

**BİR KÖMÜR MADENİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
RİSK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN UYGUN YÖNTEM
SEÇİMİ**

**APPROPRIATE METHOD SELECTION FOR
OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISK
ASSESSMENT IN A COAL MINE**

DERYA KOÇAK

PROF. DR. BAHTİYAR ÜNVER
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2019

DERYA KOÇAK’ ın hazırladığı “Bir Kömür Madeninde İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi için Uygun Yöntem Seçimi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**’ nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

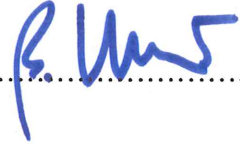
Prof. Dr. Nuray DEMİREL

Başkan



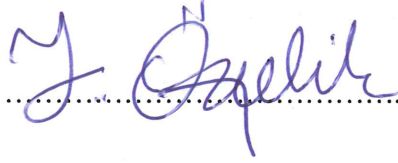
Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

Danışman



Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ERKAYAOĞLU

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Fırat ATALAY

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak/...../..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15.02/2019

Derya Koçak

DERYA KOÇAK

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma ama iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan *“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”* kapsamında tezimin aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren Ay ertelenmiştir.

☐ Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

.15.. / .02. / .2019.



DERYA KOÇAK

ÖZET

BİR KÖMÜR MADENİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN UYGUN YÖNTEM SEÇİMİ

DERYA KOÇAK

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

Şubat 2019, 127 sayfa

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi içindeki önemli adımlardan biri risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirmesinde kullanılan birçok nicel ve nitel yöntem bulunmaktadır. Bunlar arasından işletme için uygun yöntemi seçmek, amacına uygun ve başarılı bir risk değerlendirmesi yapılması açısından oldukça önem arz etmektedir.

Bu amaç doğrultusunda Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessesesi için en uygun risk değerlendirme yöntemini seçmek amacıyla bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Çalışmada L Tipi 5×5 Matris, Olası Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA), Papyon Analizi, İş Güvenliği Analizi olmak üzere dört yöntem ele alınmıştır. Bu yöntemler belirlenen yedi kriter doğrultusunda değerlendirilmiş ve belirlenen uygun yöntem papyon analizi olmuştur. Çalışma müessesede risk değerlendirme ekibinde yer alan iki maden mühendisi ile birlikte yürütülmüştür. Aynı zamanda bir çalışma ve sosyal güvenlik eğitim uzmanı gözlemci olarak katılmıştır.

Papyon analiziyle yapılan örnek çalışmada BowTieXP programı kullanılmıştır. Kimyasal tehlikeler altında metan gazı ve yer altı yangını analiz edilmiştir. Çalışmada tepe olaylar sırasıyla patlayıcı ortamın oluşması ve ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi olarak tanımlanmıştır. İlk analiz için 11 tehdit ve 9 sonuç, ikinci analiz için 9 tehdit ve 9 sonuç tanımlanmıştır. Her iki analizde de tehditler ve sonuçlar için kontrol

tedbirleri belirlenmiş ve bunların ayrıntılı analizi yapılmıştır. Sonuçları değerlendirmek için risk matrisleri kullanılmıştır. Genel olarak risk azaltma önlemlerinin alınması ve sürekli iyileştirme ve izlemenin gerekliliği sonucuna varılmıştır. Kabul edilemez risk düzeyi tanımlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Değerlendirmesi, Bulanık TOPSIS, L Tipi 5×5 Matris, Olası Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA), Papyon Analizi, İş Güvenliği Analizi



ABSTRACT

APPROPRIATE METHOD SELECTION FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISK ASSESSMENT IN A COAL MINE

DERYA KOÇAK

Master of Science, Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

February 2019, 127 pages

Risk assessment is one of the most important steps in the occupational health and safety management system. There are many quantitative and qualitative methods used for risk assessment. Selection the appropriate method for the plant has great importance to carry out successful risk assessment.

For this purpose, fuzzy TOPSIS was used to select the most appropriate method for Turkey Hard Coal Enterprises Kozlu Institution. In the study, four methods were discussed: L Type 5×5 Matrix, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Bowtie Analysis and Job Safety Analysis. These methods were evaluated in accordance with the seven criteria and the appropriate method was determined as bowtie analysis. The study was conducted together with two mining engineers in the risk assessment team of institution. At the same time, one labour and social security training expert participated as an observer.

BowtieXP program was used in the case study. Methane gas and underground fire were analyzed under chemical hazards. Top events were defined as the formation of an explosive atmosphere and contact of the ignition source with the combustible material. For the first analysis, 11 threats and 9 consequences and for second analysis, 9 threats and 9 consequences were defined. In both analyzes, barriers for threats and consequences were determined and detailed analysis of these barriers was carried out. Risk matrices

were used to evaluate the results. Generally, it was concluded that risk mitigation measures should be taken, and continuous improvement and monitoring were needed. The intolerable risk level is not defined.

Keywords: Occupational Health and Safety, Risk Assessment, fuzzy TOPSIS, L-type 5×5 matrix, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Bowtie, Job Safety Analysis



TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, desteğini benden esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bahtiyar Ünver'e,

Bu tezin yürütümünde çalışmama değerli katkılarıyla destek veren Türkiye Taş Kömürü Kurumu çalışanları F. Ahmet Sarıalioğlu'na, Burhan Arık'a, Yasin Sever'e ve çalışma ve sosyal güvenlik eğitim uzmanı olan Burak Ayan'a,

Değerli yorumlarıyla tezime katkı sağlayan saygıdeğer jüri üyelerine,

Tez çalışmam sürecinde değerli katkıları ve manevi desteğinden dolayı eşim Çağrı Koçak'a ve en kıymetlime oğlum Ömer Berkay Koçak'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER.....	viii
ŞEKİLLER	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Çalışmanın Yöntemi	2
1.3. Tez İçeriği	3
2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE TEMEL İLKELER	5
3. RİSK DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ VE YÖNTEMLERİ	9
3.1. Tasarım Sürecinde Risk Değerlendirmesi	12
3.2. Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	14
3.2.1. L tipi 5x5 Matris	16
3.2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA).....	18
3.2.3. Papyon Analizi.....	22
3.2.4. İş Güvenliği Analizi.....	25
4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ YÖNTEM SEÇİMİ	29
4.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar.....	29
4.2. Bulanık TOPSIS ile Risk Değerlendirmesi Yöntem Seçimi	31
5. YER ALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ.....	41
5.1. Yer altı kömür madenciliği tasarım sürecinde risk yönetimi.....	44
5.2. Dünyada Yer altı Kömür Madenciliği İş Kazaları ve İş Sağlığı ve Güvenliği Tehlike Sınıflaması	47
6. TÜRKİYE KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARI ANALİZİ.....	54
6.1. Türkiye Kömür Madenciliğinde Meydana Gelen İş Kazalarının Nedenleri	59
6.2. Zonguldak Havzası Ölümlü İş Kazaları Analizi.....	63

7. İŞLETMEYE EN UYGUN YÖNTEM SEÇİMİ.....	69
7.1. İşletme Bilgileri	69
7.2. Bulanık TOPSIS Uygulaması	70
7.3. Papyon Analizi ve Sonuçları	77
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	97
EK-1	106
EK-2	107
EK-3	108
EK-4	110
EK-5	123
ORJİNALLİK RAPORU.....	124
ÖZGEÇMİŞ.....	125

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1 L Tipi 5x5 Matris risk olasılığının belirlenmesi	17
Çizelge 3.2 L Tipi 5x5 Matris risk şiddetinin belirlenmesi	17
Çizelge 3.3 L Tipi (5x5) risk skoru derecelendirme matrisi	18
Çizelge 3.4 L tipi 5x5 Matris risk önem gösterge çizelgesi	18
Çizelge 3.5 Zararın oluşma olasılığı (O) derecelendirme çizelgesi	21
Çizelge 3.6 Zararın şiddetini (A) derecelendirme çizelgesi	21
Çizelge 3.7 Saptanabilirlik (S) derecelendirme çizelgesi	22
Çizelge 3.8 Risk skoru derecelendirme matrisi	25
Çizelge 3.9 Risk olasılığının belirlenmesi	27
Çizelge 3.10 Risk şiddetinin belirlenmesi	27
Çizelge 3.11 Risk skoru derecelendirme matrisi	28
Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan bulanık TOPSIS ifadelerinin açıklamaları	35
Çizelge 4.2 Kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler ve bulanık karşılığı	37
Çizelge 4.3 Değerlendirmeler için dilsel değişkenler ve bulanık karşılığı	37
Çizelge 5.1 Kömür madenlerinde iş sağlığı ve güvenliği risk sınıflandırması	50
Çizelge 6.1 Türkiye' de iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı ve ölüm sayısı	54
Çizelge 6.2 Türkiye' de madencilik sektörü için iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı	54
Çizelge 6.3 Türkiye' de iş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları ve iş kazası sonucu ölen sigortalı sayısı	55
Çizelge 6.4 Madencilik sektöründe meydana gelen kazalar.....	57
Çizelge 6.5 Kömür madenciliği sektöründe meydana gelen kazalar.....	57
Çizelge 7.1 Kriterlerin önem ağırlıklarının karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.....	72
Çizelge 7.2 Seçeneklerin tüm kriterler altında değerlendirilmesi	73
Çizelge 7.3 Çizelge 7.2' den yararlanarak elde edilen bulanık karar matrisi	74
Çizelge 7.4 Seçeneklerin bulanık ağırlıkları.....	74
Çizelge 7.5 Normalize edilmiş bulanık karar matrisi	75
Çizelge 7.6 Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi	75
Çizelge 7.7 Sonuç çizelgesi.....	76
Çizelge 7.8 Metan Gazı - Patlayıcı ortam oluşması / Nedenler (Tehditler)	83

Çizelge 7.9 Metan Gazı - Patlayıcı ortam oluşması / Sonuçlar	84
Çizelge 7.10 Yer altı yangını - Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi /Nedenler (Tehditler)	85
Çizelge 7.11 Yer altı yangını - Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi /Sonuçlar	87
Çizelge 7.12 Metan gazı / Risk matrisi	91
Çizelge 7.13 Yer altı yangını / Risk matrisi	91



ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Ana süreç birimlerinin tasarımı aşamasında tehlike değerlendirme süreci	14
Şekil 3.2 Risk değerlendirme yöntemleri sınıflandırması	15
Şekil 3.3 Risk değerlendirme yöntemleri	16
Şekil 3.4 FMEA süreci	20
Şekil 3.5 Papyon diyagramı	24
Şekil 3.6 İş güvenlik analizi aşamaları	26
Şekil 4.1. Bulanık çok kriterli karar verme yönteminde izlenecek süreç	33
Şekil 4.2. Üçgen bulanık sayılar, n.....	36
Şekil 5.1 Risk yönetim süreci	41
Şekil 5.2 Ayrıntılı risk yönetim süreci	43
Şekil 5.3 Bir kömür madeninde risk yönetimi sistemi	44
Şekil 5.4 Tasarım ve risk yönetimi birleşimine sistematik bir yaklaşım	46
Şekil 5.5 Ekonomik faaliyete göre ölümcül ve ciddi kazalar, AB-28, 2014 (Ciddi ve ölümcül kazalar %).....	48
Şekil 5.6 Yer altı kömür madenciliğinde iş kazası ve meslek hastalıklarının nedenleri	49
Şekil 5.7 Tehlike teorisine dayalı kömür madeni kazası nedensellik modeli	50
Şekil 6.1 Türkiye’ de maden alt sektörlerindeki iş kazası geçiren sigortalı sayısı yüzdelik dağılımı	56
Şekil 6.2 Türkiye’ de maden alt sektörlerindeki ölüm sayıları	56
Şekil 6.3 İş kazaları arasında maden ve alt sektörlerinin dağılımı (2013-2017)	58
Şekil 6.4 Ölüm sayıları arasında maden ve alt sektörlerinin dağılımı (2013-2017)	58
Şekil 6.5 Türkiye’ de kömür madenciliğinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında ..	59
Şekil 6.6 Üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölümlü iş kazası sayısı	63
Şekil 6.7 Üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm sayısı (1970-2017)	64
Şekil 6.8 TTK ölümlü iş kazası sebeplerinin yüzdelik dağılımı.....	64
Şekil 6.9 TTK iş kazası sebeplerine göre ölen kişi sayısının yüzdelik dağılımı	65
Şekil 6.10 Yaş gruplarına göre ölen kişi sayısının yüzdelik dağılımı	66

Şekil 6.11 TTK üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm olayının kaza sebeplerine göre dağılımı.....	66
Şekil 6.12 TTK üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm sayılarının kaza sebeplerine göre dağılımı	67
Şekil 7.1 Papyon diyagramı örneği – Metan Gazı.....	80
Şekil 7.2 Papyon diyagram örneği – Yer altı yangın.....	81
Şekil 7.3 Papyon analizi matrisi	82
Şekil 7.4 Papyon analizi matris değerlendirmesi örneği	82



1. GİRİŞ

Kömür madenciliği endüstrisi dinamik yapısı ile üretim süreçlerine temel girdi oluşturmaları ve tercih edilen bir enerji kaynağı olması nedeniyle ülke ekonomileri için önemini sürdürmeye devam etmektedir. Türkiye’de kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımına bakıldığında 2017 yılı üçüncü çeyrek sonu itibarı ile kömür %22,12’lik bir paya sahiptir [1]. Ulusal ekonomiye önemli katkı sağlayan madencilik sektörü, son beş yıllık SGK verilerine göre iş kazası geçiren sigortalı sayılarına bakıldığında ilk dört sektör arasında, iş kazası kaynaklı ölüm sayılarına bakıldığında ikinci sırada yer almaktadır [2]. Kömür madenciliğinde meydana gelen kazalardan sadece çalışanlar değil işverenler bazında sektör, ülke yönetimleri ve toplum ciddi şekilde etkilenmektedir [3, 4]. Sektörün riskli olmasının önde gelen sebepleri sürekli değişim gösteren, dinamik çalışma koşulları ve farklı jeolojik yapılanmalarda üretim yapılması, çalışanların bu koşullara uyum sağlamak zorunda olması, maden arama, üretim, zenginleştirme ve nakliye gibi tehlike barındıran faaliyetler içermesidir [5].

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de iş sağlığı ve güvenliği yönetim anlayışı sanayileşme ve teknoloji ile birlikte gelişmektedir. İşletmelerde olumsuz çalışma koşullarından ve insan hatalarından kaynaklı yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları çalışanlara zarar vererek işletmeye ciddi yük getirmekte ve işletmenin verimliliğini etkilemektedir. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı sadece çalışanları korumak ve iyileştirmek değil aynı zamanda iş yeri verimliliğini ve karlılığını da korumak ve ilerletmektir [6, 7].

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi için temel adım risk değerlendirmesidir. İşyeri faaliyetlerinden kaynaklanan çalışanlara, çevreye ve üretime zarar verebilecek tehlikeleri en aza indirmek için yürütülen sistematik bir çalışma olan risk değerlendirmesinin temel amacı, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak, işin verimli ve rekabet edebilir düzeyde olmasını sağlamaktır [8, 9].

Türkiye’de bu alanda yapılan düzenlemeler Avrupa Birliği (AB) mevzuatı doğrultusunda çıkarılan 4857 sayılı İş Kanunu, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanunlar çerçevesinde oluşturulan çeşitli yönetmeliklerden oluşmaktadır. Risk

değerlendirmesinin düzenlendiği temel yasal mevzuatlar “6331 İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” ve 29 Aralık 2012 tarih ve 28512 sayılı “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği” dir.

Bir işletmede iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yapılan tüm çalışmalar o işletmeye özgü olmalıdır. Bu çalışmalar yapılırken çalışma ortamı, çalışan profili, kullanılan malzeme ve ekipmanlar, üretim yöntemi gibi birçok husus göz önünde bulundurulur. Çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak ve güvenli çalışma ortamıyla beraber verimliliği artırmak amacıyla yapılan risk değerlendirmesi de yapılan işletmeye özgü olmalıdır. Risk değerlendirmesinde kullanılan birçok niteliksel ve niceliksel yöntem bulunmaktadır. Bunlar arasında işletme için en uygun yöntemi seçmek, amacına uygun ve başarılı bir risk değerlendirmesi yapılması açısından büyük önem arz etmektedir [10, 11].

Çalışma ile kömür işletmelerinde yasal zorunluluğu bulunun risk değerlendirmesi çalışmalarında temel kavram ve yöntemleri ortaya koymak ve Türkiye Taşkömürü Kurumu Kozlu Müessesesi için uygun risk değerlendirme yöntemini seçerek işletme için örnek bir çalışma yapmak amaçlanmıştır.

Madencilik sektöründe risk değerlendirmesi yöntemi seçiminde bulanık TOPSIS kullanımı ile sektör için yeni bir bakış açısı geliştirilmiş ve bu alanda yapılan çalışmalar kapsamında literatüre katkı sunulmuştur.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada, TTK Kozlu Müessesesine en uygun risk değerlendirmesi yöntemi belirleyebilmek amacıyla L Tipi 5×5 Matris, Hata Türleri ve Etki Analizi, Papyon Analizi ve İş Güvenliği Analizi yöntemleri arasından seçim yapmak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan “Bulanık TOPSIS” kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS, grup olarak karar vermeyi gerektiren problemlerde insan yargı ve düşünceleri devreye girdiğinde ortaya çıkan belirsizlik durumlarında kullanılan yöntemlerden biridir. Çalışmada bulanık TOPSIS kullanımının tercih edilmesinin nedeni az karar vericinin ve seçeneğin olduğu problemler için ideal bir yöntem olması ve sistematik sürecinin diğer yöntemlere göre basit ve hızlı olmasıdır [12, 13, 14].

Bulanık TOPSIS uygulamasında risk değerlendirmesi yöntemi seçimi için öncelikle karar vericiler olarak adlandırılan 3 kişilik risk değerlendirme ekibi oluşturulmuştur. Daha sonra literatür, işletmenin koşulları ve risk değerlendirmesi için işletme kaynakları değerlendirilerek 7 kriter belirlenmiştir. Ele alınan bu dört yöntem karar vericilerin değerlendirmeleri ile belirlenen kriterler doğrultusunda kendi aralarında karşılaştırılmış ve işletmeye uygun yöntem olarak Papyon Analizi seçilmiştir.

Papyon analizi olay ağacı analizi ve hata ağacı analizi yöntemlerinin birleşiminden oluşan şematik analizlerden biridir. Tehlikeleri (tehdit), sonuçları ve alınan kontrol tedbirlerini (tehdit bariyerleri ve sonuç bariyerleri) tek bir şemada sunan papyon analizi kaza sonuçlarının ağır olduğu sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [15, 16]. Çalışmada işletme için kimyasal tehlikeler altında yer alan metan gazı ve yer altı yangını Papyon Analizi kullanılarak BowTieXP programı ile değerlendirilmiştir. Bu iki tehlike için tepe olaylar sırasıyla patlayıcı ortam oluşması ve ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi olarak tanımlanmış ve tehditler, sonuçlar, bariyerler ve bariyerlerin durumu analiz edilerek işletmeye özgü sonuçlar irdelenmiştir. Papyon analizi çalışmasını desteklemek amacıyla işletmede daha önce yapılan risk değerlendirme çalışması, geçmiş kayıtlar, mevcut durum, çalışma ortamı, ilgili mevzuat, standartlar ve literatür incelenmiştir. Ayrıca tehlikelerin ortaya konması amacıyla işletmede meydana gelen ölümlü iş kazalarının istatistiksel analizi yapılmıştır.

1.3. Tez İçeriği

Çalışma giriş, iş sağlığı ve güvenliğinde temel ilkeler, risk değerlendirme metodolojisi ve yöntemleri, risk değerlendirmesi yöntemi seçimi, yer altı kömür madenciliğinde risk yönetimi, Türkiye’de yer altı kömür madenciliği iş kazaları analizi ve nedenleri, işletmeye en uygun yöntem seçimi, sonuç ve öneriler olmak üzere sekiz ana bölümden oluşur.

Giriş bölümünde çalışmanın önemi, amacı, kapsamı, yöntem ve planı yer alır.

Ara bölümler altı ana başlıktan oluşur. İş sağlığı ve güvenliğinde temel ilkeler bölümünde iş sağlığı ve güvenliğinin temel ilkeleri, tasarım aşamasında nasıl ele alınması gerektiği hakkında bilgiler yer alır. Risk değerlendirmesi metodolojisi ve yöntemleri bölümünde

risk değerlendirmesi metodolojisi, tasarım sürecinde risk değerlendirmesi, risk değerlendirme yöntemleri sınıflandırması ile madencilik sektöründe sık kullanılan ve tezde ele alınan yöntemler hakkında bilgiler yer alır. Risk değerlendirmesi yöntemi seçimi bölümünde yöntem seğiminin önemi ve seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar, yöntem seçiminde kullanılan bulanık TOPSIS hakkında bilgiler yer alır. Yer altı kömür madencilikinde risk yönetimi bölümünde risk yönetimi ve tasarım aşamasında risk yönetimi hakkında bilgiler ile tehlike sınıflandırması için yapılan ęalıřmalar yer alır. Türkiye’de yer altı kömür madencilikindeki iş kazaları analizi ve nedenleri bölümünde yaşanan maden kazalarının temel nedenleri ile yer altı kömür madenlerinde yaşanan iş kazalarının ve Zonguldak havzasına ait ölümlü iş kazalarının analizi yer alır. İşletmeye en uygun yöntem seçimi bölümünde TTK Kozlu Müessesesi hakkında genel bilgi, bulanık TOPSIS ęalıřması sonuçları ve bu ęalıřma sonucu seğilen papyon analizinin örnek uygulaması yer alır.

Son olarak sonuçlar ve öneriler bölümde, bulanık TOPSIS ve risk değerlendirmesi ęalıřmalarının sonuçları ve bu sonuçların analizi yer alır.

2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE TEMEL İLKELER

Uluslar arası Çalışma Örgütü (ILO), İş Sağlığı ve Güvenliğini “işyerinden veya işyeri çevresinden kaynaklanabilecek ve çalışanların sağlığını ve refahını bozabilecek tehlikelerin tahmin edilmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesi bilimi” olarak tanımlar [17].

Temel amacı çalışanların sağlığını ve refahını korumak ve iyileştirmek olan iş sağlığı ve güvenliğinin diğer amaçları [6];

- Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmasıyla çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal refahının korunması
- Mesleki ve sosyal gelişimlerini destekleyerek kişilerin çalışma kapasitelerinin korunması ve geliştirilmesi
- Sosyal ve mesleki açıdan çalışanları destekleyerek üretken bir hayat yaşamaları ve ülke kalkınmasına olumlu katkı sunmalarınıdır.

İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan uluslararası düzenlemeler ile ülkelerin çıkarmış olduğu mevzuatlar çalışma hayatına yön vermektedir.

Uluslararası düzeyde yapılan düzenlemeler arasında 1919 yılında Milletler Cemiyetinin kurduğu Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)’nün yaptığı sözleşmeler ve tavsiye kararları önem arz etmektedir. ILO tarafından yürütülen çalışmaların başında tüm üye ülkelerde uygulanmak üzere 1981 yılında yayımlanan “İş Sağlığı ve Güvenliği ve Çalışma Ortamına İlişkin 155 Sayılı Sözleşme” ve 1985 yılında yayımlanan “İş Sağlığı Hizmetlerine İlişkin 161 Sayılı ILO Sözleşme”si gelmektedir. Sözleşmelerin ana hedefi üye ülkelerin bu alanda ulusal bir politika geliştirerek uygulaması ve düzenli olarak gözden geçirmesidir [18]. Bir diğer uluslararası düzenleme “Çalışanların İşyerindeki Güvenliklerini ve Sağlıklarını İyileştirmeye Teşvik Eden Önlemler Hakkındaki AB Çerçeve Yönergesi” (Yönerge 89/391/EEC, 12 Haziran 1989)’dir. Yönerge, çalışma hayatının tamamında uygulanmak üzere İSG yönetimi için gerekli olan genel süreçlerin oluşturulmasıyla çalışanların sağlık ve güvenliklerinin sürekli olarak iyileşmesini amaçlayarak sistematik çalışmalara öncülük etmiştir.

İş Sağlığı ve güvenliği ile ilgili çok sayıda Avrupa standardı bulunmaktadır. Bunlar arasında İngiliz standardı olan ve uluslararası standart organizasyonu (ISO) tarafından tanınan OHSAS 18001 (Mart 2018 tarihinde ISO 45001:2018 olarak düzenlenmiştir) dünyada kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan bir iş sağlığı ve güvenliği standardıdır [19]. OHSAS 18001 standardı diğer standartlarda olduğu gibi sürekli gelişmeyi amaçlayan bir iş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin kurulmasını amaçlamaktadır. Bu yönetim sistemi iş sağlığı ve güvenliği politikası oluşturulduktan sonra planlama, uygulama, kontrol etme ve önlem almayı içeren sistematik bir süreçtir [9, 20].

Dünya genelinde çalışma hayatında işe bağlı ölümler azımsanmayacak sayıdadır. ILO verilerine göre 2 milyona ulaşan işe bağlı ölümlerin nedenleri arasında yer alan iş kazaları tüm nedenlerin %19'unu oluşturmaktadır. İşle ilgili ölüm nedenleri incelendiğinde gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği görülür. Bu farklılığın birçok sebebi olmakla beraber öne çıkan sebepler makineleşmenin boyutu, emek yoğun işlerin yapılması, iklim koşulları, işle ilgili tehlikeler hakkında bilinç düzeyi ve eğitim seviyeleri, enerji tüketimi, karmaşık makine ve ekipman kullanımı, kimyasallar ve kullanım miktarları, üretim miktarına bağlı olarak vardiyalı çalışma sistemi, bulaşıcı hastalıkların varlığı, ülkenin sağladığı yaşam kalitesi ve ortalama yaşam süresi şeklindedir [7].

Gelişmekte olan ülkelerde ölümlü ve yaralanmalı kaza oranlarının hızla artmasının nedenleri yeni sektörlerin gelişmesi; çalışma koşullarının değişmesi ve gelişmesi; güvenlik kültürü eksikliği; çalışanların eğitimi ve kültürlerinin bu değişimi yakalayamaması; iş sağlığı ve güvenliğinin proje ve tasarım aşamasında ele alınmamasıdır [7, 21, 22].

Çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği risklerine; bir işletmenin inşası, üretime geçme aşaması, üretim süreci, bakım onarım süreci, kapatma ve rehabilitasyon sürecinde maruz kalabilir. Tüm bu süreçlerde sağlık ve güvenliği sağlamak için güvenli bir tasarım yapılmış olması gereklidir. Güvenli tasarımın amacı, tasarım süreci ile kontrol tedbirlerinin bütünleşmesini sağlayarak çalışanların işletme ömrü boyunca maruz kalabileceği iş sağlığı ve güvenliği risklerini ortadan kaldırmak, eğer mümkün değilse bu riskleri tasarım aşamasında olabildiğince en aza indirmektir. Aynı zamanda çalışan performansını, iş

doyumunu ve verimliliği en uygun seviyede tutmaktır. İşletme süresince iş sağlığı ve güvenliği amaçlarının gerçekleştirilmesi için iyi bir tasarım süreci gereklidir. Tasarımda sağlık ve güvenlik; tesisleri, donanımları, sistemleri, ekipmanları, ürünleri, aletleri, malzemeleri, enerji kontrollerini, yerleşim ve düzenler de dâhil olmak üzere tüm tasarımı kapsamalıdır [22-24].

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. Bu süreçte karar vericileri ve liderleri devreye alır, işi yapacak kişileri, tedarik zinciri ve ağı da kapsayacak şekilde sürece dâhil eder. Tehlikeleri tanımlama, değerlendirme ve risk kontrolü ile sürekli iyileştirme gerektirir, uzmanlardan, bulgulardan ve deneyimlerden yararlanır [21, 25].

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. Örneğin İngiltere’de inşaat yönetmeliğinde tasarım aşamasında güvenlik risklerinin ortadan kaldırılması yer almaktadır. Amerika İnşaat Mühendisleri Odası (ASCE)’na göre inşaat planları ve şartnameleri hazırlanırken güvenlik ve inşa edilebilirlik hususlarından mühendisler de sorumlu tutulmuştur ve inşaatlar için Proje Öncesi ve İş Öncesi Güvenlik ve Sağlık Planlaması standardı yayınlanmıştır. Avustralya’nın çeşitli eyaletlerinin yasalarında da tasarımcılar için benzer sorumluluklar bulunmaktadır [21, 26].

Projelerde iş sağlığı ve güvenliğini önemli kılan diğer hususlardan biri tasarım aşamasında güvenlik önlemlerinin alınması ile iş kazalarının büyük bir kısmının önlenmesidir. HSE (2004)’e göre tasarım aşamasında uygun kontrol tedbirleri alınmış

olsaydı kazaların %47'si önlenebilirdi. Avustralya Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Komisyonuna (2003) göre belirlenen 210 ölümlü iş kazasının %42'sinin nedeni kesinlikle ya da büyük olasılıkla tasarımdan kaynaklıdır [21, 27]. Tasarımda güvenlik risklerinin belirlenmesi ve ortadan kaldırılmasını önemli kılan diğer bir husus maliyet açısından temel oluşturmasının yanında verimlilik, çevresel zararların azalması, tasarım eksikliğinin sonradan düzeltilmesinin maliyeti ve olumsuz yönleri olarak karşımıza çıkmaktadır [21, 28].

Manuele (1997) tasarımda güvenlik yaklaşımı için yapılması gerekenleri etkinlik ve önem derecesine göre aşağıdaki şekilde sıralamıştır [29];

- Tehlikeyi önleyecek veya ortadan kaldıracak şekilde tasarım yapılması
- Tehlikeyi azaltacak şekilde tasarım yapılması
- Bu iki aşamadan sonra güvenlik tertibatının dâhil edilmesi
- Uyarı sistemlerinin temin edilmesi
- Eğitim ve işletim talimatlarının belirlenmesi.

Tasarım aşamasında tanımlanan tehlikelerin neden olduğu riskler kabul edilebilir seviyede değilse kontrol tedbirlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu tedbirlerin belirlenmesi işletme ve bakım birimlerinin de sürece dâhil olduğu temel mühendislik aşamasının sonunda ya da ayrıntılı tasarım süresince yapılmalıdır. Riskleri azaltmak için birçok koruma tekniği vardır ve bu teknikler genel olarak güvenlik bütünlüğü teknikleri ve sonucu minimize eden teknikler olmak üzere ikiye ayrılır. Güvenlik bütünlüğü teknikleri olayın olma olasılığını azaltan önlemeye yönelik tekniklerdir ve birincil olarak kullanılması gerekir; daha sonra sonuç azaltıcı teknikler kullanılır [30].

Bir ülkede personel yapısının, fiziki ve teknik imkânlarının sektöre öncülük edecek formda olması önemlidir. Düzgün bir tasarım için madencilik faaliyetlerinde en başından itibaren izleme, değerlendirme ve denetimin etkin bir şekilde yürütülmesi gereklidir. İş sağlığı ve güvenliği sadece üretim aşamasında dikkat edilmesi gereken bir husus değildir ve lisanslama aşamasında aranan yetkinlik, arama faaliyetleri, veri güvenliği ve doğruluğu maden tasarımında iş sağlığı ve güvenliği açısından da önemli değişkenler olarak görülmelidir [31].

