajlama) işlemidir.

İstenilen sonucu elde etmek için her yöntem ayrı ayrı veya kombinasyon halinde kullanılabilir. En uygun susuzlandırma yönteminin seçimi, büyük ölçüde yerel ve bölgesel hidrojeolojik koşullara, istenmeyen sonuçların maden üzerindeki potansiyel etkisine ve gerekli maden oranlarına bağlı olacaktır.

Uzman tarafından, bölgesel ve yerel akifer sistemlerinin özelliklerini değerlendirmeye yardımcı olmak için bir hidrojeolojik veri tabanı geliştirmeli ve sürdürmeli ve böylece aşağıdakiler gibi faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmalıdır:

- Hidrolojik etki bölgeleri,
- Yeraltı suyu, litoloji ve jeolojik yapılar arasındaki ilişki,
- Yeniden doldurma mekanizmaları ve yeraltı suyu çekme için gerekli oran ve zamanlama ve ilgili izleme stratejileri,
- Yeraltı suyunun yer hareketi üzerindeki potansiyel etkileri (örneğin, boşluk suyu basıncı, kimyasal bozunma, şişen killer),
- Maden suyunun boşaltılması veya basınçsızlaştırmanın yerel drenaj sistemleri üzerindeki potansiyel etkisi,
- Herhangi bir tahkimat sisteminin yeraltı suyu korozyonu potansiyeli,
- Akiferleri veya su dolu boşlukları kesen kapatılmamış sondaj deliği potansiyeli,
- Maden hidrojeolojik modelini etkilemesi olası su dolu boşlukların (örneğin eski maden imalatları) potansiyelidir.

Mühendislik özellikleri büyük ve karmaşık madenler için diğer bir jeoteknik modeldir. Zeminin bir maden boşluğuna doğru ne ölçüde hareket etmesi beklendiği, öncelikle, verilen

gerilme veya yükleme koşulları altında zemin kütlesinin mühendislik özelliklerine bağlıdır. Potansiyel zemin hareketi aralığına örnekler arasında küçük ölçekli elastik gevşeme, zeminin plastik sıkışması ve zemin fırlamasına neden olan gevrek kırılma yer alır.

Belirli bir madende güvenli tasarımla ilgili mühendislik özelliklerini belirlemek için, uzman kişinin bu nedenle aşağıdakilere anlaması gerekir.

- Olası yükleme koşulları (hem doğal hem de madencilik kaynaklı),
- Olası yükleme koşulları altında zeminin potansiyel hareketi ve göçme mekanizmalarıdır.

Mühendislik özellikleri, yaygın olarak zemin numuneleri üzerinde çeşitli testlerle elde edilir; ancak, doğru yenilme mekanizması bilindiği zaman, zemin hareketlerinin geriye doğru analizi bir başka güvenilir yöntemdir.

Dolaylı test yöntemleri örneğin nokta yük testleri ve koni penetrometre), uygun olduğunda bazı mühendislik özelliklerini tahmin etmek için kullanılabilir. Tanınmış laboratuvar test sonuçlarına göre kalibre edilmiş indeks test sonuçları, güvenli tasarım sürecinde kullanım için daha güvenilirdir.

Güvenli tasarım için değerlendirilecek ve kullanılacak ortak mühendislik özelliklerine örnekler:

- Serbest basınç mukavemeti,
- Tek eksenli çekme mukavemeti,
- Elastisite modülü,
- Poisson oranı,
- Kesme mukavemeti,
- Taşıma kapasitesi,
- Kütle yoğunluğu,
- Plastiklik,
- Porozite,
- Nem içeriği,
- Geçirgenlik,
- Gevşeme dayanıklılığı,
- Doğrusal büzülme, şişme,
- P ve S dalgalarıdır.

Bazı durumlarda, kazılacak zeminin yenilme sonrası dayanımlarını tahmin etmek için pik sonrası testler gibi özel testler yapmak gerekli olabilir.

Bazı durumlarda mühendislik özelliklerinin aşağıdakiler gibi faktörler arasındaki karmaşık etkileşimler nedeniyle ölçülmesi zor olabilir:

- Sağlam kaya mukavemeti,
- Zemin kütlesi üzerindeki jeolojik yapıların etkisi (örneğin yönlenme, kalıcılık, aralık ve kesme mukavemeti parametreleri),
- Yeraltı suyunun varlığı,
- Bir zemin numunesi ile bir bütün olarak zemin kütlesi arasındaki ölçek etkisi,
- Zamanla hava veya suya maruz kaldığında minerallerin değişmesi vb.

Bilinmeyen etkilerin mühendislik özellikleri üzerindeki etkilerini bu tür faktörlerle değerlendirmek için yararlı bir yöntem, maden içinde ölçülen zemin hareketlerinin geri analizidir. Bu yöntem, bir geoteknik yapının yük altındaki davranışını analiz ederek ilgili bazı mühendislik özelliklerini tahmin eder. Yöntem, madencilik sırasında yer değiştirmelerdeki, gerinimlerdeki, basınçlardaki ve gerilimlerdeki değişiklikleri doğrudan veya hesaplama yoluyla belirlemek için enstrümantasyona dayanır. Bu yaklaşım genellikle başarı için jeoteknik altyapının geometrisi, gerilme alanı, göçme modu ve uygun jeoteknik modellerin kullanımı hakkında iyi bir bilgi birikimi gerektirir. En iyi sonuçlar, zemin hareketi başlamadan önce temel izleme sonuçları mevcut olduğunda elde edilir.

Sonuç olarak, sorumlu kişi aşağıdaki hususların zemin kontrol yönetim planında belirtildiğinden emin olmalıdır:

- Maden tasarımı amaçları için laboratuvar test gereksinimleri,
- İstatiksel doğruluk ve madenciliği yapılacak zeminin yeterli bir temsilini sağlamak için gereken zemin numunesi testlerinin sayısı,
- Tüm test yöntemlerinin kullanımına ilişkin sınırlamalar ve sonuçlar ve bu testlerden elde edilen verilerin güvenli tasarım süreci için kullanılmasıdır.

Büyük ve karmaşık madenler için jeoteknik modellerden biri ise jeoteknik alanlardır. Jeoteknik model içinde derlenen veriler tipik olarak iki şekilde kullanılır:

- Mühendislik tasarım yöntemlerine doğrudan girdi,

- Zemin kütlesini benzer niteliklere ve beklenen davranışa sahip gruplara veya alanlara bölmek.

Jeoteknik alan örnekleri şunları içerir:

- Ayrışma bölgeleri,
- Kaya gerilim alanı ve yüksek veya düşük gerilimli bölgeler (madencilik öncesi ve madencilik kaynaklı gerilim alanları),
- Maden boşluğu geometrisi ile ana jeolojik yapının oryantasyonu,
- Zemin litolojisi,
- İntak kaya tek eksenli basınç dayanımı,
- Kaya kütlesinin deformasyon modülü,
- Zeminin hidrolik iletkenliği,
- Yeraltı suyu veya su basıncından etkilenen toprak bölgeleri,
- Zemin sınıflandırılması (örneğin RMR, Q, MRMR, GSI, kazılabilirlik).

Jeoteknik alan belirleme, aynı zamanda, standart bir tasarımda özel dikkat veya değişiklik gerektirilebilecek madenin belirli alanlarını belirlemek için de yararlı bir yöntemdir. Bu özel alanlar, maden süresince güvenli işyerlerinin sağlanmasını sağlamak için farklı metodolojilerin uygulanacağı tasarım sektörleri olarak adlandırılabilir.

Alanların yorumlanması için veri toplama ve analiz için kullanılan prosedür, zemin kontrol yönetim planının bir parçasını oluşturmalıdır.

3.8.1.5. Zemin Kontrol Standartları

Zemin kontrol standartlarının amacı, rezervlerin güvenli ve ekonomik bir şekilde yeryüzüne çıkarılmasını sağlamak ve bir takım tutarlı ve denetlenebilir çıktı sağlamak için madenlerde zemin kontrol süreçlerinin minimum kabul edilebilir bir standartta yürütülmesini sağlamaktır.

Asgari olarak bu standartların karşılanması ve uygun kontrollerin yapıldığını gözlemlemek için gerekli denetimler yapılmalıdır. Tesis ve ekipman, sistem ve prosedür ve düzenli olarak denetim gereksinimleri zemin kontrol standartlarının bir parçasını oluşturur.

3.8.1.6. Geoteknik Tasarım Kılavuzları, Yazılım ve Hesaplamalar

Yıllar içinde gelişen teknolojiyle birlikte yeraltı madenciliği yapılan yerlerde ampirik, analitik ve sayısal yöntemlere dayanan çok sayıda topuk ve tavan desteği tasarım metodolojileri geliştirilmiştir (Anonim,2014). Bu metodolojilerin geliştirilmesinde kullanılan temel ilkeler ve veritabanları değişiklik gösterdiğinden, bunların geoteknik ortamlara uygulanabilirliği de değişiklik gösterir ve genellikle uygunluklarının belirlenmesi için mühendislik muhakemesi gerektirir. Jeoteknik kılavuzlar, önerilen tasarım metodolojilerini özetler ve bunların uygulanabilmesine yardımcı olur ve minimum tasarım süreci haritaları ile hem çalışanlar hem de yüklenici firma olmak üzere tüm personel tarafından kullanılması gereken kabul edilebilir standartlar hakkında önerilerde bulunur. Buna ek olarak, tasarım kılavuzları, tasarımın zamanında analizi, haritalama ve tehlike planları için önerilerde bulunur.

Günümüzde tasarımcılar zemini güçlendirmek açısından evrensel olarak kabul edilmiş tavan ve açıklık desteği tasarım metodolojileri yerine birkaç yöntemi dikkate alan birleşik tahkimat tasarım metodolojisini uygulama eğilimindedirler. Bu yöntemler şu şekilde sıralanabilir;

- Burkulma, makaslama ve ölü ağırlık yüklemesi için analitik metodlar,
- Saha testi ve izleme (Yeraltı gözlemi dahil),
- Sayısal modelleme,
- Kaya kütlesi sınıflandırması ve ampirik analizi.

3.8.1.7. Jeolojik ve Jeoteknik Haritalama ve Tehlike Planları

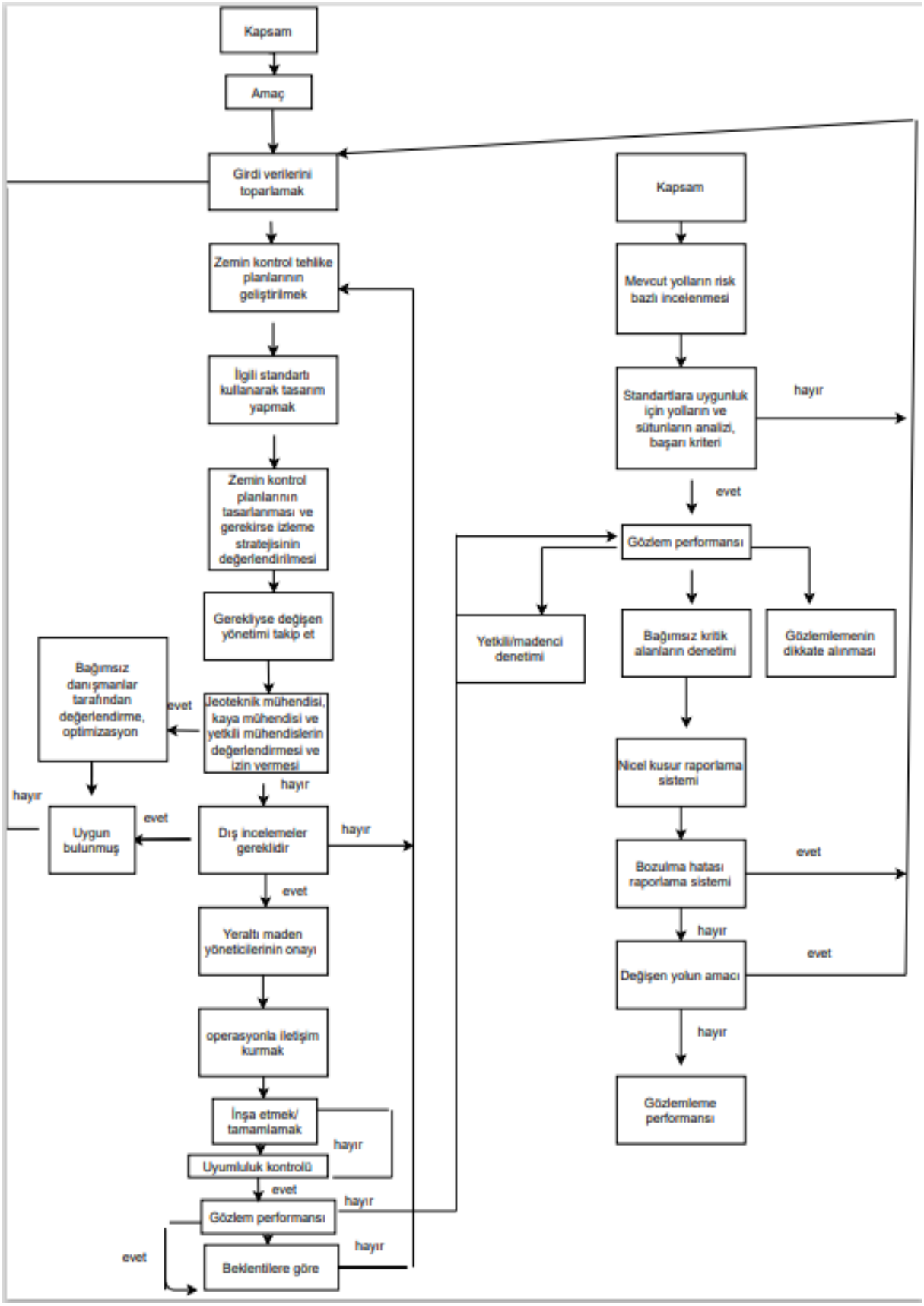
Haritalama ve tehlike planları, zemin kontrol yönetimi stratejisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Haritalama ve jeoteknik tehlike planı standartları genellikle madenin operasyonel ve planlama döngüsüyle bağlantılıdır ve kaya kütlesinin doğası ve bunun maden planı üzerindeki etkisine dair belirsizliğin azaltılmasına yardımcı olur. Şekil 3.6 da zemin kontrol standart süreçleri akım şeması gösterilmiştir.