3. RİSK DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ VE YÖNTEMLERİ

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin genel amacı yürütülen işi ve üretimin verimliliğini etkileyecek olan iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı önlem almaktır. Bu yönetim sistemi iş sağlığı ve güvenliği kriterlerine, standartlarına ve performansına dayanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği risk yönetimi adımlarının en başında risk değerlendirmesi gelmektedir. Risk değerlendirmesinin amacı önleyici bir yaklaşım benimseyerek sağlıklı, güvenli ve verimli bir çalışma ortamı oluşturmaktır [9, 32].

Tehlike, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelidir. Risk, tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalidir. Risk değerlendirmesi, işyeri içinde veya dışında maruz kalınabilecek tüm tehlikeleri belirleyen, bunlardan kaynaklanan riskleri analiz eden ve uygulanacak kontrol önlemleri ile bu riskleri kabul edilebilir seviyede tutarak çalışana, çevreye ve üretime zarar vermesini engelleyen sistemli bir çalışmadır [9, 32, 33].

Risk yönetimin en önemli süreci risk değerlendirmesinin tüm adımlarının eksiksiz yapılmasıdır. Bunun için öncelikle mevcut durumun analizi yapılarak riskler tespit edilir, bu riskleri kabul edilebilir seviyeye indirebilmek için mevzuata ve ilgili standartlara uygun programlar oluşturulur ve uygulanır, bütün bu çalışmalar belli bir düzen içerisinde yazılı hale getirilerek ilgili kişiler bilgilendirilir ve yürütülmekte olan çalışmalar izlenerek denetlenir [9, 32].

Uluslararası düzenlemeler ve standartlar ile ulusal mevzuat yükümlülükleri risk değerlendirmesinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Başarılı bir risk değerlendirmesi, işyerinde nelerin hastalık ve yaralanmaya neden olduğunun anlaşılmasını ve var olan kontrol tedbirlerinin yeterli olup olmadığının değerlendirilmesi, yeterli değil ise yeni kontrol tedbirlerinin belirlenmesi ve uygulanmasını sağlayarak proaktif bir yaklaşım benimsemesine olanak sağlar [34].

Risk değerlendirmesi, nicel risk kriterlerini referans alarak; sistemin tanımlanmasını, tehlike kaynaklarının (yayılım, salınım) değerlendirilmesi ve tehlikelerin belirlenmesini,

maruziyet değerlendirmesini, mal ve evre üzerindeki etkilerini ve sonuçlarını, potansiyel kaza senaryolarını ve sonuçlarını tanımlayarak risk tahmini, risk hiyerarşisi ve kontrolünü içermelidir [33-35].

Tehlike kaynaklarının değerlendirmesi, potansiyel risk kaynaklarının ve bu risk kaynaklarından yayılan tehlikelerin tanımlanması ve analizini içerir. Tehlike tanımlama, risk analizi ve risk hiyerarşisi için girdi oluşturduğundan risk değerlendirme çalışmalarının temelini oluşturur [36, 37].

Tehlike tanımlama aşamasında aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır [32-35];

- Yürütülen işin ayrıntılı analizi
- Organizasyon ayrıntıları
- Gerekli istatistikler
- Üretim yöntemi ve süreçleri
- Makine ekipman ve kullanılan maddeler
- Çalışma ortamı gözetimi sonuçları
- Bakım talimatları
- Malzeme güvenlik bilgi formları
- Atık yönetimi bilgileri
- alışan ve uzman bilgileri
- Ramak kala kayıtları
- İşletmeye ait çalışmalar (risk değerlendirme raporları, acil durum eylem planları, denetim raporları ve gerekli diğer raporlar)
- İlgili mevzuat ve standartlar

Tehlikeler tanımlanırken tehlike kaynakları, tehlikeden kimlerin nasıl etkileneceği ve tehlikenin potansiyel etkileri değerlendirilmelidir [32, 35].

Maruziyet değerlendirmesi risk maruziyetinin tanımlanmasını ve ölçülmesini içerir. Bunlar maruziyet şiddeti, süresi, sıklığı, maruziyet yolları, maruz kalan kişilerin, çevrenin ve maruziyet sonucu etkilenen diğer durumların değerlendirilmesini içerir.

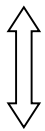
Sonuç değerlendirmesi risk maruziyeti sonucu ortaya çıkan hastalık, yaralanma, ölüm, maddi hasar ve evre etkilerinin değerlendirilmesini içerir.

Risk tahmini ise tehlike kaynağının, maruziyetin ve sonucun değerlendirmesinden elde edilen bilgilerin birleşiminden oluşur ve kullanılan yöntem ışığında riskin sayısal veya sözel ifade edilmesi aşamasıdır [38].

Risk analizi, tanımlayıcı bir veri olan zararın şiddeti ve iş kazası olma olasılığı olmak üzere iki temel faktöre dayanır ve genel olarak çıkış verisi, mevcut giriş verisi ve yöntem olmak üzere üç husus mevcuttur. ıkış verileri yönetimsel verilere, hatalara, zararlar, başarısızlıklara vb. dayanan veriler, olasılıksal veriler, indekslere ve sınıflandırmaya dayanan veriler olabilir. Elde edilmek istenen veri türüne bağlı olarak giriş verileri ve yöntem değişebilmektedir. Giriş verisi olarak kullanılan tehlike tanımlama aşamasında işletme veya süreç plan ve şemaları, yürütülen işlem ve reaksiyonlar, kullanılan madde ve ürün özellikleri, olasılık ve frekans, mevzuatsal ve yönetimsel veriler, çevresel bilgiler ve geçmiş bilgiler kullanılır [36, 37].

Son olarak risklerin kontrolü ise analiz edilen riskleri değerlendirerek kabul edilebilirliğine karar verildikten sonraki aşama olarak ele alınır. Risk kontrolü düzgün planlama ve izleme gerektiren bir çalışmadır. Risk kontrolü kaynağa yönelik, ortama yönelik ve kişiye yönelik olarak uygulanır ve uzun vadeli bir koruma olan tehlikeyi ortadan kaldırmadan başlayıp kısa vadeli bir koruma olan kişiisel koruyucu donanım kullanılmasına doğru izlenmesi gereken hiyerarşiden oluşan bir süreçtir [35, 39, 40].

Uzun süreli Ortadan kaldırmak (elimine etme)



Yerine koyma

Mühendislik kontrolleri

İdari kontroller

Kısa Süreli Kişiisel koruyucu donanım (KKD)

3.1. Tasarım Sürecinde Risk Değerlendirmesi

Bir işletme için risk değerlendirmesi tasarım sürecinde başlamalı ve işletmenin her evresinde devam etmelidir. Bu süreçte başlayan çalışmalar hem tekrarlayıcı hem de gelişen şekilde olmalıdır. Tasarımda risk analizi üretim sürecine benzer şekilde tasarımın tanımlanması, tehlikelerin tanımlanması, risk tahmini, risk doğrulama ve sonuçların uygulanması olmak üzere beş temel adımdan oluşmaktadır ve bu adımlar tasarım süreci ilerledikçe daha detaylı ve karmaşık hale gelmektedir [41].

Tasarım sürecinde yapılması gereken adımlar aşağıdaki şekildedir [42]:

- Tasarım ile ilişkili tehlikeler tanımlanmalı
- Tasarımla ilgili tehlikelerden kaynaklanan riskler değerlendirilmeli
- Tehlikeler bertaraf edilmeli ve riskler kontrol altına alınmalı
- İzlenmeli ve risk kontrol önlemleri gözden geçirilmeli
- Risk değerlendirme kayıtları tutulmalı
- Üretim sürecinde yer alacak kişi ve gruplar göz önüne alınmalı
- Üretim sürecinde yer alacak kişilere bilgi verilmeli.

Tasarımda güvenliği sağlamak için tehlike tanımlama süreci, tasarım kriterlerini açıklayan tasarım taslağı, çizimler ve veriler, öngörülen adımları tanımlayan fonksiyonel akış şemaları ve ilgili veriler, ekipman teknik özellikleri, malzeme ve kimyasal madde özellikleri, çalışma prosedürleri, benzer çalışmalardan elde edilen kontrol, üretim, depolama, onarım ve çalışma alanı ile ilgili güvenlik bilgileri, benzer sistemlerdeki tehlike analizi çalışmaları ve varsa yaşanmış kazalar gibi sistemdeki tüm güvenlik bilgilerine dayanmalıdır [41].

Tasarım sürecinde tehlikelerin analiz edilmesi istenmeyen şekilde sonuçlanacak kazaların tespitine olanak veren bir süreç olduğu gibi tasarım kriterlerinin ve seçeneklerinin de belirlenmesine olanak veren bir süreçtir. Tehlikelerin analizi aşamasında aşağıda verilmekte olan konular dikkate alınmalıdır [41];

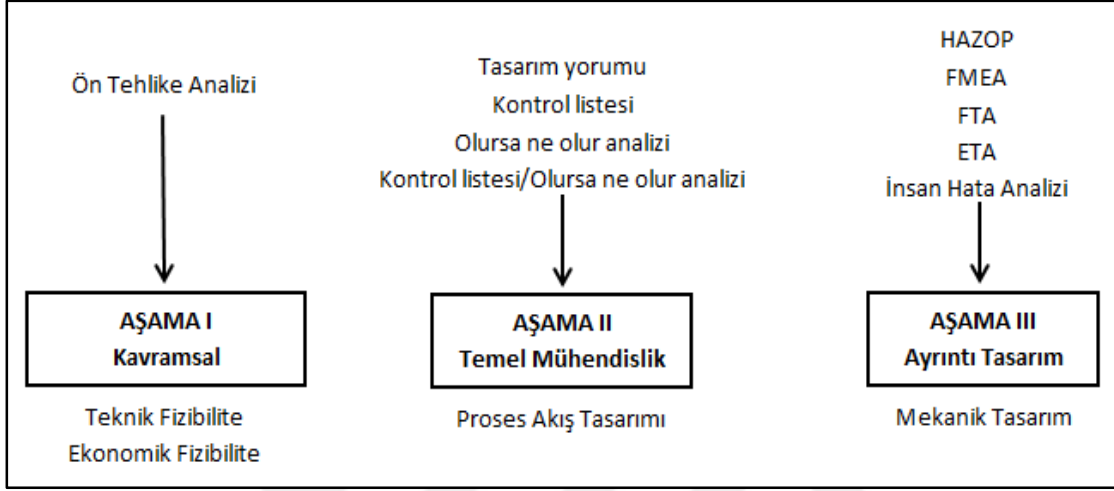
- Tehlikeli ekipman ve malzeme (yakıtlar, yüksek reaktif kimyasallar, toksik maddeler, patlayıcılar, yüksek basınçlı sistemleri, diğer enerji depolama sistemleri vb.)
- Ekipman ve malzemeler arasındaki güvenlikle ilgili ara yüzler (malzeme etkileşimleri, yangın/patlama ve yayılma kontrol/durdurma sistemleri vb.)
- Ekipman ve materyalleri etkileyen çevresel faktörler (fırtınalar, depremler, sel, titreşim, aşırı sıcaklık, elektrostatik boşalma, nem vb.)
- Çalışma, test, bakım ve acil durum prosedürleri (insan hatası, operatör fonksiyonları, ekipman yerleşimi ve / veya erişilebilirlik, kişisel güvenlik vb.)
- Tesis desteği (depolama, test ekipmanları, eğitim, yardımcı hizmetler vb.)
- Güvenlikle ilgili ekipmanlar (güvenlik donanımı, yangın söndürme, kişisel koruyucu donanımlar vb.).

Bazı tehlikeler, aşağıdaki şekilde tespit edilebilir [41];

- Benzer mevcut sistemlerin incelenmesi
- Mevcut denetim listeleri ve standartların incelenmesi
- Enerji sistemlerinin değerlendirilmesi
- Doğası gereği tehlikeli olan maddelerin ve durumların analizi
- Sistem bileşenleri arasındaki etkileşimin analizi
- Benzer sistemler için yapılmış tehlike analizlerinin incelenmesi
- Faaliyet ayrıntılarının gözden geçirilmesi
- Tüm çevresel faktörlerin analizi
- İnsan / makine etkileşiminin değerlendirilmesi
- Kullanım değişikliklerinin öngörülmesi
- Küçük ölçekli test ve teorik analizlerin denenmesi
- En kötü durum senaryosu üzerinde düşünülmesi (Olursa-Ne-Olur Analizi)

Tehlike değerlendirmede kullanılacak yöntemlere de bu detay ve karmaşıklığı göre karar verilmelidir. Çalışmada; detay, karmaşıklık ve eldeki veriler arttıkça, yöntemler de bunu karşılayacak şekilde seçilmelidir. Tehlikelerin değerlendirilmesinin en önemli amacı, güvenli tasarım için gerekli olan değişiklikleri saptamaktır. Şekil 3.1’de bir tasarım projesinin en başından itibaren çeşitli aşamalarında tehlike değerlendirme sürecine örnek

olabilecek bir şablon yer almaktadır [41]. Değerlendirilen tehlikeler işletme ömrü boyunca her aşamanın bir parçası olarak kabul edilmelidir. Ancak güvenlik için yapılacak fiziksel bir değişikliğin ayrıntılı tasarım aşamasında yapılması, işletme inşası veya üretim süreci başladıktan sonra yapılmasından daha etkili ve daha az maliyetli olacaktır [28, 30, 41].



Şekil 3.1 Ana süreç birimlerinin tasarımı aşamasında tehlike değerlendirme süreci [41]

İşletmelerin ve kuruluşların kendi bünyelerindeki iş sağlığı ve güvenliği risklerini değerlendirebilmeleri için birçok araç ve yöntem bulunmaktadır. Risk değerlendirmesi çalışmalarında yöntem seçimi aşamasında aynı anda birçok hususun değerlendirilmesi gerekmektedir [19, 40].

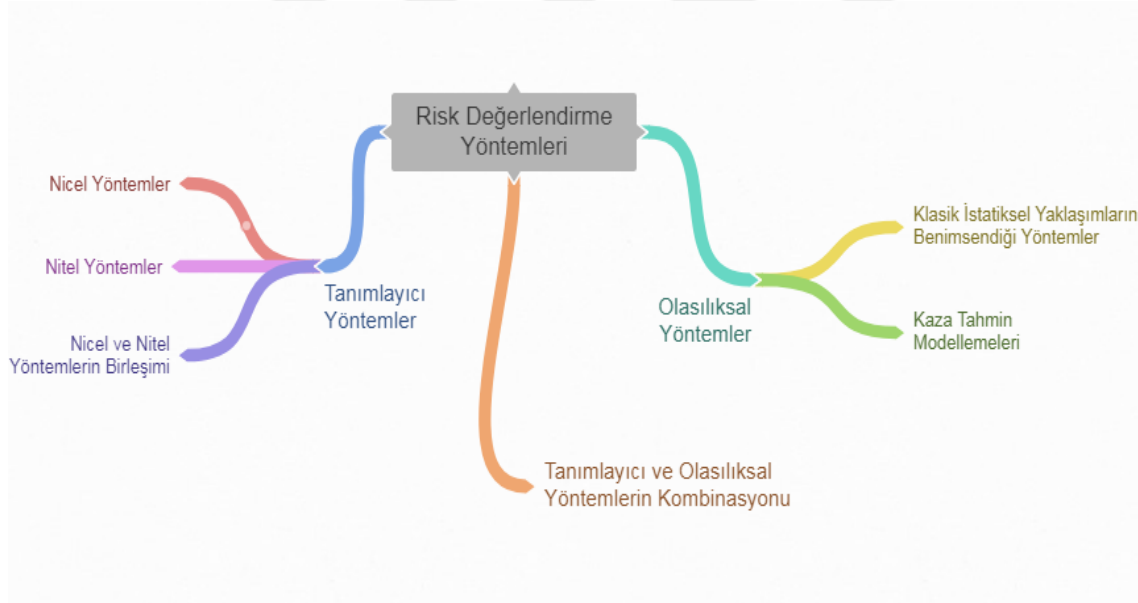
3.2. Risk Değerlendirme Yöntemleri

Temel sınıflandırma nicel ve nitel şeklindedir. Ayrıntılı sınıflandırma ise tanımlayıcı yöntemler, olasılıksal yöntemler ve bu ikisinin birleşimi ile oluşan yöntemlerdir. Tanımlayıcı yöntemler nitel, nicel ve bu ikisinin birleşimi olan yöntemlerden oluşurken, olasılıksal yöntemler, klasik istatistiksel yaklaşımların benimsendiği ve kaza tahmin modellemelerin benimsendiği yöntemlerden oluşmaktadır [43].

Nicel risk değerlendirmesinde, olayın olma olasılığı ve şiddetini değerlendiren sayısal ve mantıksal modellemeler kullanılır. Tercih edilmesi için mali açıdan uygulanabilir olması ve ihtiyaç duyulan verilere kolay ulaşılması gerekir. Nitel risk değerlendirmesinde sözel

ifadeler kullanılır. Genel olarak risk ve değerdendirilecek veri az olduğuunda tercih edilir [44].

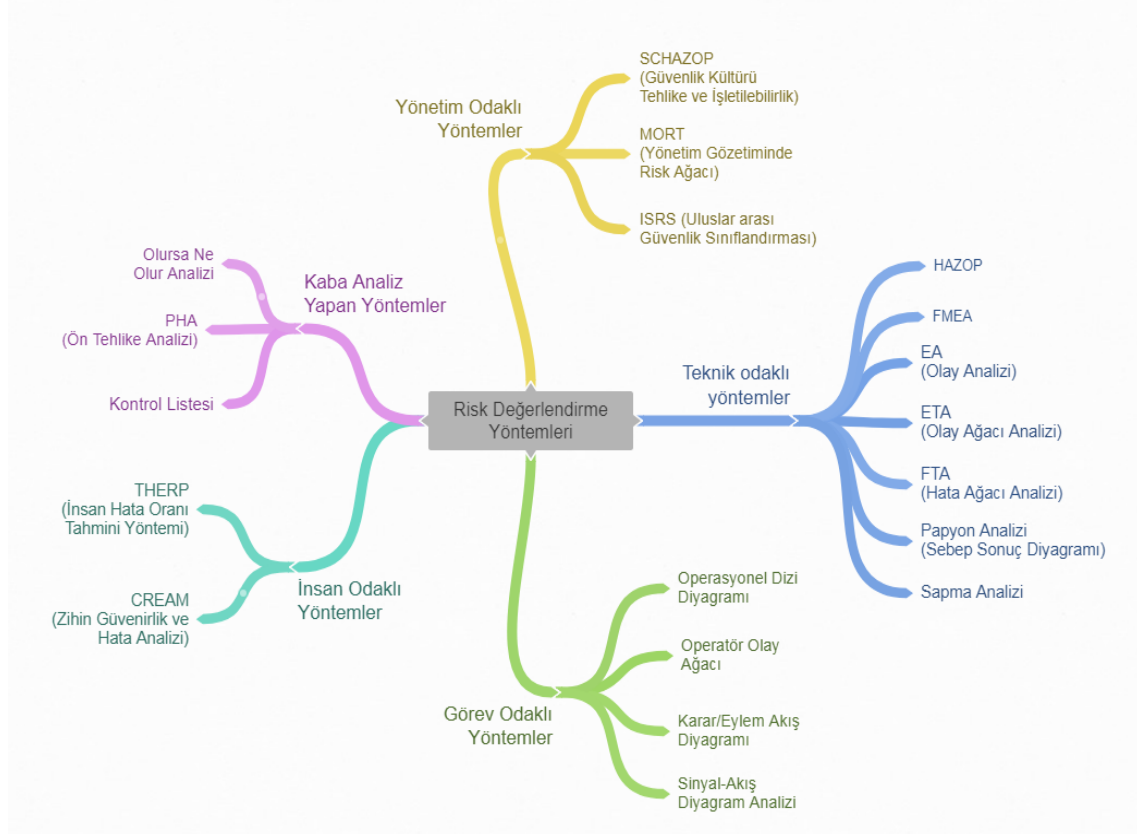
Tanımlayıcı yöntemler ürünlerin, ekipmanların, insan, çevre ve donanım gibi çeşitli faktörlerin etkisinin ölçümünü dikkate alırken olasılıksal yöntemler tehlikeli durumun meydana gelme olasılığı ve sıklığı ya da potansiyel kazaların ortaya çıkmasına dayanmaktadır. Tanımlayıcı yöntemler işletmeye hâkim gerekli tüm bilgilere ulaşabilen kişilerin uygulayabileceği yöntemlerdir. Olasılıksal yöntemler ise daha karmaşık zaman alıcı ve gerekli verilerin toplanmasının zor olduğu yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır ve işletmelerin sınırlı alanlarında analiz ve kontrol için kullanılır. Tanımlayıcı ve bu iki yöntemin kombinasyonu ile oluşan yöntemler genellikle işletmelerin tamamında ve sık olarak kullanılır. Tanımlayıcı yöntemlerin daha çok olması ve daha sık kullanılmasının nedeni geçmişte kazaların neden ve nasıl olduğunu anlayabilmek için potansiyel kazaların sonuçlarının ölçülmesi yoluna gidilmesidir [36, 45].



Şekil 3.2 Risk değerdendirme yöntemleri sınıflandırması [43]

Özellikle son 10 yılda ortaya çıkan birçok risk değerdendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler odaklandıkları hedefe göre Ringdahl [46] tarafından insan odaklı, teknik odaklı ve enerji odaklı olmak üzere üç gruba ayrılırken, Pinto ve arkadaşları [37] tarafından daha

kapsamlı ayrıştırılarak (I) Teknik Odaklı Yöntemler, (II) İnsan Odaklı Yöntemler, (III) Görev Odaklı Yöntemler, (IV) Yönetim Odaklı Yöntemler, (V) Kaba Analiz Yapan Yöntemler olmak üzere beş grupta toplanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Risk değerlendirme yöntemleri [46]

Maden sektöründe sık kullanılan yöntemler arasında yer alan L Tipi 5×5 Matris, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Papyon Analizi ve İş Güvenliği Analizi [43, 44, 47-49] yürütülen çalışma kapsamında ele alınmış ve bu yöntemleri belirlenen kriterler ve işletme olanakları doğrultusunda değerlendirmek üzere bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS, 4. bölümde ayrıntılı anlatılmıştır.

3.2.1. L tipi 5x5 Matris

L Tipi 5x5 Matris yöntemi, tehlikelerin belirlenmesi ve risklerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ve risk unsurları olarak kabul edilen olasılık ve şiddet arasındaki

ilişkiyi gösteren ve kullanımı basit olan yöntemlerden biridir. Risk matrisi yöntemi birçok ülkede tıp, inşaat, havacılık, tarım ve maden gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır [50].

Olasılık ve şiddetin bileşkesi olarak tanımlanan risk, bu yöntemde bu iki faktörün çarpımından elde edilmektedir. Bu faktörlerin değerleri 1-5 değer aralığındaki çizelgelerle oluşturulur. Risk skoru değerinin sınıflandırması düşük-orta-yüksek-çok yüksek olmak üzere 4 aşamadan oluşur [51]. Bu yöntemde sadece olasılık ve şiddet değerlendirmesi yapılmaktadır. Olasılık ve şiddet değerleri aynı ağırlıkta olduğu için düşük olasılık ve yüksek şiddet değerine sahip risklerin etkin şekilde değerlendirilmesi mümkün olmayabilir.

$$\text{Risk Skoru} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet}$$

Bu yöntemde olasılık, şiddet ve risk değerlerini tanımlamak için aşağıdaki çizelgeler kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 L Tipi 5x5 Matris risk olasılığının belirlenmesi [51]

Olasılık	Riskin Gerçekleşme Sıklığı
(1) Çok düşük	Hemen hemen hiç
(2) Düşük	Çok az (yılda bir kez)
(3) Orta	Az (yılda birkaç kez)
(4) Yüksek	Sıklıkla (ayda bir kez)
(5) Çok yüksek	Çok sık (haftada birkaç kez, her gün)

Çizelge 3.2 L Tipi 5x5 Matris risk şiddetinin belirlenmesi [51]

Şiddet	Riskin sonuçlarının etkileri
(1) Çok Hafif	Çalışma saati kaybı yok, ilk yardım gerektiren durum
(2) Hafif	Çalışma günü kaybı yok, ayakta tedavi gerektiren kalıcı etkisi olmayan durum
(3) Orta	Hafif yaralanmaya yol açan, yatarak tedavi gerektiren durum
(4) Ciddi	Ölüm, ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi gerektiren durum, meslek hastalığı
(5) Çok ciddi	Birden çok ölüm, sürekli iş göremezliğe sebebiyet veren durum

Çizelge 3.3 L Tipi (5x5) risk skoru derecelendirme matrisi [51]

	ŞİDDET				
OLASILIK	(1) Çok hafif	(2) Hafif	(3) Orta	(4) Ciddi	(5) Çok ciddi
(1) Çok düşük	Önemsiz 1	Düşük 2	Düşük 3	Orta 4	Orta 5
(2) Düşük	Düşük 2	Orta 4	Orta 6	Yüksek 8	Yüksek 10
(3) Orta	Düşük 3	Orta 6	Yüksek 9	Yüksek 12	Çok Yüksek 15
(4) Yüksek	Orta 4	Yüksek 8	Yüksek 12	Çok Yüksek 16	Çok Yüksek 20
(5) Çok yüksek	Orta 5	Yüksek 10	Çok Yüksek 15	Çok Yüksek 20	Durdur 25

Çizelge 3.4 L tipi 5x5 Matris risk önem gösterge çizelgesi [51][52]

	Risk Derecesi		Risk skor aralığı
	Düşük risk	Kabul edilebilir risk	1-3
	Orta risk	İstenmeyen risk	4-6
	Yüksek risk	Kabul edilebilir risk – Kontrol gerekli	8-12
	Çok yüksek risk	Kabul edilemez risk	15-25

5×5 L Tipi matris yönteminin avantajları aşağıdaki gibidir [51]:

- Yöntem basit ama esnektir. Bu nedenle uygulanabilirliği yüksektir
- Basit Matematiksel formülleri basittir
- Eşit sonuç ve olasılık ağırlığı kullanır ve düşük olasılıklı fakat yüksek şiddet değerine sahip risklere yönelik orantısız çabayı önler
- Risk sonuçlarını dört kategoride değerlendirerek anlaşılmasının kolaylaştırır.

3.2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)

FMEA bir işletmedeki potansiyel hataları ve riskleri önceden tahmin edip neden oldukları etkileri öngören ve bunları kontrol altına alarak önleme çalışmaları yapan güçlü bir analiz tekniğidir. Sistem, tasarım, proses ve servis aşamalarında kullanılan FMEA, nitel ve nicel değerler kullanarak potansiyel hatalar üzerinde çalışır ve düzenli olarak gözden

geçirilerek hatalar için kontrol tedbirleri uygulanır. Böylece işletmede sürekli iyileşme sağlanır [53, 54].

FMEA'nın temel aşamaları; sisteme ait gerekli bilgilerin toplanması, sistemin alt bileşenlere bölünerek analiz edilmesi ve bileşenler arasındaki ilişkilerin tanımlanması, potansiyel hataların (tehlikelerin) belirlenmesi, nicel veya nitel veriler kullanılarak olasılık, etki (şiddet) ve saptanabilirlik değerlerinin belirlenmesi, risk öncelik sayısının (RÖS) hesaplanması, hataları ortadan kaldıracak ve etkilerini azaltacak önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması, çalışmaların düzenli izlenmesi ve belgelendirilmesidir (Şekil 3.4) [55].

FMEA risk hesaplamasında üç ana faktör vardır [49, 56]:

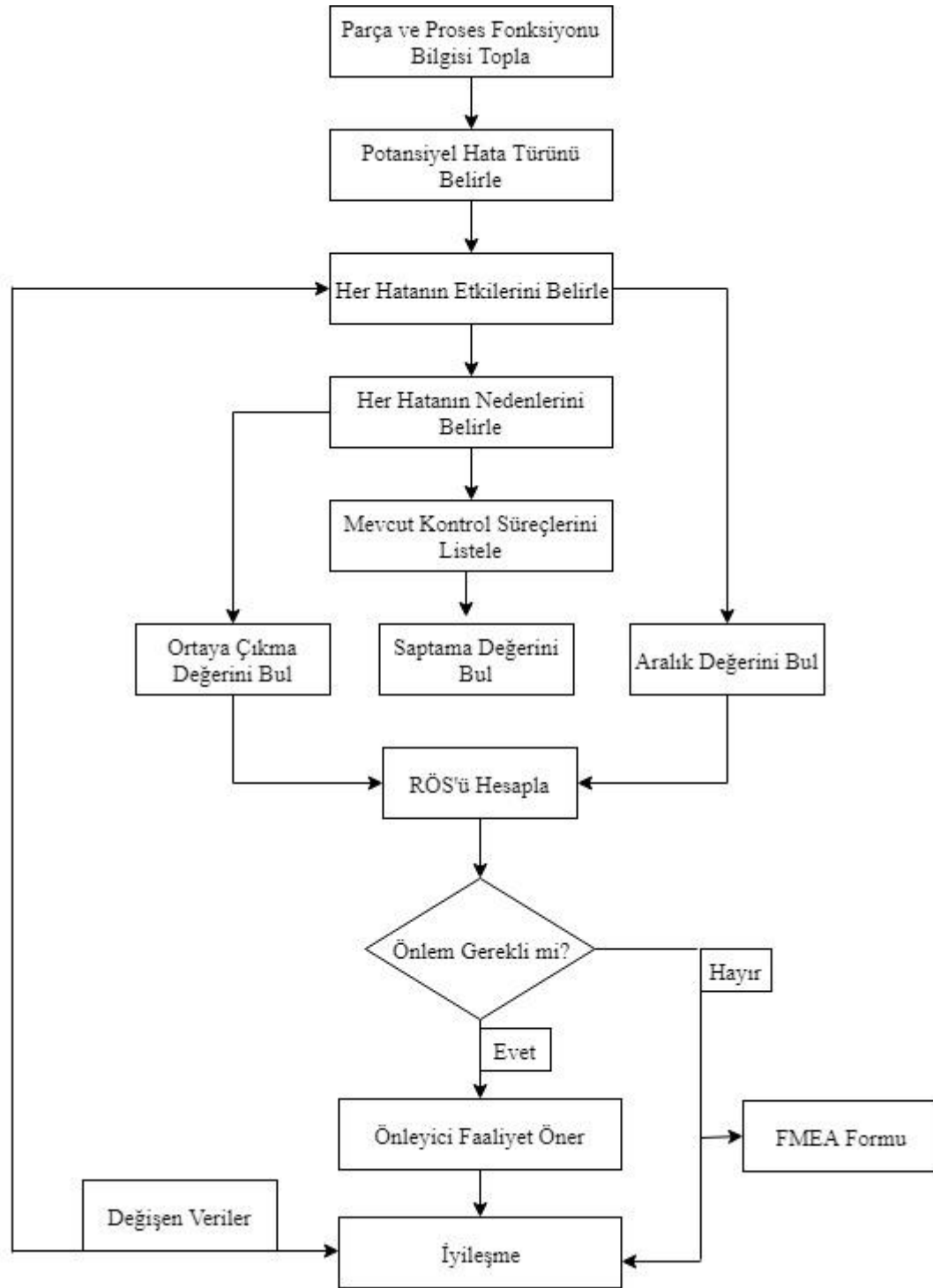
- Ortaya çıkma, (Olasılık) (O)
- Ağırlık, (Şiddet) (A)
- Saptama (Fark edilebilirlik-Saptanabilirlik) (S)

FMEA için RÖS;

$$\mathbf{R\ddot{O}S = O \times A \times S}$$

Bu faktörlere değer atamak için 1-10 değer aralığındaki sayısal çizelgeler (risk ölçüt çizelgesi) kullanılır. Kritik sayı göstergesi olan Risk Öncelik Sayısı (RÖS), her bir hatanın olasılığını, ağırlığını (şiddet) ve saptama değerini dikkate alarak hesaplanır. Tanımlanan riskler için hesaplanan RÖS değerleri sıralandırılır ve en yüksek RÖS değerinden başlayarak kontrol önlemleri belirlenir. Riskler bu kontrol önlemleri ile kabul edilebilir düzeye indirilir. Aynı RÖS değeri sahip riskleri sıralandırılırken şiddet değeri yüksek olan risk öncelikli dikkate alınır [56, 57].