Hazırlık bölümünde, jeolojik haritalama, genellikle haftalık, düzenli olarak gerçekleştirilir. Uzun ayak haritalaması, kömür damarının zorluğuna bağlı olarak değişkendir, bazı madenler sadece panel başlamadan önce kapıları haritalandırırken, diğer madenler her kesme alındıktan sonra uzun ayak yüzünü haritalandırır. Hazırlık haritalaması, artan riskli alanların tespit edilmesinde önemli rol oynar ancak bu haritaların kalitesi ve tutarlılığı büyük önem taşır.

Haritayı doğrulamak ve verileri tasarım amaçları için kullanmaya başlamadan önce devam eden bozulma belirtilerini kontrol etmek için bir jeoteknik mühendisi tarafından ikinci bir yeraltı incelemesi yapılması gerekmektedir.

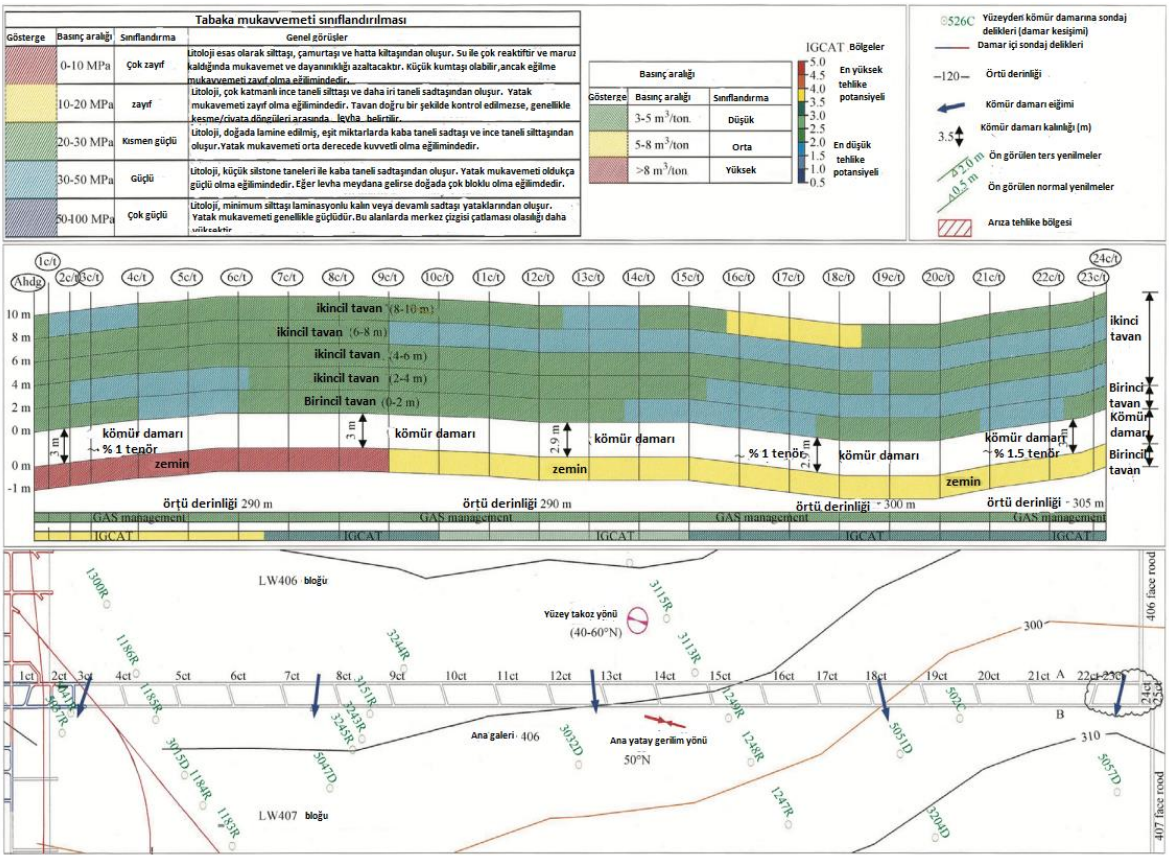
Hazırlık tehlike planları örnek olarak şekil 3.7 de gösterilmiştir. Bu planlar oluşturulurken haritalamadan, sondaj karotlarından, sondaj jeofiziğinden, yüzey sismik yansıma araştırması ve aeromanyetik araştırma gibi uzaktan algılama sistemlerinden elde dilen veriler kullanılır. Genel olarak geliştirme tehlike planları hazırlanırken, kömür damarı ve ara kesme kalınlığı, çevresel gerilimler, örtü tabakasının derinliği, tavan sağlamlığı yani tek eksenli basınca olan mukavemeti, zeminin suya dayanıklılığı, faylar, eklemler makaslamalar gibi süreksizliklerin varlığı ve büyüklüğü, jeolojik yapılar arasındaki etkileşimi, kömür damarının derinliği, yer altı su durumu gibi faktörler dikkate alınır.

İkincil çıkarım için tehlike planları şunlardır; jeolojik yapılar (ters veya bindirme faylar, iki veya daha fazla jeolojik kayaç yapısının kesiştiği alanlar), jeolojik kayaç yapılarının yönü, magmatik kalıntıların varlığı ve doğası, tavanın yetkinliği yani tek eksenli basınca karşı mukavemeti, zeminin yetkinliği yani tek eksenli basınca karşı mukavemeti ve suya karşı dayanıklılığı, galerinin boyutu, yatay gerilme yönü ve büyüklüğü, maden sahasına özgü tehlikeler (örtü tabakası derinliği, kömür eğimi içindeki ve kumtaşı veya çakıl taşı kanallarındaki değişiklikler) , kurulu tahkimat elemanlarının yoğunlukları, hat dışı kesilmiş alanlardır.

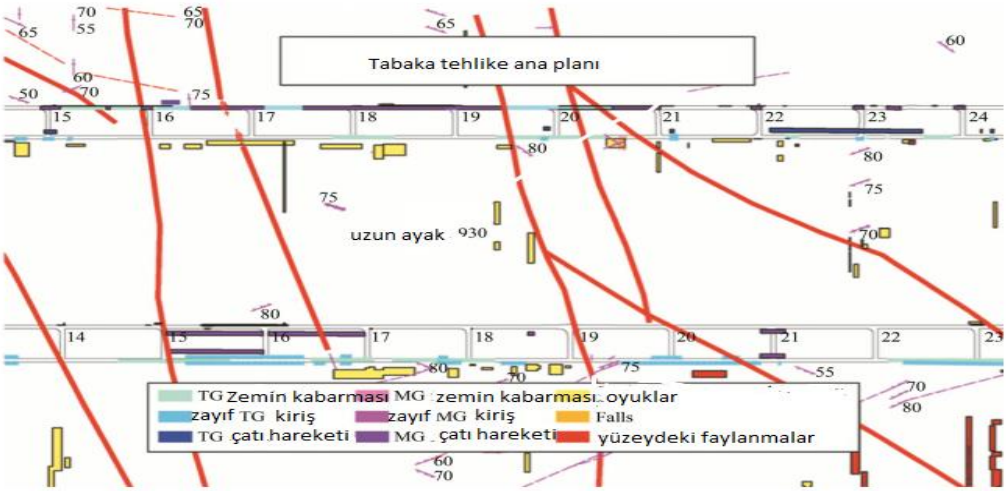


Şekil 3.6 Zemin kontrol standart süreçleri akım şeması (Emery, Canbulat ve Zhang, 2020)

Geçmişte olan ve şu anki tüm verilerin, herhangi bir yeraltı geliştirme ve herhangi bir ikincil çıkarmanın başlamasından önce sağlanan haritalama ve tehlike planlarında sunulması zorunludur. Ön fizibilite ve fizibilite çalışmaları için tehlike planları da proje ekiplerine verilmektedir. Tehlike planlarının en son bilgilerle rutin olarak güncellenmesi de zorunludur.



Şekil 3.7 Geliştirilmiş tabaka kontrol planı örneği (Emery ve diğ., 2020)



Şekil 3.8 Uzunayak tehlike planı örneği (Emery ve diğ., 2020)

3.8.1.8.Risk Yönetimi ve Risk Değerlendirmeleri

Zemin kontrolünde risk değerlendirmeleri madenciliğin şu aşamalarında yapılır. Ön fizibilite, fizibilite aşamalarında, uzun vadeli maden planı hazırlarken, ana hat bölümlerinin veya galeri yollarının geliştirilmesinden önce, belirli bir değerlendirmenin garanti edildiği diğer tüm durumlarda, örneğin yapısal olarak bozulmuş bir bölgede madencilikten önce veya önceki risk değerlendirmesinden bu yana madencilik koşullarındaki büyük bir değişikliğin ardından risk değerlendirmeleri yapılır (Anonim, 2008).

Risk değerlendirmelerinin amacı, tüm potansiyel tehlikeleri belirlemek, sıralamak, güvenlik ve verimlilik üzerindeki etkilerini azaltmak için uygun kontrolleri uygulamaktır. Geliştirme ve uzunayak başlamadan önce yapılan risk değerlendirmeleri aşağıdaki bilgileri dikkate alır.

- Jeolojik ve jeoteknik tüm potansiyel yapılar örneğin, faylar, dayklar, incelmiş veya kalınlaşmış damar, örtü tabakasındaki sağlam tabakalar, çatı ve zemin yeterliliğindeki değişiklik, damar eğimi ve potansiyel yüksek gerilme ortamı.
- Havalandırma,
- Gazlar,
- Yüzey alt yapısı, bitki örtüsü, su taşıyan yapılar örneğin barajlar,
- Yeraltı suyu ve yeraltı su tehlikeleri,
- Önceki çalışmalar,
- Madencilik ekipmanlarının çalıştırılmasıyla ilgili tehlikeler,
- Kabul edilen diğer tehlikeler vb.

Bu tehlikelerin çoğu geliştirme başlamadan önce güvenle tanımlanmaz. Bununla birlikte, birçoğu ikincil ekstraksiyon (yani uzun ayak çekilmesi) başlamadan önce gözlemlenebilir ve yeni risk değerlendirmesine dahil edilmelidir.

3.8.1.9. Tetikleyici Eylem Yanıt Planı

Tetikleyici eylem yanıt planı, proaktif zemin kontrol yönetim stratejisinin ana unsurudur. Bir tetikleyici eylem yanıt planı tahkimat gereksinimleri ve belirli görsel ve izleme zemin davranışına yanıt olarak gereken diğer eylemler hakkında rehberlik sağlamak üzere basit bir kurallar dizisi sağlayarak belirli bir jeoteknik alan için tasarlanır ve uygulanır. Tetikleyici eylem yanıt planı tipik olarak jeolojik ve jeoteknik özellikleri sınıflandırır farklı risk seviyelerini

gösteren “trafik ışığı” sistemindeki koşuları düzeyler. Ayrıca tetikleyici eylem yanıt planları maden müdürü, madenci, Jeoteknik mühendisi, jeolog vb tüm ilgili kişilerin gerekli sorumluluklarını ifade eder. Bu kurulacak uygun tahkimat düzeyini de içerebilir. Uzun ayak yüzeyi ve geçitler için farklı jeolojik ve jeoteknik koşullarda koşulları ve tetikleme seviyelerini gösteren bir uzun ayak tabaka kontrolü tetikleyici eylem yanıt planı örneği Tablo 3.2. de sunulmuştur.

Avusturalya kömür madenleri, geliştirme, geçiş alanları, uzun ayak yüzü, uzun ayak galerileri, kurulum yolları ve uzunayak kurtarma için zemin kontrol tetikleyici eylem yanıt planlarını uygular (Anonim,2016). Etkili tetikleyici eylem yanıt planı şunları tanımlamalıdır: temel parametrelere bağlı olarak farklı zemin davranışı seviyeleri (tetikleyiciler), tetikleyicilere verilen yanıtlar (izlenen parametrelerdeki ve ilgili eylemlerdeki değişikler) ve bireysel sorumluluklar. Tetikleyici eylem yanıt planı kısa ve basit olmalıdır, ideal olarak bir sayfadan uzun olmamalıdır. İlgili parametrelerin sayısı, yerel olarak deneyimlenen zemin davranışı aralığını yansıtmak için gereken minimum düzeyde tutulmalıdır.

3.9. Veri Toplama

3.9.1. Rutin Jeoteknik Testler ve Numune Alma

Gelişmiş ülkelerde gerekli verilerin yeterli ve zamanında sağlandığından emin olmak için yeraltı ve açık ocak madenciliği için jeoteknik test ve numune alma kılavuzları geliştirmişlerdir. Bu kılavuzlar, jeoteknik verilerin sistematik olarak ortak bir standartta ölçülmesini ve kaydedilmesini sağlamak için araştırma programlarında sondaj sırasında jeoteknik verilerin toplanması için bir çerçeve sunmaktadır. Bu, verilerin kaya kütlesinin değerlendirilmesi ve maden tasarım parametrelerinin değerlendirilmesi için güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlar. Jeoteknik testlerin sıklığı da kılavuzlarda belirtilmiştir (Anonim,2015).

Yönergeler genellikle aşağıdakileri sağlamak için zorunlu yönergelerle birlikte kullanılır.

- Numuneler, ilgilenilen alan için ruhsat süresi boyunca yeterli temsili sağlayacaktır.
- Numuneler doğru tabaka ve litoloji içinden alınır.
- Madencilik sırasında karşılaşılması muhtemel koşulların analizine izin vermek için numuneler üzerinde doğru testler yapılır.
- Doğru sayıda test yapılır.

- Diğer tüm veriler, malzemelerin değerlendirilmesine ve daha sonra kaya kütlesi derecelendirme sistemlerinin hesaplanmasına izin vermek için kaydedilir.
- Test ve veri toplamada standart, güvenilir test prosedürleri kullanılır, böylece bu süreçler sırasında tasarıma minimum belirsizlikler eklenir.
- Veri depolama yeterlidir.

Sahada izleme yoluyla yeterli jeolojik ve jeoteknik verilerin toplanması gereklidir. Kontrolsüz bir zemin çökmesi potansiyelini en aza indirmek için, yüzeyden veya yer altından 2D ve 3D sismik araştırmalar yoluyla sondajlı çalışmalarda gerekebilmektedir.

3.9.2. Değerlendirme ve Test Prosedürleri

Madencilik endüstrisinde kullanılan çeşitli tahkimat ürünleri vardır. Madencilik endüstrisinde tahkimat seçimi ve test standartlarında belirtilen minimum özellikleri karşılanması çok önemlidir. Bu nedenle son yıllarda kalite kontrol testlerine artan bir önem verilmiştir.