FMEA çalışmasında belirlenen hatalar (tehlikeler) ve bunların neden olduğu riskler önceliklendirilerek değerlendirmeye alınır. Bunun için olası hatalar, bunların ortaya çıkma ihtimalleri, neden olabilecekleri etkiler (şiddet) ve saptanabilirlikleri belirlenir ve bu bileşenler kullanılarak Risk Öncelik Sayısı (RÖS) hesaplanır [56, 57].



Şekil 3.4 FMEA süreci [55]

FMEA bileşenlerinin çizelgeleri aşağıdaki gibi uyarlanmıştır [55, 56].

Çizelge 3.5 Zararın oluşma olasılığı (O) derecelendirme çizelgesi [55, 56]

Hata Olasılığı	Hatanın İhtimali	Derece
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2'den fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	8
	1/20	7
	1/80	6
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/400	5
	1/2000	4
	1/15000	3
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/150000	2
	1/1500000	1
Pek az: Olası Olmayan Hata	1/15000000	1

Çizelge 3.6 Zararın şiddetini (A) derecelendirme çizelgesi [55, 56]

Etki	Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek tehlikeye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	8
Yüksek	Ekipman tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilme vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Çizelge 3.7 Saptanabilirlik (S) derecelendirme çizelgesi [55, 56]

Saptanabilirlik	Saptanabilirlik Olasılığı	Derece
Fark Edilemez	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Mümkün Değil	10
Çok Az	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Çok Uzak	9
Az	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Çok Düşük	7
Düşük	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Düşük	6
Orta	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Yüksek Ortalama	4
Yüksek	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Çok Yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel Hatanın Nedeni Ve Takip Eden Hatanın Keşfedilebilirliği Hemen Hemen Kesin	1

FMEA yönteminin avantajları aşağıdaki gibidir [10]:

- İş sağlığı ve güvenliği açısından gerekli bilgiyi toplamak için etkili bir yöntemdir
- Yaygın olarak kullanılan / anlaşılan yöntemlerden biridir
- Sistemin ve yapılan işin ayrıntılı analizinin yapılmasıyla risklerin değerlendirme sürecinin daha iyi anlaşılmasını sağlar.
- Sistematik ve kapsamlı bir yöntemdir
- Tek aşamada analiz yapılabilir.

3.2.3. Papyon Analizi

Günümüzde modern tesislerinin karmaşıklığı arttıkça, çalışanlar tarafından ortaya çıkan bir problemin neden olduğu olası tüm etkileşimlerin öngörülmesi zorlaşmaktadır. Bu tür durumlarda yapılacak risk değerlendirmesinde olabilecek tüm etkileşimleri öngörmeye yarayan yöntemlerin kullanılması faydalı olacaktır. Sistemler arası etkileşimin önemli olduğu durumlarda kullanılabilecek yöntemlerden biri olan papyon analizi tehlikeli sektörlerde sıkça kullanılmaktadır. Neden–Sonuç Analizi olarak da adlandırılan papyon

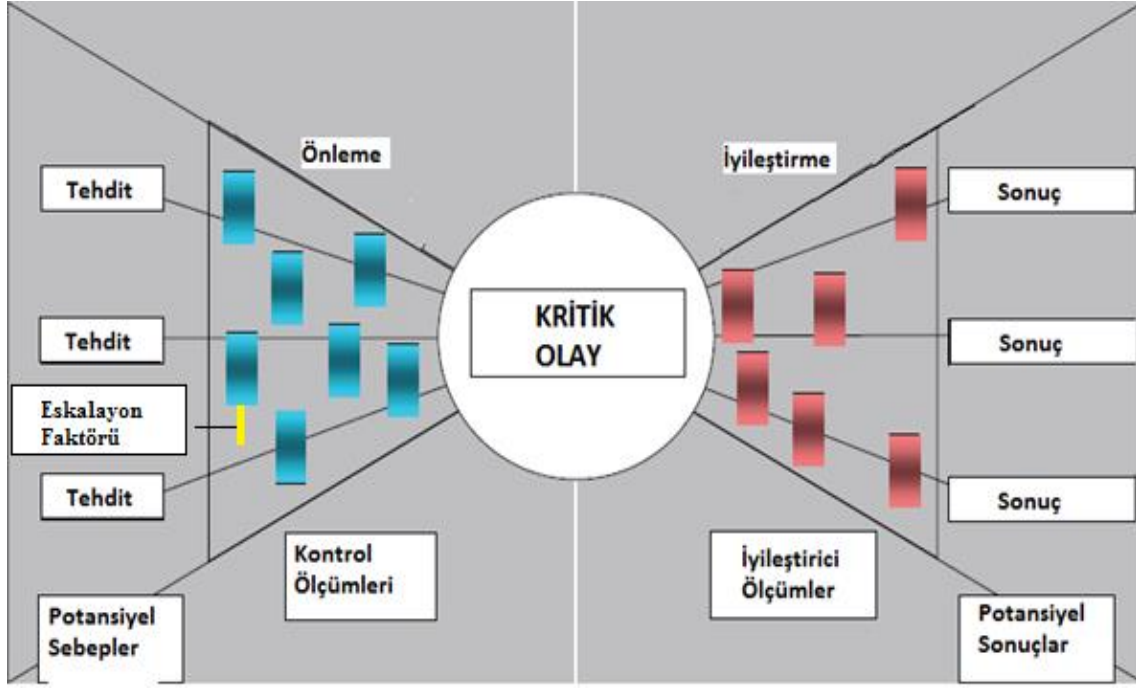
analizi olay ağacı analizi ve hata ağacı analizi yöntemlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Ancak papyon analizi hata ağacı ve olay ağacı analizleri kadar karmaşık bir yöntem değildir. Yarı nicel bir yöntem olarak değerlendirilir [15, 16].

Şematik analizlerden biri olan papyon analizi sebep sonuç analizi yaparak tüm risk yollarını tanımlar. Bu yöntem risk sonuçlarının ağır olduğu işletmelerde kullanıldığı gibi az tehlikeli işletmelerde ve normal kazaların önlenmesi için de kullanılmaktadır [58].

Papyon analizi, gerçekleşmesi istenmeyen potansiyel bir olaya neden olan kök nedenleri ve olay gerçekleştikten sonra meydana gelecek sonuçları tanımlayarak şematik olarak analiz eder. Bu analiz kullanılırken işletmede gerekli güvenlik sisteminin olmadığı düşünülerek tepe olaylar belirlenir ve bu tepe olay için bariyerler tanımlanır. Yöntem belli bir tehlikeden kaynaklanabilecek olası tüm kaza senaryoların görsel bir özetini verir ve kontrol tedbirlerini belirleyerek işletmenin bu kaza senaryolarını kontrol altında tutmak için ne yapması gerektiğini ortaya koyar [59]. Yöntem bir kaza senaryosunun hem nedenleri hem de sonuçları üzerinde durduğu için birçok sektörde etkili sonuçlar vermektedir. Bu analiz dinamik çalışma ortamlarına da uyarlanabilmektedir [60]. Şekil 3.5'te görüldüğü gibi diyagram merkezinde tepe olay bulunur. Sol tarafta tepe olaya neden olan olası tehditler (sebepler) ve alınması gereken kontrol tedbirlerini gösteren tehdit bariyerleri tanımlanır. Sağ tarafta tepe olayın olası sonuçları ve azaltma-iyileştirme önlemleri için sonuç bariyerleri yer alır. Ayrıca tehdit ve sonuç bariyerinin etkin çalışmasına engel olabilecek artış faktörleri ve bu faktörler için belirlenen bariyerler de diyagramda gösterilir [59, 61, 62].

Artış faktörü papyon analizi için önemli bir öğedir. İşletmenin almış olduğu kontrol tedbirlerinin zayıf yönlerinin değerlendirilmesini sağlar. Artış faktörlerinin belirlenmesi, kontrol tedbirlerinin düzenli izlenmesini gerektirdiği için zaman alabilir. Artış faktörlerini çok fazla belirlemek veya çok yüzeysel belirlemek papyon analizini zayıflatır. Burada önemli olan gerçek sorunu ve zayıf noktaları tanımlamak ve değerlendirmektir [62].

Belirlenen risklere sayısal değerler atamak için değerlendirmenin sonunda risk matrisleri kullanılabilir (Çizelge 3.8) [63-65].



Şekil 3.5 Papyon diyagramı [65]

Papyon analizinin avantajları aşağıdaki gibidir [65]:

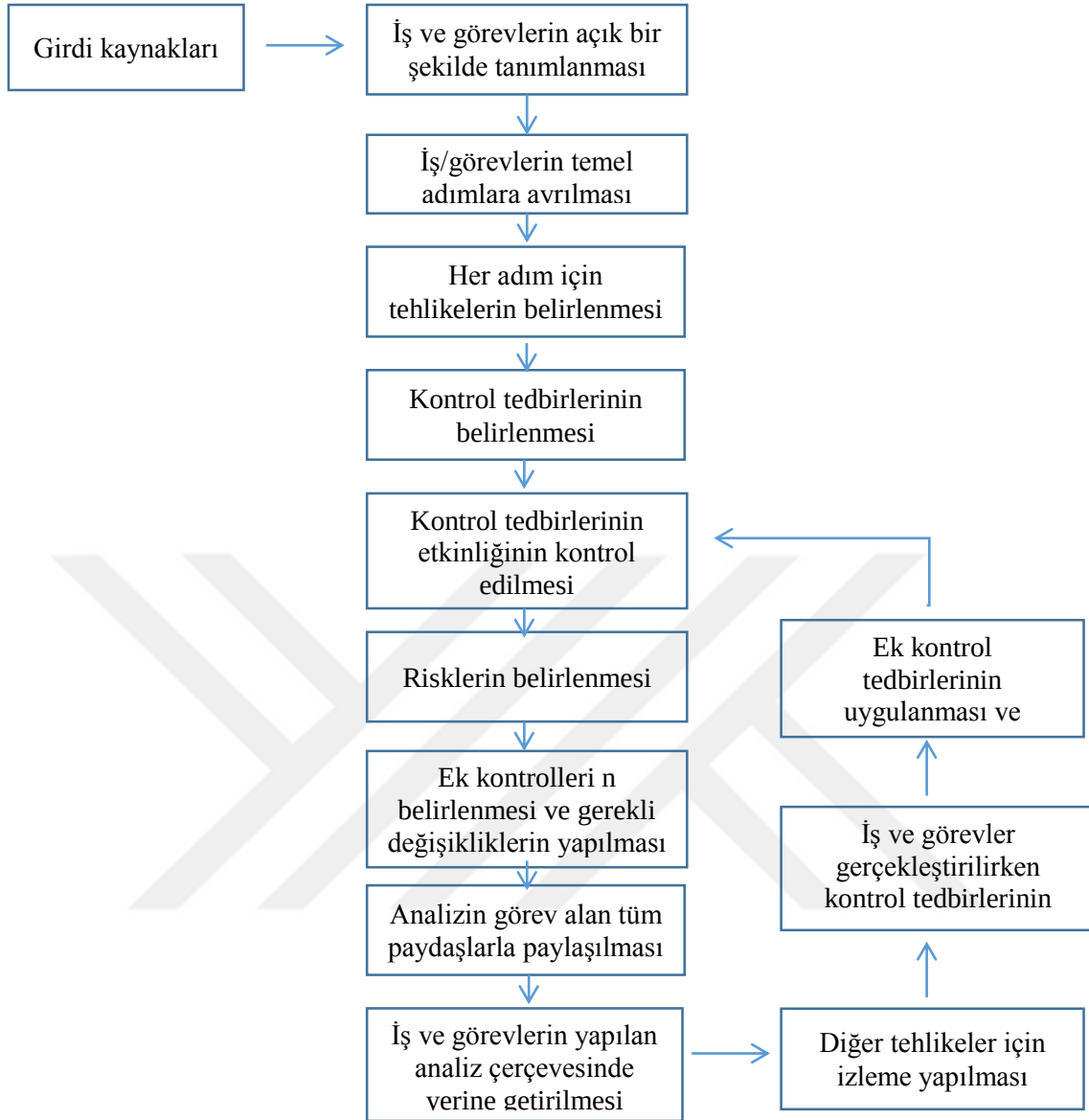
- Özellikle tehlikeli ve karmaşık çalışma ortamları için basit ve faydacı yaklaşım sunmaktadır
- Risk kontrol tedbirlerinin etkinliğine vurgu yapmakta ve kolay izlenmesini sağlamaktadır
- Şematik analiz olması özelliğiyle kontrol tedbirleri, kaza nedenleri ve sonuçları ile ilgili etkili görselleştirme sunmaktadır
- Tehlikeler arası etkileşimin anlaşılmasına olanak sağlamaktadır
- Her türlü tehlikeye uygulanabilmektedir
- Giderek artan şekilde tercih edilen yöntemlerden biridir.

Çizelge 3.8 Risk skoru derecelendirme matrisi [64]

ŞİDDET	SONUÇLAR				OLASILIK				
	İnsan	Makine/ Ekipman	Çevre	İtibar	A	B	C	D	E
					Çok Düşük	Çok az	Az	Sıklıkla	Çok sık
0	Hiçbir yaralanma veya sağlık etkisi yok	Hasar yok	Etki yok	Etki yok	A0	B0	C0	D0	E0
1	Hafif yaralanma ve sağlık etkisi	Hafif hasar	Hafif etki	Hafif etki	A1	B1	C1	D1	E1
2	Az yaralanma ve sağlık etkisi	Az hasar	Az etki	Az etki	A2	B2	C2	D2	E2
3	Ciddi yaralanma ve sağlık etkisi	Orta hasar	Orta etki	Orta etki	A3	B3	C3	D3	E3
4	Kalıcı sakatlık ve en fazla üç ölüm	Ciddi hasar	Ciddi etki	Ciddi etki	A4	B4	C4	D4	E4
5	Üçten fazla ölüm	Çok ciddi hasar	Çok ciddi etki	Çok ciddi etki	A5	B5	C5	D5	E5

3.2.4. İş Güvenliği Analizi

İş güvenliği analizi yöntemi iş görevleri üzerinde duran kolay uygulanabilir bir yöntemdir. İş güvenliği analizi işyerinde planlanan görevlerin yerine getirilmesi sırasında kazaya neden olabilecek veya tehlike oluşturabilecek olayların listelenmesi üzerine dayanmaktadır. Bu nedenle yöntemin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için işletmede işlerin ve görevlerin iyi tanımlanmış olması gereklidir. İşyerinde yürütülen görevlerin her aşamasının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve tehlikelerin tanımlanmasıyla yapılan analiz için işyerinde çalışan ve o görevi yapan, işin nasıl yapıldığını, içinde barındırdığı potansiyel problemlerinin neler olduğunu bilen çalışanların ve yöneticilerin risk değerlendirme çalışmasında bulunması oldukça önemlidir [66, 67]. İş Güvenlik Analizi aşamaları Şekil 3.6'da yer almaktadır.



Şekil 3.6 İş güvenlik analizi aşamaları [66]

İş ve görevlerin her adımı, içerdiği potansiyel tehlikeler ve bu tehlikelerin neden olabileceği sonuçlar ayrı ayrı analiz edilir. Her tehlikenin neden olabileceği sonuçlara Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11 kullanılarak olasılık ve şiddet değerleri atanır ve risk tespit matrisi Çizelge 3.12 kullanılarak sonuçlar derecelendirilir [66, 67].

İş Güvenliği Analizi adımları aşağıda yer almaktadır [66, 67]:

- Çalışma yapısının kurulması: Görev adımları ve alt görevlerin analizi (standart görevler ve sıra dışı görevler)

- Tehlikelerin tanımlanması: Alt görevlerde oluşabilecek potansiyel tehlikeleri belirleyebilmek için her aşamanın tek tek analizi
- Risk Skorunun Belirlenmesi: Tüm görevlerin her aşaması için tehlikelerin tanımlamasından sonra bu tehlikelerden oluşabilecek risklere olayın şiddetine ve gerçekleşme ihtimaline göre skor atanması
- Güvenlik seviyesinin belirlenmesi: Uygun kontrol önlemlerinin geliştirilebilmesi için güvenlik ölçümlerinin yapılması
- Kontrol önlemlerinin belirlenmesi: Güvenlik ölçümleri dikkate alınarak her görev için tehlike oluşturan her adıma kontrol tedbirlerinin önerilmesi

Çizelge 3.9 Risk olasılığının belirlenmesi [66]

Derecelendirme	Olasılık	Riskin Gerçekleşme Sıklığı
A	Kesine yakın	Ayda birden fazla olay
B	Muhtemel	Yılda birden fazla olay
C	Mümkün	1 ila 10 yıl arasında 1 olay
D	Düşük	10 ila 100 yıl arasında 1 olay
E	Seyrek	Her 100 yılda birden az olay

Çizelge 3.10 Risk şiddetinin belirlenmesi [66]

Şiddet	Riskin sonuçlarının etkileri
Çok Hafif	Sınırlı alanda düşük önemli az zarar
Hafif	Biyolojik veya fiziksel ortam üzerinde küçük etkiler
Orta	Ekosisteme zarar vermeyen kısa ve orta vadede etkiler
Ciddi	Ciddi orta vadeli çevresel etkiler
Çok ciddi	Ciddi uzun vadeli çevresel etkiler

Çizelge 3.11 Risk skoru derecelendirme matrisi [66]

		ŞİDDET				
OLASILIK		Çok hafif	Hafif	Orta	Ciddi	Çok ciddi
A	Çok yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek
B	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek
C	Orta	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek
D	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
E	Çok düşük	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek

İş güvenliği analizinin avantajları aşağıdaki gibidir [68]:

- Görevlerin ve yürütülen işin her adımının tanımlanması ile yapılan işin resmileştirilmesi
- Geriye dönük ve geleceğe yönelik hesap verilebilirliği kolaylaştırması
- Çalışanın aktif olarak katılımını sağlaması
- İşletmede organizasyonun kurulmasını sağlaması, risk yönetimi katkı sunması
- Geliştirilmiş durumsal farkındalık ve yürütülen işin her adımı için tehlike tanımlaması yapılması
- Madencilik sektörü gibi dinamik sistemlerde kayıp önlemeye katkı sunması

4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ YÖNTEM SEÇİMİ

Risk değerlendirmesi risk yönetiminin en kritik aşamasıdır. Ancak bu süreçte risk değerlendirmesi için kullanılacak yöntem seçimine gerekli olan önem verilmemektedir. Bu sorun risk değerlendirmesi sürecinde var olan belirsizlikler ve çalışmada birçok kişinin yer almasından kaynaklanmaktadır [69].

Yöntem seçimini etkileyen faktörler arasında kullanılabilecek verilerin miktarı, kalitesi, türü, belirsizliği, zaman, mevcut insan kaynağı ve diğer kaynaklar, elde edilmek istenen veri türü, yapılan işin ve çalışma ortamının karmaşıklığı, yasal gereklilikler ve maliyet açısından gereken kaynakların kapsamı yer almaktadır [10, 11, 36, 40]. Risk değerlendirmesinde kullanılan her yöntemin avantajları ve dezavantajları bulunmakta ve birçok yönden birbirinden ayrılmaktadır. Bundan dolayı bir sektöre ait ideal bir yöntemden bahsetmek çok zordur. Sektöre ait temel riskler genellenebilir fakat her işletmenin kendine özgü yapısı, riskleri ve imkânları bulunmaktadır. Bunlar dikkate alınarak risk değerlendirme ekibinin işletmeye, işletmenin bölümlerine veya yapılan işe özgü kullanacağı risk değerlendirme yöntemlerini belirlemesi gereklidir [69].

İşletmeye özgü yöntem seçiminde çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler ile istenilen hedefler doğrultusunda seçenekler ve kriterler belirlenerek sayısal modellemeler yapılmaktadır. Böylece seçenekler arasında tercih sıralaması yapılabilmektedir [70, 71].

4.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmalar aşağıdadır.

Zeng ve ark. (2007), karmaşık inşaat süreçlerindeki riskleri önceliklendirmede AHP kullanmış ve bulanık esaslı karar verme yöntemi ile yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı önermiştir [72].

Fera ve Macchiaroli (2010), tünellerde yangın güvenliğini değerlendirmek için karbon monoksit, oksijen, sıcaklık ve görünürlük kriterlerini dikkate alarak AHP ve yangın dinamiği simülatörünü kullanmıştır [73].

Yazdani ve ark. (2012), kritik varlık koruması için geleneksel risk analizi ve yönetimini genişleten bulanık bir TOPSIS çerçevesi önermiştir [74].

Kahraman (2012), ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA, RULA ve SI'yı çok kriterli karar verme teknikleri ile önceliklendirilmiş ve bütünleşik bir model önermiştir [75].

Aminbakhsh ve ark. (2013), inşaat projelerinin planlanması aşamasında güvenlik maliyeti modeli ve AHP kullanarak risk değerlendirme modeli sunmuştur. Böylece için inşaat projelerinde rasyonel bir bütçe oluşturmak ve güvenliklikten ödün vermeden gerçekçi hedefler belirlemek için güvenlik risklerinin önceliklendirilmesi sağlanmıştır [76].

Janackovic ve ark. (2013), yol yapım şirketlerinin temel iş güvenliği göstergelerini önceliklendirmek için bulanık AHP'yi kullanmıştır [77].

Mahdevari ve ark. (2014), güvenlik önlemleri ve maliyetler gibi farklı unsurlar arasında doğru dengeyi sağlayabilecek kontrol önlemlerini yönetmek ve karar vermeyi desteklemek amacıyla ilgili riskleri değerlendirmek için bulanık TOPSIS'e dayanan bir metodoloji önermiştir [78].

Podgórski (2015), iş sağlığı ve güvenliği sisteminin operasyonel performansını değerlendirmek için AHP kullanarak ana performans göstergelerini seçmiştir [79].

Güneri ve ark. (2015), küçük ve orta ölçekli işletmeler için iş güvenliği operasyonlarında en iyi risk değerlendirme yöntemini seçmek için kapsam, pratiklik, maliyet ve hassasiyet kriterlerini dikkate alarak bulanık AHP'yi kullanmıştır [71].

Wang ve ark. (2016), kömür madeninde risk değerlendirmesi için doğrusal olmayan bulanık AHP'yi kullanmıştır. Bu çalışmada kriter olarak yönetsel, çevresel, operasyonel ve bireysel risk faktörleri ele alınmıştır[80].

Rodríguez ve ark. (2016), bulanık AHP ve bulanık çıkarım sistemi ile yeni bir risk değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bulanık çıkarım sistemi ile risk faktörleri grupları

bütünleştirilmiştir ve bu risk faktörleri bulanık AHP için değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır [81].

İlbahar ve ark. (2018), Fine Kinney, Pisagorlu bulanık analitik hiyerarşi süreci ve bulanık çıkarım sistemi ile oluşturulan Pisagorlu Bulanık Orantılı Risk Değerlendirmesi (PFPPRA) yöntemini iş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirmesi için yeni bir yaklaşım olarak önermişlerdir. Önerilen yaklaşımın temel farkı, bu yöntemlerin daha doğru bir risk değerlendirmesi sağlayacak şekilde bütünleştirilmesidir [82].

Bu çalışma ile maden sektörü için daha önce yapılmamış olan risk değerlendirmesi yöntem seçimine örnek teşkil etmesi amaçlanmış ve bulanık çok kriterli karar verme metodlarından bulanık TOPSIS kullanılarak yöntem seçimi yapılmıştır.

4.2. Bulanık TOPSIS ile Risk Değerlendirmesi Yöntem Seçimi

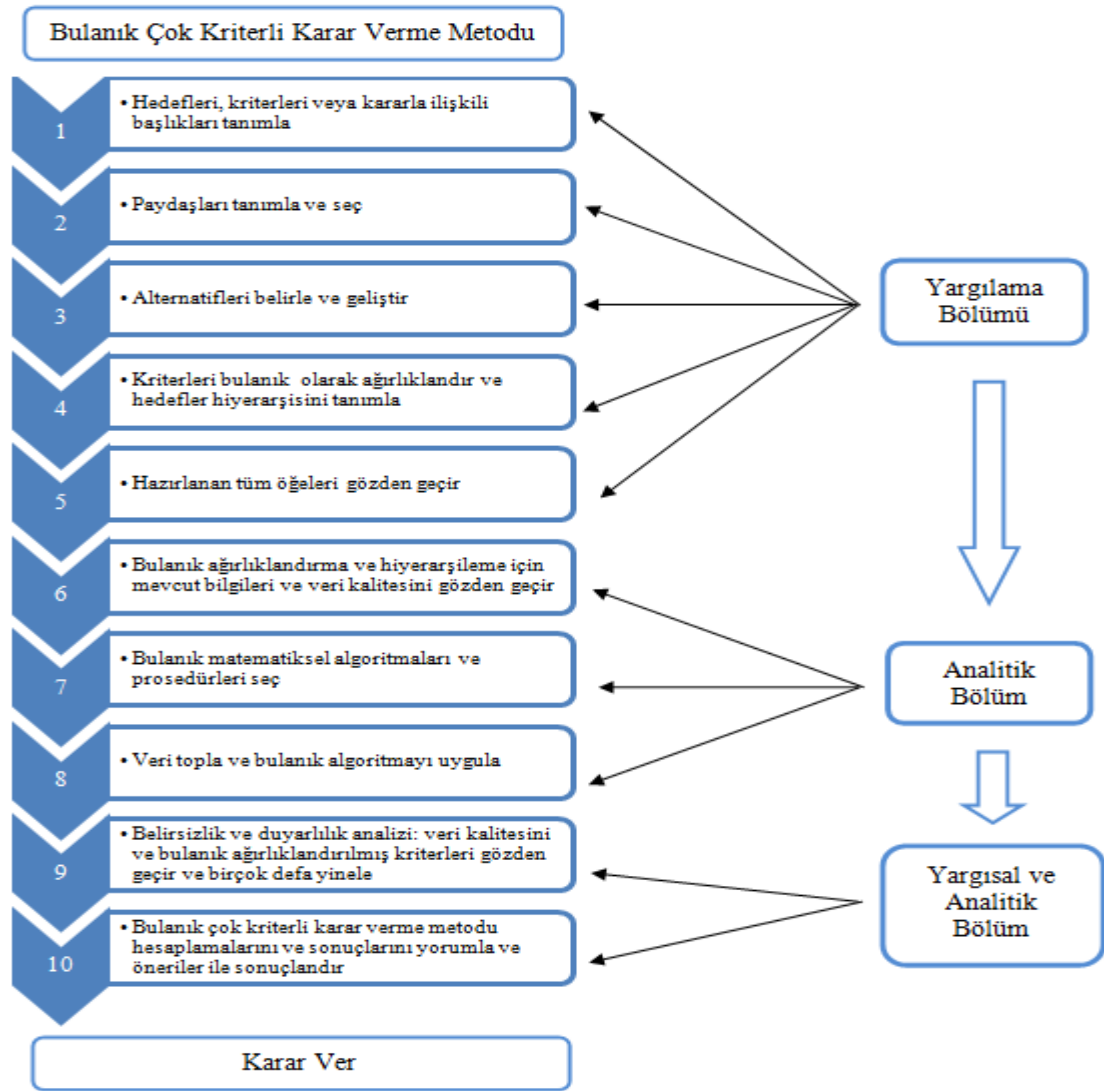
Çok kriterli karar verme karar vericilerin, seçim amacıyla belirlenen kriterleri öznel olarak değerlendirebilmeleri için sayısal araçları kullandığı yöneylem araştırmaların bir parçası olarak ortaya çıkmıştır. Çok kriterli karar verme süreci genel olarak; (i) seçim hedeflerinin belirlenmesi, (ii) hedeflere ulaşmak için seçim kriterlerinin tanımlanması, (iii) seçeneklerin belirlenmesi, (iv) tanımlanan kriterlerin ağırlıklandırılması ve (v) seçeneklerin en iyiden başlayarak sıralanması için uygun sayısal modellemelerin yapılmasından oluşmaktadır [70].

Gerçek dünyada karar verme noktasında bir dizi belirsizlikle karşılaşmaktadır. Bilgi eksikliğinin desteklediği bu belirsizliklere çözüm bulmak amacıyla kesin ve kesikli olarak ifade edilen istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler belirsizliklerin rastgele yapıda olduğunu varsayar. Bu varsayım ile belirsizlikleri çözmek her zaman mümkün değildir. Bu tür durumlarda kullanılmak üzere bulanık mantık geliştirilmiştir. Bulanık mantık ile sürekli ve bulanık olarak ifade edilen yöntemler ortaya çıkmıştır [78, 83, 84].

Bulanık mantık, insan yargılarının, kararlarının ve değerlendirmelerinin çok önemli olduğu mühendislik, tıp, meteoroloji, üretim ve imalat gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır [83].

Kesin düşünmenin mümkün olmadığı durumlarda belirsizlik ve yaklaşık düşünmenin temeli olan bulanık mantık 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya konmuştur. Bulanık mantık ile insan yargı ve düşüncelerindeki belirsizlik ve çelişkili bilgilere çözüm bulmak ve akla dayanan kararlar almak mümkündür. Bu kararlar alınırken ölçüm yerine mantıklı tahminler kullanılır [85].

Karar verme noktasında günümüze kadar farklı özelliklere sahip birçok teknik geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; SAW [86], MAUA [87], TOPSIS [88], COPRAS [89], COPRAS-G [90], ELECTRE [91], ANP [92]. Bu yöntemler klasik çok kriterli karar verme ve bulanık çok kriterli karar verme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu metotların uygulanmasında aynı kelimelerin kullanılmasına rağmen kişilerin öznel algıları ve kişisel ifadeleri farklılık gösterebilmektedir. Bu sorun dilsel değişkenlere yardımcı olacak bulanık sayılar atanarak aşılmaktadır. Bulanık çok kriterli karar verme metodunda izlenecek süreç Şekil 4.1’de yer almaktadır [93].