Tahkimat seçimi ve test standartları belirlenirken, kaya saplamaları, kablolar, somunlar, plakalar, reçine ve çelik hasır olmak üzere madenlerde kullanılan tavan cıvataları ve kabloları ve aksesuarları için boyut, malzeme ve test gereksinimleri yapılması gerekir.

Kurulu tahkimat elemanlarının düşük performansına katkıda bulunan birkaç faktör vardır. Bu faktörler, düzenli, sistematik kalite kontrol prosedürleri ile belirtilen toleranslara göre kontrol edilmelidir. Bir tavan cıvatası tahkimat sisteminin performansını etkileyebilecek dolaylı kontroller ve doğrudan kontroller olmak üzere iki alanda sınıflandırılabilir.

Dolaylı kontroller, tavan cıvatalarının metalurjik özellikleri, tavan cıvatalarının deformasyon şekli, reçine kapsüllerinin üretim sürecinde kullanılan kimyasallar ve bu özelliklerin tutarlılığı gibi tedarikçilerin kalite kontrol prosedürleri ile ilgilidir. Standartlar, tedarikçilerin kalite kontrol prosedürlerinin rutin olarak denetlenir ve üreticinin kalite kontrol prosedürlerinin ilgili ISO ve/veya yerel standartlarına uygun olması gerekir. Tüm kalite güvence ve kalite kontrol test sonuçları, rastgele kontrol ve kayıt tutma için saha jeoteknik mühendislerine de verilmektedir (Anonim,2009).

Doğrudan kontroller üç farklı gruba ayrılabilir: tahkimat ve aksesuarlar, tasarıma uygunluk ve kurum kalitesi.

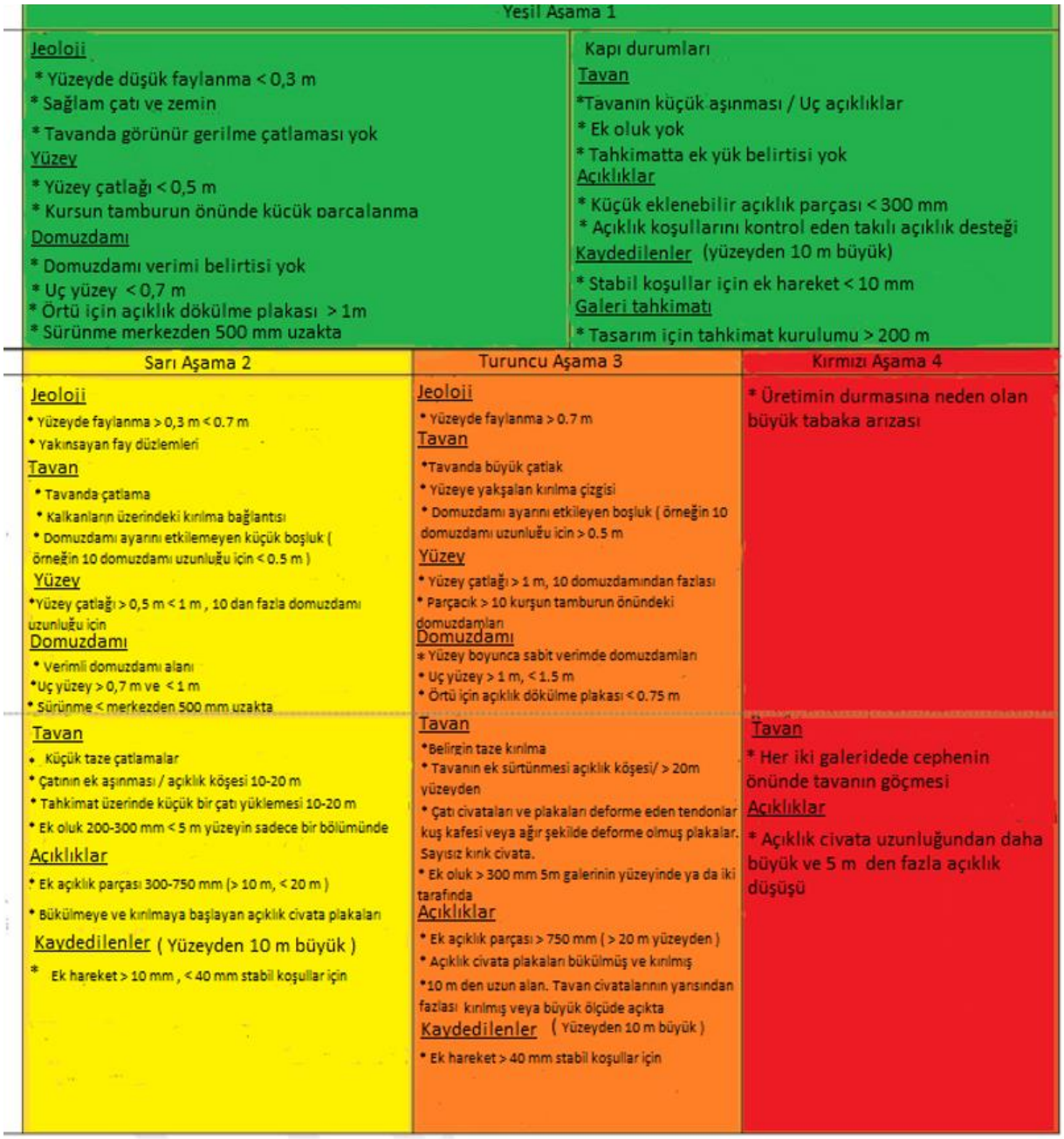
Standartların minimum özellikleri şunları içerir.

- Tavan cıvatası ve kablolar, kimyasal bileşim, uzunluk, profil, düzlük, bitiş, renk kodlaması, somun kırılması, mekanik performans, plakalar, somunlar, matkap uçları, çubuklar ve anahtarlar.
- Reçine kapsül boyutu, raf ömrü, jel ve sertleşme süresi, bağ gücü ve sistem sertliği, renk kodlaması, paketleme, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, kesme dayanımı, itme testi, kapsül çapı, kapsül uzunluğu ve sızıntı olmaması.
- Ağ ve kayışların ilgili standartlarına uygunluk, kalite, yangına dayanıklılık, profil, boyutlar akma mukavemeti ve depolama.

Yukarıdaki spesifikasyonlar için standartlarda düzenli test ve denetim gereklikleri de belirtilmiştir. Bu standartlar, standartların zorunlu olmasını sağlamak için tedarik sözleşmelerinde de kullanılmaktadır. Gerekli tüm testler genellikle tedarikçiler tarafından yapılır.

Birçok maden, tüm tahkimat ürünlerinin minimum standartlara uyumlu olduğundan emin olmak için bağımsız şirketler tarafından şantiyede kalite güvencesi ve kalite kontrol testi yapılmasını gerekmektedir.

Tablo 3.3 Bir uzunayak tetikleme eylemi müdahale planı örneği (Emery ve diğ., 2020)



3.10. İzleme

3.10.1.Düzenli İzleme

Kontrolsüz göçükleri önlemek için izleme, proaktif zemin kontrol stratejisi yönetiminin en önemli unsurudur. Avusturalya kömür madenlerinde, tabaka izleme hem gözlemden (nitel) hem de ölçümden (nicel) oluşur. Her iki yöntem de öncelikle tasarım doğrulaması için değil, aynı

zamanda uygunsuzluk alanlarının (ön görülemeyen anormallikler gibi) belirlenmesi için de gereklidir, böylece düzeltici önlemler zamanında uygulanabilir.

İzleme farklı kullanıcılara farklı niteliklerde veri sağlar (yani karar verme için operatörler ve tasarım amaçları için jeoteknik mühendisleri). Zemin davranışını izleme şu amaçları şunlardır:

- Araştırma çalışmalarında kolaylık,
- Çevresel onay ve lisanslama amaçları için kıyaslama verileri oluşturmak,
- Maden tasarımı için girdi özelliklerini belirlemek,
- Maden tasarımını doğrulamak,
- Tahkimatın kalitesini doğrulamak,
- Tahkimat kurulumunun kalitesini doğrulamak,
- Bilinmeyeni araştırmak,
- Hem kısa hem de uzun vadede öngörülen zemin koşullarından ve tasarım performansından sapma konusunda zamanında uyarı sağlamak,
- Madencilik etkilerini ve sonuçlarını belirlemek, ölçmek ve doğrulamaktır.

Avusturalya madenlerinde, zemin davranışını anlamak ve olabilecek tüm parametreleri ölçmek için kapsamlı izleme gerçekleştirilmektedir. Bunlar;

- Madencilik öncesi gerilme durumu,
- Stres değişiklikleri,
- Tahkimat kurulum prosedürleri,
- Tabakaların geçirgenliği,
- Tahkimatın performansı ya da durumu,
- Tahkimat kurulumu.

İzleme sistemlerinin ideal olarak toz, zararlı ve yanıcı ortamlara maruz kalmaması için kritik zemin koşullarının gelişimi hakkında zamanında, arızaya karşı güvenli uyarı sağlayacak şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekir. Bilgi ve teknolojideki eksiklikler şu anda bu izleme hedeflerine tam olarak ulaşılmasını engellemektedir. Gerçek zamanlı tabaka kontrolü yer değiştirme izlemenin kullanımı, teknoloji geliştikçe popülerliğini arttırmaya devam ediyor, ancak yine de yaygın veya kabul edilen bir uygulama değildir.

3.10.2. Madencilik Faaliyeti Süreci

Madencilik izni, her yeni madencilik alanı için başlıca madencilik tehlikelerini ve kontrollerini tanımlayan saha tabanlı bir süreçtir. Bu tipik olarak, beklenen zemin koşullarını, tahkimat gereksinimlerini, gaz drenajı ve havalandırma uygunluk gerekliklerini, ani potansiyel, yüzey yapılarını ve kısıtlamaları içerir. Madencilik izni, herhangi bir alanda madencilik yapılmadan önce geliştirilir.

İlgili tüm bilgiler, belirlenen risklerin dikkate alındığını ve kontrol edildiğini belirtmek üzere tüm taraflarca (örneğin havalandırma Mühendisi, jeoteknik Mühendisi, jeolog, geliştirme ve/veya uzunayak ekipleri ve maden yöneticisi) tarafından listelenir, gözden geçirilir ve yetkilendirilir. Bu, maden yöneticisinin beklenen tehlikeler hakkında iyi bilgilendirilmiş bir karar vermesini ve madenciliğin başlamasını onaylamadan önce uygun kontrollerin yapıldığından emin olmasını sağlar. Uygun şekilde kullanılırsa, bu sistem herhangi bir madencilik yapılmadan önce riskleri belirleme ve azaltma konusunda güçlüdür, bu nedenle evrensel olarak benimsenir ve zemin kontrolü dahil tüm teknik risk faktörlerini kapsamaktadır.

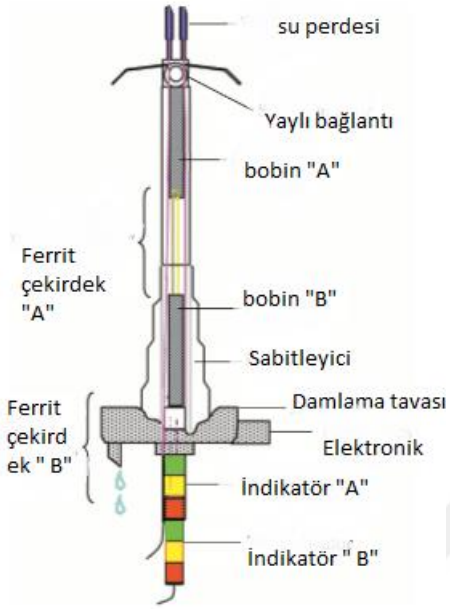
3.10.3. Düzenli Jeoteknik Kritik Alan Denetimi

Düzenli jeoteknik kritik alan incelemeleri, madenin belirli kritik alanlarının düzenli olarak denetlenmesini sağlar, böylece bu alanlardaki zemin tahkimatı, madenin minimum tahkimat gereksinimleriyle uyumludur ve devam eden herhangi bir bozulmanın fark edilmesi sağlanır.

Aktif panolar için, temel tehlike yönetim planlarında ve maden denetim rejimlerinde öngörüldüğü gibi, zemin kontrolüyle ilgili tehlikeleri yönetmek için yürürlükte olan rutin süreçler vardır. Bu nedenle, kritik alan denetimleri özellikle denetimin daha az sıklıkta olduğu madenin dış alanları içindir.

Kritik alan incelemeleri, zemin koşullarının basit görsel gözlemlerini ve bozulan zemin koşullarının belirlenmesini içerir, böylece bu alanlar madenin bakım planına dahil edilir. Örneğin aşınmış veya hasarlı tahkimat elemanlarının değiştirilmesi. Denetimler genellikle bağımsız bir üçüncü taraf tarafından gerçekleştirilir, böylece zemin koşullarının objektif ve tarafsız bir incelemesi yapılır ve kaydedilir.

Kritik alan denetimlerinde şekil 3.9 da verildiği gibi tabaka hareketlerinin zamana bağlı izlemeye yönelik düzeneklerde kullanılabilmektedir.



Şekil 3.9 İki bağlantılı uzaktan okuma şeması (Emery ve diğ., 2020)

3.10.4. Haftalık Raporlama Sistemi

Haftalık raporlama sistemleri, tüm geliştirme ve üretim panolarının jeologlar ve / veya jeoteknik mühendisleri tarafından denetlenmesini ve standart bir inceleme sayfasının doldurulmasını sağlamak için zemin kontrol yönteminde bir başka değerli araçtır. Denetimlerin ardından, tetikleyici eylem müdahale planlarında verilen zemin tahkimat tasarımlarına uygun olmayan alanları belirtmek için standart bir haftalık rapor hazırlanır ve tüm ilgili taraflara (yani geliştirme ekipleri, uzun ayak ekipleri ve yönetim) dağıtılır. Yanıt planı tetikleyicilerinin sıklığı ve yüklü tahkimat, yanıt planlarındaki tetikleyici düzeylerinin paneldeki koşullara uygun olmasını sağlamak için de eşleştirilmektedir.

Bu denetimler sırasında panelin jeolojik haritalaması da yapılmakta ve panelde jeolojik yapıları, kurulu tahkimatları ve genel jeoteknik koşulları olan bir maden planı haftalık raporlarda yer almaktadır.

3.10.5. Eğitim

Madenlerinde zemin kontrol yönetimi, birçok kritik adımı ve gereksinimi içerir. Bu adımların iyi anlaşılmasını ve gereksinimlerin karşılanmasını sağlamak için jeoteknik mühendislerinin yanı sıra iş gücüne iç ve dış eğitim programları sağlanmaktadır.