Şekil 4.1. Bulanık çok kriterli karar verme yönteminde izlenecek süreç [93]

Risk değerlendirmesinin temelini oluşturan yöntem seçiminde karar vericilerin seçebilecekleri yöntemleri sıralandırmada kullanacakları kriterleri oluşturmaları gerekmektedir. Bu kriterlerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılabilecek net verilere ulaşılması ise çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bir grup çalışması olan risk değerlendirmesinde seçim yapılacak yöntemlerin değerlendirilmesinde ve kriterlere ağırlık atanması ve derecelendirilmesinde, karar vericilerin kesin verilere ulaşamaması ve kullanamaması durumunda bulanık çok kriterli karar verme metodlarının kullanılması faydalı olacaktır.

Bu çalışmada bulanık TOPSIS kullanımı tercih edilmiştir. Bulanık TOPSIS çoklu kriterlere dayanan, karar vericinin ve seçeneklerin az olduğu, bulanık problemlerin çözümünde ele alınan kriterlerin nitel ve nicel puanlamasını yapabilen esnek yapıdaki bir yöntemdir [12, 13]. TOPSIS yönteminin sistematik süreci diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre basit ve hızlıdır [14].

Birçok koşulda net verilerin kullanılması mümkün olmamaktadır. Seçeneklerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin ağırlıklandırılmasında kesin sayılar kullanan TOPSIS yöntemi ile insanların yargıları ve düşünceleri devreye girmekte ve belirsizlik durumları oluşmaktadır. Bu tür durumlarda her zaman verimli çalışmalar yürütülememektedir. Bu nedenle grup kararlarının ve belirsizliklerin önemli olduğu çalışmalarda daha gerçekçi bir yaklaşım benimseyebilmesi için bulanık TOPSIS kullanılır. Bulanık TOPSIS ile kriterlerin ağırlıklandırılmasında ve derecelendirilmesinde sayısal değerler yerine dilsel değerler kullanılmaktadır [94].

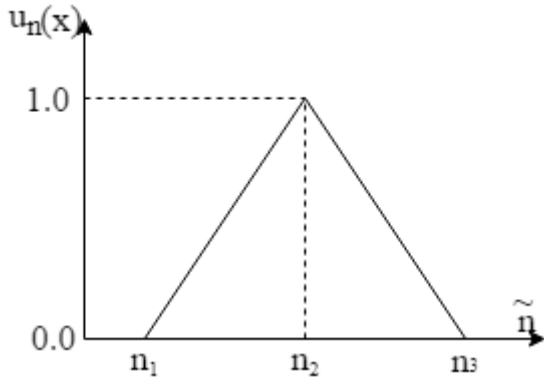
Hwang ve Yoon'un (1981) geliştirdiği TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile karar vericiler tarafından seçenek kriterlerinin ağırlıklandırılmasındaki farklılıklar dikkate alınarak en ideal seçeneğin belirlenmesi sağlanır. TOPSIS yönteminde bulanıklaştırma, karar kriterlerinin ve ele alınan seçeneklerin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi ile elde edilir. Belirlenen seçeneklerin pozitif ideal çözüme en yakın olması istenir. Pozitif ideal çözüm 1 ve negatif ideal çözüm 0 olarak kabul edilir. Dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılar kullanılarak sayısallaştırıldıktan sonra bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisi, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Her bir seçenek için ideal çözümler belirlendikten sonra bulanık sayılar arasındaki uzaklığın hesaplanmasında kullanılan vertex yöntemi ile seçeneklerin yakınlık katsayıları bulunur. Yakınlık katsayılarına göre mevcut seçenekler $[0,1]$ arasında sıralanır [78, 95].

Bulanık TOPSIS uygulamasında geçen ifadelerin çalışmada kullanılan karşılıkları Çizelge 4.1' de yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan bulanık TOPSIS ifadelerinin açıklamaları

Bulanık TOPSIS ifadeleri	Açıklama
Karar vericiler	Risk değerlendirmesi ekibi
Seçenekler	Değerlendirmeye alınan yöntemler
Kriterler	Seçeneklerin değerlendirilebilmesi için tanımlanan hususlar
Kriterin önem ağırlığı çizelgesi	Tanımlanan kriterleri önem derecesine göre ağırlıklandırmada kullanılan çizelge
Önem derecesi için dilsel değişken çizelgesi	Seçeneklerin tanımlanan kriterler doğrultusunda değerlendirilmesinde kullanılan çizelge
Bulanık sayı	Dilsel belirsizliğin sayısal olarak ifade edilmesi
Üçgen bulanık sayı	Dilsel belirsizliğin (n_1, n_2, n_3) şeklinde ifade edilmesi
Vertex	Bulanık sayılar arasındaki uzaklığın bulunmasında kullanılan bir yöntem
Karar matrisi	n kriterli ve m seçenekli bulanık çok kriterli karar verme probleminin matris gösterimi
Normalize edilmiş karar matrisi	Bulanık sayıların $[0;1]$ aralığına getirildiği matris
Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm	(1,1,1) ve (0,0,0)
Yakınlık katsayısı	Her bir seçeneğin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerlerinin vertex yöntemi ile hesaplanması sonrası bu değerler ile elde edilen ve 0 ve 1 arasında yer alan sayılardır.

Bulanık sayılar olarak üçgen, yamuk ve çan eğrisi bulanık sayıları mevcuttur. Çok kriterli karar verme süreçlerinde hesaplama kolaylığı sağladığı için üçgen bulanık sayı kullanımı tercih edilmektedir [95]. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanımında üçgen bulanık sayı ve yamuk bulanık sayı kullanılarak yapılan hesaplamalarda seçeneklerin değerlerinde küçük farklılıklar olmasına rağmen sıralamaya etki edecek bir değişiklik olmadığı görülmüştür [70, 96]. Bu nedenle çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Bir üçgen bulanık sayı (n_1, n_2, n_3) ile gösterilir [95, 97].



Şekil 4.2. Üçgen bulanık sayılar, n [95, 97]

Üyelik fonksiyonu;

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0 & , x < n_1 \\ \frac{x-n_1}{n_2-n_1} & , n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{n_3-x}{n_3-n_2} & , n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0 & , x > n_3 \end{cases} \quad (1)$$

$\tilde{m}=(m_1, m_2, m_3)$ ve $\tilde{n}=(n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayıdır. Aralarındaki uzaklık vertex yöntemi kullanılarak Eşitlik 2' deki gibi hesaplanır [95].

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2)$$

Bulanık TOPSIS grup olarak karar vermeyi gerektiren durumlar için çok uygundur. Bu yöntemde kriterlerin ve seçeneklerin değerlendirilmesi için sırasıyla dilsel değişkenler ve dilsel skorlar oluşturulur. İlk defa Chen tarafından 7'li ölçek olarak geliştirilen değişkenlerin bulanık sayı olarak karşılıkları Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir [95].

Çizelge 4.2 Kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler ve bulanık karşılığı [95]

Çok Düşük	ÇD	(0, 0, 0.1)
Düşük	D	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük	OD	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta	O	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek	OY	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek	Y	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek	ÇY	(0.9, 1.0, 1.0)

Çizelge 4.3 Değerlendirmeler için dilsel değişkenler ve bulanık karşılığı [95]

Çok Düşük	ÇD	(0, 0, 1)
Düşük	D	(0, 1, 3)
Orta Düşük	OD	(1, 3, 5)
Orta	O	(3, 5, 7)
Orta Yüksek	OY	(5, 7, 9)
Yüksek	Y	(7, 9, 10)
Çok Yüksek	ÇY	(9, 10, 10)

Daha sonra $\tilde{x}_{ij}^K$ = i seçeneğin kriter değeri, K gruptaki karar verici sayısı, $\tilde{w}_{ij}^K$ = j karar kriterlerinin önem ağırlığı olmak üzere kriterlerin önem ağırlıkları,

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (3)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^K] \quad (4)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

Bir n kriterli ve m seçenekli bulanık çok kriterli karar verme probleminin matris olarak gösterimi aşağıdaki biçimdedir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (6)$$

Burada dilsel değişkenler $\tilde{x}_{ij}$ (S_{ij}) ve $\tilde{w}_j$, ($j=1,2,3, \dots, n$) şeklindedir. $S_1, S_2, \dots, S_m$ seçenekleri; $K_1, K_2, \dots, K_n$ karar vericileri; $\tilde{x}_{ij} = K_j$ kriterlerine göre S seçeneklerinin bulanık kriter değerlerini ve $\tilde{w}_j = K_j$ kriterinin bulanık önem ağırlığını ifade etmektedir.

Bu dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonu $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, \tilde{c}_{ij})$ ve ağırlık vektörü $\tilde{w}_j = (\tilde{w}_{j1}, \tilde{w}_{j2}, \tilde{w}_{j3})$ şeklinde bulanık sayılarla ifade edilebilir [95, 97].

Sonraki adımda normalize edilmiş karar matrisi $\tilde{R}$ oluşturulur. Normalleştirme yöntemi ile bulanık sayıların 0-1 aralığında olması sağlanır.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (7)$$

Burada B ve C sırasıyla fayda ve maliyet kriter kümeleri olup, $\tilde{r}_{ij}$ aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B & c_j^* &= \max_i c_{ij}, j \in B \\ \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right), j \in C & a_j^- &= \min_i a_{ij}, j \in B \end{aligned} \quad (8)$$

Eğer karar kriterleri fayda kriteri ise her sütundaki bulanık sayılar, bu sütundaki bulanık sayıların üçüncü elemanları bazında en büyük değere bölünür. Eğer karar kriterleri maliyet kriteri ise her sütundaki bulanık sayılar, bu sütundaki bulanık sayıların birinci elemanları bazında en küçük değere bölünür.

Her bir kriterin farklı ağırlıkları göz önüne alınarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \text{ olmak üzere ağırlıklı karar matrisi;}$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (9)$$

eşitliğinde hesaplanır [95, 97].

Ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisine göre S için $\tilde{V}_{ij}$ elemanları $[0,1]$ aralığında yer alan normalleştirilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Bulanık pozitif ideal çözüm S^* ve bulanık negatif ideal çözüm S^- sırasıyla;

$S^* = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_n^*)$ ve $S^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-)$ şeklinde tanımlanır.

Burada $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ şeklindedir. Her bir seçeneğin bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklıkları sırasıyla aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır.

Pozitif ideal çözümden uzaklık, d_j^*

Negatif ideal çözümden uzaklık, d_j^-

$$d_j^* = \sum_{i=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

ve

$$d_j^- = \sum_{i=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

Burada $d(.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermekte ve vertex yöntemi yardımı ile eşitlik (2)'den hesaplanmaktadır.

Son adım olarak her seçenek için negatif ve pozitif uzaklık değerleri kullanılarak 0 ve 1 arasında yer alacak olan yakınlık katsayısı hesaplanır ve bu katsayıya göre alternatiflerin sıralaması yapılır [95, 97].

$$CC_i = \frac{d_j^-}{d_j^* + d_j^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

Bulanık TOPSIS adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [95, 97];

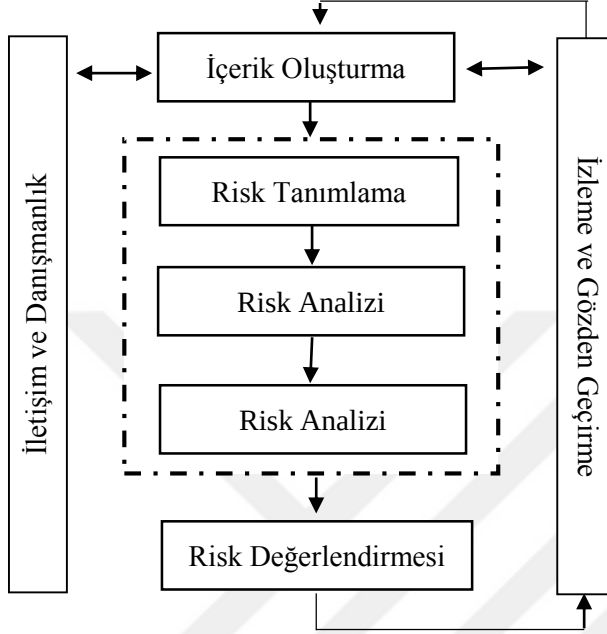
- 1) Karar verici grup belirlenir ve değerlendirme kriterleri tanımlanır
- 2) Karar vericiler tarafından kriterlerin ağırlıklandırılması için dilsel değişkenler tanımlanır ve seçeneklerin değerlendirilmesi için dilsel skorlar atanır
- 3) Karar vericilerin atamış olduğu kriter ağırlıkları ve kriter değerleri toplanarak sırasıyla her bir kriter için toplam bulanık ağırlık ve toplam kriter değerleri elde edilir

- 4) Bulanık, normalize edilmiş bulanık ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisleri oluşturulur
- 5) Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir
- 6) Her bir seçenek için pozitif ve negatif ideal çözümler arasındaki uzaklık hesaplanır
- 7) Her bir seçenek için yakınlık katsayısı hesaplanır
- 8) Yakınlık katsayısı ile seçeneklerin tercih sıralaması yapılır.



5. YER ALTI KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ

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 [32].



Şekil 5.1 Risk yönetim süreci [98]

Şekil 5.1’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 [98];

- 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 [86];

- 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 stratejiler.

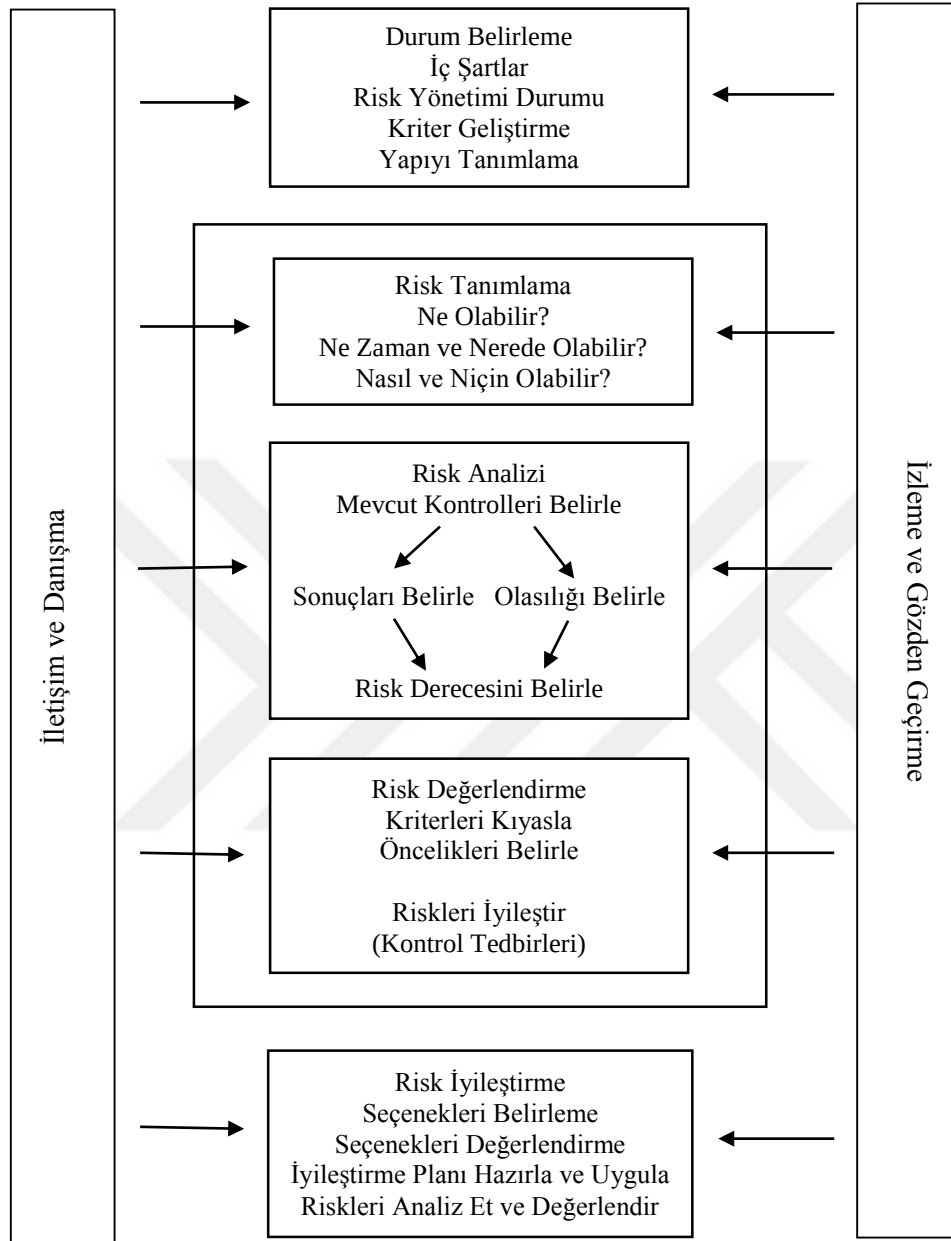
Maden için risk kriterleri ve işletme koşulları ile mevzuat ve standartlar göz önüne alınarak kabul edilebilir risk seviyeleri belirlendikten sonra risk değerlendirme aşamasına geçilir. Ayrıntılı risk yönetim süreci Şekil 5.2’de yer almaktadır [98].

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.

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 [99].

Maden sektörü dinamik bir yapıya sahiptir ve sürekli değişen çalışma koşullarına ayak uyduracak bir risk yönetimi süreci gereklidir. Bu nedenle risk yönetimi maden sektöründe üretim süreci özelinde ele alındığında süreklilik arz etmeli, döngüsel ve dinamik olmalıdır. Qing-gui ve arkadaşlarına (2012) göre kömür madeni risk yönetimi genel olarak bilgi toplama, risk tanımlama ve yönetimi, bilgilerinin düzenli aktarımı,

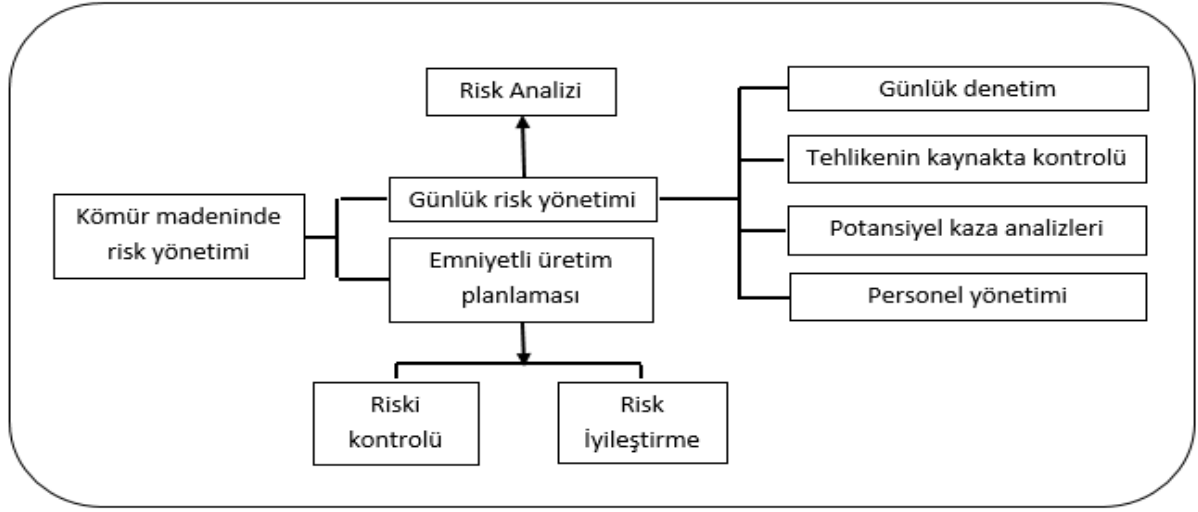
saklanması ve değerlendirilmesi, erken uyarı sistemi, güvenli ve dinamik izleme sistemi ve kontrol tedbirlerini kapsamaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.2 Ayrıntılı risk yönetim süreci [98]

Günlük risk yönetimi yapılan risk analizi ile sağlanırken, analiz edilen bu risklerin kontrolü ve iyileştirilmesi ile de emniyetli üretim planlaması yapılmaktadır. Günlük risk yönetiminin günlük denetim, tehlikelerin riske dönüşmeden kaynağında kontrolünün sağlanması, potansiyel kaza analizleri ve personel yönetimi ayakları bulunmaktadır.

Madenlerde risk yönetiminde düzenli izleme ve erken uyarı sistemleri risk yönetimi için oldukça önem arz etmektedir [100].



Şekil 5.3 Bir kömür madeninde risk yönetimi sistemi [100]

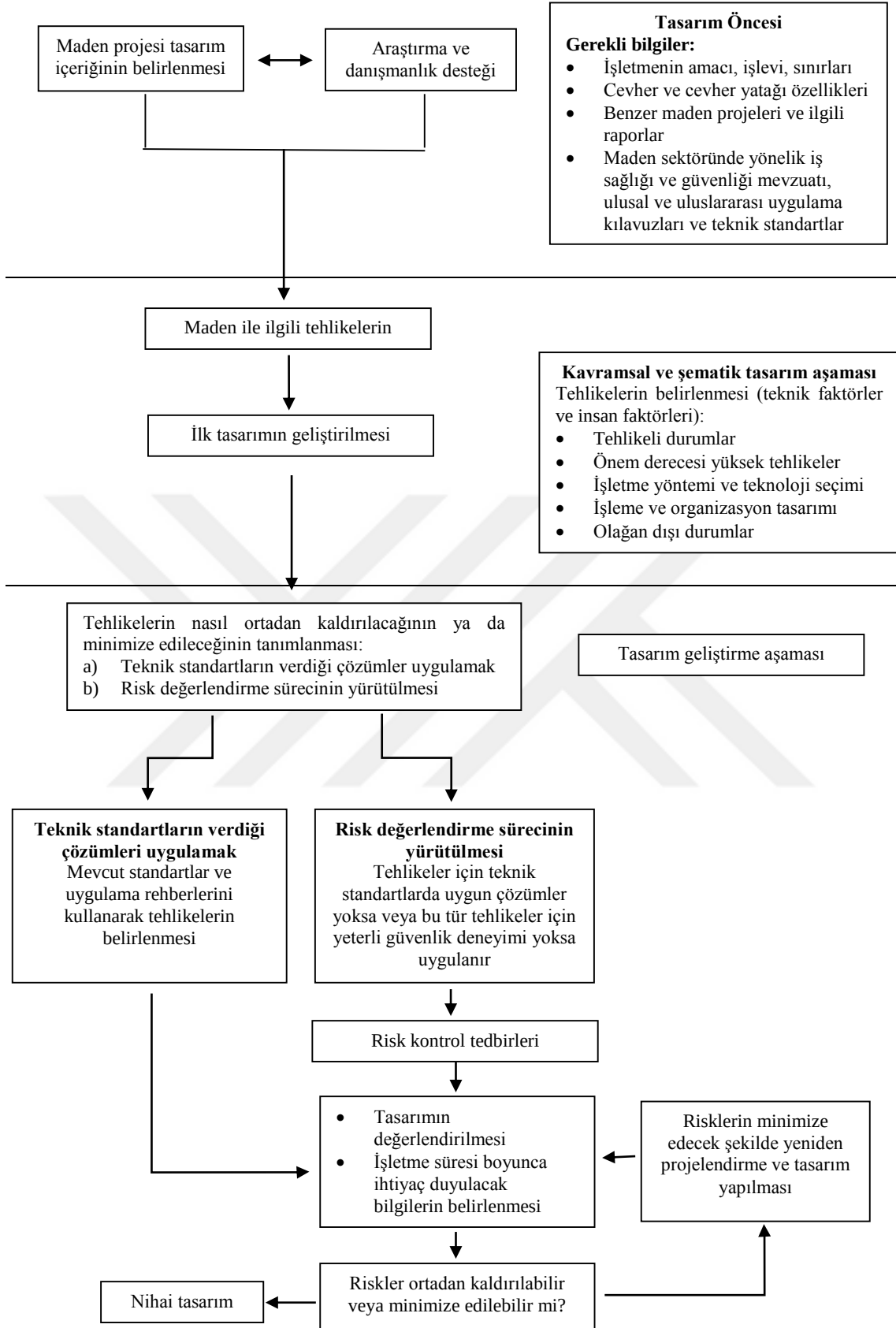
Başarılı bir risk yönetimi proaktif yaklaşımın sistematik uygulanma şeklidir. Risk yönetimin en önemli ayağı risk değerlendirmesidir ve eksiksiz yapılan risk değerlendirme çalışmaları risk yönetimini düzenli olarak besleyerek sistematik ve dinamik yapısını koruyacaktır.

5.1. Yer altı kömür madenciliği tasarım sürecinde risk yönetimi

Her sektörde olduğu gibi maden sektöründe de işletmelerde yaşanan kazaların önüne geçilebilmesi için projelendirme ve tasarım aşamasında risk yönetimi sürecinin uygulanması zorunluluğu bulunmalıdır. Şekil 5.4'te tasarım ve risk yönetimi entegrasyonu örneği yer almaktadır [22]. Madende yaşanabilecek olay ve kazalar ciddi veya ciddi olmayan kayıplara, yaralanma ya da ölüme, çevresel ve maddi kayıplara neden olabilmektedir. Bu kayıpların önüne geçebilmek için maden işletme projesi aşamasında tehlike belirleme süreci ve sonrasında bu tehlikelerin neden olabileceği risklerin tanımlanıp kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. 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 [10, 22, 41].

Türkiye’ de projelendirme aşamasında iş sağlığı ve güvenliği hususu 19.09.2013 tarih ve 28770 sayılı Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği Kapsamında bazı maddelerle ele alınmıştır. Yönetmeliğe göre işveren çalışanların tehlikeye atmayacak şekilde işyerini tasarlama, inşa etme, teçhiz etme, hizmete alma, işletme ve bakımını yaptırmakla yükümlüdür. İşverenin bir diğer yükümlülüğü de maden işletmelerinde hazırlanması zorunlu olan iş sağlığı ve güvenliği dokümanının işyerinde çalışmaya başlanılmadan hazırlanmasını sağlamaktır. Bu hususla ilgili yönetmelikteki diğer bir düzenleme iş sağlığı ve güvenliğini etkileyecek olayın meydana gelmesi durumunda acil durum eylem planına uygun bir şekilde çalışanların yer üstüne çıkarılmasını sağlanması ilgilidir. Yönetmeliğe göre, olayın şiddetinin azaltılması kapsamında alınacak tedbirlerin maden işletme projesinde ve maden işletme projelerinin revize edilmiş halinde bulunması ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğünce onaylanması gerekmektedir [101].



Şekil 5.4 Tasarım ve risk yönetimi birleşimine sistematik bir yaklaşım [22]

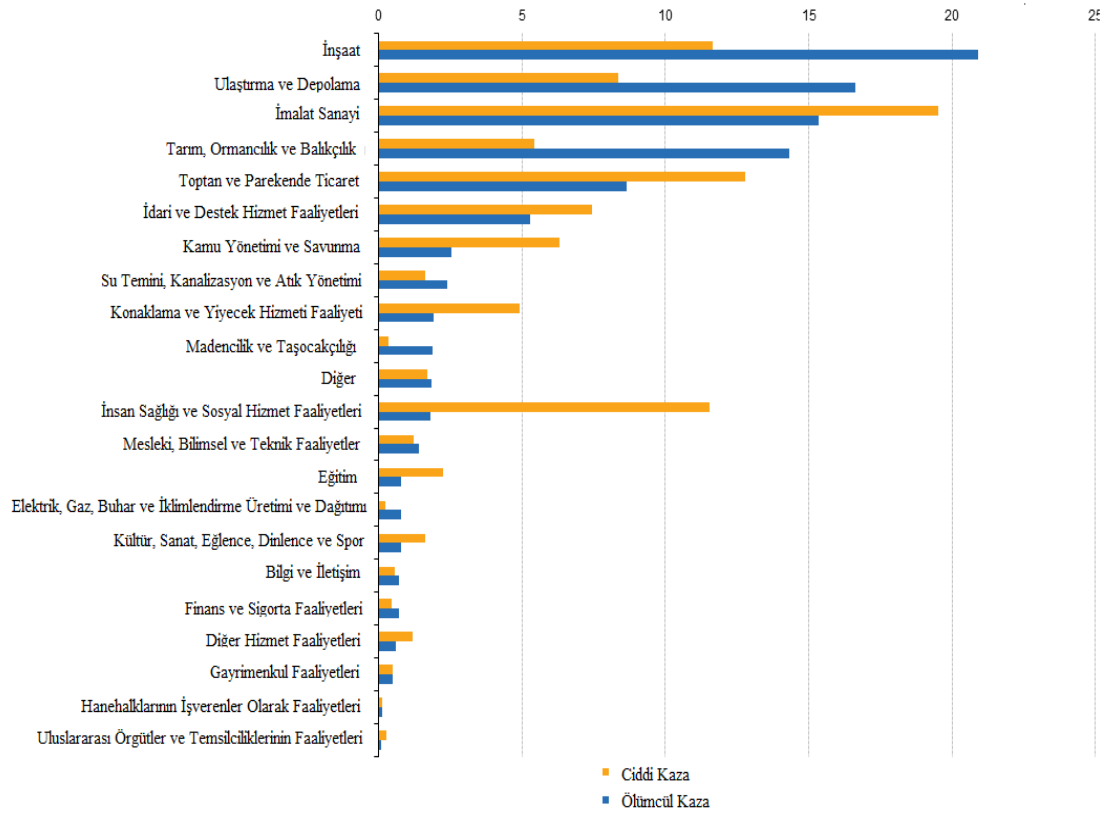
5.2. Dünyada Yer altı Kömür Madenciliği İş Kazaları ve İş Sağlığı ve Güvenliği Tehlike Sınıflaması

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 [78, 102, 103].

Michael Quinlan (2014) tarafından Avustralya, İngiltere, Kanada, Yeni Zelanda ve ABD'de 1992'den bu yana meydana gelen maden felaketleri ve ölümlü kazalardan çıkarılabilecek dersler sistematik biçimde incelenmiştir. İncelenen bu olaylarda sürekli olarak yaşanan kazaların önlenmesi ve iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin değerlendirilmesi için öncelikli bir kontrol listesi olarak da kullanılabilecek on kalıp neden sıralamıştır [104].

1. Mühendislik, tasarım ve bakım kusurları,
2. Uyarı işaretlerinin dikkate alınmaması,
3. Risk değerlendirmesi konusundaki yasalar,
4. Yönetim sistemlerindeki kusurlar,
5. Sistemlerin denetlenmesindeki kusurlar,
6. Güvenlikten ödün veren ekonomik veya gelire ilişkin baskılar,
7. Mevzuata ilişkin denetimdeki hatalar,
8. Dikkate alınmayan çalışan veya denetleyici şikâyetleri,
9. Çalışanlarla veya yönetimle zayıf iletişim ve güven ilişkisi,
10. Acil durum ve kurtarma prosedürlerindeki kusurlardır.

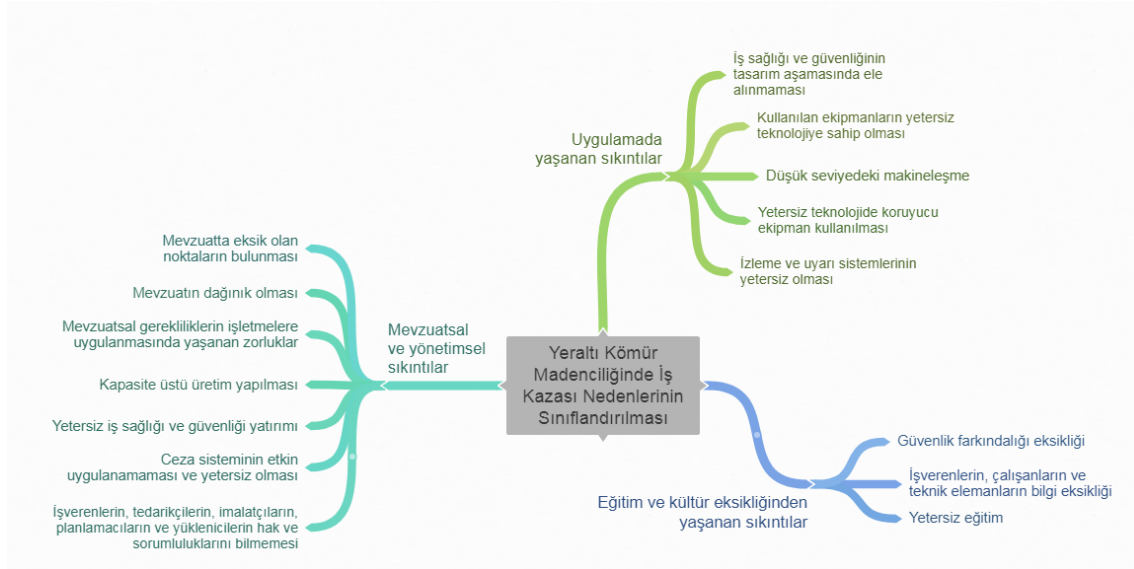
Günümüzde yeni teknolojilerin kullanılması, sektöre yapılan yatırımlar, mevzuatsal gelişmeler, çalışanların ve işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği kültürü ile tanışması ile ölüm ve yaralanma oranları azalmaktadır [104, 105]. Avrupa İş Kazaları İstatistikleri (ESAW) AB-28 ülkelerine ait verilere bakıldığında diğer ekonomik faaliyet alanlarına göre madencilik sektöründe yaşanan ölümcül ve ciddi kaza sayıları onuncu sırada yer almıştır (Şekil 5.5) [106].



Şekil 5.5 Ekonomik faaliyete göre ölümcül ve ciddi kazalar, AB-28, 2014 (Ciddi ve ölümcül Kazaların %) [106]

Yer altı kömür madenciliğinde iş kazası ve meslek hastalıklarının bu kadar sık yaşanmasının çok sayıda ve birbirinin etkileyen nedenleri bulunmaktadır. Bu nedenler arasında öne çıkanlar ilgili mevzuatsal ve yönetsel sıkıntılar, uygulamada yaşanan sıkıntılar, eğitim ve kültür eksikliğinden kaynaklanan sıkıntılardır. Ayrıntısı Şekil 5.6'da verilmiştir [31, 32, 102, 107].

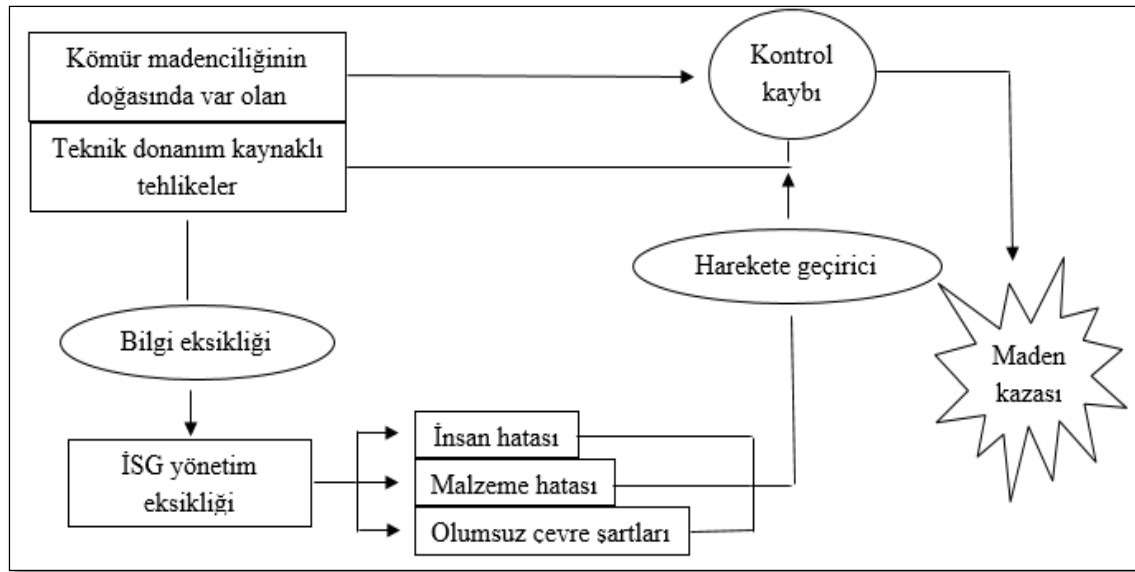
Yer altı kömür madenlerinde maruz kalınabilecek tehlikelerin literatürdeki sınıflandırmalarına bakıldığında temelde aynı olmasına rağmen bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların temel nedenini ayrıntı düzeyleri oluşturmaktadır. Genel olarak yer altı kömür madenlerinde var olan tehlike tiplerini bariz/açık tehlikeler, küçük tehlikeler, beklenmeyen tehlikeler ve gizli tehlikeler olmak üzere dört grupta toplanmaktadır [31]. Tehlike sınıfları ise yer altı kömür madenciliğinin doğasında var olan enerji ve tehlikeli maddenin deşarjı, teknoloji ve ekipmanın hatalı kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği yönetim eksikliği şeklinde üç sınıfta toplanmaktadır [99, 100].



Şekil 5.6 Yer altı kömür madenciliğinde iş kazası ve meslek hastalıklarının nedenleri

Liang ve arkadaşları (2011) yer altı kömür madenciliğinde maruz kalınan tehlikeleri kömür madenciliğinin doğasında var olan tehlikeler, teknoloji ve ekipman kusurları ve güvenlik yönetimi eksikliği olmak üzere üç ana kategoriye ayırmıştır. Kömür madenciliğinin doğasında var olan tehlikeler genel olarak gaz, yangın felaketi, kömür tozu, su, göçük, patlama, ulaşım-nakliye ve elektrikli makineler olmak üzere sekiz sınıfa ayrılmıştır. Teknoloji ve ekipman kusurları ise koruma ve risk azaltma sistemi ve izleme, kontrol ve erken uyarı sisteminde oluşacak kusurlar olarak iki yönden ele alınmıştır. Son faktör olan güvenlik yönetimi eksikliği iş güvenliği yönünden zayıf organizasyon ve yönetim olarak açıklanmıştır [107]. Bu üç tehlike arasındaki bağlantı ise Şekil 5.7'deki gibidir.

Bu modele göre madenciliğin doğasında var olan tehlikeler ve teknik donanımdan kaynaklı tehlikeler doğrudan kontrol kaybına dolayısıyla iş kazasına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak bilgi eksikliğinden kaynaklanan iş sağlığı ve güvenliği yönetimi eksikliği insan hatası malzeme hatası ve olumsuz çevre şartlarını doğurmakta bunlar da iş kazasını harekete geçirici faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 5.7 Tehlike teorisine dayalı kömür madeni kazası nedensellik modeli [107]

Vivek V. Khanzode ve arkadaşlarının (2012) yaptığı bir çalışmaya göre yer altı kömür madenciliğinde iş sağlığı ve güvenliği tehlike kaynakları su, toz, aydınlatma, havalandırma, elektrik, temizlik, makine, malzeme, ulaşım yolları ve göçük olmak üzere 10 grupta toplanmıştır [44].

Mahdevari ve arkadaşları (2014) ise yer altı kömür madenlerinde maruz kalınabilecek tehlikeleri jeo-mekanik tehlikeler, jeo-kimyasal tehlikeler, elektriksel tehlikeler, mekanik tehlikeler, kimyasal tehlikeler, çevresel tehlikeler, insan kaynaklı tehlikeler ve sosyal, kültürel ve yönetsel tehlikeler olmak üzere 8 ana kategoriye ve bu tehlikeleri 86 alt kategoriye ayırmışlardır [78].

Çizelge 5.1 Kömür madenlerinde iş sağlığı ve güvenliği risk sınıflandırması [78]

Risk	Kod	Olay
Jeo-mekanik	JM1	Kömür-kaya patlamaları
	JM2	Materyal düşmesi (tavandan veya kirişlerden)
	JM3	Rüzgâr patlaması
	JM4	Yıkımsal hata
	JM5	Göçük
	JM6	Taş savrulması
	JM7	Kavlak düşmesi
	JM8	Topuk duraysızlığı

	Kod	Olay
	JM9	Kömür yüzeyi duraysızlığı
	JM10	Galeri duraysızlığı
	JM11	Göçük alanında bulunma / dolaşma
	JM12	Taban kabarması
	JM13	Geçici tavan duraysızlığı
	JM14	Tasman
	JM15	Eksik ramble
Jeo- kimyasal	JK16	Kömür ve sülfür cevheri tozu patlaması
	JK17	Grizu
	JK18	H ₂ S, CO, CO ₂ , NO, vb. gazların emisyonu
Elektrik	E19	Elektrik çarpması
	E20	Hatalı ateşleme
	E21	Güç kesintileri
	E22	Ömrü bitmiş lambalar
	E23	Anahtarlar, güç panoları, jeneratörler vb.
	E24	Standartlara uymayan ateşleme hattı
	E25	Su pompaları ile ilgili elektrik problemleri
Mekanik	M26	Basınçlı kapların yırtılması
	M27	Makine kaynaklı akut sarsıntılar ve tüm vücut titreşimi
	M28	Ekipmanın istem dışı çalışması
	M29	Pompa istasyonlarından su basıncı ve retikülasyon (ağlaşma)
	M30	Bakım ve onarım sırasında oluşan tehlikeler
	M31	Bant konveyörler
	M32	Havalandırma sisteminin durması
	M33	Çekme telinin yırtılması
	M34	Eğimli yollarda vagonların ayrılması
	M35	Makinelerin teknik hatası
	M36	Lokomotifin Krank mili
	M37	Eski araç koltukları ve oturma bozuklukları
Kimyasal	K38	Uygunsuz ateşleme
	K39	Patlatmada oksijen dengesizliği
	K40	Standart dışı patlayıcılar
	K41	Tehlikeli yakıtlar ve kimyasallar
Çevresel	Ç42	Kaygan zemin
	Ç43	Kötü aydınlatılmış alanlar ve aydınlatma problemleri
	Ç44	Hareketli parçalar arasına sıkışma
	Ç45	Su, çamur, gaz vb. degajı
	Ç46	Boğulma
	Ç47	Lastik patlaması

	Kod	Olay
	Ç48	Kömür tozu ve zehirli gazlardan kaynaklanan boğulma
	Ç49	Radyasyon, yansıma ve aşırı parlama
	Ç50	Termal ısı kaynakları
	Ç51	Sudaki Bakteriler
	Ç52	Gürültü kirliliği
	Ç53	Asetilen ve metan gibi yanıcı gazları serbest kalması
	Ç54	İşitme kaybı
	Ç55	Yangın ve karbon monoksit nedeniyle zehirlenme
	Ç56	Puslu ve dumanlı koşullar
Kişisel	K57	Yakıt ikmali sırasında sigara içmek
	K58	Güvenlik işaretlerini dikkate almamak
	K59	Güvenlik giysilerinin kullanılmaması
	K60	Giysileri temizlemek için basınçlı hava kullanma
	K61	Bataryaları tedbirsiz kullanma
	K62	Ekipman girerken veya çıkarken kayma / takılma
	K63	Çalışma veya bakım onarım sırasında kayma, takılma, düşme
	K64	Yükseklikten düşme
	K65	Araç yaya çarpışmaları
	K66	Depolanan patlayıcılara yıldırım düşmesi
	K67	Yorgunluk veya hastalık
	K68	Ekipmanla olan yakın temas sonucu yaralanmalar
	K69	Patlatıcıyı cepte taşıma
	K70	Eğimli vagon yolunda geriye düşme
	K71	Patlayıcıların nakliyesi, depolanması ve taşınması sırasında dikkatsizlik
	K72	Ateş almayan lağım deliklerini boşaltmak
	K73	Acil çıkış güzergahlarını bilmemek
Sosyal, kültürel ve yönetmel	S74	Güvenlik donanımlarının eksikliği
	S75	Yangın söndürme ekipmanlarının eksikliği
	S76	Kazı alanına yetkisiz giriş
	S77	Personelin konveyör / vagon ile taşınması
	S78	İletişim cihazlarının eksikliği veya çalışmaması
	S79	Metan / toz yoğunluğunu kontrol etmeden patlatma
	S80	Kazı alanında trafik
	S81	İlk yardımın bilgi eksikliği ve erişilmezliği
	S82	Yetersiz eğitim
	S83	Elle taşıma
	S84	Kötü ergonomi
	S85	Tahkimat için uygun olmayan ahşap kullanılması
	S86	Kötü yönetim sistemi

ABD Maden Güvenliği ve Sağlık İdaresi tarafından yapılan maden kazaları sınıflandırması aşağıda yer almaktadır [108];

- Elektriksel tehlikelere maruz kalma
- Mahsur kalma (kaya düşmesi, göçük, su basması vb. nedenlerle)
- Basınçla çalışan makinalardaki patlamalar (hidrolik hatlar, basınçlı hava, hidrolik hortumlar)
- Patlatmalar - (patlatmada kullanılan patlayıcılardan kaynaklı)
- Kaya düşmesi, kayması ve yuvarlanması
- Göçük
- Yangın
- Malzeme taşıma
- El araçları
- Asansör
- Gaz ve toz patlamaları
- Su ya da gaz basması
- Ekipman
- Çalışanların düşme ya da kayması
- Bir nesneye dayanma
- Çarpışma
- Diğerleri

Kömür madenciliğinde sıkça karşılaşılan risklerin öne çıkanları maden patlama ve yangınları, göçük, kavlak düşmesi, kömür tozu, gürültü, makineler arasında sıkışma ve ezilme, elektrik, grizu, tehlikeli gazlar, ani gaz püskürmesi, su baskınları, patlayıcıların uygunsuz kullanımı, kullanılan kimyasallardır [104].

6. TÜRKİYE KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARI ANALİZİ

Türkiye’de son beş yıllık iş kazası sayılarına bakıldığında madencilik sektörünün ilk dört ekonomik faaliyetin arasında, iş kazası kaynaklı ölüm sayılarına bakıldığında ikinci sırada yer almaktadır. 2012 ve öncesi yıllarda istatistikler ödemesi yapıp kapatılan iş kazası vaka sayılarına göre tutulmaktaydı. 2013 yılından itibaren veriler Avrupa Birliği standartlarına (ESAW) göre tutulmaya başlandı. ESAW’a göre kaza sonrası 5. günde işe başlanmış ise bu iş kazası istatistiklere yansıtılmaktadır [2]. Bu nedenle istatistik bilgilerini daha sağlıklı ele alabilmek adına 2013 yılı ve sonrası istatistikleri değerlendirilmiştir. 2013-2016 yılları arası SGK istatistiklerine göre iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı ve ölüm sayısı verileri Çizelge 6.1’de, madencilik sektörü için iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı ve ölüm sayısı Çizelge 6.2’de yer almaktadır.

Çizelge 6.1 Türkiye’de iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı ve ölüm sayısı [2]

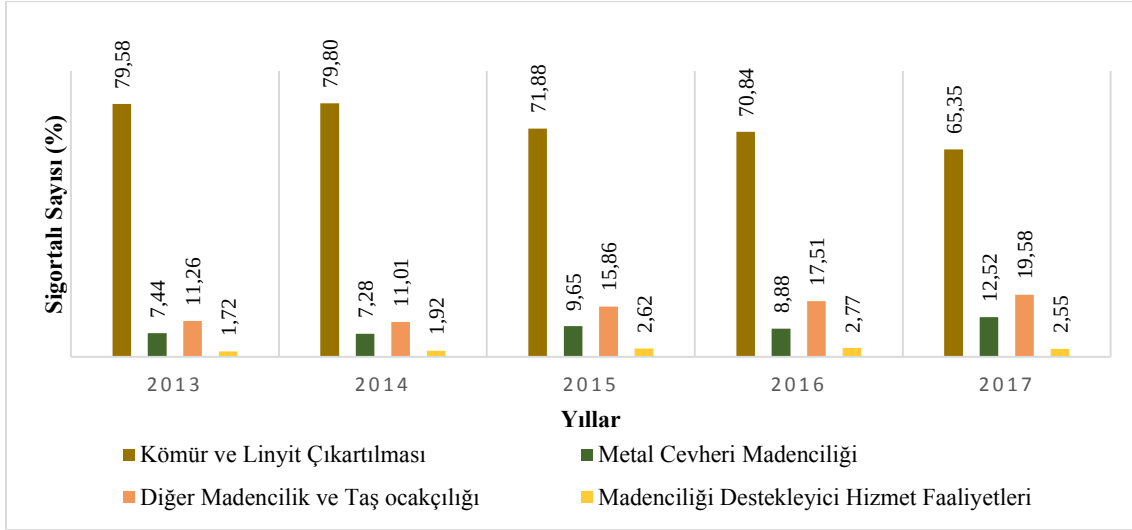
Yıl	İş Kazası Geçiren Toplam Sigortalı Sayısı	Toplam Ölüm Sayısı
2013	191.389	1.360
2014	221.366	1.626
2015	241.547	1.252
2016	286.068	1.405
2017	359.653	1.633

Çizelge 6.2 Türkiye’de madencilik sektörü için iş kazası geçiren toplam sigortalı sayısı ve ölüm sayısı [2]

Yıl	Madencilik Sektöründe İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı	Madencilik Sektöründe Ölüm Sayısı
2013	14.186	84
2014	12.884	381
2015	10.336	79
2016	11.680	83
2017	12.957	86

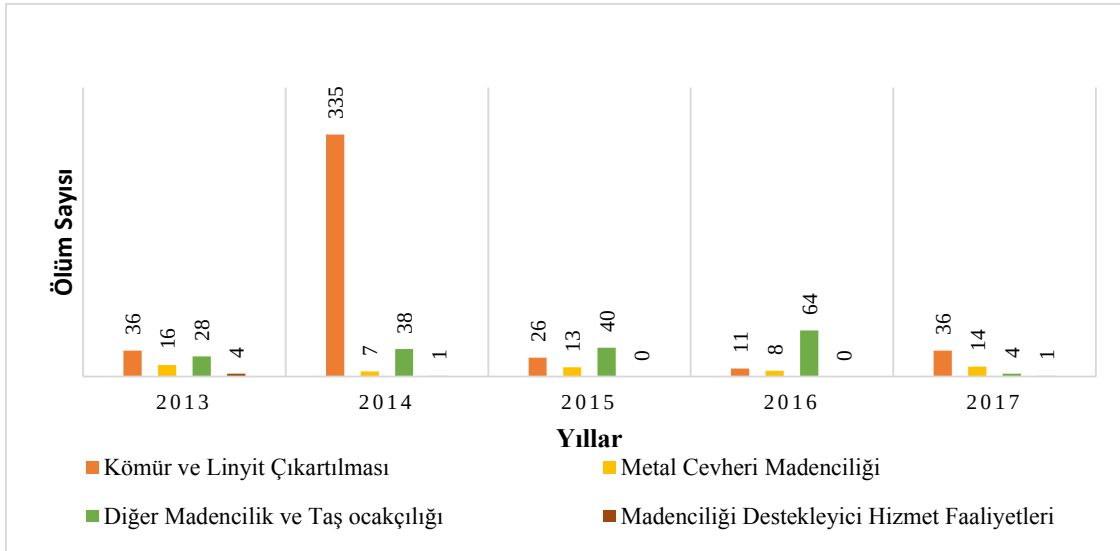
Çizelge 6.3 Türkiye’ de iş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları ve iş kazası sonucu ölenlerin sayısı [2]

		Kaza günü (çalışır)	Kaza günü (iş göremez)	2	3	4	5+(1)	Toplam	İş kazası sonucu ölenlerin sayısı
2013	Taşkömürü Madenciliği	1.504	50	81	238	66	2.451	4.390	18
	Linyit Madenciliği	1.904	222	250	349	192	3.978	6.895	18
	Diğer kömür İşletmeciliği	0	0	0	0	0	4	4	0
2014	Taşkömürü Madenciliği	935	45	81	238	76	2.436	3.811	8
	Linyit Madenciliği	1.998	279	321	319	152	3.146	6.215	327
	Diğer kömür İşletmeciliği	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	Taşkömürü Madenciliği	528	107	112	259	67	2.195	3.268	13
	Linyit Madenciliği	1.015	214	264	241	136	2.291	4.161	13
	Diğer kömür İşletmeciliği	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	Taşkömürü Madenciliği	1.027	72	89	227	62	1.886	3.363	5
	Linyit Madenciliği	1.543	188	230	305	137	2.508	4.161	6
	Diğer kömür İşletmeciliği	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	Taşkömürü Madenciliği	1.204	64	92	195	63	1.792	3.268	20
	Linyit Madenciliği	1.380	196	241	250	139	2.852	4.161	11
	Diğer kömür İşletmeciliği	0	0	0	0	0	0	0	0



Şekil 6.1 Türkiye’ de maden alt sektörlerindeki iş kazası geçiren sigortalı sayısı yüzdelik dağılımı [2]

Maden alt sektörleri ele alındığında kömür ve linyit çıkarılması ilk sırada gelmektedir ve yıllar bazında iş kazası geçiren sigortalı sayısı yüzdeliklerine baktığımızda düşüş yaşanmıştır. Daha sonra sırasıyla diğer madencilik ve taş ocakçılığı ve metal cevheri madenciligi gelmektedir. Ancak bu iki alt sektörde iş kazası geçiren sigortalı yüzdelere bakıldığında artış görülmektedir.



Şekil 6.2 Türkiye’ de maden alt sektörlerindeki ölüm sayıları [2]

Ölüm sayıları ele alındığında 2014 yılında yaşanan Soma faciasından dolayı dramatik bir artış olmuştur. Madencilik ve taş ocakçılığında yaşanan ölüm sayılarında artış olmakla beraber 2017 yılında ciddi bir azalma görülmektedir. Tüm sektörlerdeki iş kazaları değerlendirildiğinde madencilik sektöründe meydana gelen kazalardan etkilenen ve ölen kişi yüzdeleri Çizelge 6.4’de yer almaktadır.

Çizelge 6.4 Madencilik sektöründe meydana gelen kazalar

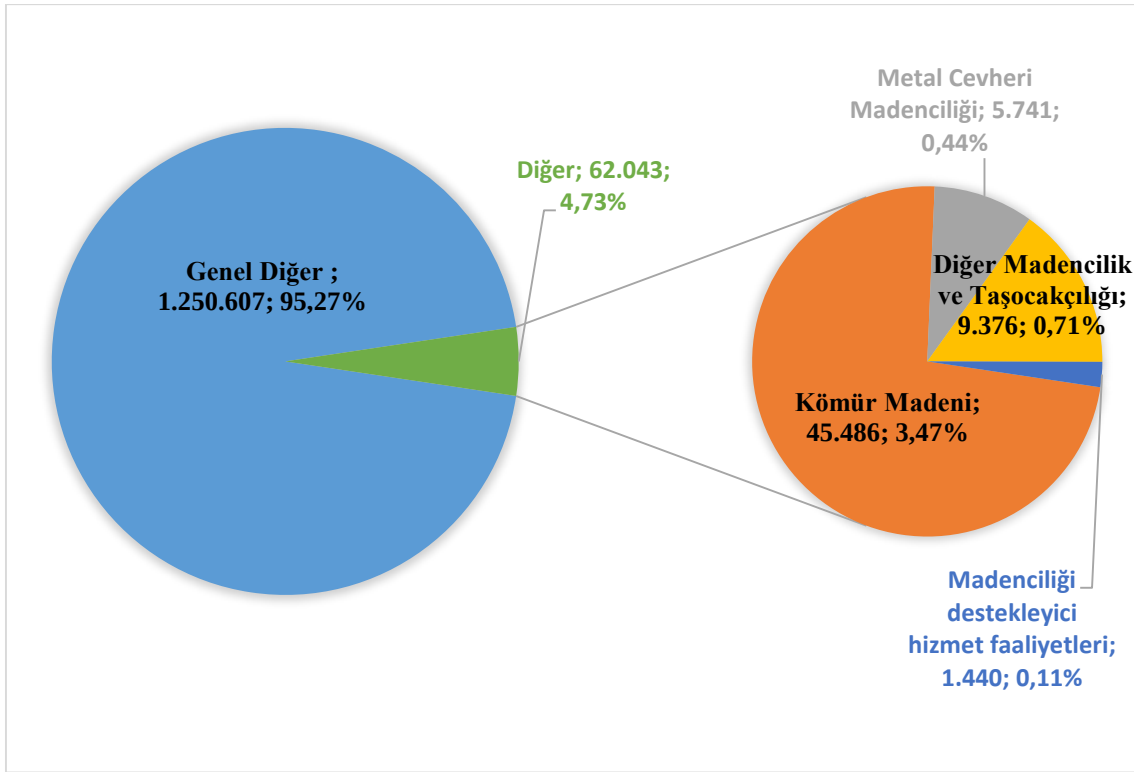
Yıl	İş Kazalarından Etkilenen Kişi Yüzdesi (%)	İş Kazalarında Ölen Kişi Yüzdesi (%)
2013	7,4	6,2
2014	5,8	23,4
2015	4,3	6,3
2016	4,1	5,9
2017	3,6	5,3

Kömür madeni özelinde ele alındığında meydana gelen kazalardan etkilenen ve ölen kişi yüzdeleri Çizelge 6.5’de yer almaktadır.

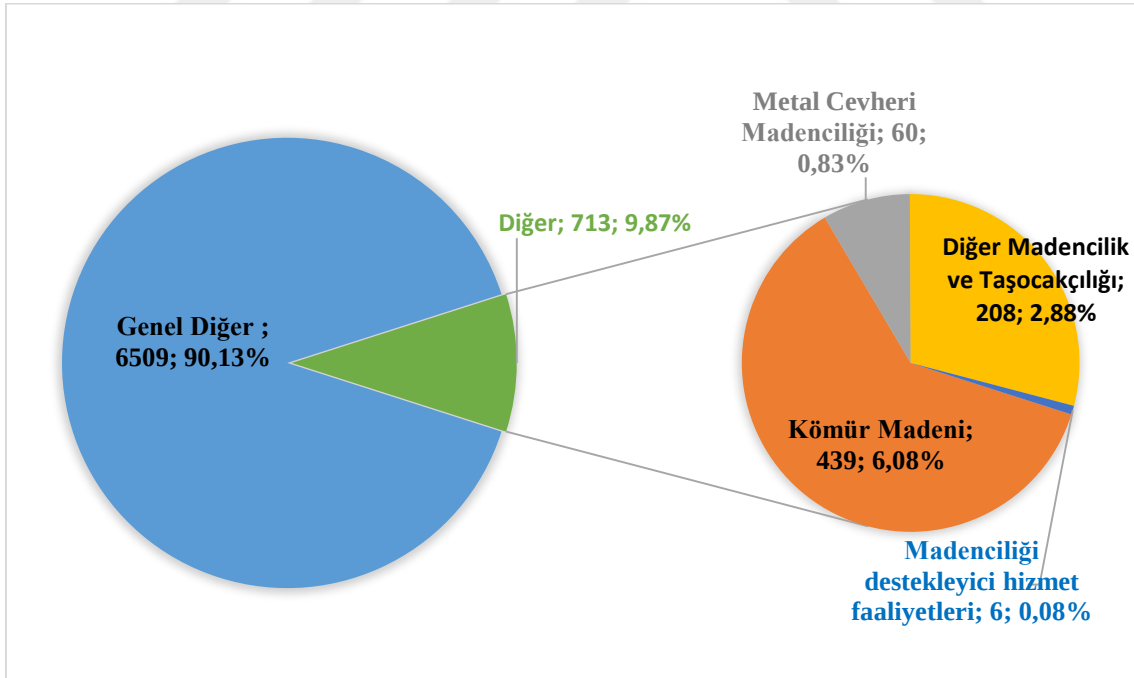
Çizelge 6.5 Kömür madenciliği sektöründe meydana gelen kazalar

Yıl	İş Kazalarından Etkilenen Kişi Yüzdesi (%)	İş Kazalarında Ölen Kişi Yüzdesi (%)
2013	5,9	2,6
2014	4,5	22,6
2015	3,1	2,1
2016	2,9	0,8
2017	3,1	1,9

2013-2017 yılları arasında maden sektöründe ve maden alt sektörlerinde yaşanan toplam iş kazalarından etkilenen işçi sayıları ve ölüm sayıları Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de yer almaktadır. Verilere göre 2013-2017 yılları arasında iş kazaların %4,7’si madencilik sektöründe ve bunların %3,5’i kömür madenlerinde meydana gelmiştir. Bu verilere göre madencilik sektöründe yaşanan iş kazalarının %73,4’ü kömür madenlerinde yaşanmıştır. Yaşanan ölüm sayılarının bakıldığında ölümlerin %9,9’u madencilik sektöründe ve bunların %6,1’i kömür madenlerindedir. Verilere bakıldığında madencilik sektöründe yaşanan ölümlerin %61,1’i kömür madenlerindedir.