Tüm çalışanlar aşağıdaki alanlarda bir jeoteknik mühendisi tarafından eğitilmesi gerekir.

- Tahkimat tasarım ilkeleri,
- Ana tehlike yönetim planı gereksinimleri,
- Daha zayıf zemin koşullarına katkıda bulunan jeolojik anormalliklerin tanımlanması,
- Tetikleyici eylem yanıt planları.

Jeoteknik mühendisleri genellikle tüm çalışanlara düzenli olarak hatırlatıcı eğitim kurslarının verilmesini sağlamaktan sorumludur. Genç jeoteknik mühendislerinin eğitimi, kurum içi eğitim oturumlarını ve harici kursları içerir. Kurum içi eğitim oturumları, zemin kontrol yönetimi stratejisi ve jeoteknik tasarım süreçlerinde eğitimi içerir. Kayıtlı profesyonel mühendislerin, düzenli olarak kayıtlı kalmaları ve denetlemeleri için yönetim organı tarafından belirlenen bir düzeye kadar sürekli mesleki gelişimi tamamlamaları ve göstermeleri gerekir.

3.10.6. Kritik Kontroller

Risk yönetimi zamanla geliştikçe, sistemin sağlığını değerlendirmek için kullanılan kontroller de değişti. Artık proaktif zemin kontrol yönetimi stratejisi için temel bir husus, kritik kontrollerin izlenmesi veya kritik kontrol doğrulama sürecinin uygulamasıdır. Kritik kontrol, bir olayın meydana gelmesini önlemek veya bir olayın sonuçlarını hafifletmek için çok önemli olan bir risk kontrolü olarak tanımlanır (Şekil 3.10). Her madencilik şirketinin kritik kontrol süreci üzerinde kendi küçük varyasyonları vardır, ancak tipik olarak tanımlanan kritik kontroller üzerinde periyodik olarak gerçekleştirilecek bir dizi doğrulama faaliyetinden oluşacaktır. Eksikliklerin tespit edildiği durumlarda eksikliğin giderilmesini sağlamak için eylem planları geliştirilmeli ve ilgili kişilere atanmalıdır. Zemin kontrolüne bir örnek, jeoteknik tasarımla ilgili kritik kontrollerdir. Jeoteknik tasarım için evrensel bir kritik kontrol, her tasarımın tamamlanması ve zemin kontrol tasarım yönergelerine uygun olarak yetkin bir kişi tarafından gözden geçirilmesidir. Diğer bir evrensel kritik kontrol, planlı bir denetim rejimine

göre yeraltı kazılarının izlenmesidir. Belgeler hem izlemenin hem de bu izlemeye yönelik uygun yanıtların yürütüldüğüne dair kanıt olarak sunulmalıdır (Emery ve diğ., 2020).



Şekil 3.10 Risk yönetimi kontrol süreci (Emery ve diğ., 2020)

3.11.İnceleme ve Araştırma

3.11.1. Kaza ve Olayların Araştırılması

Zemin kontrol yönetiminde kaza ve olaylar, zemin kontrol sistemi içinde güvenliği ve üretimi etkileme potansiyeli olan veya işletme maliyeti olan bir arızaya neden olan planlanmamış bir yer hareketi olarak tanımlanan zemin düşmesine bağlıdır.

Madencilik mevzuatı ve iş yasaları gereği kaza ve olayların araştırılmasını zorunludur. Her madende aşağıdaki hususlar yapılmalıdır.

- Madendeki kaza ve olayların araştırılması prosedürünün hazırlanması,
- Araştırma bulgularını maden işçilerinin kullanımına sunmak,
- Kazalar ve olaylar için düzeltici eylemlerin uygulanması.

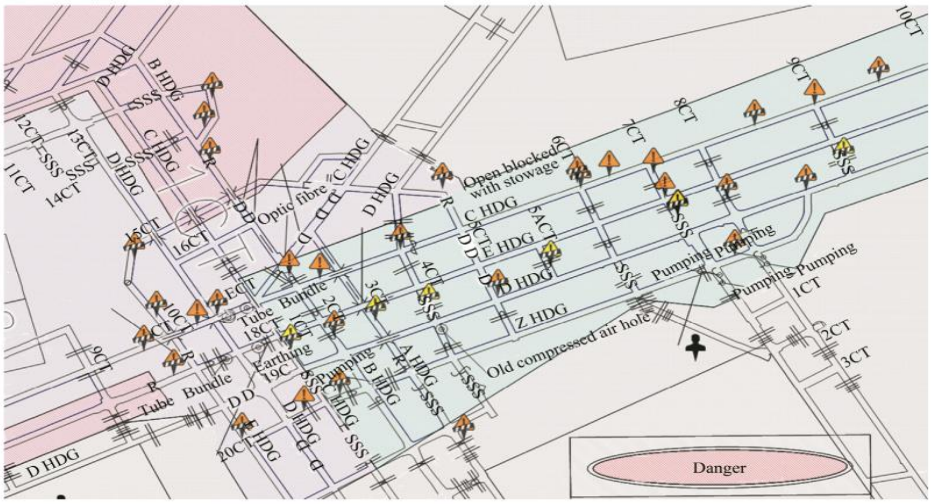
Birçok kaza ve olay soruşturması, olay ve kaza nedenselliğine yönelik bir mantık sağlayan ve çoğu olay ve kazanın nadiren tek bir eylem veya durumdan değil, birlikte çalışan bir dizi faktörden kaynaklandığı fikrini destekleyen olay nedeni analizi yönteminin kullanılmasını içerir.

3.11.2. Zemin Kontrol Yönetimi Sürecinin Denetlenmesi

Proaktif zemin kontrol yönetim stratejisinin birçok unsuru vardır. Bu stratejinin uygulanması basit bir iş değildir, kaynak ve zaman gerektirir. Stratejinin uygulanmasında tüm operasyonların karşılaştırılabilir düzeyde olmasını sağlamak için madencilik şirketleri tarafından düzenli iç ve dış denetimler yapılmaktadır. Bir zemin kontrol stratejisinin her unsuru, her bir unsurun hala etkin ve madenin faaliyet gösterdiği çevreye uygulanabilir olduğundan emin olmak için düzenli olarak gözden geçirilir.

3.11.3. Tabaka Yenilmesi Tehlike Kaydı

Aktif madencilik yüzeyinden belli bir mesafede zemin kontrol arızası riski en yüksek olmasına rağmen, zaman içinde tahkimatın bozulması da bir proaktif zemin kontrol yönetim stratejisinin kilit unsuru haline gelmiştir. Uzun yıllardır faaliyette olan büyük ölçekli modern madenlerde, zeminin ayrışması, tahkimat elemanlarının aşınması ve mobil ekipmanın etkisinden kaynaklanan hasar nedeniyle tahkimatın bozulması ve ilgili koşullar zamanla artar. Artık birçok madencilik işlemlerinde, madenlerin geçiş bölgelerinde tespit edilen kusurlu tabaka tahkimatı için düzenli raporlama, inceleme ve iyileştirme takibi içeren bir sistem kullanılıyor. Bu tabaka kusurları, plandan önce kusurların tespit edilebilmesi için coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile etkinleştirilmiş haritalarda izlenir.



Şekil 3.11 Tabaka kontrolüne yönelik tehlike planı (Emery ve diğ., 2020)

BÖLÜM DÖRT
UYGULAMA

Bu tez çalışmasında oluşturulan model kapsamında Polyak Eynez Enerji Üretim Madencilik San. ve Tic. A.Ş ve Tire Linyit San. Tic. A.Ş işletmelerinde 2022-2023 yılları arasında gerçekleştirilen yeraltı kömür madeni tabaka kontrolü ve açıklıkların duraylılığında kullanılan destek sistemlerinin izlenmesinde kullanılacak yöntem uygulaması ile zeminin güçlendirilmesini sağlamayı ve göçük esaslı iş kazalarının önlenmesi kapsamında yapılmış çalışmalar verilmiştir.

Madencilik faaliyetlerinin sürdürüldüğü sahada hem işletme verimliliği hem de iş sağlığı ve güvenliği bakımından proaktif bir sistemin uygulanması gerekmektedir. Birçok alanda kullanımı mümkün olan PUKO sistemi Planla (P), Uygula (U), Kontrol Et (K) ve Önlem Al (Ö) kelimelerin kısaltılmışıdır.

PUKÖ dört aşamadan oluşur. En önemli aşama olan planlama aşamasında planlanan işin kimler tarafından, neden, nasıl, nerede, ne zaman, ne kadar sürede yapılacağı kararlaştırılır. Planlama aşamasında her noktanın düşünülmesi, görev dağılımlarının ve hedeflerin düzgün olarak belirlenmesi PUKÖ' nün son adımı olan Önlem al aşamasında yapılacakları en aza indirecektir. Eğer Planlama aşamasına gereken önem verilmez ise kontrol et ve önlem al aşamalarında yapılacak olan uygulamaların maliyeti çok fazla olacaktır. İlk başta çok yüksek hedeflerin konması ve bunları gerçekleştirilememesi durumunda motivasyon düşecek ve verimsizlik başlayacaktır (Onargan ve diğ, 2022).

İkinci aşama olan uygulama aşamasında İlk aşamada planlanan faaliyetlerin belirlenen kişi yöntem ve zamanlarda gerçekleştirildiği aşamadır. Bu aşamada kullanılan istatistiksel yöntemlerden elde edilen veriler PUKÖ' nün üçüncü adımı olan Kontrol et aşamasının girdisini oluşturur (Onargan, 2021).

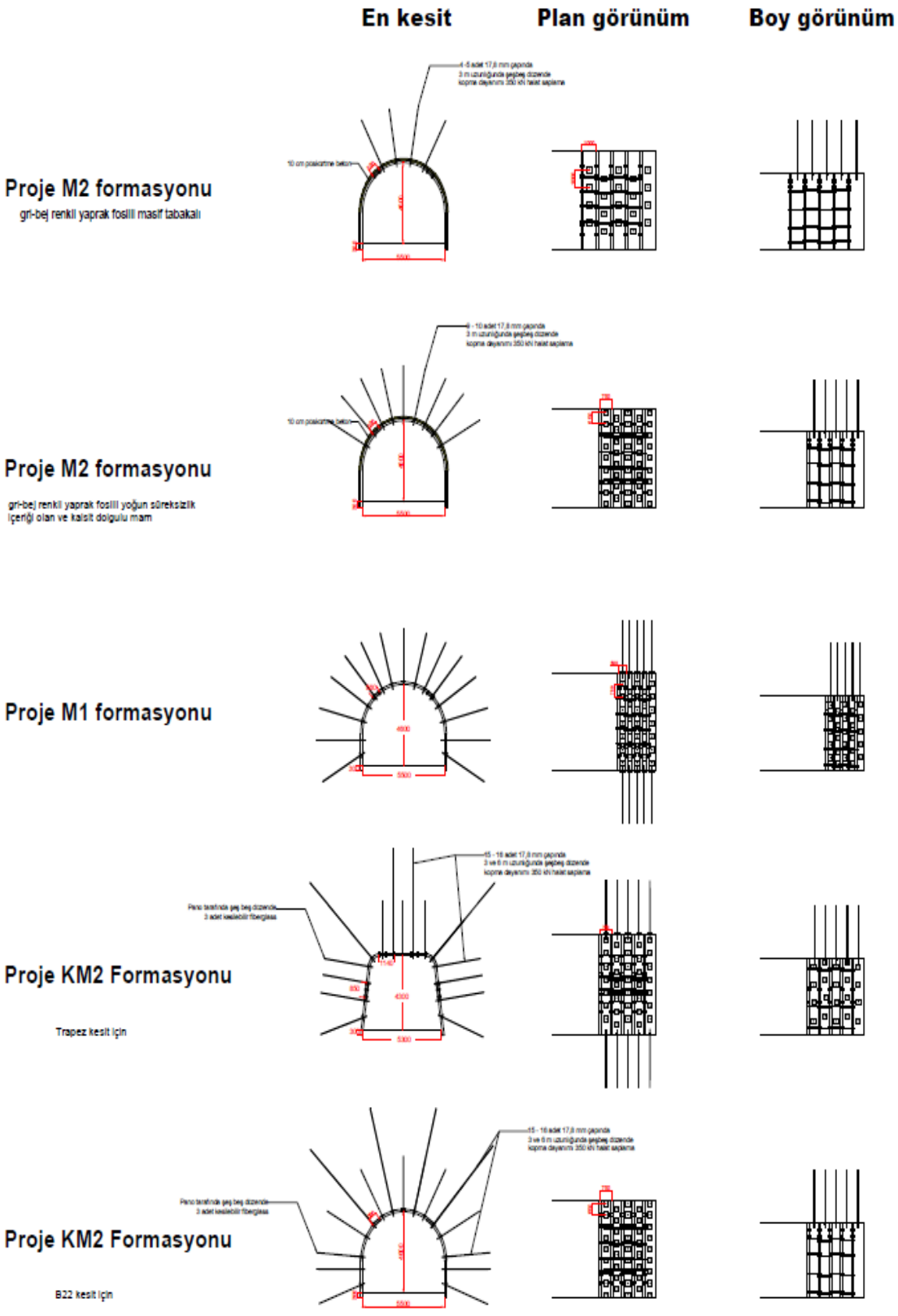
Üçüncü aşamada planlanan hedeflere ne kadar ulaşıldığı belirlenir. Eğer hedeflere ulaşıldıysa yapılan uygulama faaliyetleri kontrol edilir ve standartlaştırılır.

Son aşama ise önlem al aşamasıdır. Kendi içinde PUKÖ döngüsü içerir. Planlanan faaliyetler ile yapılan uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıkların, sapmaların nedenleri araştırılır ve bunların ortadan kaldırılmasına yönelik faaliyetler başlatılır.