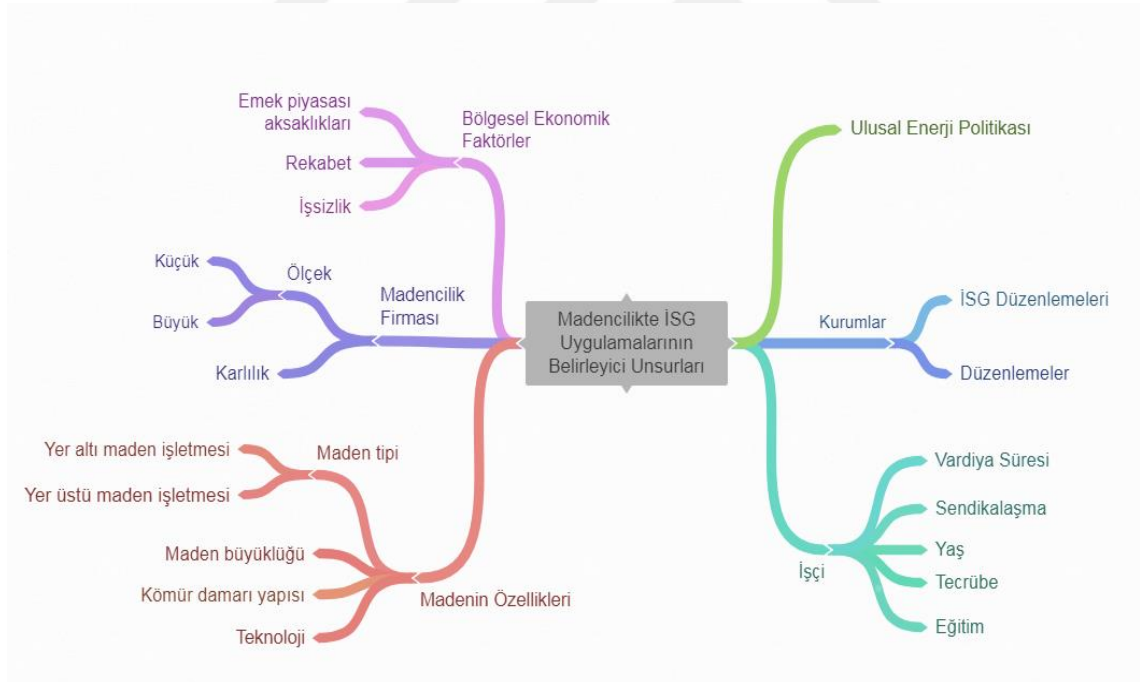
Şekil 6.3 İş kazaları arasında maden ve alt sektörlerinin dağılımı (2013-2017) [2]



Şekil 6.4 Ölüm sayıları arasında maden ve alt sektörlerinin dağılımı (2013-2017) [2]

6.1. Türkiye Kömür Madenciliğinde Meydana Gelen İş Kazalarının Nedenleri

Madenlerde yaşanan iş kazaları nedenleri birbirini etkileyen birçok unsurdan oluşmaktadır. Teknik kısmı incelenecek olursa maden özellikleri, kullanılan teknoloji ve yer üstü – yer altı maden işletmesi olması iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen önemli unsurlardandır. Gelişen teknoloji bir taraftan iş güvenliğini artırırken bir taraftan da bu teknolojiye uyum sağlama sürecinde çalışanları yeni sağlık ve güvenlik tehlikelerine maruz bırakabilmektedir. Uzun vadede ele alındığında gelişen teknolojinin kullanılmasının iş sağlığı ve güvenliğine katkısı oldukça yüksektir. Gelişen teknoloji ile gelişmiş bir havalandırma sistemi ve takip sistemleri, entegre yer sistemleri ve filo yönetimi sistemleri kurulabilmekte ve maden hakkında anlık bilgilere ulaşma imkanı yakalanmaktadır. Otonomlaştırılmış maden makineleri kullanımıyla ise yeterli zaman ve eğitim sunulduğu takdirde iş güvenliği alanında önemli ilerlemeler kaydedilecektir [104]. Türkiye'de kömür madenciliği sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki belirleyici faktörler Şekil 6.5’de yer almaktadır.



Şekil 6.5 Türkiye’de kömür madenciliğinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında belirleyici faktörler [104]

Türkiye’de kömür madenlerinde meydana gelen iş kazalarını analiz ederek nedenlerini araştıran çalışmalar incelenmiş ve sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

1941-1987 yılları arasında Zonguldak havzası için yapılan çalışmada üretim miktarı ile yaralanma sayısının orantılı bir şekilde arttığı saptanmış ve bu durumun maden tasarımı ve hazırlık sürecine yeterince önem verilmemesinden kaynaklandığı tespiti yapılmıştır. Yine aynı çalışmada Avrupa ülkelerinin aksine yaralanma ve ramak kala kayıtlarının düzenli ve doğru tutulmamasının kaza piramidi üçgeninin havza bazında kurulmasını olanaksız kıldığı belirtilmiştir [109].

Zonguldak taşkömürü havzasında 1970-1988 yılları arasında yapılan çalışmada iş kazalarının nedenleri istatistiksel olarak incelenmiş ve sık yaşanan kaza nedenlerini ocak içi grizu ve gazlar, göçük, nakliyat, muhtelif kazalar olarak sınıflandırmış ve toplam 974 kişinin ölümlü kaza geçirdiği bu dönemde kazaların %51,3’ü göçük nedenli, %26,6’sı grizu ve gazlar nedenli, %15,8’i nakliyat nedenli ve %6,3’ü muhtelif nedenli olduğu belirtilmiştir. Zonguldak havzasında bu dört nedene bağlı ölüm oranlarını etkileyen faktörler olarak tükönan üretim, kömürde ilerleme, maden direği tüketimi, fiili yevmiye ve işçi sayısı ele alınmıştır. Bu değişkenler ile model denklem elde edilmiştir [110].

Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Bölgesi yer altı kömür işletmelerindeki 1983-1988 yılları arasında meydana gelen kaza istatistiklerinin değerlendirildiği çalışmada kaza türleri kaya düşmesi, tahkimat, nakliyat ve diğerleri (kayma ve düşmeler, lamba asidi kayması, çarpma sıkıştırma, gaz ve toz patlaması vb.) olarak dört gruba ayrılmıştır. Çalışmada üretim miktarı, işçi sayısı, aylara ve günlere göre dağılımı, vardiya saatleri, kaza sıklık oranı, kaza ağırlık oranı, ortalama kaza süresi, organlara göre dağılımı, yaş grupları ve unvanlara göre dağılımları, iyileşme süreleri, yevmiyeye düşen koruyucu malzeme giderleri ve iş kazalarında ödenen tazminat miktarları gibi kriterler ele alınmış ve kazaların önlenmesi için bazı önerilerde bulunulmuştur [111].

İstanbuluoğlu (1999) 1984-1999 yılları arasında TKİ’de meydana gelen iş kazalarının incelemiştir. Çalışmada kaza sayısı, ölüm sayısı, işçi sayısı, toplam çalışma saati ve gün kaybı sayıları, tükönan üretim miktarları, kaza sıklık oranları (KSO) ve kaza ağırlık oranları (KAO) ele alınmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre 1988 yılında KSO 96 ile en

yüksek değerine ulaşmış daha sonra hızlı ve düzenli bir şekilde azalma göstermiştir. Çalışmaya göre, 16 yıllık sürede üretimin %9'u ve işçi sayısının %30'u yer altı ocaklarındadır. Toplam iş kazalarının %71'i ve ölüm sayısının %45'i de yer altında meydana gelmiştir. Ele alınan yıllar arasında toplam 1.405.604 iş günü kaybı yaşanmıştır. İş günü kaybı sayısı 1990 yılından sonra azalmaya başlamış ve bu sayının belirlenmesinde ölüm sayılarının öne çıktığı saptanmıştır. Bunun nedeni ölümlü iş kazaları sayısındaki azalma ivmesinin, yaralanmalı iş kazaları sayısının azalma ivmesinden çok daha düşük olmasıdır. Kaza nedenleri elle taşıma, göçük, iş makinesi, el aletleri, malzeme düşmesi, mekanik taşıma, malzeme çarpması ve trafik olarak belirlenmiştir. 1996-1999 yılları arasında yaşanan kaza nedenlerine bakıldığında artan kaza nedenleri elle taşıma ile makine ve ekipman nedenli kazalardır. Azalan kaza nedenleri ise göçük, malzeme düşmesi, mekanik taşıma ve malzeme çarpması nedenli kazalardır. Göçük nedenli kazaların azalmasında mekanizasyonun yaygınlaşması etkili olmuştur. Yapılan çalışmada yatırımların ve eğitimin iş kazalarına etkisi de incelenmiş, yatırımlar ve eğitimler arttıkça KSO'da azalma meydana geldiği belirtilmiştir. 16 yıllık sürede ölüm nedenleri yüzdeleri bakıldığında ilk üç sırada trafik kazası, göçükler, yüksekte düşme gelmektedir. Diğer nedenler boğulma, makine ve vagonlara sıkışması-çarpma, malzeme düşmesi-fırlaması, şev altında kalma ve muhtelif nedenlerdir [112].

Tatar ve Özfirat tarafından 1992-2000 yılları için TKİ-ELİ Eynez yer altı linyit ocağı için yapılan çalışmada iş kazaları derlenmiş ve çeşitli kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre kaza sıklık oranında teknoloji ve eğitimin ilerlemesiyle beraber düşüş yaşandığı gözlemlenmiştir. 2000 yıllarında mekanizasyonun artması üretimde artışa neden olurken kaza sıklık oranlarının düşmesinde etkili olmuştur. Kaza sayılarının satılan kömür miktarına (ton) oranları incelendiğinde 1992 yılında %0,2 olan oran 2000 yılında %0,04'lere düşmüştür. Teknolojik gelişmeler, çalışanların mekanize sisteme sağladığı uyum ve eğitim seviyesindeki artış bu oranın azalmasında etkin rol oynamıştır. Yine bu çalışmada ele alınan tarih aralığında meydana gelen kazalar yaş grupları (35-39 ve 30-34 yaş gruplarında kazalar yoğunlaşmıştır), saat dilimleri (10:00 – 12:00 saat aralığında kazalar yoğunlaşmıştır), vardiyalar (vardiya II / 08:00-16:00'da kazalar yoğunlaşmıştır), uzuvlar (gövde), günler (hafta içi), oluş türleri (muhtelif kazalar) ve yerler (ayak ve hazırlık) şeklinde belirlenen kriterlere göre ayrı ayrı incelenmiştir [113].

Önder ve Önder 2001-2008 yılları arasında TKİ ocaklarında meydana gelen iş kazalarını incelemiş ve kaza nedenlerine ve iş gruplarına göre analiz yapmışlardır. TKİ ocaklarında 2001-2008 yılları arasında 10 ölümlü 3067 yaralı olmak üzere toplam 3077 iş kazası meydana gelmiş ve bu kazaların %41,3'ü yer altı ocaklarında yaşanmıştır. Yapılan çalışmada yer altı ocaklarında meydana gelen kazaların nedenleri %27,1 göçük, %9,5 malzeme düşmesi, %3,9 malzeme çarpması, %27,6 elle taşıma, %6,5 mekanik taşıma, %0,5 elektrik, %3,9 makine, %0,6 iş makinesi, %5,4 el aletleri, %0,1 gazdan boğulma ve %15,0 diğer kazalar olarak belirlenmiştir. Kazaya uğrayan iş grupları değerlendirildiğinde ise ilk üçte sırasıyla %31,8 ile kazmacı, %16 ile tahkimatçı ve %15,2 ile işçi yer almaktadır. Bu üç iş grubu için en fazla maruz kalınan risk faktörleri göçük, elle taşıma ve malzeme düşmesi olarak belirlenmiştir [114].

Bu yapılan çalışmalara bakıldığında Türkiye yer altı kömür ocaklarında gerçekleşen iş kazalarının nedenleri; göçükler, nakliye, ekipman-teçhizat, tahkimat, makineler, elle taşıma, trafik, patlayıcılar, grizu, toz ve diğer gazlar, kendiliğinden tutuşma ve yangınlar, su baskını, elektrik ile ilgili yaşanan kazalar ve diğerleri olarak sınıflandırılabilir. Kaza sayılarının üretim miktarıyla orantılı olarak arttığı ve mekanizasyonun uygulanması ile de kaza sayılarında azalma görüldüğü tespit edilmiştir. Mekanizasyon, kazının işçiler ve patlayıcı madde kullanılmadan yapılmasına olanak sağlayan ve yürüyen tahkimat sistemi ile iş güvenliğine önemli katkı sağlayan bir sistemdir. Mekanize üretim sistemini uygulayan işletmelerde kaza sıklık oranı ve kaza ağırlık oranlarında düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle mekanizasyon için uygun olan işletmelerde bu yönde gerekli yatırımlar yapılarak iş kazalarında azalma sağlanabilir.

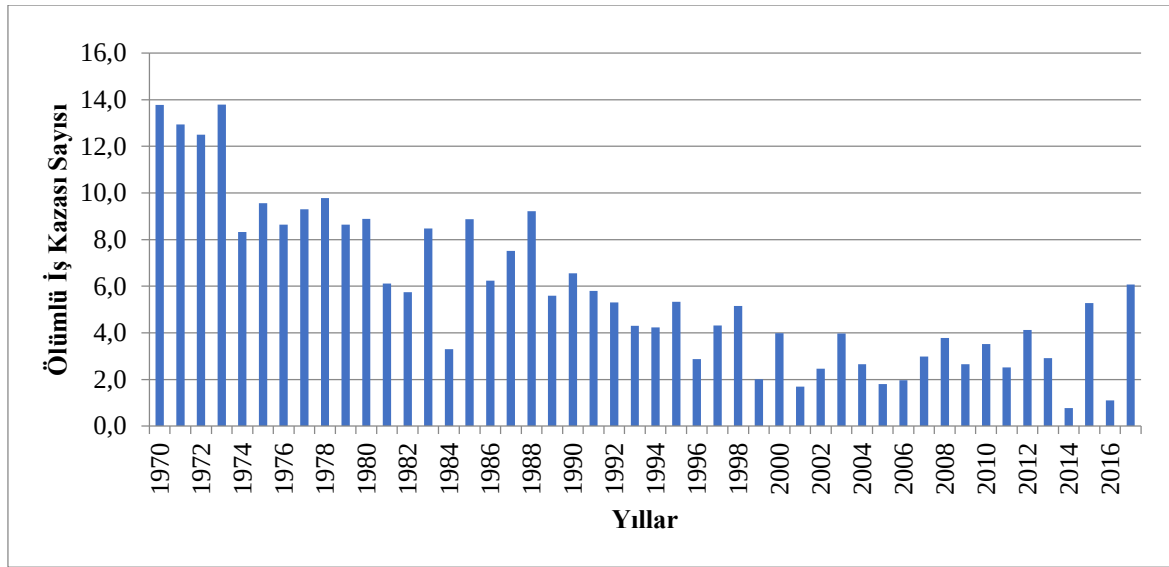
Uluslararası Sosyal Güvenlik Birliği Madencilik Bölümü'ne göre [115] maden sektörü için 7 altın kural olarak adlandırılan hususlar dikkate alındığında sektörde sağlık ve güvenlik sorunları en aza inecektir. Bu 7 altın kural;

1. Liderlik ve bağlılık
2. Tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi
3. Güvenlik ve sağlık hedeflerinin belirlenmesi
4. Güvenli sistemin sağlanması

5. Sağlık ve güvenlik teknolojilerinin kullanılması
6. Çalışanların niteliklerinin ve bilgilerinin kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi
7. En değerli sermayeye yatırım yapılması: çalışanların motive edilmesidir.

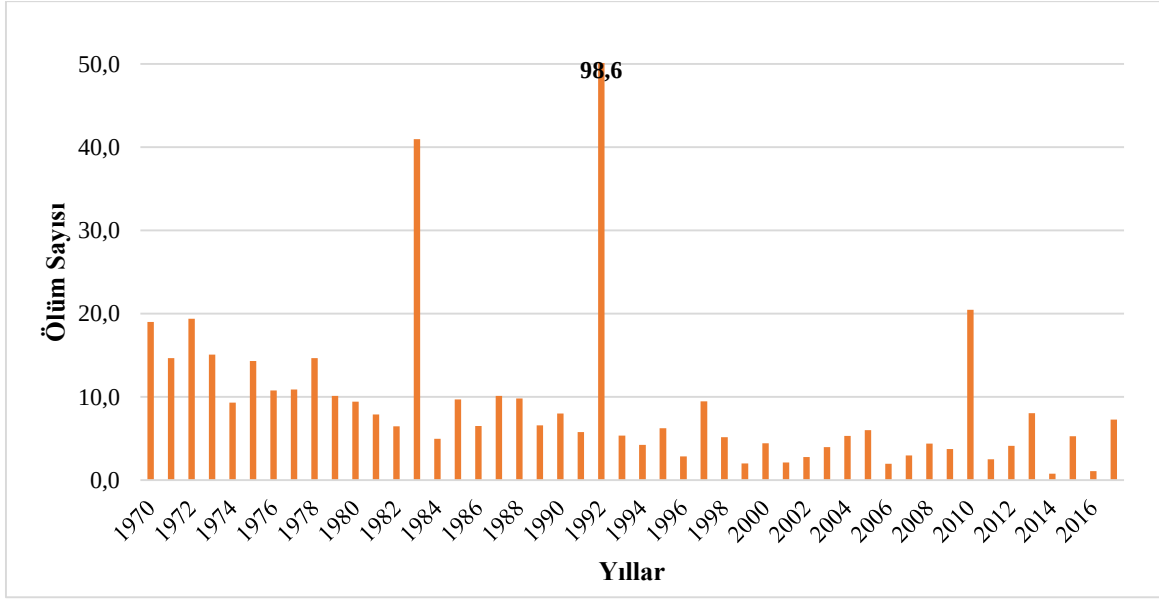
6.2. Zonguldak Havzası Ölümlü İş Kazaları Analizi

Zonguldak havzasına ait ölümlü iş kazası TTK verileri incelenmiştir. Bu veriler satılabilir üretim miktarlarıyla normalize edilerek analiz edilmiştir [116-118] ve 1970-2017 yılları arasında üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölümlü iş kazası ve ölüm sayısı grafikleri Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de yer almaktadır.



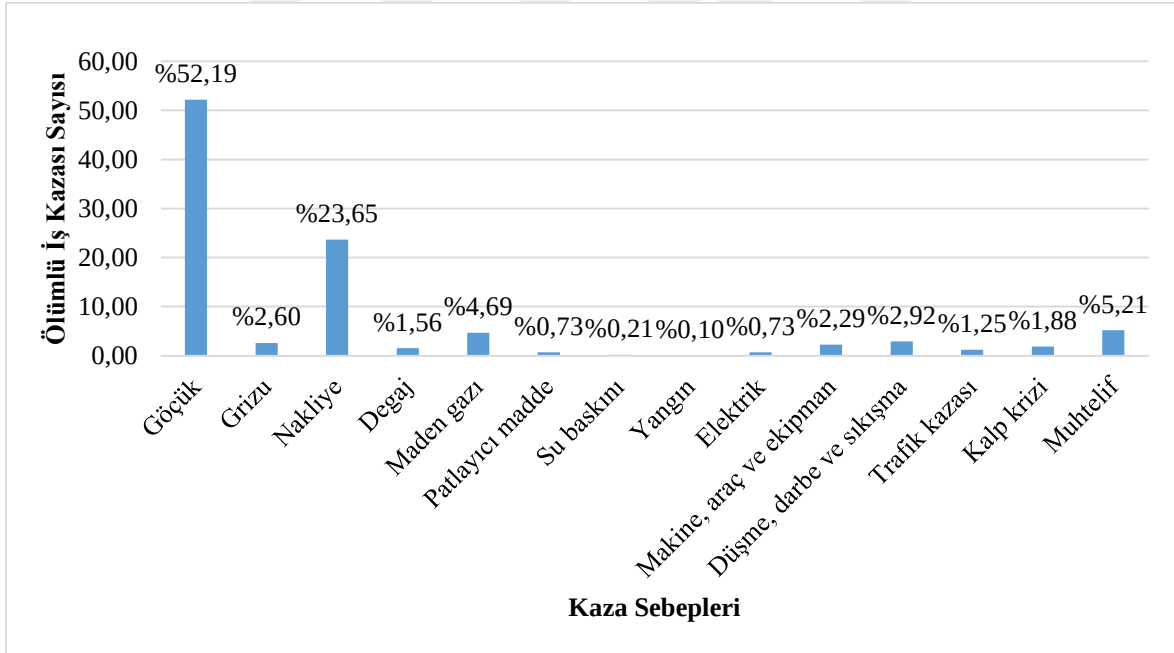
Şekil 6.6 Üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölümlü iş kazası sayısı (1970-2017)

1970-2017 yılları arasında üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölümlü iş kazası sayıları incelendiğinde azalma olmakla beraber son yıllarda dalgalanmalar olmuştur.



Şekil 6.7 Üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm sayısı (1970-2017)

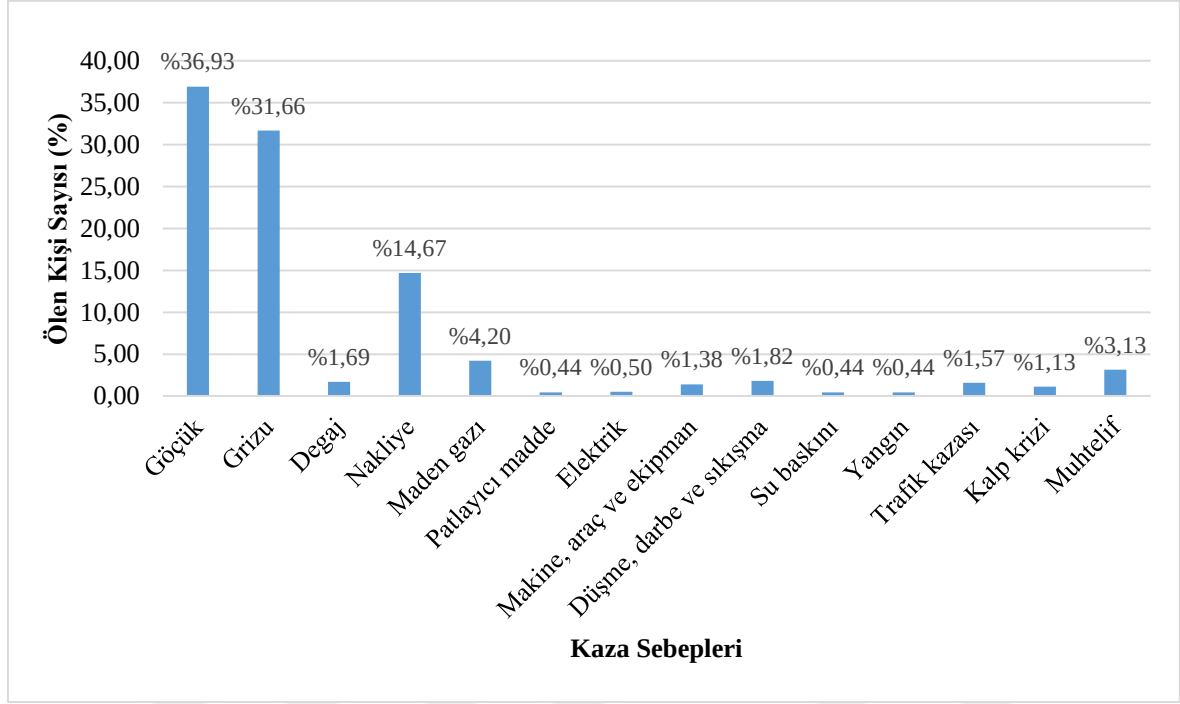
1970-2017 yılları arasında üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm sayılarına bakıldığında 1984 ve 1992 yıllarında dramatik bir artış olmuştur.



Şekil 6.8 TTK ölümlü iş kazası sebeplerinin yüzdelik dağılımı

TTK' ya ait bu verilere göre iş kazası sebepleri göçük, grizu, degaj, nakliye, maden gazları (maden gazlarından kaynaklanan zehirlenme ve boğulmalar), patlayıcı madde,

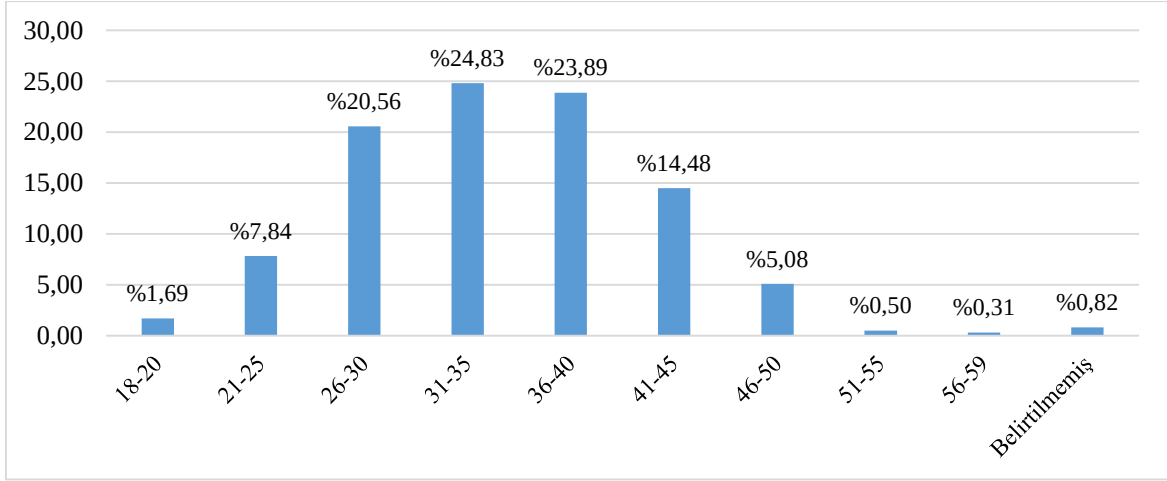
elektrik, makine araç ve ekipman, düşme darbe ve sıkışma, su baskını, yangın, trafik kazası, kalp krizi ve muhtelif olmak üzere 14 gruba ayrılmıştır. 1970-2017 yılları arasında yaşanan ölümlü iş kazası sebepleri incelendiğinde %52,2 ile göçük ilk sırada gelmektedir. Daha sonra nakliye, maden gazları ve grizu gelmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.9 TTK iş kazası sebeplerine göre ölen kişi sayısının yüzdelik dağılımı

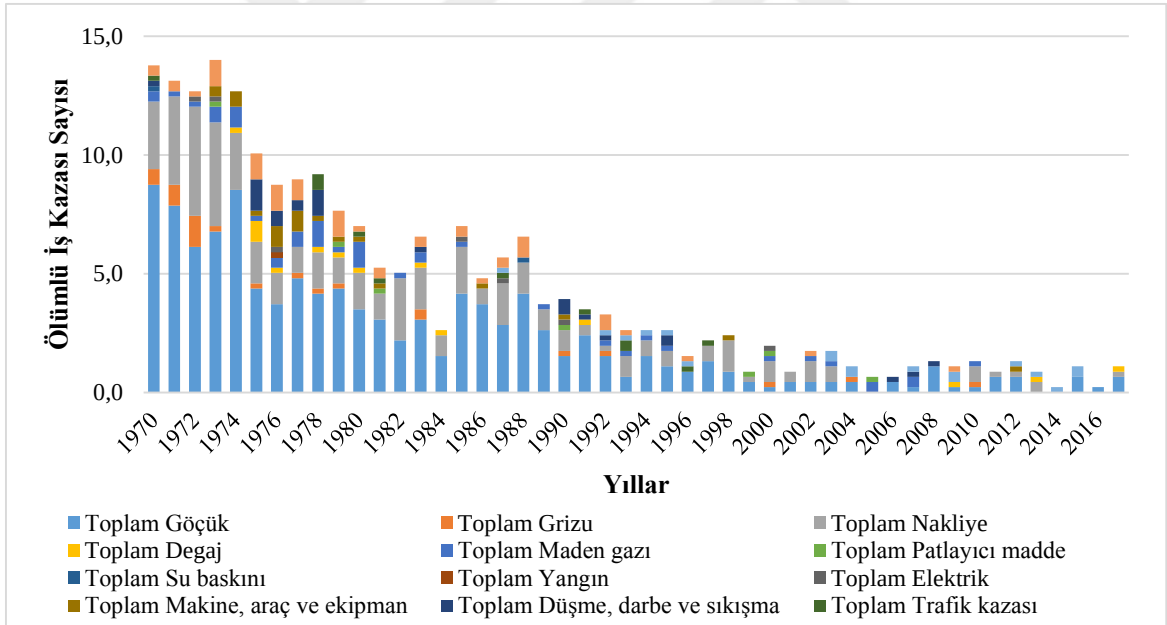
İş kazası sebeplerine göre ölen kişi sayılarına bakıldığında ise %36,9 ile göçük, %31,7 ile grizu ve %14,7 ile nakliye ilk sıralarda yer almaktadır (Şekil 6.9). 1970'ten günümüze 25 grizu kaynaklı ölümlü iş kazası yaşanmış ve 505 kişi hayatını kaybetmiştir. Yaşanan 501 göçük kaynaklı ölümlü iş kazasında 589 kişi hayatını kaybetmiştir. Burada dikkat çekici olan yaşanan grizu nedenli kazaların sayısı az olmasına rağmen çalışan kaybı çok fazladır.

İş kazalarında ölen çalışanların yaşları ele alındığında en fazla ölümün 31-35 yaş aralığında gerçekleştiği daha sonra 36-40 ve 26-30 yaş aralığında kayıpların yaşandığı görülmüştür (Şekil 6.10).

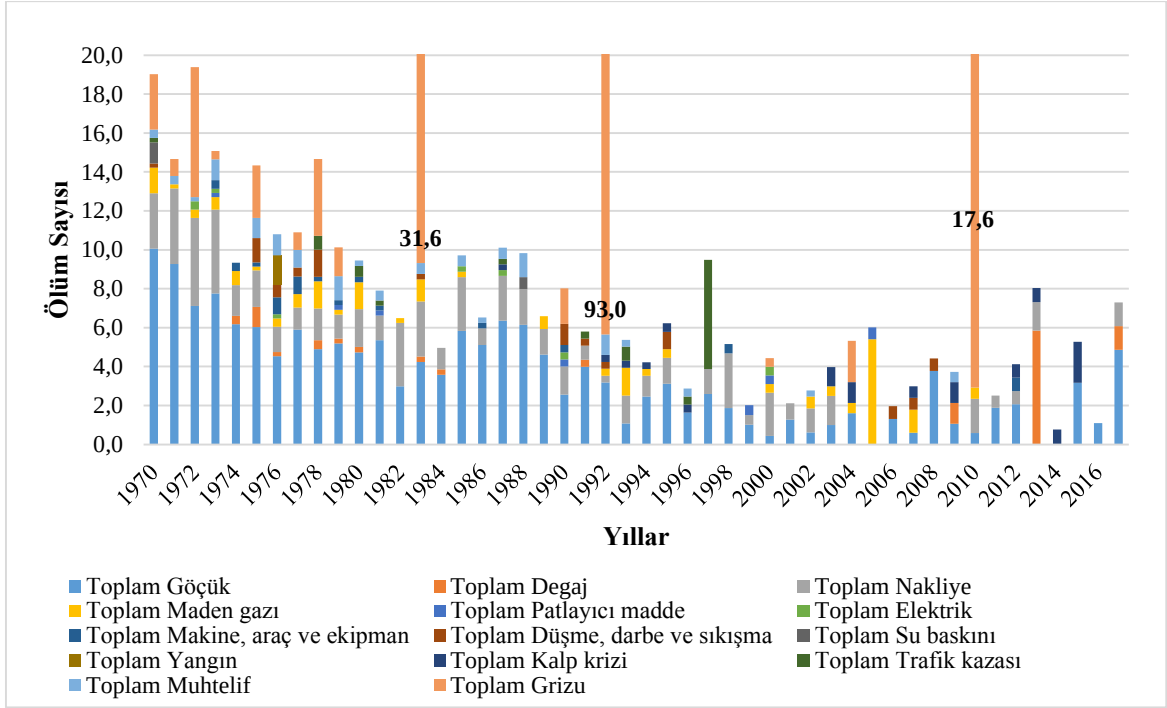


Şekil 6.10 Yaş gruplarına göre ölen kişi sayısının yüzdelik dağılımı

Yıllar bazında üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölümlü iş kazası sayıları (Şekil 6.11) incelendiğinde genel olarak hepsinde bir düşme yaşanmış ve düşme eğilimi devam etmektedir.



Şekil 6.11 TTK üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm olayının kaza sebeplerine göre dağılımı



Şekil 6.12 TTK üretilen her bir milyon ton kömür başına gerçekleşen ölüm sayılarının kaza sebeplerine göre dağılımı

Yaşanan grizu kaynaklı kazalarda en çok kayıp verilenler; 1983 yılında Armutçuk Müessesinde yaşanan ve 102 kişinin hayatını kaybettiği kaza, 1992 yılında Kozlu Müessesinde yaşanan ve 263 kişinin hayatını kaybettiği kaza ve 2010 yılında Karadon Müessesesinde yaşanan ve 30 kişinin hayatını kaybettiği kaza dikkat çekmektedir.

Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi ölümlü iş kazası sebepleri incelendiğinde göçük, nakliye, maden gazları, degaj, grizu, makine-arac-ekipman, kalp krizi, düşme-darbe-sıkışma şeklinde sıralanmaktadır. 1970 – 2015 yılları arasında toplam 529 kişinin yaşamını yitirdiği 195 ölümlü iş kazası yaşanmıştır. 2015 yılından sonra ölümlü iş kazası yaşanmayan Kozlu Müessesesinde 1970'ten bugüne yaşanan ölümlere bakıldığında ilk sırada grizu kaynaklı kazalar gelmektedir. Ancak 1992 yılında 263 kayıp verilen grizu kazasından sonra grizu nedenli kaza yaşanmamıştır. Daha sonra sırasıyla göçük, nakliye, degaj ve maden gazları gelmektedir.

Göçük kaynaklı kazalarda ve bu nedenle gerçekleşen ölüm sayılarında ciddi bir azalma olduğu ve son beş yılda göçük nedenli ölümlü iş kazası yaşanmadığı görülmektedir.

Nakliye nedenli ölümlü kazalar yıllar bazında incelendiğinde artış ve azalmalar olmuştur ve 2010 yılından sonra nakliye nedenli ölümlü iş kazası yaşanmamıştır. 2010-2015 yılları arasında işletmede göçük, nakliye, degaj ve kalp krizi nedenli yaşanan ölümlü iş kazalarında toplam 15 kişi hayatını kaybetmiştir.

1970'ten günümüze yaşanan grizu kazalarında 1970 yılında 4 kişi, 1972 yılında 16 kişi, 1973 yılında 2 kişi, 1983 yılında 10 kişi ve 1992 yılında 263 kişi olmak üzere toplam 295 kişi hayatını kaybetmiştir. 1970' ten günümüze göçük nedenli yaşanan kazalarda toplam 126 kişi hayatını kaybetmiş ve en son 2012 yılında göçük nedenli ölümlü iş kazası yaşanmıştır. 1970' ten günümüze nakliye nedenli yaşanan kazalarda 39 kişi hayatını kaybetmiş ve en son 2010 yılında nakliye nedenli ölümlü iş kazası yaşanmıştır. 1970'ten günümüze degaj nedenli yaşanan kazalarda 19 kişi hayatını kaybetmiş ve en son 2013 yılında 13 kişinin ölümüyle sonuçlanan kaza yaşanmıştır. 1970'ten günümüze maden gazlarında kaynaklı boğulma ve zehirlenme sonucu 16 kişi hayatını kaybetmiştir.

7. İŞLETMEYE EN UYGUN YÖNTEM SEÇİMİ

Çalışmanın yapıldığı Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi için uygun risk değerlendirme yönteminin seçilmesi amacıyla oluşturulan ekip ile bulanık TOPSIS uygulanmış ve elde edilen yöntem ile örnek risk değerlendirmesi çalışması yürütülmüştür. Ekip, iş güvenliği şube müdürünün ve ocak mühendisinin çalışmaya katılması ile 3 kişiden oluşturulmuştur. Çalışmaya katkı sunan ve maden mühendisi olan bu iki kişi, Kozlu Müessesesinin risk değerlendirme ekibinde yer almaktadır. Ayrıca çalışmaya gözlemci olarak çalışma ve sosyal güvenlik eğitim uzmanı ve endüstri mühendisi olan bir kişi eşlik etmiştir.

7.1. İşletme Bilgileri

Ülkemizde deniz altında taşkömürü üretimi yapan tek müessese olan ve Zonguldak ilinin 8 km batısında bulunan Kozlu Müessesesi yaklaşık 12 km²' lik bir alanda göçertmeli uzun ayak yöntemi ile faaliyetlerini sürdürmektedir. Kozlu Müessesesi üretimini, İhsaniye – İncirharmanı ocaklarından sürdürmektedir. Müessese 5 ayrı katta üretim yapmaktadır. Bu katlar sırasıyla +20 / +80; -160 / -185; -190 / -250; -425 / -485; -485 / -555'dir.

Etkili faylarla çevrili olan bir bölgede bulunan Kozlu Müessesesinin kuzeyinde Karadeniz (Şimal) fayı, güneyinde Midi fayı, batısında Öküşne fayı ve doğusunda Damlar ve Adnanbey fayları bulunmaktadır [119, 120].

Kömürlü birimler stratigrafik açıdan incelendiğinde yılanlı Alacaağzı, Kozlu ve Karadon formasyonları görülmektedir. Sedimentolojik açıdan incelendiğinde ise benzer koşullarda çökelmiş kırıntılı çökeller görülmektedir. Yılanlı formasyonu, en yaşlı formasyon olup birim, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ar dalanmasından oluşur. Alacaağzı formasyonu, ince orta taneli kumtaşı, silttaşı, kil taşı, kireçtaşı ve kömür ar dalanmasından oluşmaktadır. İçerisinde ekonomik olmayan ince ve mercek sel kömür damarları vardır ve yaklaşık 0,1 - 0,5 m kalınlığındadır. Kozlu formasyonu ar dalanması konglomera, mikalı karbonatlı kumtaşı, kil taşı, silttaşı ve kömür şeklindedir. Üretilbilir ve ekonomik kalınlıkta 20 - 24 adet taban ve tavanı kil taşı ve silttaşı olan kömür damarı içermektedir. Karadon formasyonu ar dalanması konglomera, kumtaşı, silttaşı, kil taşı ve kömür damarlarından oluşmaktadır. Konglomera çakılları genellikle kireçtaşı, kuvarsit ve granit kökenlidir. 4 -

5 adet ekonomik kalınlıkta olan ancak süreklilik göstermeyen kömür damarları bulunmaktadır [120].

Kozlu Müessesesinde iş sağlığı ve güvenliği alanında kapsamlı risk değerlendirmesi çalışmaları, denetimler, tatbikatlî eğitimler ve sağlık gözetimi yapılmaktadır. Müessesenin yapmış olduğu temel risk değerlendirme çalışmasında 1544 risk ele alınmış ve bu riskler arasında kritik olanlar ayrıca değerlendirilmiştir. Çalışmada bu riskler arasından kritik olarak değerlendirilen iki olay seçilerek örnek analiz yapılmıştır.

7.2. Bulanık TOPSIS Uygulaması

Yöntem seçimi yapılırken yöntem özelliklerini, kullanılacak verileri, sonuç olarak istenen veri türünü ve işletme olanaklarını aynı anda değerlendirmek gerekir. Literatür araştırması sonucu değerlendirmeye alınmak üzere dört yöntem belirlenmiştir. Seçenekler (S) olarak adlandırılan bu yöntemler arasından seçim yapmak için karar vericiler (KV) tarafından odak grup çalışmasıyla literatür değerlendirilerek yedi kriter (K) belirlenmiştir. Bu kriterler genel olarak yöntem karşılaştırmalarında da kullanılmaktadır [48,52,71].

K1. Gerekli kaynak ve veri

K2. Belirsizlik

K3. Karmaşıklık ve zorluk

K4. Ekip

K5. Uzmanlık düzeyi

K6. Zaman

K7. Maliyet

Kriter değerlendirmelerinde dikkate alınan hususlar aşağıdadır:

- Kullanılacak veri: Yöntemlerin istenilen analizi yapabilmesi için gerekli olan kaynak ve veri miktarı değerlendirilmiştir. Yöntemin güvenilirliğini gösteren bir kriterdir.
- Belirsizlik: Verilerde belirsizlik olması durumunda yöntemin uygulamasına etkisi değerlendirilmiştir.
- Karmaşıklık ve zorluk: Yöntemlerin anlaşılabilirliği değerlendirilmiştir.

- Ekip: Yöntemin uygulanabilmesi için ihtiyaç duyulan risk değerlendirme ekibini ifade etmektedir.
- Uzmanlık düzeyi: Yöntemin uygulamasını yapacak risk değerlendirme ekibin için gerekli olan uzmanlık düzeyi değerlendirilmiştir.
- Zaman: Yöntemin uygulanması için ihtiyaç duyulan zaman değerlendirilmiştir.
- Maliyet: Yöntemin uygulama maliyeti değerlendirilmiştir. Uygulama maliyeti kullanılacak gerekli kaynak ve veri ile bağlantılıdır.

Çalışmada ele alınan yöntemler “seçenekler (S)” olarak adlandırılmıştır.

- S1: L tipi 5×5 Matris
- S2: FMEA
- S3: Papyon Analizi
- S4: İş Güvenliği Analizi

İşletmeye en uygun risk değerlendirme yöntemi seçimi için uygulanan Bulanık TOPSIS çalışmasında Microsoft Office Excel 2013 kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS sırasıyla aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- 1) Karar verici grubun belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tanımlanması
- 2) Karar vericiler tarafından kriterlerin ağırlıklandırılması için dilsel değişkenlerin tanımlanması ve seçeneklerin değerlendirilmesi için dilsel skorların atanması
- 3) Karar vericilerin atamış olduğu kriterin ağırlıkları ve kriter değerleri toplanarak sırasıyla her kriter için toplam bulanık ağırlık ve toplam kriter değerlerin elde edilmesi
- 4) Bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması
- 5) Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin hesaplanması
- 6) Her bir alternatif için pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenerek arasındaki uzaklıkların hesaplanması.

Çizelge 4.2 kullanılarak karar vericiler tarafından kriterlerin önem ağırlıkları atanır ve Çizelge 7.1 elde edilir. Daha sonra her bir alternatif, kriterler doğrultusunda Çizelge 4.3 kullanılarak değerlendirilir ve Çizelge 7.2 elde edilir.

Örneğin, kriterlere önem ağırlığı atama aşamasında risk değerlendirme ekibindeki birinci karar verici, K1 (gerekli kaynak ve veri)' in önem ağırlığını Çizelge 4.1'i kullanarak "çok yüksek" (0.9, 1, 1) olarak belirlerken ikinci karar verici "yüksek" (0.7, 0.9, 1) olarak belirlemiştir.

Seçeneklerin tüm kriterler altında karar vericiler tarafından değerlendirilmesi aşamasında birinci karar verici Çizelge 4.2'yi kullanarak tek tek seçeneklerin K1 (gerekli kaynak ve veri)' i karşılamaını değerlendirmiştir. K1 kriteri altında S1 için "orta" (3, 5, 7); S2 için "çok yüksek" (9, 10, 10); S3 için "çok yüksek" (9, 10, 10); S4 için "orta yüksek" (5, 7, 9) dilsel değişkenlerini tanımlamıştır. Yani 5×5 L tipi matris için gerekli kaynak ve veri "orta"; FMEA ve papyon analizi için "çok yüksek"; iş güvenliği analizi için "orta yüksek" dilsel değişkenleri tanımlanmıştır.

Çizelge 7.1 Kriterlerin önem ağırlıklarının karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Kriterler	Karar Vericiler		
	KV1	KV2	KV3
K1	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)
K2	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
K3	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
K4	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)
K5	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)
K6	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
K7	(0.5, 0.7, 0.9)	(0, 0.1, 0.1)	(0, 0.1, 0.1)

Her bir karar vericinin değerlendirmesinin yer aldığı Çizelge 7.1'deki kriterlerin önem ağırlıkları toplanıp karar verici, sayısına bölünerek seçeneklerin bulanık ağırlıkları (Çizelge 7.4) elde edilmiştir.

$$\text{Bulanık ağırlık değeri} = [(0.9, 1, 1) + (0.7, 0.9, 1) + (0.9, 1, 1)] / 3$$

$$\text{Bulanık ağırlık değeri} = (0.83, 0.97, 1.00)$$

Çizelge 7.2 Seçeneklerin tüm kriterler altında değerlendirilmesi

Kriterler	Seçenekler	Karar Vericiler		
K1	S1	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	S2	(9, 10,10)	(9, 10,10)	(7, 9, 10)
	S3	(9, 10,10)	(9, 10,10)	(7, 9, 10)
	S4	(5, 7, 9)	(9, 10,10)	(9, 10,10)
K2	S1	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
	S2	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	S3	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	S4	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
K3	S1	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
	S2	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	S3	(7, 9, 10)	(9, 10,10)	(7, 9, 10)
	S4	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
K4	S1	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	S2	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S3	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S4	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
K5	S1	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	S2	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S3	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	S4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
K6	S1	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S2	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
	S3	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	S4	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
K7	S1	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
	S2	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
	S3	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)
	S4	(5, 7, 9)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)

Bulanık karar matrisi elde etmek için Çizelge 7.2’de yer alan her bir karar vericinin değerlendirdiği seçeneklerin değerleri toplanarak karar verici sayısına bölünür (Çizelge 7.3).

Bulanık karar matrisi değeri (K1-S1) = [(3, 5, 7) + (7, 9, 10) + (5, 7, 9)] / 3

Bulanık karar matrisi değeri (K1-S1) = (5.00, 7.00, 8.67)

Bulanık karar matrisi değeri (K7-S4) = [(5, 7, 9) + (0, 0, 1) + (0, 1, 3)] / 3

Bulanık karar matrisi değeri (K7-S4) = (1.67, 2.67, 4.33)

Çizelge 7.3 Çizelge 7.2’den yararlanarak elde edilen bulanık karar matrisi

Kriterler	Seçenekler			
	S1	S2	S3	S4
K1	(5.00, 7.00, 8.67)	(8.33, 9.67, 10.0)	(8.33, 9.67, 10.0)	(7.67, 9.00, 9.67)
K2	(1.00, 2.33, 4.33)	(5.67, 7.67, 9.33)	(5.67, 7.67, 9.33)	(5.67, 7.67, 9.33)
K3	(0.33, 1.67, 3.67)	(7.00, 9.00, 10.00)	(7.67, 9.33, 10.00)	(4.33, 6.33, 8.33)
K4	(3.00, 5.00, 7.00)	(5.00, 7.00, 8.67)	(5.00, 7.00, 8.67)	(7.00, 8.67, 9.67)
K5	(3.00, 5.00, 7.00)	(5.67, 7.33, 8.67)	(8.33, 9.67, 10.00)	(6.33, 8.33, 9.67)
K6	(3.67, 5.67, 7.67)	(5.67, 7.67, 9.00)	(7.00, 9.00, 10.00)	(8.33, 9.67, 10.00)
K7	(1.00, 2.00, 3.67)	(1.67, 2.67, 4.33)	(1.67, 2.67, 4.33)	(1.67, 2.67, 4.33)

Çizelge 7.4 Seçeneklerin bulanık ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
K1	(0.83, 0.97, 1.00)
K2	(0.57, 0.77, 0.93)
K3	(0.43, 0.63, 0.80)
K4	(0.77, 0.93, 1.00)
K5	(0.70, 0.90, 1.00)
K6	(0.57, 0.77, 0.93)
K7	(0.17, 0.23, 0.37)

Bulanık karar matrisinden (Çizelge 7.3) normalize edilmiş bulanık karar matrisini (Çizelge 7.5) oluşturmak için Eşitlik 8’den yararlanarak bulanık karar matrisindeki her bir kritere ilişkin satırdaki bulanık sayılar doğrudan bu satırda yer alan en büyük üst sınıra bölünerek bulunmuştur. Böylece tüm bulanık sayılar 0-1 aralığına çekilmiştir.

K1 satırı için $\max(k_{ij})=10.00$; K2 satırı için $\max(k_{ij})=9.3$; K3 satırı için $\max(k_{ij})=10.00$; K4 satırı için $\max(k_{ij})=9.7$; K5 satırı için $\max(k_{ij})=10.00$; K6 satırı için $\max(k_{ij})=10.00$; K7 satırı için $\max(k_{ij})=4.3$ 'dür.

K1 için normalize edilmiş bulanık karar matrisinde S1 değeri = $(5.00, 7.00, 8.67)/10.00$

K1 için normalize edilmiş bulanık karar matrisinde S1 değeri = $(0.50, 0.70, 0.87)$

Çizelge 7.5 Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriterler	Seçenekler			
	S1	S2	S3	S4
K1	(0.50, 0.70, 0.87)	(0.83, 0.97, 1.00)	(0.83, 0.97, 1.00)	(0.77, 0.90, 0.97)
K2	(0.11, 0.25, 0.46)	(0.61, 0.82, 1.00)	(0.61, 0.82, 1.00)	(0.61, 0.82, 1.00)
K3	(0.03, 0.17, 0.37)	(0.70, 0.90, 1.00)	(0.77, 0.93, 1.00)	(0.43, 0.63, 0.83)
K4	(0.31, 0.52, 0.72)	(0.52, 0.72, 0.90)	(0.52, 0.72, 0.90)	(0.72, 0.90, 1.00)
K5	(0.30, 0.50, 0.70)	(0.57, 0.73, 0.87)	(0.83, 0.97, 1.00)	(0.63, 0.83, 0.97)
K6	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.57, 0.77, 0.90)	(0.70, 0.90, 1.00)	(0.83, 0.97, 1.00)
K7	(0.23, 0.46, 0.85)	(0.38, 0.62, 1.00)	(0.38, 0.62, 1.00)	(0.38, 0.62, 1.00)

Normalize edilmiş karar matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 7.6).

K1 için Ağır. Norm. Edl. Bul. Kar. Mat. S1 değeri = $(0.50, 0.70, 0.87) \times (0.83, 0.97, 1.00)$

K1 için Ağır. Norm. Edl. Bul. Kar. Mat. S1 değeri = $(0.42, 0.68, 0.87)$

Çizelge 7.6 Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriterler	Seçenekler			
	S1	S2	S3	S4
K1	(0.42, 0.68, 0.87)	(0.69, 0.93, 1.00)	(0.69, 0.93, 1.00)	(0.64, 0.87, 0.97)
K2	(0.06, 0.19, 0.43)	(0.34, 0.63, 0.93)	(0.34, 0.63, 0.93)	(0.34, 0.63, 0.93)
K3	(0.01, 0.11, 0.29)	(0.30, 0.57, 0.80)	(0.33, 0.59, 0.80)	(0.19, 0.40, 0.67)
K4	(0.24, 0.48, 0.72)	(0.40, 0.68, 0.90)	(0.40, 0.68, 0.90)	(0.56, 0.84, 1.00)
K5	(0.21, 0.45, 0.70)	(0.40, 0.66, 0.87)	(0.58, 0.87, 1.00)	(0.44, 0.75, 0.97)
K6	(0.21, 0.43, 0.72)	(0.32, 0.59, 0.84)	(0.40, 0.69, 0.93)	(0.47, 0.74, 0.93)
K7	(0.04, 0.11, 0.31)	(0.06, 0.14, 0.37)	(0.06, 0.14, 0.37)	(0.06, 0.14, 0.37)

Daha sonra seçeneklerin bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerinden uzaklıkları Eşitlik 10-11 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 12 kullanılarak da yakınlık

katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 7.7'deki sonuçlar elde edilmiştir. [0,1] arasında yer alan yakınlık katsayılarından 1'e en yakın olanı ideal çözümdür yani işletme için en uygun yöntemdir.

Burada;

d^* , Seçeneklerin pozitif ideal çözüme olan uzaklığını

d^- , Seçeneklerin negatif ideal çözüme olan uzaklığını

CC_i , Yakınlık katsayısını ifade etmektedir.

S1 için pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_1^* = \sqrt{1/3}[(1 - 0.42)^2 + (1 - 0.68)^2 + (1 - 0.87)^2 + \dots + \sqrt{1/3}[(1 - 0.04)^2 + (1 - 0.11)^2 + (1 - 0.31)^2]$$

$$d_1^* = 4.63$$

$$d_1^- = \sqrt{1/3}[(0 - 0.42)^2 + (0 - 0.68)^2 + (0 - 0.87)^2 + \dots + \sqrt{1/3}[(0 - 0.04)^2 + (0 - 0.11)^2 + (0 - 0.31)^2]$$

$$d_1^- = 2.84$$

S1 için yakınlık kat sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$CC_1 = \frac{d_j^-}{d_j^* + d_j^-} \quad CC_1 = \frac{2.84}{4.63 + 2.84} \quad CC_1 = 0.38$$

Çizelge 7.7 Sonuç çizelgesi

Seçenekler	d^*	d^-	CC_i
S1	4.63	2.84	0.38
S2	3.20	4.37	0.58
S3	2.95	4.63	0.61
S4	3.06	4.52	0.60

Sonuçlara bakıldığında bulanık TOPSIS yöntemine göre sıralamanın Papyon Analizi, İş Güvenliği Analizi, FMEA, L tipi 5×5 Matris şeklinde olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışma sonucu işletmeye özgü risk değerlendirme yöntemi Papyon Analizi olarak belirlenmiştir.

7.3. Papyon Analizi ve Sonuçları

Müessesede daha önce yapılan risk değerlendirmesi işletmenin ekibi tarafından yapılan risk değerlendirme çalışmaları incelenmiştir. Bu kapsamda temel risk değerlendirmesi yapılmış 1544 adet risk ele alınmıştır. Çalışmada bu risk değerlendirmesi incelenerek tepe olaylar belirlenmiş ve bu belirlenen tepe olaylardan kimyasal tehlikelerden metan gazı ve yangın BowtieXP (BowtieXP 9.2.6.0 sürümü 04.10.2018 tarihinde <https://www.cgerisk.com/products/bowtiexp/> adresinden indirilmiştir) programı kullanılarak analiz edilmiştir.

BowtieXP programında ekrana çıkan diyagram üzerinden çizim yapılmaya başlanmaktadır. Diyagram oluşturma tepe olayın belirlenmesi ile başlar. Daha sonra tehditlerin, sonuçların ve bariyerlerin ayrıntılı değerlendirilebilmesi için açılır menüde yer alan hususlar tanımlanır. Tehditler ve sonuçlar girildikten sonra her bir tehdit ve sonuç için gerekli olan tanımlamalar girilir. Tehditler ve sonuçlar için açılır menüde tanımlanan hususlar seçilerek tehdit özellikleri girilir. Daha sonra tehdit ve sonuç bariyerleri belirlenerek açılır menüde tanımlanan hususlar seçilerek her bir bariyerin özellikleri girilir. Bariyerlerin etkin çalışmasını etkileyen artış faktörleri ve artış faktörleri için yeni bariyerler ve bariyer özellikleri tanımlanır. Son olarak 5×5 risk matrisleri kullanılarak sonuçların değerlendirmeleri yapılır. Risk matrisleri insan, makine/ekipman, çevre ve işletme için uyarlanmıştır. Ancak program risk matrisleri üzerinde ekleme ve değişiklik yapmaya izin vermektedir.

Çalışmada ilk etapta tehlike ve tehlikeden kaynaklı tepe olay belirlenmiş daha sonra tepe olaya neden olan etkenler (tehditler) tek tek analiz edilmiştir. Bu etkenlerin tepe olayla sonuçlanmaması için tehdit bariyerleri (önleyici kontrol önlemleri) belirlenmiş ve bu bariyerlerin etkin çalışmamasına neden olabilecek artış faktörlerinin olup olmadığı varsa bu artış faktörleri için belirlenecek bariyerler analiz edilmiştir. Tepe olay gerçekleştiğinde sebep olacağı sonuçlar belirlenerek bu sonuçların etkisini azaltacak sonuç bariyerleri (iyileştirici ve azaltıcı kontrol tedbirleri) belirlenmiş bu önlemlerin etkin çalışmasına neden olabilecek artış faktörlerinin olup olmadığı varsa bu artış faktörleri için belirlenecek bariyerler analiz edilmiştir. Daha sonra sonuçlar için insan, makine-

ekipman, çevre ve işletme (mevzuat, itibar, vs.) özelinde 5×5 matris kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmada ele alınan kritik olaylardan biri metan gazı diğeri yer altı yangınıdır. Tepe olaylar sırasıyla patlayıcı ortam oluşması ve ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi olarak tanımlanmıştır.

Program ekran görüntüsü Şekil 7.1, 7.2, 7.3 ve 7.4’de, papyon analizi diyagramları Ek-1 ve Ek-2’de, papyon analizi açılır menüsü Ek-3’te, kontrol tedbirleri özellikleri EK-4’te ve risk değerlendirmesi matris ayrıntısı Ek-5’de yer almaktadır.

Tehditler için tehdit kategorisi (yüksek katkı, düşük katkı), tehdit türü (tepe olaya doğrudan katkı sağlayan, diğer tehditlerle birleşerek tepe olaya katkı sağlayan, ön koşullardan etkilenecek tepe olaya katkı sağlayan) ve sıklık faktörleri (yıllık, 6 aylık, aylık, haftalık, günlük, sürekli, gerekli olduğunda, her vardiyada, olay olduğunda) tanımlanmıştır.

Bu tanımlamalar ile her bir tehdit için aşağıdaki analizler yapılabilmektedir;

- Hangi tehdit tepe olaya ne derece de katkı sağlıyor?
- Doğrudan mı katkı sağlıyor yoksa tepe olayla sonuçlanması için diğer tehditlerle birleşmesi veya ön koşulların oluşması mı gerekli?
- Hangi sıklıkta bu tehditler gerçekleşiyor?

Kontrol tedbirleri için etkinlik (Kalite>90, %60<Kalite<%90, Kalite<%60), kontrol kategorisi (eylem, nesne, teknoloji, destekleyici kontroller), kontrol statüsü (aktif, uygulanacak, ilerleme halinde uygulanacak, kontrol için gerekli eylem), kritikliği (evet, hayır), kontrol türü (yönetimsel, mühendislik, izolasyon, ikame, eleme, kişisel koruyucu donanım) ve sorumlu kişi tanımlanmıştır.

Bu tanımlamalar ile her bir kontrol tedbiri (tehdit bariyerleri ve sonuç bariyerleri) için aşağıdaki analizler yapılabilmektedir;

- Hangi kontrol tedbiri ne tür bir kaliteye sahiptir?

- Kontrol bir eylem mi gerektiriyor, nesne veya teknoloji mi kullanıyor, destekleyici unsur olarak mı yer alıyor?
- Kontrol aktif olarak çalışıyor mu, uygulanacak mı, tehdidin ilerlemesi halinde uygulamaya sokulacak mı ve kontrol için gerekli olan bir unsur mu?
- Kontrol tedbiri kritik mi değil mi?
- Yönetimsel olarak yürütülen bir kontrol mü, mühendislik gerektiren bir kontrol mü, izolasyon gerektiren bir kontrol mü, tehdit oluşturan unsuru ortadan kaldırarak onun yerine geçecek bir kontrol mü, tehdidi eleyen bir kontrol mü ve kişisel koruyucu donanımın sağlandığı bir kontrol mü?
- Kontrolün uygulanmasından ve izlenmesinden sorumlu kişiler kimler?

Kontrol tedbirlerinin etkinlik derecesi üç aşamada ele alınmıştır. Etkinlik derecesi tanımlanırken kontrolün işlevi, kullanılabilirlik durumu, güvenilirliği, tepe olayın gerçekleşmesi durumunda etkinliğini koruyup koruyamayacağı, başka kontrollere veya unsurlara bağımlılığı gibi hususlar göz önüne alınmıştır.



Şekil 7.3 Papyon analizi matrisi

Edit Consequence

General Risk assessments User Data Document Links

	Inherent	Residual
People	[C5]	
Assets	[D4]	
Environment	[B2]	
Reputation	[C4]	

Clear all

OK Cancel Apply

Şekil 7.4 Papyon analizi matris değerlendirme örneği

Metan gazı ve yer altı yangını papyon diyagramı neden (tehdit)-sonuç analizi Çizelge 7.8-7.11’de yer almaktadır. Her iki tepe olay için tepe olaya neden olan tehditler ve tepe olayın gerçekleşmesiyle oluşacak sonuçlar tanımlanmıştır. Daha sonra her bir tehdit ve sonuç için bariyerleri (önleyici kontrol tedbirleri ve iyileştirici ve azaltıcı kontrol tedbirleri) belirlenmiştir.