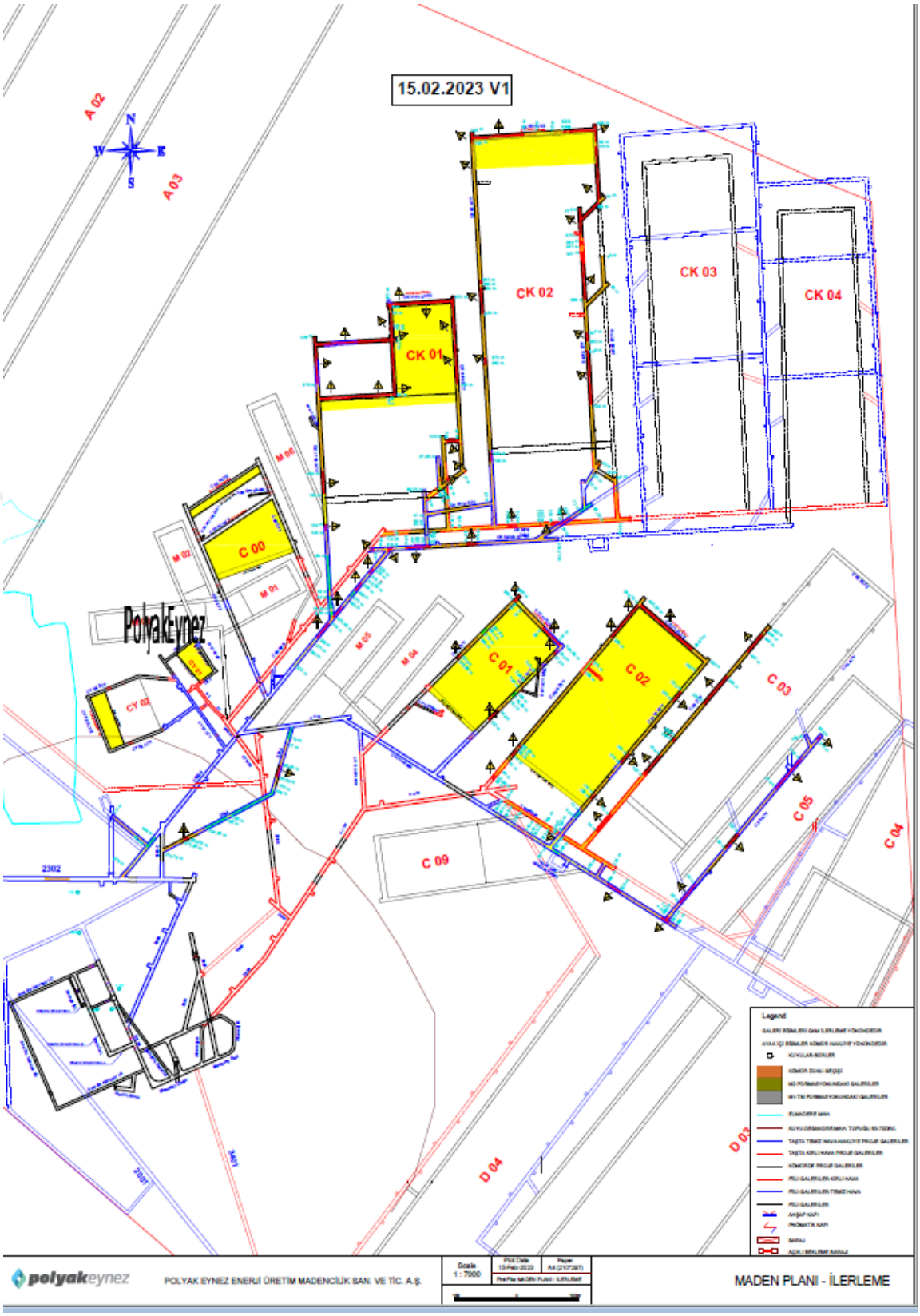
Madende uygulanacak olan “Tabaka Kontrolu Ana Tehlike Yönetim Planı” ile Birincil Tehlike Yönetimi Planları (BTYP) ve Temel Maden Tehlike Yönetim planları kapsamında kullanılabilecek bu sistemde madenin güvenlik ve sağlık yönetim sisteminin bir parçası olarak uyarlanabilecek bir yapıya sahiptir. Bu sistemin kullanılmasında kazı-tahkimat faaliyetlerinin verimli bir şekilde sürdürülmesi sağlanabilecek, ayrıca iş sağlığı ve güvenliği bakımından da proaktif davranış modelinin uygulanması sağlanmış olacaktır (Onargan ve diğ, 2022).

4.1. Polyak Eynez Haftalık Jeoteknik ve Tahkimat İnceleme Raporu

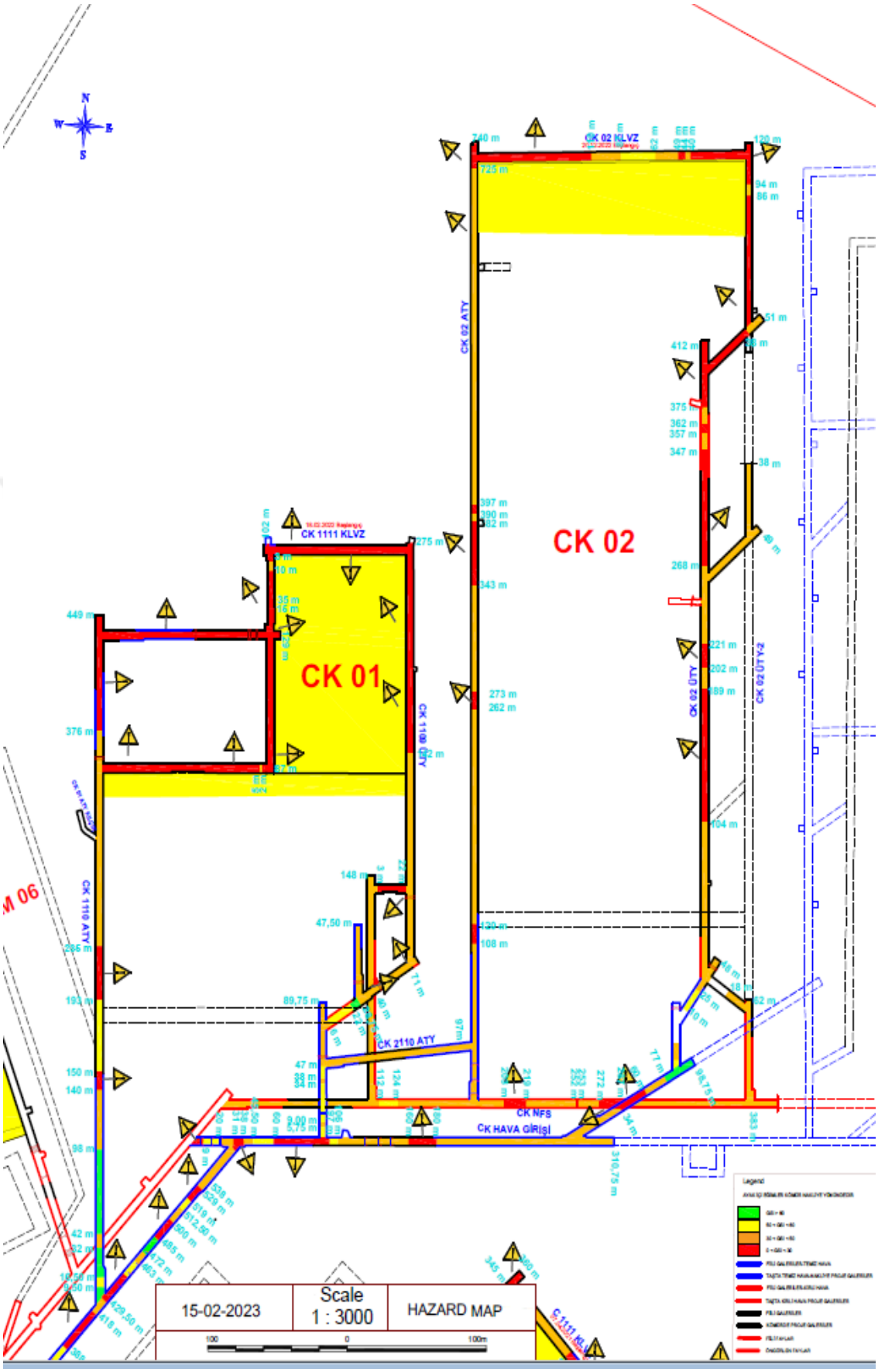
Tabloda görüldüğü üzere Polyak Eynez yeraltı kömür işletmesinin haftalık jeoteknik ve tahkimat durumu incelenmektedir. Şekilde yeşil renk ile gösterilen bölgelerin jeolojik dayanım indeksi GSI> 80, bu bölgeler zeminin sağlam olması nedeniyle tehlikesiz sınıfta yer alır. Bu bölgelere uygulanan tahkimat sayısı daha azdır ve uygulanacak tahkimat cinsi bu koşullara göre seçilir. Sarı renk ile gösterilen bölgelerin jeolojik dayanım indeksi GSI 50 < GSI <60 arasındadır bu bölgeler az tehlikeli sınıfta yer alır ve tahkimat sayısı ve cinsi bu koşullara göre seçilir. Kırmızı renk ile gösterilen bölgelerin jeolojik dayanım indeksi 0 <GSI<30 arasındadır bu bölgelerde zeminde yenilmeler olduğu için çok tehlikeli sınıfta yer alır.



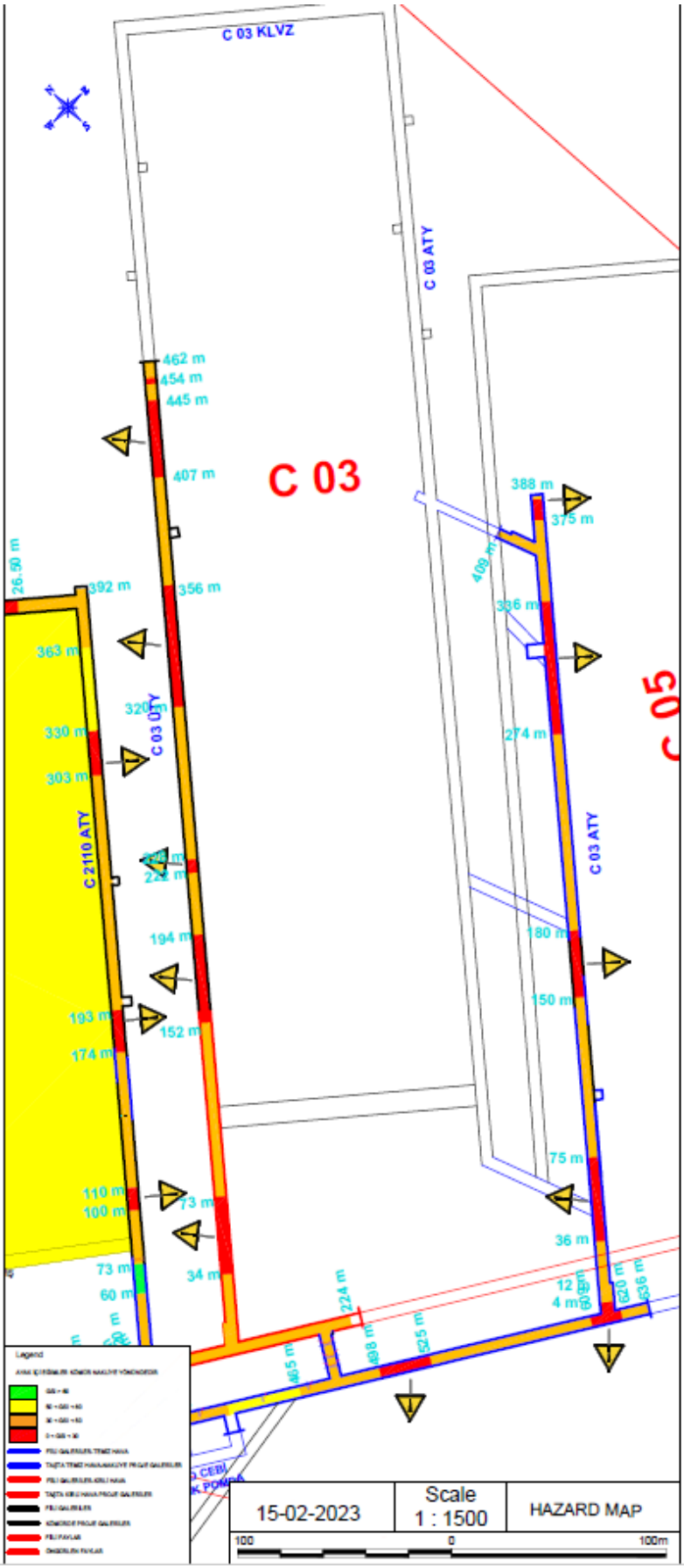
Şekil 4.1 Polyak yeraltı işletmesinde uygulanan tahkimatların kesit görünümü (Onargan,2022)



Şekil 4.2 Polyak işletmesinin imalat haritası ve zemin kontrol uygulama örneği



Şekil 4.3 Polyak CK01 VE CK02 ayağı pano imalatı,zemin kontrol noktaları



Şekil 4.4 Polyak C03 ayağı panosu imalat ve zemin kontrol uygulamaları

Tablo 4.1 Polyak tahkimat, gaz, su durumu ölçümleriyle zemin kontrol çizelgesi

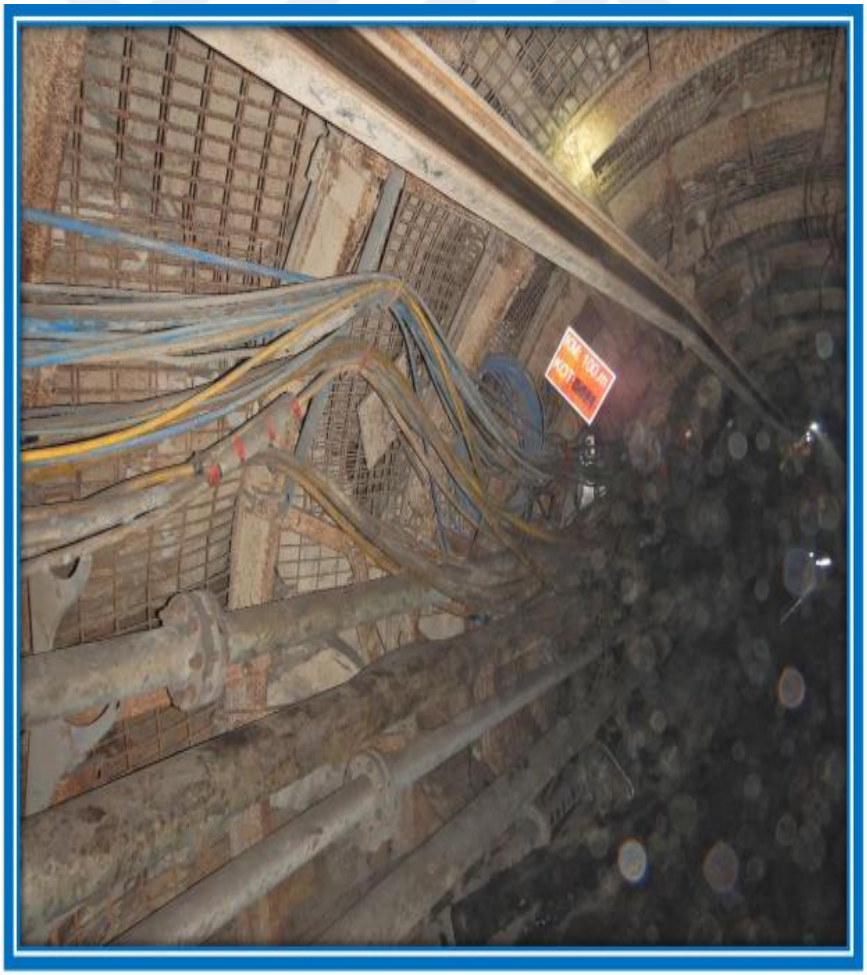
Ölçüm Tarihi	Galeri Adı	Arın	Açıklık Metraj	Kontrol Unsurları				GSI
				Tahkimat Durumu	Yenilme Durumu	Gaz Durumu	Su Durumu	eological Strength Ind
31.01.2023	C 03 ATY	M2 (Gri Marn)	391,25	Halat saplama:yok Çelik Hasır: Tavan ve yanlar 1 sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: düşük	Kuru	30< GSI<50
5.02.2023	C 03 ATY	M2 (Gri Marn)	400,25	Halat saplama:yok Çelik Hasır: Tavan ve yanlar 1 sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan:%0,12	Nemli	30<GSI<50
7.02.2023	C 03 ATY	M2 (Gri Marn)	401,75	Halat saplama: 3 adet Çelik Hasır: Tavan ve yanlar 1 sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan:düşük	Kuru	30<GSI<50
12.02.2023	C 03 ATY	M2 (Gri Marn) KM2-KM21, KM21-KM22, KM22H	409,25	Halat saplama:yok Çelik Hasır: Tavan ve yanlar 1 sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: %0,12	Nemli	30<GSI<50
31.01.2023	C 03 ÜTY	KM22L	454,75	Halat saplama:yok Çelik Hasır: Tavan ve yanlar çift sıra Şatkrit:Yok	Tavanda 10m'nin üstünde boşalma vardır.Köpük ile boşluklar doldurulmaktadır.	Metan: düşük	Akıntı	GSI<30
5.02.2023	C 03 ÜTY	KM22L	459,5	Halat saplama: 5 adet Çelik Hasır: Tavan ve yanlar çift sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi vardır.Arın gerisinde yoğun su geliri vardır. Anında dökülmeler ve vurma şeklinde baskı vardır	Metan:0,27	Kuru	30<GSI<50
7.02.2023	C 03 ÜTY	KM22L	462	Halat saplama: 3 adet Çelik Hasır: Tavan ve yanlar çift sıra Şatkrit:Yok	Arından kontrol sondajı için arın kapatılmıştır. Tavanda 50 cm boşluk vardır.	Metan: düşük	Kuru	30<GSI<50
31.01.2023	CK 02 ÜTY-2	KM22L	2,5	Halat saplama: yok Çelik Hasır: Tavan ve yanlar tek sıra Şatkrit:Yok	Şatkrit uygulaması geriden gelmektedir. Arında yaklaşık 3 m aşağı atımlı K35B fay geçişi varıdr.	Metan:%0,25	Kuru	30<GSI<50
1.02.2023	CK 02 ÜTY-2	KM22L	5,75	Halat saplama:2 adet Çelik Hasır: Tavan çift, yanlar tek sıra Şatkrit:Yok	Şatkrit uygulaması geriden gelmektedir. Arında yaklaşık 3 m aşağı atımlı K35B fay geçişi varıdr.	Metan: %0,26	Kuru	30<GSI<50
5.02.2023	CK 02 ÜTY-2	KM22L	19,75	Halat saplama:2 adet Çelik hasır, Tavan çift, yanlar tek sıra Şatkrit:Yok	Arında DB fay geçişi vardır. Fay geçişine bağlı olarak arında bozulmalar mevcuttur.	Metan:%0,26	Kuru	30<GSI<50
9.02.2023	CK 02 ÜTY-2	KM22L	26,5	Halat saplama:2 adet Çelik Hasır:Tavan çift, yanlar tek sıra Şatkrit:Yok	Arında K4DB yönlü fay geçişi vardır. Tavanda yaklaşık 1 m boşluk vardır.	Metan: %0,47	Kuru	30<GSI<50
12.02.2023	CK 02 ÜTY-2	KM22L	38,5	Halat saplama:yok Çelik Hasır:Tavan çift, yanlar tek sıra Şatkrit:Yok	Arında doğrultusu kestirilmemiş fay geçişi vardır. Son bağda tavanda dökülme vardır. Destek tahkimat yapılmaktadır.	Metan: %0,34	Kuru	30<GSI<50

Tablo 4.2 Uygun tahkimatla ilerleme planına yönelik izleme kontrol çizelgesi

Ölçüm Tarihi	Galeri Adı	Açıklık Metraj	Açıklama
31.01-12.02.2023	C 03 ATY	391,28-409,25	C 03 ATY galerisinde arın M2'de (Gri marn) dönüş yapılarak ilerlemeye devam edilmektedir. Ufak dökülmeler ve DB yönlü atımsız fay geçişleri vardır. Halat çalışmaları ilerlemenin gerisinde gelmektedir. Bozuk M2 formasyonuna uygun tahkimat yapılmamaktadır.KM2 formasyonu galeri tabanından gelmeye başlamıştır.
31.01-7.02.2023	C 03 ATY	454,75-462,00	Galeride planlanan faylı bölgeye yaklaşılmaktadır. Arında vurmalar artmıştır ve tavanda boşalmalar görünmektedir. Bozuk KM2 formasyonuna uygun tahkimat Yapılmamaktadır. İlerleme öncesinde arına slikat enjekte edilmektedir ve halat yapılmaktadır
31.01-12.02.2023	CK 02 ÜTY-2	2,50-38,50	CK 02 irtibat-1 galerisinden dönüş yapılarak CK 02 ÜTY-2 galerisine başlanmıştır. CK 02 ÜTY galerisinde karşılaşılan K35-40B faylarına CK 02 ÜTY-2 galerisinde de karşılaşılmaktadır. Bozuk KM2 formasyonuna uygun tahkimat yapılmamaktadır.



Şekil 4.5 Polyak yeraltı kömür İşletmesi CY01 alt taban yolu 50.metresi



Şekil 4.6 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 100. metresi



Şekil 4.7 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 130. metresi



Şekil 4.8 Polyak yeraltı kömür işletmesi CY01 alt taban yolu 135.metresi

Polyak Eynez A.Ş maden ocağında tavan kontrolü ve zeminin güçlendirilmesi amacıyla uygulanan periyodik tahkimat ölçümleri sonucunda;

- Taban taşı konumundaki M1 formasyonunun kömür damarının hemen altındaki seviyelerde çok zayıf kaya kütle özelliğinde olduğu görülmektedir. Hazırlık faaliyetlerinde sürülen formasyonlar olan KM2 kodlu kömür damarının kaya kütle özellikleri bakımından zayıf kaya sınıfında olduğu ve yatay gerilmelere bağlı çok dilimli yapı gösterdiği görülmüştür.
- Kömür damarına yönelik veri tabanının önümüzdeki süreçte arttırılmasına yönelik olarak jeoteknik amaçlı sondajların planlanması gerekmektedir. Bu sondajlardan elde edilecek karot numuneleri üzerinde yapılacak testlerle jeoteknik maden modelini destekleyecek test verilerine gereksinim vardır.
- Uygun görülen tahkimat modellerinden özellikle kömür içerisinde açılacak taban yollarında açıklık geometrisi ve boyutları ile kömür damar yapısının yüksek gerilme koşullarında çok parçalı, kırıklı ve değişken kütle dayanımlarına sahip olması nedeniyle şu andaki faaliyetlerde kömür damarı içerisinde sürülen galerilerde kütle dayanımları bakımından beklenenin altında bir durumun olmadığı görülmüştür.
- Ocakta yüksek miktarda yeraltı suyu gelirleri olduğu görülmektedir. Bu nedenlerle hazırlık faaliyetlerinde hem su geliri bakımından hem de gaz geliri bakımından ilerlemelerin kontrollü yapılması gerekmektedir.

4.2.Tire Linyit Haftalık Jeoteknik ve Tahkimat İnceleme Raporu

Tire linyit işletmesi 1950 yılında kurulmuş bir yeraltı linyit kömürü işletmesidir. İşletmede üretim yöntemi arkadan göçertmeli klasik uzun ayak yöntemidir. Tire linyit yeraltı kömür işletmesinde uygulanan tahkimatlar, ağaç tahkimat, demir bağ, beton kemer, hidrolik direk, çelik sarma ve domuzdamıdır.



Şekil 4.9 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TP 02 ATY 40. metresi



Şekil 4.10 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TP 02 ATY 80. metresi



Şekil 4.11 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TP 02 ÜTY 100. metresi



Şekil 4.12 Tire Linyit yeraltı kömür işletmesinde TL 02 ÜTY 150. metresi

Tire linyit işletmesinde üç ayrı galeride uygulanan haftalık ölçümler ile ilerleme planı oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda oluşturulan bu plan gösterilmektedir.

Tablo 4.3 Tire Linyit ocağı uygun tahkimatla ilerleme planı kontrol çizelgesi

Ölçüm Tarihi	Galeri Adı	Açıklık Metraj	Açıklama
25.05.2023-14.06.2023	TP 02 ATY	TP 02 ATY galerisinde arın M2'de (Gri marn) dönüş yapılarak ilerlemeye devam edilmektedir. Ufak dökülmeler ve DG yönlü atımsız fay geçişleri vardır.	İlerleme ile birlikte tavanda 1,5m kömür bırakılması planlanmaktadır. Arında kontrol sondajları devam etmektedir
25.05.2023-05.06.2023	TP 02 ÜTY	Galeride planlanan faylı bölgeye yaklaşılmaktadır. Arında vurmalar artmıştır ve tavanda boşalmalar görünmektedir.	İlerleme ile birlikte tavanda 3m kömür bırakılması planlanmaktadır. Yakın mesafede yüksek atımlı fay beklenmektedir. Arında kontrol sondajları devam etmektedir
25.05.2023-14.06.2023	TL 02 ÜTY	TL 02 ÜTY galerisinde arın M2'de (Gri marn) dönüş yapılarak ilerlemeye devam edilmektedir. Bozuk KM2 formasyonuna uygun tahkimat yapılmamaktadır	TL 02 ÜTY galerisinde karşılaşılan K30-40G fayları ile karşılaşılmaya devam edilmesi beklenmektedir. Bozuk KM2 formasyonuna uygun tahkimat yapılmalıdır

Tablo 4.4 Tire Linyit maden ocağında tahkimat, gaz ve su durumu ölçümleri

Ölçüm Tarihi	Galeri Adı	Arın	Açıklık Metraj	Kontrol Unsurları				GSI (Geological Strength Index)
				Tahkimat Durumu	Yenilme Durumu	Gaz Durumu	Su Durumu	
25.05.2023	TP 02 ATY	M2 (Gri Marn)	112,5	Demir bağ 3 adet Ağaç sarma yok	Arında fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: düşük	Kuru	30<GSI<50
03.06. 2023	TP 02 ATY	M2 (Gri Marn)	125,8	Demir bağ 2 adet Ağaç sarma yok	Arında fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: düşük	Kuru	30<GSI<50
05.06.2023	TP 02 ATY	M2 (Gri Marn)	139,6	Demir bağ yok Ağaç sarma, 3 adet	Arında DG fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: düşük	Nemli	30<GSI<50
14.06.2023	TP 02 ATY	TP2C	150,8	Demir bağ 3 adet Ağaç sarma yok	Tavanda 10m'nin üstünde boşalma vardır. Ek tahkimat yapılmalıdır	Metan: düşük	Alarm	GSI<30
25.05.2023	TP 02 ÜTY	TP2C	210,6	Ağaç sarma 4 adet Demir bağ 1 adet	Arında DG fay geçişi vardır. Arın gerisinde yoğun su geliri vardır.	Metan: düşük	Kuru	30<GSI<50
3.06.2023	TP 02 ÜTY	TP2C	235,8	Ağaç sarma 3 adet Demir bağ yok	Arında DG fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: 0,14	Kuru	30<GSI<50
05.06. 2023	TP 02 ÜTY	TP2C	255,4	Demir bağ 1 adet Ağaç sarma yok	Arında fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: düşük	Kuru	30<GSI<50
25.05.2023	TL 02 ÜTY	TP2C	65,6	Demir bağ 2 adet Ağaç sarma yok	Arında fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: 0,18	Kuru	30<GSI<50
02.06. 2023	TL 02 ÜTY	TP2C	90,5	Demir bağ 3 adet Ağaç sarma yok	Tavanda 10m'nin üstünde boşalma vardır. Ek tahkimat yapılmalıdır	Metan: düşük	Kuru	GSI<30
03.06. 2023	TL 02 ÜTY	TP2C	108,3	Demir bağ 2 adet Ağaç sarma yok	Arında DG fay geçişi vardır. Arın gerisinde yoğun su geliri vardır.	Metan: 0,25	Kuru	30<GSI<50
07.06.2023	TL 02 ÜTY	TP2C	116,5	Demir bağ 1 adet Ağaç sarma yok	Arında DG fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan:0,27	Kuru	30<GSI<50
14.06.2023	TL 02 ÜTY	TP2C	130,2	Demir bağ 2 adet Ağaç sarma yok	Arında DG fay geçişi görüldü. Faya bağlı ufak dökülmeler mevcut	Metan: 0,35	Kuru	30<GSI<50

Tire Linyit İşletmesinde tavan kontrolü ve zeminin güçlendirilmesi amacıyla uygulanan periyodik tahkimat ölçümleri sonucunda,

- C 03 ÜTY galerisinin 454. metresi yumuşak, çok parçalı ve kırıklı bir yapıda olması nedeniyle dayanımı daha yüksek demir bağlar seçilmelidir ve çevresine sık aralıklarla kamalama yapılması gerekmektedir. Galeride deforme olmuş ağaç bağlar değiştirilip yerine yeni bağların konulması (tarama) işlemi gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sahada jeoteknik amaçlı karot numunesi alınması gerekmektedir.

Ocakta az miktarda su geliri tespit edilmiştir. Üretim faaliyetlerinde sensörler yardımıyla düzenli olarak gaz geliri kontrol edilmelidir.

BÖLÜM BEŞ
DEĞERLENDİRME

Şekil 5.1 de tabaka kontrolü esaslı zemin kontrol sisteminin geliştirilmesi için uygulanan modelin akış şeması gösterilmektedir. Bu çalışma aşağıdaki model baz alınarak düzenli haftalık ve aylık ölçümlerle hasarlı ve kırılgan bölgelerin tespit edilerek bu bölgelere uygulanabilecek en doğru tahkimat tasarımın seçilmesi ve göçük olma ihtimalini en aza indirgemek hedeflenmektedir. Ülkemizdeki diğer yeraltı linyit kömürü madenlerinin de bu modelden yararlanıp modeli kendi ocaklarının formasyonuna göre entegre etmesi ve dünya madencilik sektöründeki diğer güncel gelişmeleri takip edip ocaklarındaki sağlıklı çalışma ve iş güvenliği standartlarını arttırması öneriler arasındadır.

Risk yönetimi temelli tabaka kontrol yönetim sistemi modeli oluşturulurken ilk sırada jeoteknik maden modeli oluşturulmalıdır. Jeoteknik modelleme, zeminin mühendislik açısından davranışını analiz etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu modelleme yöntemi, zeminin mekanik özelliklerini, stabilitesini, taşıma kapasitesini ve diğer önemli parametreleri belirlemek için kullanılır. Jeoteknik modelleme genellikle zemin mekaniği prensiplerine dayanır ve zeminin yüke nasıl tepki vereceğini ve zeminin stabilitesini değerlendirir. Jeoteknik model, madenciliğin başlamasından çok önce (örneğin keşif ve ön fizibilite sırasında) başlamalı ve madenin ömrü boyunca devam etmelidir. (Harris, Kirsch, Shi M, Li, Gagrani ve Krishna, 2014).

Jeoteknik maden modeli oluşturulduktan sonra ikinci aşama ampirik tasarım, kinematik analitik ve deterministik yöntemler, sayısal modelleme ve fiziksel modellemedir. Ampirik tasarım madencilik mühendisliğinde kullanılan ve pratik deneyimlere dayalı olarak geliştirilen tasarım yöntemlerini ifade eder, madencilik sektöründe genellikle günlük operasyonlarda ve karar verme süreçlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu tasarım yöntemleri genellikle belirli koşullar altında iyi sonuçlar veren, teorik temellere dayanmayan ancak geçmiş tecrübelerden elde edilen verilere dayanan yöntemlerdir. Kinematik yöntemler genellikle kaya kırılma mekanizmalarını incelemek, kaya kütlelerinin hareketini tahmin etmek ve madencilik faaliyetlerinde olası riskleri belirlemek için kullanılır. Analitik yöntemler, matematiksel ve fiziksel prensiplere dayanan ve madencilik problemlerini analiz etmek için kullanılan yöntemlerdir. Deterministik yöntemler, belirli girdi parametrelerine bağlı olarak kesin sonuçlar elde etmek için kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler genellikle madencilik projelerinde risk analizi, maden rezerv hesaplamaları ve madencilik operasyonlarının planlanmasında kullanılır. Sayısal modelleme, bilgisayar destekli simülasyon ve analiz teknikleri kullanılarak madencilik

operasyonlarını, zemin yapısını ve diğer ilgili parametreleri modelleme sürecidir. Bu yöntem, madencilik mühendisliğinde karmaşık problemleri çözmek, riskleri değerlendirmek ve karar verme süreçlerini desteklemek için kullanılır. Madencilikte fiziksel modelleme, gerçek dünya koşullarını laboratuvar ortamında veya ölçekli modeller kullanarak simüle etme sürecidir. Bu yöntem, madencilik mühendisliğinde zemin davranışını, kaya kırılmasını, taşıma kapasitesini ve diğer fiziksel özellikleri anlamak için kullanılır (Harris, Kirsch, Shi M, Li, Gagrani ve Krishna, 2014).

Ampirik tasarım, kinematik, analitik ve deterministik yöntemler, sayısal modelleme ve fiziksel modelleme çalışmaları yapıldıktan sonra madendeki tehlikeli veya potansiyel duraysız tabakalar belirlenir. Bu tabakalar hassas, kırılgan ve göçük olma ihtimali yüksek tabakalardır.

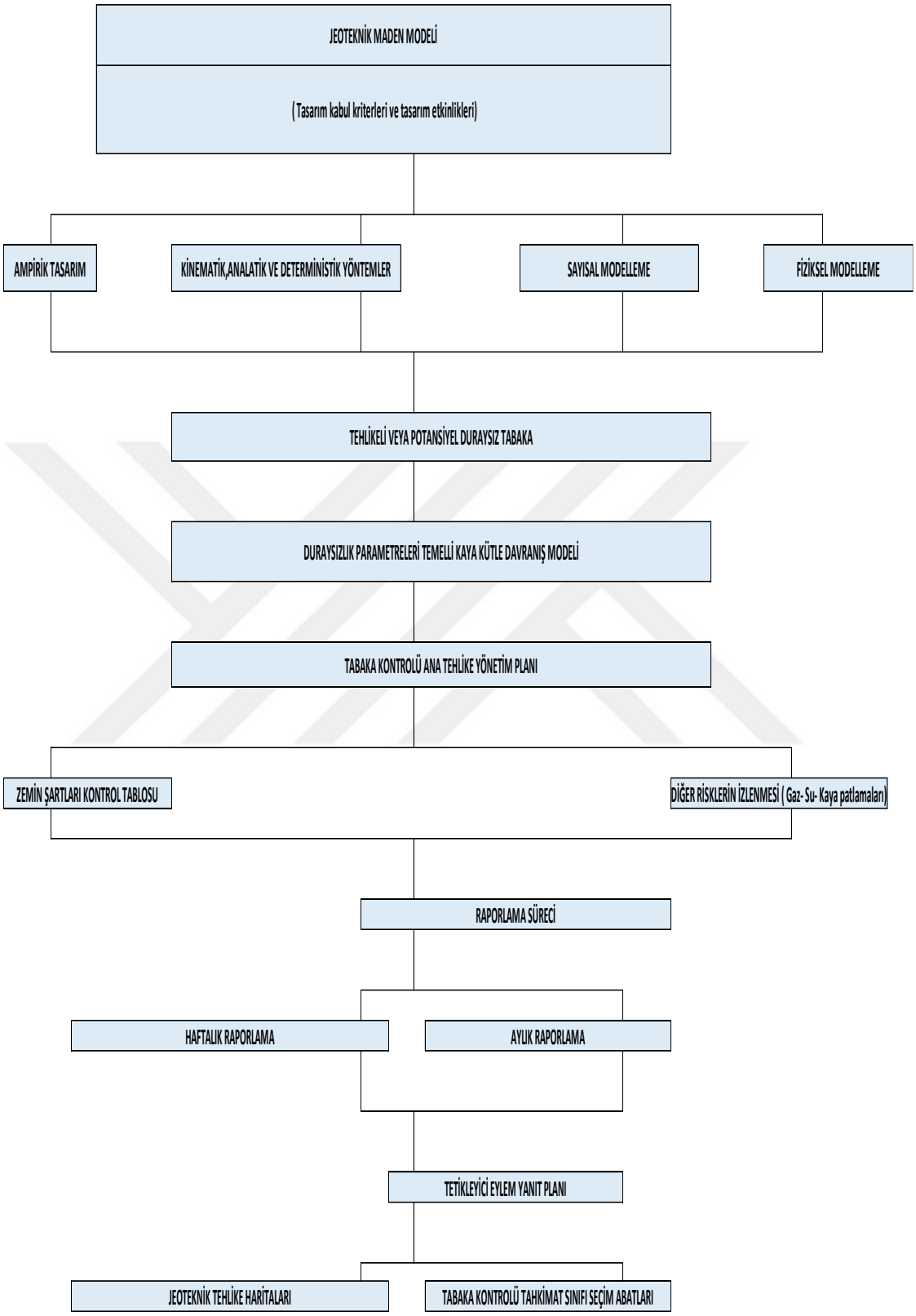
Bu tabakalar belirlendikten sonra, duraysızlık temelli kaya kütle davranış modeli oluşturulur. Bu model madenlerdeki kaya kütlesinin davranışını analiz etmek ve tahmin etmek için kullanılan bir modeldir. Bu model, kaya kütlesinin içsel özelliklerini ve dış etkenleri dikkate alarak duraysızlık parametrelerini tanımlar ve bu parametrelerin kaya kütlesinin davranışını nasıl etkilediğini açıklar. Bu tür bir model, maden mühendisliğinde güvenliğin ve verimliliğin arttırılması için önemli bir araçtır.

Duraysızlık parametreleri temelli kaya kütle davranış modeli oluşturulduktan sonra bir sonraki adım tabaka kontrolü ana yönetim planıdır. Maden işletmeciliği sürecinde tabaka kontrolünü sağlamak ve güvenliği temin etmek amacıyla geliştirilen strateji ve yönetim planıdır. Bu plan genellikle jeolojik ve jeoteknik verileri kullanarak maden yataklarının stabilitesini değerlendirir, tabaka kontrolü tekniklerini belirler ve bu tekniklerin uygulanmasını sağlar. Ayrıca acil durum planlarını içerebilir ve personelin eğitimini kapsayabilir. Bu plan hem işletmenin verimliliğini arttırmayı hem de işçi güvenliğini sağlamayı amaçlar.

Tabaka kontrolü ana yönetim planı oluşturulduktan sonra maden ocağının zemin şartları kontrol tablosu hazırlanır ve diğer riskler izlenir. Diğer riskler gaz su ve kaya patlamaları gibi diğer etmenlerden oluşan risklerdir.

Tablolar oluşturulduktan sonra raporlama sürecine geçilir. Haftalık ve aylık olarak zemin kontrol tablosu ve gaz, su, kaya patlamaları gibi diğer etmenlerden oluşan tablolar düzenlenir.

Tablolar oluşturulduktan sonra madencilik operasyonlarında beklenmedik durumlar veya acil durumlar için tetikleyici eylem yanıt planı ve jeoteknik tehlike haritaları ve tahkimat seçimi yapılarak zemini güçlendirip göçük tehlikesini önlemek için çalışmalar yapılır.



Şekil 5.1 Risk yönetimi temelli tabaka kontrol yönetim sistemi modeli

BÖLÜM ALTI
SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda yaşanan bilimsel gelişmeler yenilebilir enerji kaynaklarının teknolojik ve maliyet açısından büyük gelişmelere neden olması sağlanırken dünyada birincil enerji arzında kömür ve petrol ilk iki sıradaki yerini korumaktadır.

Güvenlik önlemleri ve teknolojik gelişmeler madenciliğe bağlı ölümleri azaltmış olsa da kazalar günümüzde hala çok yaygındır.

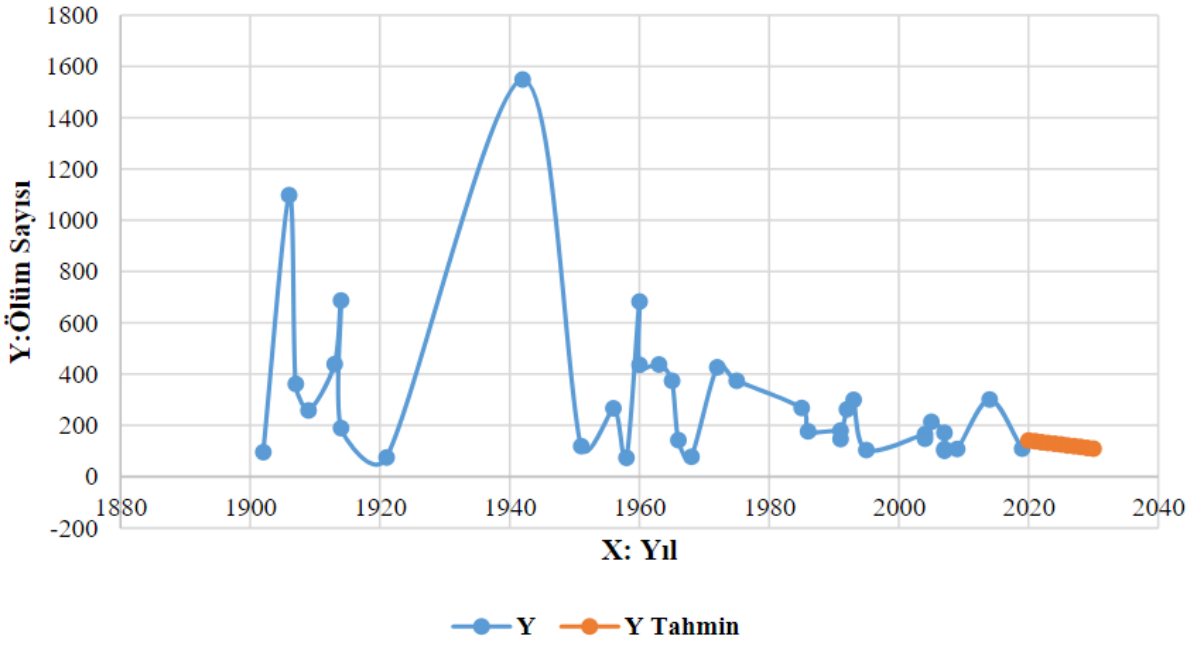
Türkiye linyit üretiminde 35 ülke arasında 4'üncü sırada yer almaktadır. Yüz kişi başına iş kazası sıklıkları sektörler arası değerlendirildiğinde maden sektörü, metal/makine ve inşaat sektörlerinin önünde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'de son 40 yılda meydana gelen büyük kömür madeni kazaları tablo 6.1'de gösterilmiştir (Özdemir, Tunca ve Çöl,2023).

Tablo 6.1 Türkiye'de son 40 yılda meydana gelen kömür madeni kazaları (Özdemir, Tunca ve Çöl,2023)

YIL	YER	ÖLÜM SAYISI	NEDEN
1983	Zonguldak/ Armutçuk	103	Patlama
1983	Zonguldak/ Kozlu	10	Patlama
1983	Amasya/ Yeni Çeltek	5	Patlama
1987	Zonguldak/Kozlu	8	Göçük
1990	Bartın/Amasra	5	Patlama
1992	Amasya/ Yeni Çeltek	68	Patlama
1995	Zonguldak/ Kozlu	263	Patlama
2003	Yozgat/ Sorgun	37	Patlama
2003	Karaman/Ermenek	10	Patlama
2005	Kütahya/Gediz	18	Patlama
2006	Balıkesir/Dursunbey	17	Patlama
2009	Bursa/Mustafakemalpaşa	19	Patlama
2010	Balıkesir/Dursunbey	13	Patlama
2010	Zonguldak/ Karadon	30	Patlama
2011	Kahramanmaraş/Elbistan	11	Heyelan
2013	Zonguldak/Kozlu	8	Patlama
2014	Karaman/Ermenek	18	Su Baskını
2014	Manisa/Soma	301	Yangın
2017	Şırnak/Cizre	8	Göçük
2022	Bartın/Amasra	42	Patlama

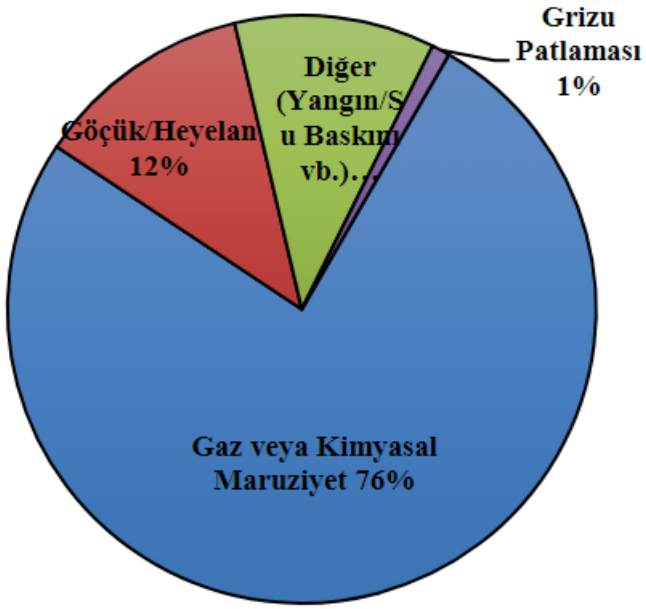
Birinci önemli faktör; ülkemizde kömür madeninden üretilen enerji birimi başına gerçekleşen ölüm oranının oldukça yüksek olduğu gerçeğidir. Bu oranın yüksek olması, aslında kömür madeninden elde edilen enerji maliyetinin işçi sağlığı ve güvenliği açısından oldukça

tehlikeli bir doğal enerji kaynağı olduğu anlamına gelmektedir. Yıllar itibariyle Türkiye'deki milyon ton başına düşen ölüm oranı ve kömür üretim miktarlarının değişimini göstermek için oluşturulan sütun grafikle de bu durum doğrulanmıştır (Şekil 6.1).



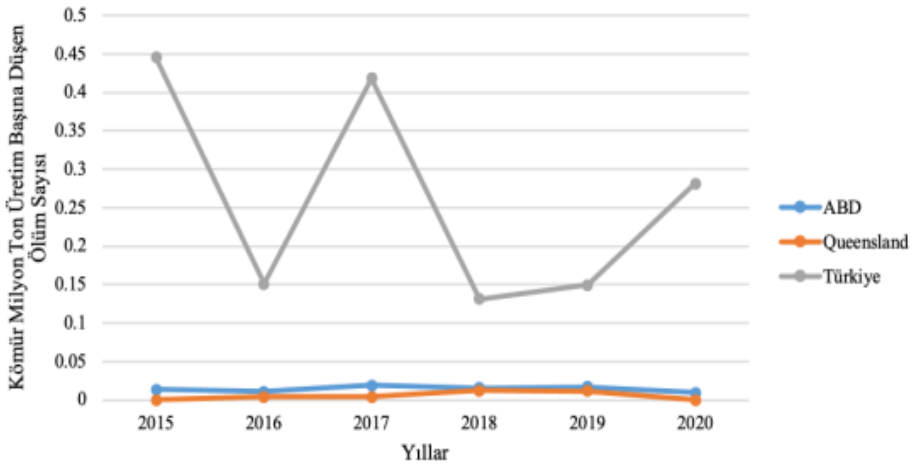
Şekil 6.1 Dünyada ölümlü maden kazaları grafiği (tahmini ve gerçekleşen) (Kahraman ve Özdemir,2019)

Şekil 6.2'de kömür madenlerinde iş kazalarının nedenlerinin dağılımı oransal olarak verilmiştir. Göçükler bu iş kaza türlerinin %12'sini oluşturmaktadır.



Şekil 6.2 Kömür madenlerinde ölümlü iş kazaları nedenlerinin dağılımı (Kahraman ve Özdemir,2019)

Şekil 6.3’ de 2015-2020 yılları arası kömür milyon ton üretim başına düşen ölüm sayısı grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 6.3 2015-2020 yılları kömür milyon ton üretim başına düşen ölüm sayısı (Güngör Gökboğa ve Kahraman,2023)

Yeraltı kömür madenciliği ölümlü kazaların en fazla görüldüğü madencilik yöntemlerinden biridir. Bu çalışma yeraltı kömür madenciliğinin risk unsurlarından biri olan göçükleri engelleme üzerine bir model oluşturup bu modelin diğer madenlerde uyarlanması ve göçük ve taş-kavlak düşmesi esaslı ölümleri en aza indirgemek amacıyla hazırlanmıştır. Sonuç olarak tabaka kontrolünü sağlamak ve zemini güçlendirip yenilmesini engellemeye çalışmak için kapsayıcı sistemlerin, prosedürlerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada iki ayrı ocaktan veriler alınarak zeminin arızalı olan yerleri tespit edildikten sonra düzeltilmesi için nasıl bir yol izlenmeli, hangi tahkimat yöntemleri kullanılmalı gibi sorulara cevaplar aranmaktadır.

Türkiye’deki yeraltı linyit kömürü işletmelerinin yanlış tahkimat uygulamaları veya tahkimat eksikliği nedeniyle ölümlü iş kazalarını önlemek veya minimum seviyeye indirgemek için Dünya’daki yüksek standartlarda çalışan işletmelerin uyguladığı güncel yenilikleri takip etmeleri ve bunları kendi ocaklarında da uygulamaları gerekmektedir.

Bu çalışma Avusturalya'daki yüksek standartlara sahip maden ocaklarının uyguladığı model doğrultusunda ilerlenip bu modelin Türkiye'deki yeraltı linyit kömürü ocaklarına bir kılavuz olması amacıyla yapılmıştır.

Türkiye'de yeraltı kömür madenciliği en tehlikeli iş sınıflarındandır ve bu nedenle Avusturalya'da uygulanmaya başlayan planla, uygula, kontrol et önlem al metodu Türkiye'deki diğer yeraltı madenlerinde de uygulanması ölümlü iş kazalarını önlemek ve üretimi aksatmamak adına büyük bir öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Akkaya, S., 2001, "Maden Sektöründe Risk Faktörleri", Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Sayı: 5, s. 38-42.

Altan Tekin, Füsun. "İş Sağlığı ve Güvenliği Önemi". Eskişehir Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 9, (1991): 329-360.

Anonim 2008.Anglo American Fatal riskstandards. Anglo American publication.

Anonim 2020: 29.Ground control management in Western Australian mining operations,

Anonim 2019.Department of Mines, Industry Regulation and Safety, 2019, Ground control management in Western Australian mining operations – guideline: Department of Mines, Industry Regulation and Safety, Western Australia,

Anonim 2016.Department of Innovation, Science and Technology. Office of the Chief Economist. Energy in Australia.

Anonim 2014.ILO, Workers and Their Representatives on Conducting Workplace Risk Assessments, A 5 STEP GUIDE for Employers, Geneva,

Anonim 2008. Mine Safety and Health Administration (MSHA), Roof and Rib Control-Coal Miner's Handbook, National Mine Health and Safety Academy,

Anonim 2015. Minerals Council of Australia. Production and resources facts,

Anonim 2021.Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. https://www.tki.gov.tr/yeralti-madenciliği.

Anglo American Coal. Operations management system-underground geotechnical. Internal Report. Report No AAMC SD-23-35-201; 2014.

Bauer, B. E. R. ve Dolinar, D. R., Skin Failure of Roof and Rib and Support Techniques in Underground Coal Mines, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Sayfa: 99-109, Pittsburgh, 1999.

Buddery P, Morton C, Scott D, Owen N. A continuous roof and floor monitoring systems for tailgate roadways. In: Proceedings of the 18th coal operators' conference. University of Wollongong; 2018.p. 72–81.

Canbulat İ, Emery J, Craig P, Naylor J, Skyes A., Development and Implementation of the "Spin to Stall" Resin Bolting System at Anglo American's Australian Underground Coal Operations; 2015.p. 337-345.

Cansu, D. (2016). Bir yeraltı taşkömürü madeninde göçük ve taş-kavlak düşmesi kazalarının kök nedenlerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Colwell M. Calibration of ALPS to Australian mining conditions. End of Grant Report, ACARP Project C6036; 1998.

Colwell M, Frith R. ALTS 2009- a ten year journey. In: Proceedings of the coal operators conference. Wollongong: University of Wollongong; 2009. p. 37–53.

C. Qing-gui, L. Kai, L. Ye-jiao, S. Qi-hua, Z. Jian, Risk management and workers' safety behavior control in coal mine, Safety Science, 50 (2012), 909- 913.

Dirik, Sait. "Madencilik Sektörü Faaliyetlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunun 6333 Sayılı. Kanun Kapsamında Risk Değerlendirmesi". Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 2016.

Düzgün, H. S. B., Analysis of roof fall hazards and risk assessment for Zonguldak coal basin underground mines, International Journal of Coal Geology, Sayı: 64, Sayfa: 104- 115, Ankara, 2005.

Einstein, H., Baecher, G. S., 1982. Probabilistic and statistical methods in engineering geology. Problem statement and introduction to solution. Rock Mechanics. 12, 47-61.

Emery,J., Canbulat, İ., Zhang C., 2020. Fundamentals of modern ground control management in Australian underground coal mines.30, 573-582.

Feng, X.T., Hudson, J.A., 2008. Specifying the required information for rock engineering modelling and design. Int. J Rock Mech Min Sci. 47, 179-194.

Fine-Kinney Metodu ile Değerlendirilmesi. Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2013 Bildiriler Kitabı, 21-22 Kasım 2013, Adana.

Güngör Gökboğa A., Kahraman M., 2023. Comparative analysis and evaluation of occupational health and safety legislation in mining. Gümüşhane Üniversitesi Fenbilimleri Dergisi. 13(3), 632-645.

Harris J, Kirsch P, Shi M, Li J, Gagrani A, Krishna A, et al. Comparative analysis of coal fatalities in Australia, South Africa, India, China and USA, 2006-2010. In: Proceedings of the 14th coal operators' conference. University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia; 2014. p. 399–407.

Hoek, E. ve Brown, E. T., Underground Excavations in Rock (İkinci Baskı), The Institution of Mining and Metallurgy, Londra, 1982.

J. Emery et al. / International Journal of Mining Science and Technology 30 (2020) 573–582.

Kızıl, M.S., Kızıl, G., Tatar, Ç., ve Köse, H., 1995, "Madencilikte ileri teknolojinin kullanımı" Madencilik Bülteni, s. 34(2): 39-47.

Köse, H., Şenkal, S., ve Aközel, A., "GLİ Tunçbilek bölgesi yeraltı işletmelerindeki kaza istatistikleri", Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 363-381, 21-25 Mayıs,1990.

K. Oraee, N. Oraee-Mirzamani, A. Goodarzi, A Management System to Develop Occupational Health & Safety in Ground Control Operations of Underground Mines, 31st International Conference on Ground Control in Mining, ss. 1–8, 2011.

Kahraman, E. Özdemir.A. (2019). Kömür Madenciliğinde Ölümlü İş Kazalarının Karşılaştırılması: Türkiye- Çin Örneği. Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İşçi Güvenliği Sempozyumu Tam Metin Bildiri Kitabı.s. 110-118.

Lenne, T.M., Salmon, P. M., Liu, C. C., Trotter, M., A systems approach to accident causation in mining: An application of the HFACS method, Accident Analysis and Prevention, Sayı: 48, Sayfa: 111–117, 2012.

Mark C. Pillar design methods for longwall mining. Information Circular 9247. Bureau of Mines; 1990.

MİGEM (2016). Maden İşleri Genel Müdürlüğü Kurumu. http://www.migem.gov.tr/sozluk.

Özdemir, C., Tunca, B., Çöl, M., Mining Accidents in the World and in Turkey. 7(2), 109-118,2023.

Özfirat, M.K., Şimşir, F, and Gönen, A., "A brief comparison of Longwall Methods used at mining of thick coal seams", The 19th International Mining Congress and Fair of Turkey, IMCET2005, Izmir, Turkey, 141-144, June 9-12, 2005

Özfırat M. K., Yetkin M.E., Şimşir F., ve Kahraman B., 2013; Uzunayak Üretiminde Risklerin Fine-Kinney Metodu ile Değerlendirilmesi. Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2013 Bildiriler Kitabı, 21-22 Kasım 2013, Adana.

Özkılıç, Ö., Risk Değerlendirmesi (Birinci Baskı), Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, Ankara, 2014.

Palmström, A., 1995. RMi – a rock mass characterization system for rock engineering purpo ses. Doktora Tezi, Oslo Uni., Norveç

P. X. W. Zou, Y. X. Yu Wilson, C. S. Sun Adam, An Investigation Of The Viability Of Assessment Of Safety Risks At Design Of Building Facilities In Australia, 2016.

Polyak Eynez A.Ş (2021). KINIK / ELMADERE yeraltı kömür madeni hazırlık galerilerinin açılması çalışmaları hakkında bilimsel ve teknik görüş raporu,Onargan,T: Yazar

Polyak Eynez A.Ş (2022). KINIK / ELMADERE yeraltı kömür madeni hazırlık galerilerinin açılması çalışmaları hakkında bilimsel ve teknik görüş raporu, Onargan,T: Yazar

Plum, D., 1994, "Die Strebtechnik im deutschen Steinkohlenbergbau 1993", Glückauf 130 Nr.l2, s.759-765

Salamon MDG, Galvin JM, Hocking G, Anderson I. Coal pillar strength from back-calculation. Research Report 1/96. Sydney: University of New South Wales; 1996.

Sekmen M., Zengin M. (2023). Analysis of Occupational Accidents in Turkey Mining Industry and Future Perspectives,35(2),246-258.

Tatar, Ç., Özfirat, K., "T.K.İ.-E.L.İ. Eynez yeraltı linyit ocağında 1992 ve 2000 yılları arasındaki kazaların araştırılması", Türkiye 13. Kömür Kongresi, Zonguldak, 61-73, 29-31 Mayıs, 2002.

Toygar, Ş. A. & Orhaner, E. (2018). Madencilik Sektörünün İş Sağlığı ve Güvenliği

Politikaları Açısından Politika Haritalama Yöntemiyle Analizi. Çalışma ve Toplum, 3 (58), 1253-1286.