Çizelge 7.8 Metan Gazı - Patlayıcı ortam oluşması / Nedenler (Tehditler)

Neden (Tehdit)	
	Tehdit Bariyeri
	Artış Faktörü
	Bariyer (...)
• 01-Metanin Madencilik Faaliyetlerinden Dolayı Ortaya Çıkması	
	• Merkezi gaz izleme sistemi (otomatik ve uyarı)
	• El ile gaz izleme detektörü
	• Yer altı gaz izleme sensörleri
	• Elle gaz ölçümü
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
• 02-Ani Gaz Püskürmesi (Degaj)	
	• Sondaj yapılması
	• Metan drenajı
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
	• Elle gaz ölçümü
• 03-Atmosforik Basınc Düşmesi	
	• Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)
	• El ile gaz izleme detektörü
	• Yer altı gaz izleme sensörleri
	• Elle gaz ölçümü sıklığının arttırılması
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Kont. Yedek enerji kaynağı
• 04-Kömür Damarından Metan Salınımı	
	• Sondaj yapılması-Damar içinden numune alınarak numunelerin analiz edilmesi
	• Ana yollarda kesilen kömür damarının hava ile irtibatının engellenmesi (keson)
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
	• Metan drenajı

	• Temizlik ve sulama çalışmaları
• 05-Metan Salınımına Neden Olan Göçük	
	• Elle gaz ölçümü
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
	• Sondaj yapılması
	• Metan drenajı
	• İlave tahkimat
• 06-Elektrik Kaynaklı Ateşleme Kaynağı	
	• Exproof malzeme kullanımı
	• Muhafazalı Kablo Başlıkları
	• Kablo ek reçinesi kullanılması
	• Kabloların, yanından geçen ekipmanlar ile temasının engellenmesi
	• Topraklama
	• Otomatik devre kesiciler
• 07-Mekanik Ateşleme Kaynağı	
	• Dönen aksamaların ısı kontrolü
• 08-Patlatma	
	• Sıkılama kartuşu ve çamuru kullanılması
	• Delik şarjından ve patlayıcıların bağlanmasından önce metan kontrolü
	• Patlamada adi kapsül kullanılması
• 09-Kimyasal Ateşleme Kaynağı	
	• Kömür damarın kendiliğinden tutuşmasının önlenmesi için hava ile irtibatının kesilmesi çalışmaları
	• Bekleme barajı
• 010-Açık Alev	
	• Açık alevin kontrollü kullanımı
• 011-Kömür Tozunun Serbest Hale Gelmesi	
	• Taş tozu serpilmesi
	• Temizlik ve sulama çalışmaları

Çizelge 7.9 Metan Gazı - Patlayıcı ortam oluşması / Sonuçlar

Sonuç	
	Sonuç Bariyeri
• 01- Metan patlaması	
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Merkezi gaz izleme sistemi (otomatik ve uyarı)
• 02-Metan patlaması sonrası yer altı yangını	
	• Yangınla mücadele ekipmanları
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Acil kaçış yolları

	• Bekleme barajları kapatma ekipleri
	• Ferdi oksijen maskeleri
	• Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)
• 03-Patlamadan dolayı ekipmanların zarar görmesi	
	• Ekipmanların kurtarılması
• 04-İnsanların yeraltında mahsur kalması	
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Yangınla mücadele ekipmanları
	• Acil kaçış yolları
	• Ferdi oksijen maskeleri
• 05-Patlamadan dolayı oluşan finans kayıpları	
	• Kriz masası
	• Madenlerde ferdi kaza sigortası
	• Yedek pano planlama ve tasarımı
• 06-Patlamadan dolayı yasal süreç	
	• Kurumun hukuk müşavirliği
• 07-Patlamadan dolayı itibar kaybı	
	• Bakanlık ve Genel Müdürlük Kriz Yönetim Planı
	• Basın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü
• 08-Kömür tozu patlaması	
	• Su barajları
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Bekleme barajları kapatma ekipleri
	• Taş tozu kullanımı
• 09-Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye) zarar görmesi	
	• Eğitim
	• Tatbikat

Çizelge 7.10 Yer altı yangını - Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi / Nedenler (Tehditler)

Neden (Tehdit)	
	Tehdit Bariyeri
	Artış Faktörü
	Bariyer (...)
• 01 - Yanıcı Gazların Madencilik Faaliyetlerinden Dolayı Ortaya Çıkması	
	• Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)
	• El ile gaz izleme detektörü
	• Yeraltı gaz izleme sensörleri
	• Elle gaz ölçümü
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı

• 02 – Oksidasyon	
	• Kömür damarın kendiliğinden tutuşmasının önlenmesi için hava ile irtibatının kesilmesi çalışmaları
	• Bekleme barajı
	• Kömür damarı içine su enjeksiyonu
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
	• Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)
	• El ile gaz izleme detektörü
	• Yeraltı gaz izleme sensörleri
	• Elle gaz ölçümü
• 03 - Elektrikle Çalışan Ateşleme Kaynağı ve Elektrik Arkı	
	• Exproof malzeme kullanımı
	• Muhafazalı Kablo Başlıkları
	• Kablo ek reçinesi kullanılması
	• Kabloların, yanından geçen ekipmanlar ile temasının engellenmesi
	• Topraklama
	• Otomatik devre kesiciler
• 04 - Ani Gaz Püskürmesi (Degaj)	
	• Sondaj yapılması
	• Yanıcı gaz drenajı
	• Havalandırma
	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
	• Elle gaz ölçümü
	• Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)
	• El ile gaz izleme detektörü
	• Yer altı gaz izleme sensörleri
• 05 - Mekanik Ateşleme Kaynağı	
	• Dönen aksamaların ısı kontrolü
	• Exproof malzeme kullanımı
• 06 – Patlatma	
	• Sıkılama kartuşu ve çamuru kullanılması
	• Delik şarjından ve patlayıcıların bağlanmasından önce metan kontrolü
	• Patlamada adi kapsül kullanılması
• 07 - Kesim İşleri (Basınçlı Gaz Tüpleri)	
	• Alev geri tepme valfi ve alev tutucu sistem kullanımı
	• Tüplerin dik olarak konumlandırılması ve sabitlenmesi
	• Hortumların muhafazası
	• Yağla temastan uzak tutulması
	• Ventil, regülatör ve manometrelerin çalışır durumda olması
	• Havalandırma

	• Art. Fak. Enerji kesintisi
	• Yedek enerji kaynağı
• 08 - Yanıcı Malzemeler	
	• Ana yollarda ahşap malzeme yerine çelik malzeme kullanımı
	• Alev yürütmez özellikte bant kayışı kullanımı
	• Kullanılan köpüklerin yanmaz özellikte olması
	• Kullanılacak yağ ve akaryakıtın ocak içinde bekletilmemesi
• 09 - Kaynak İşleri	
	• Kaynak kablolarının muhafazası
	• Topraklama
	• Yanıcı maddelerin uzak tutulması

Çizelge 7.11 Yer altı yangını - Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi / Sonuçlar

Sonuç	
	Sonuç Bariyeri
• 01- Yangın Sonucu Metan patlaması	
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)
	• Acil durum eylem planı
• 02-Metan Patlaması Sonrası Yeraltı Yangını	
	• Yangınla mücadele ekipmanları
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Acil kaçış yolları
	• Bekleme barajları kapatma ekipleri
	• Ferdi oksijen maskeleri
	• Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)
	• Su barajları
	• Acil durum eylem planı
• 03- Yangın Sonucu Metan Patlaması	
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)
	• Acil durum eylem planı
• 04-Tehlikeli Gazların Açığa Çıkması	
	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)
	• Bekleme barajları kapatma ekipleri
	• Ferdi oksijen maskeleri
	• Acil kaçış yolları
	• Acil durum eylem planı
	• Havalandırma Tasarımı
• 08-İnsanların Yeraltında Mahsur Kalması	

	• Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)
	• Yangınla mücadele ekipmanları
	• Acil kaçış yolları
	• Ferdi oksijen maskeleri
• 05-Patlamadan Dolayı Oluşan Finans Kayıpları	
	• Kriz masası
	• Madenlerde ferdi Kaza sigortası
	• Yedek pano planlama ve tasarımı
• 06-Patlamadan Dolayı Yasal Süreç	
	• Kurumun hukuk müşavirliği
• 07-Patlamadan Dolayı İtibar Kaybı	
	• Bakanlık ve Genel Müdürlük Kriz Yönetim Planı
	• Basın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü
• 09-Acil Eylem Kurtarma Ekipleri (Tahlisiye) Zarar Görmesi	
	• Eğitim
	• Tatbikat

Papyon analizi çıktıları aşağıdaki gibidir:

- Metan gazı için tepe olay patlayıcı ortamın oluşmasıdır.
 - Tepe olayın gerçekleşmesine neden olan 11 tehdit ve gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek 9 sonuç bulunmuştur.
 - Bu tehditler için tehdit kategorisi, tehdit türü ve sıklık faktörleri tanımlanmıştır.
 - Tehdit türü açısından değerlendirildiğinde, 3 adet tepe olaya yüksek katkı sağlayan ve 8 adet tepe olaya düşük katkı sağlayan tehdit belirlenmiştir.
 - Tehdit türü değerlendirildiğinde, 7 adet tepe olaya doğrudan katkı sağlayan tehdit, 2 adet tepe olaya katkı sağlaması için diğer tehditlerle birleşmesi gereken tehdit ve 1 adet tepe olaya katkı sağlaması için ön koşulların oluşması gereken tehdit tanımlanmıştır.
 - Her bir tehdit ve sonuç için tehdit bariyerleri ve sonuç bariyerleri belirlenmiştir. Belirlenen bir bariyer için artış faktörü ve bu artış faktörü için bir kontrol tedbiri tanımlanmıştır.
 - Kontrol tedbirleri için etkinlik, kontrol kategorisi, kontrol statüsü, kritikliği ve sorumlu kişi tanımlanmıştır.
 - Metan gazı için tanımlanan tehdit bariyerlerin etkinlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;
 - % 38,5'i "kalite > 90",

- %50'si “60 < kalite < 90”
- %11,5'i “kalite <60” olarak belirlenmiştir.
- Tüm bariyerler aktif durumdadır.
- Sonuç bariyerlerinin etkinlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;
 - %11,8'i “kalite > 90”
 - %70,5'i “60 < kalite >90”
 - %17,7'si “kalite < 60” olarak belirlenmiştir
- Sonuç bariyerlerinin kontrol statüsüne bakıldığında 2 tanesi “kontrol için gerekli eylem” olarak belirlenmiş, geriye kalan bariyerlerin tamamı “aktif” olarak belirlenmiştir.
- Tehdit bariyerleri için sadece havalandırma bariyerine artış faktörü (enerji kesintisi) tanımlanmış ve bu artış faktörü için bariyer (yedek enerji kaynağı) belirlenmiştir.
- Kimyasal tehlikeler altında yer alan yer altı yangını için tepe olay ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi olarak tanımlanmıştır.
- Tepe olaya neden olan 9 tehdit ve tepe olayın gerçekleşmesiyle ortaya çıkan 9 sonuç belirlenmiştir.
- Bu tehditler için tehdit kategorisi, tehdit türü ve sıklık faktörleri tanımlanmıştır.
- Tehdit türü açısından değerlendirildiğinde 2 adet tepe olaya yüksek katkı sağlayan tehdit belirlenmiş ve 7 adet tepe olaya düşük katkı sağlayan tehdit belirlenmiştir.
- Tehdit türü değerlendirildiğinde, 7 adet tepe olaya doğrudan katkı sağlayan tehdit, 1 adet tepe olaya katkı sağlaması için ön koşulların oluşması gereken tehdit ve 1 adet de tepe olaya katkı sağlaması için diğer tehditlerle birleşmesi gereken tehdit tanımlanmıştır.
- Her bir tehdit ve sonuç için tehdit bariyerleri ve sonuç bariyerleri belirlenmiştir. Belirlenen bir bariyer için artış faktörü ve bu artış faktörü için bir kontrol tedbiri tanımlanmıştır.
- Kontrol tedbirleri için etkinlik, kontrol kategorisi, kontrol statüsü, kritikliği ve sorumlu kişi tanımlanmıştır.
- Yer altı yangını için tanımlanan tehdit bariyerlerin etkinlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;
 - % 40'ı “ kalite > 90”,
 - %56'sı “60 < kalite < 90”

- %12'si “kalite < 60” olarak belirlenmiştir.
- Kontrol statüsüne bakıldığında 2 bariyer “uygulanacak” olarak belirlenmiş, geriye kalan bariyerlerin tamamı “aktif” olarak belirlenmiştir.
- Tehdit bariyerleri için sadece havalandırma bariyerine artış faktörü (enerji kesintisi) tanımlanmış ve bu artış faktörü için bariyer (yedek enerji kaynağı) belirlenmiştir.
- Sonuç bariyerlerinin etkinlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;
 - %11,8'i “kalite > 90”
 - 64,5' si “60 < kalite < 90”
 - %23,5'i “kalite < 60” olarak belirlenmiştir
- Sonuç bariyerlerinin kontrol statüsüne bakıldığında 1 tanesi “kontrol için gerekli eylem” olarak belirlenmiş, geriye kalan bariyerlerin tamamı “aktif” olarak belirlenmiştir.

Sonuçların değerlendirmesi için risk matrisi kullanılmıştır. Risk matrisi insan, makine/ekipman, çevre ve işletme için ayrı ayrı uyarlanmıştır. İnsan için yapılan değerlendirmelerde çalışanların sağlık ve güvenliğinin zarar görmesi dikkate alınmış; makine/ekipman için yapılan değerlendirmelerde işletmede bulunan makine/ekipmanların hasarlanması veya finansman zararları dikkate alınmış; çevre için yapılan değerlendirmelerde işletmenin bulunduğu çevre koşullarının, işletme etrafında yer alan tesislerin zarar görmesi; ve işletme için yapılan değerlendirmelerde işletme itibarı, işletmenin karşı karşıya kaldığı yasal süreç dikkate alınmıştır.

Ek-5'te yer alan risk değerlendirme matrisleri kullanarak Çizelge 7.12 ve Çizelge 7.13'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.12 Metan gazı / Risk matrisi

Teh. 001-Kimyasal-Metan Gazı / Patlayıcı ortamın oluşması	İnsan	Makine / Ekip.	Çevre	İşletme/İtibar
Metan patlaması	[B5]	[B3]	[B1]	[B2]
Metan patlaması sonrası yeraltı yangını	[C4]	[B4]	[B1]	[B2]
Patlamadan dolayı ekipmanların zarar görmesi		[B2]		
İnsanların yeraltında mahsur kalması	[B5]			[B4]
Patlamadan dolayı oluşan finans kayıpları				[B3]
Patlamadan dolayı yasal süreç				[D3]
Patlamadan dolayı itibar kaybı				[C3]
Kömür tozu patlaması	[B4]	[B3]	[B1]	[B3]
Acil eylem kurtarma ekiplerinin (Tahliye) zarar görmesi	[B3]			[C2]

Çizelge 7.13 Yer altı yangını / Risk matrisi

Teh. 002-Kimyasal – Yer altı yangını) / Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi	İnsan	Makine / Ekip.	Çevre	İşletme/İtibar
Yangın sonucu metan patlaması	[B5]	[B3]	[B1]	[B2]
Metan patlaması sonrası yeraltı yangını	[C4]	[B4]	[B1]	[B2]
Yangın sonucu metan parlaması	[B5]	[B3]	[B1]	[B2]
Tehlikeli gazların açığa çıkması	[C4]	[B0]	[B1]	[B2]
İnsanların yer altında mahsur kalması	[B5]			[B4]
Yangından dolayı oluşan finans kayıpları				[B4]
Yangından dolayı yasal süreç				[D3]
Yangından dolayı itibar kaybı				[C3]
Acil eylem kurtarma ekiplerinin (Tahliye) zarar görmesi	[B3]			[C2]

Belirlenen kontrol tedbirleri ile bu kontrol tedbirlerinin kalitesi ve statüsü değerlendirilerek risk skorları tanımlanmıştır. İnsan, makine/ekipman, çevre ve işletme için sonuçlar aşağıdaki gibi analiz edilmiştir.

- Risklerin çalışan sağlığı ve güvenliğine olan etkisi değerlendirildiğinde her iki tepe olayda tanımlanan sonuçlar arasında 9 sonuç için sürekli iyileştirmenin ve izlemenin gerekliliği, 2 sonuç için ise risk azaltma önlemlerinin uygulanmasının gerekliliği ortaya konmuştur.
- Riskler makine/ekipman açısından değerlendirildiğinde risk skorlarının yüksek değildir ve risk azaltma önlemlerinin uygulanması gerekliliği ortaya konmuştur.
- Riskler çevre açısından [B1] seviyesinde tanımlanmış ve risk azaltma önlemlerinin uygulanmasının gerekliliği sonucu ortaya çıkmıştır.
- İşletme açısından bakıldığında risk seviyesi yüksek olmamakla beraber her iki tepe olayda tanımlanan sonuçlar arasında 10 sonuç için risk azaltma önlemlerinin uygulanmasının gerekliliği, 7 sonuç için sürekli iyileştirme ve izleme gerekliliği ortaya çıkmıştır. İşletme açısından yapılan değerlendirmede Türkiye şartları ve geçmişte yaşanan kaza sonucu işletmelerin karşı karşıya kaldıkları durumlar göz önüne alınmıştır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

İş sağlığı ve güvenliğinin temelini oluşturan risk yönetim süreci ve bu sürecin en önemli adımı olan risk değerlendirmesi, tasarım ve proje aşamasından başlayıp işletme ömrü boyunca sistematik olarak uygulanması önem arz etmektedir.

Her maden işletmesinin kendine özgü üretim şekli, çalışma koşulları, iş sağlığı ve güvenliği imkânları, risk yönetimi, insan kaynağı, risk algısı, tehlikeleri, zaman ve maliyet unsuru farklılık gösterir. Bu kapsamda yapılacak risk değerlendirmesi çalışmaları da farklılık gösterecektir. Bütün bunlar dikkate alındığında risk yönetimini başarılı bir şekilde yürütebilmek amacıyla işletme için en uygun risk değerlendirme yöntemi seçmek önem arz etmektedir.

Yürütülen çalışmada, tasarım sürecinde ve işletim sürecinde risk değerlendirmesi metodolojisi ve yer altı kömür madenlerinde risk yönetimi hakkında bilgi verilmiştir. TTK Kozlu Müessesesi için en uygun risk değerlendirmesi yöntemi seçimi yapılmıştır. Yöntem seçimi için seçenek olarak maden sektöründe sık kullanılan yöntemlerden olan L tipi 5×5 Matris, FMEA, Papyon Analizi ve İş Güvenliği Analizi ele alınmıştır. Bu dört yöntem arasından seçim yapmak amacıyla bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS ile insan yargıları ve kararları kullanılarak herhangi bir ölçüme dayanmaksızın mantıklı bir seçim yapılabilmektedir.

Yöntem seçimi için öncelikle üç kişiden oluşan bir risk değerlendirme ekibi oluşturulmuştur. Bu ekibin çalışmalarına bir gözlemci eşlik etmiştir. Bulanık TOPSIS uygulamasında karar vericiler olarak adlandırılan bu ekip ele alınan seçenekleri değerlendirebilmek adına odak grup çalışması ile literatürü değerlendirerek yedi kriterler oluşturmuştur. Kriterlerin ağırlık değerlendirmesi ve seçeneklerin kriterler doğrultusunda değerlendirmesi yapılarak seçenekler uygunluk açısından papyon analizi, iş güvenliği analizi, FMEA ve 5×5 L tipi Matris şeklinde sıralanmıştır. Bu sıralama sonucu en uygun yöntem olarak papyon analizi seçilmiştir.

Papyon analizi uygulamasında kimyasal tehlikeler arasında yer alan metan gazı ve yer altı yangınları değerlendirilmiştir. Tepe olaylar sırasıyla patlayıcı ortamın oluşması ve ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi olarak tanımlanmıştır.

- Birinci analiz için 11 tehdit ve 9 sonuç, ikinci analiz için 9 tehdit ve 9 sonuç belirlenmiştir.
- Birinci analizde tehdit türü açısından değerlendirildiğinde 3 adet tepe olaya yüksek katkı sağlayan ve 8 adet tepe olaya düşük katkı sağlayan tehdit ikinci analiz için 2 adet tepe olaya yüksek katkı sağlayan ve 7 adet tepe olaya düşük katkı sağlayan tehdit belirlenmiştir.
- Birinci ve ikinci analiz için 7 adet tepe olaya doğrudan katkı sağlayan tehdit tanımlanmıştır.
- Birinci analizde tehdit bariyerlerin %38'i, ikinci analizde %40'ı yüksek kaliteye sahip bariyer olarak tanımlanmıştır. Sonuç bariyerleri iki analizde de sonuç bariyerlerinin %11,8'i yüksek kalitede tanımlanmıştır.
- Birinci analizde tehdit bariyerlerinin tamamı aktif durumdadır, ikinci analizde 2 adet bariyer uygulanacak olarak tanımlanmıştır ve diğerleri aktif olarak durumdadır.
- Her iki analizde de bir artış faktörü ve bu artış faktörü için bir bariyer belirlenmiştir. Bu bariyer aktif ve yüksek kalitede tanımlanmıştır.
- Birinci analizde sonuç bariyerlerin 2 tanesi kontrol için gerekli eylem diğerleri aktif olarak tanımlanmış, ikinci analiz için bir tanesi kontrol için gerekli eylem diğerleri aktif olarak tanımlanmıştır.

Her iki tepe olayda sonuçları değerlendirmek için kullanılan risk matrisi sonucu kabul edilemez risk düzeyi tanımlanmamıştır. Risk azaltma önlemlerinin uygulanmasının gerekliliği ve sürekli iyileştirme ve izleme gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Çalışma sonucu geliştirilen genel öneriler aşağıda yer almaktadır.

- Yöntem seçiminde kullanılan bulanık TOPSIS yöntemi yerine farklı bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri de kullanılarak değerlendirme yapılabilir.
- Yöntem seçiminde belirlenen kriterler, karar verici grubun çalışmasına göre değişebilir. Özellikler maliyet kriteri kullanılırken iş kazası ve meslek hastalıkları sonucu karşılaşılan gerçek maliyetin çok daha fazla olacağı ve insan kaybının herhangi bir maliyetle ifade edilemeyeceği gerçeği dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır. Zaman kriteri kullanılırken işletmede olası tüm riskleri analiz etmek için gereken süre dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

- Maden çalışanları zorunlu ferdi kaza sigortası tarife ve tebliği kapsamında sigorta şirketlerince oluşturulan risk inceleme heyetinin yapacağı çalışmalarda heyetin özellikleri ve işletme özellikleri dikkate alınarak benzer çalışmalar yürütülebilir. Ayrıca çalışanlar gibi makine/ekipman sigortası yapma zorunluluğu da gelirse işletmelerin yapmak zorunda olduğu risk değerlendirme çalışmalarının etkinliği artabilir.
- Papyon analizi sonunda kullanılan risk matrisleri madencilik sektörünün koşulları dikkate alınarak yeniden uyarlanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus olasılık ve sonuç (şiddet) değerleridir. Olasılığı düşük olan bir riskin şiddeti çok yüksek olabilmektedir. Matris üzerindeki risk değerlerinde yapılacak düzenleme ile bu tür riskler daha kapsamlı ele alınabilir.

Çalışma sonucu işletme özelinde geliştirilen öneriler aşağıda yer almaktadır.

- Müessesede daha önce yapılan temel risk değerlendirmesi çalışması sonucu kritik riskler belirlenmiş ve papyon analizine geçiş yapılarak daha ayrıntılı analiz yapma fırsatı yakalanmıştır. Yer alt kömür madenciliği gibi çok tehlikeli ve dinamik çalışma koşullarının olduğu sektörlerde sürekli olarak izleme ve iyileştirme çalışmalarının yapılmasına olanak sağlayan papyon analizi belirlenen kritik risklerden başlayarak tüm riskler için yapılmalıdır.
- Yürütülen çalışmanın geliştirilebilmesi adına papyon analizinde önemli etkenlerden biri olan artış faktörü üzerinde daha fazla durulmalıdır. Belirlenen kontrol tedbirleri izlenip değerlendirilerek artış faktörleri eklenmelidir. İlk etapta sadece havalandırma için artış faktörü enerji kesintisi olarak tanımlanmıştır ve bunun için belirlenen bariyer yedek enerji kaynağıdır.
- Papyon analizi matris risk skorları kontrol tedbirlerine ekleme veya çıkarma yapılması halinde ve kontrol tedbirlerinin etkinliği, statüsü vb. hususlarının değişmesi halinde güncellemelidir. Yeni kontrol tedbirleri eklendiğinde veya aktif olmayanlar aktif hale geldiğinde güncelleme yapılarak yeni risk skorları elde edilmelidir. Ayrıca şiddet değeri yüksek olasılığı düşük olan risklere ayrıca önem verilmeli ve bu risklere ait belirlenen kontrol tedbirleri üzerinde ayrıntılı çalışılmalıdır.

- Yürütülen papyon analizi koruma katmanları analizi (LOPA) ile güçlendirilebilir. Koruma katmanları analizi ile tanımlanan bariyerlerin yeterliliği ayrıntılı olarak değerlendirilebilir.
- İşletmede tüm risklerin kapsamlı olarak değerlendirilebilmesi adına papyon analizine ek çalışmalar yürütülmelidir. Bazı özellikli alanlarda daha farklı risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak riskler daha etkin kontrol altına alınabilir. Papyon analizine ek olarak yapılabilecek çalışmalardan biri insan sağlığına etkisi olan riskler için maruziyet değerlendirmesi yapan yöntemler arasından işletme için en uygun olanını seçerek değerlendirme yapmaktır. Diğer ise ergonomik riskleri daha ayrıntılı ele almak adına ergonomik risk değerlendirme yöntemleri arasından işletme için en uygun yöntemi seçerek değerlendirme yapmaktır. Papyon analizi ile bütünleşik olarak yürütülen bu çalışmalar sayesinde risk yönetim sürecine daha profesyonel bir katkı sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2018 Yılı Bütçe Sunum Raporu, 2017, <https://docplayer.biz.tr/26013210-2017-yili-butce-sunumu-t-c-enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakani-sayin-dr-berat-albayrak-in-2017-yili-butcesini-tbmm-plan-ve-butce-komisyonu-na-sunusu.html> (Erişim Tarihi: **Ocak 2019**)
- [2] SGK, 2013-2017 İstatistik Yıllıkları, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistiksgk_istatsitik_yilliklari, (Erişim Tarihi: **Nisan 2018**)
- [3] L. H. Hartman, Introductory Mining Engineering, John Wiley & Sons, **1987**.
- [4] M. Sari, A. S. Selcuk, C. Karpuz, H. Ş. Düzgün, Stochastic Modeling of Accident Risks Associated with an Underground Coal Mine in Turkey, Safety Science, 47 (**2009**), 78-87.
- [5] ILO, Mining: A hazardous work, https://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_124598/lang--en/index.htm (Erişim Tarihi: **Ocak, 2016**).
- [6] Who, A Proposed Global Strategy on Occupational Health for All: The Way to Health at Work, https://www.who.int/occupational_health/publications/Globstrategy/en/index5.html, (Erişim Tarihi: Mayıs, **2014**).
- [7] ILO, Safety in Number, Geneva, **2003**.
- [8] I.L. Nunes, Occupational safety and health risk assessment methodologies, https://oshwiki.eu/wiki/Occupational_safety_and_healthrisk_assessment_methodologis, (Erişim Tarihi: **Mart 2017**).
- [9] ILO, OSH Management System: A tool for continual improvement, 2011, http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_153930.pdf (Erişim Tarihi: **Haziran 2014**).
- [10] A. Mullai, Risk Management System– Risk Assessment Frameworks and Techniques, DaGoB Publication, **2006**.
- [11] D. Valis, M. Koucky, Selected Overview of Risk Assessment Techniques, Problemy Eksploatacji, **2009**, 19-32.
- [12] C-T. Chena, C-T. Linb, S-F. Huang, A Fuzzy Approach For Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management, Int. J. Production Economics, 102, (**2006**), 289-301.
- [13] A. Eleren, M. Ersoy, Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Madencilik, 46 (**2007**), 9-22.

- [14] L. Anojkumara, M. Ilangkumarana, V. Sasirekhab, Comparative Analysis Of MCDM Methods For Pipe Material Selection in Sugar Industry Expert Systems with Applications, *Expert Systems with Applications*, 41 (2014), 2964–2980.
- [15] HSE, Optimising Hazard Management by Workforce Engagement and Supervision, Research Report, No. 637, London, **2008**.
- [16] R. B. Limerick, T. Horberry, L. Steiner, Bow-Tie Analysis of a Fatal Underground Coal Mine Collision, *Ergonomics Australia Journal*, 10 (2014).
- [17] B. O. Alli, *Fundamental Principles of Occupational Health and Safety*, Geneva, ILO.
- [18] ILO, Convention, 2012, <http://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12000:0::NO::> (Erişim Tarihi: **Mayıs 2014**).
- [19] A. Saracino, G. Antonioni, G. Spadoni, D. Guglielmi, E. Dottori, L. Flamigni, M. Malagoli, V. Pacini, Quantitative Assessment of Occupational Safety and Health: Application of a General Methodology to an Italian Multi-Utility Company, *Safety Science*, 72 (2015).
- [20] ILO-OSH, Guidelines on occupational safety and health management systems, **2001**.
- [21] Safe Work Australia, Principles Of Good Work Design, <http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/922/good-work-design-handbook.pdf> (Erişim Tarihi: **Ocak 2016**).
- [22] Safe Work Australia, Guide For Safe Design Of Plant, <http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/SWA/about/Publications/Documents/858/Guide-Safe-Design-Plant.pdf> (Erişim Tarihi: **Ocak 2016**).
- [23] H. Lingard, P. Pirzadeh, J. Harley, N. Blismas, R. Wakefield, Safety in Design, RMIT University, <http://mams.rmit.edu.au/bqe3rl2awzb8.pdf> (Erişim Tarihi: **Ocak 2016**).
- [24] Z. J. Torghabeh, S. S. Hosseinian, Designing for Construction Workers' Safety, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, **2012**.
- [25] 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, <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB20221.pdf> (Erişim Tarihi: **Ocak 2016**).
- [26] American Society of Safety Professionals, Pre-Project and Pre-Task Safety and Health Planning for Construction and Demolition Operations, <https://store.assp.org/personifyebusiness/Store/Product-Details/productId/30247490> (Erişim Tarihi: **Nisan 2016**).

- [27] D. McGeorge, X. W. Zou Patrick, Construction Management: New Directions, Wiley-Blackwell, **2013**.
- [28] M. M. P. Veloso, P. J. P. Rocha, Design for Health, 22nd World Mining Congress&Expo, 1 (**2011**), 795-801.
- [29] J. A. Gambatese, J. Hinze, M. Behm, Investigation of the Viability of Designing for Safety, USA, CPWR, **2005**.
- [30] Center for Chemical Process Safety, Plant Design. Guidelines for Safe Process Operations and Maintenance, USA, Wiley, **1995**, 33-58.
- [31] Ombudsmanlık, The executive summary of the “Occupational Health and Safety in the Mining Sector with Reference to the Soma Coal Mine Accident Special Report, [http://www.ombudsman.gov.tr/en/contents/files/Occupational%20Health%20and %20Safety%20in%20the%20](http://www.ombudsman.gov.tr/en/contents/files/Occupational%20Health%20and%20Safety%20in%20the%20) (Erişim Tarihi: **Şubat 2016**).
- [32] Mines Occupational Safety and Health Advisory Board (MOSHAB). Safety and Health Risk Management Guideline, Department of Industry and Resources Western Australia, **1999**.
- [33] ÇSGB, İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28512, **2012**.
- [34] ILO, Training Package on Workplace Risk Assessment and Management for Small and Medium-Sized Enterprises, Geneva, **2013**.
- [35] European Commission, Guidance of Risk assessment at Work, Luxembourg, **1996**.
- [36] J. Tixier, G. Dusserre, O. Salvi, D. Gaston, Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 15 (**2002**), 291-303.
- [37] A. Pinto, I. L. Nunes, R. A. Ribeiro, Occupational Risk Assessment in Construction Industry-Overview and Reflection, Safety Science, 49, (**2011**), 616- 624.
- [38] V. T. Covello, M. W. Merkhoher, Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks, Springer, **1993**.
- [39] IOSH, Risk Assessment, <https://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment/definitions> (Erişim Tarihi: **Mayıs 2014**).
- [40] IEC/ISO 31010, Risk Management-Risk Assessment Techniques, **2009**.
- [41] F. R. Stapelberg, Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design. Safety and Risk in Engineering Design, Queensland Australia, Springer, **2009**, 529-799.

- [42] The Australian Safety and Compensation Council, Guidance on the Principles of Safe Design for Work, Canberra, 2006, http://www.safeworkaustralia.gov.au/sites/swa/about/publications/documents/154/guidanceontheprinciplesofsafedesign_2006_pdf.pdf (Erişim Tarihi: **Ocak 2016**).
- [43] P. K. Marhavidas, D. E. Koulouriotis, Developing A New Alternative Risk Assessment Framework In The Work Sites By Including A Stochastic And A Deterministic Process: A Case Study For The Greek Public Electric Power Provider, *Safety Science*, 50 (2012), 448-462.
- [44] V. V. Khanzode, J. Maiti, P. Ray, Occupational Injury and Accident Research: A Comprehensive Review, *Safety Science*, 50(2012), 1355-1367.
- [45] C. Kirchsteiger, On The Use Of Probabilistic And Deterministic Methods in Risk Analysis, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 12 (1999), 399- 419.
- [46] L. H. Ringdahl, *Safety Analysis Principles and Practice in Occupational Safety Risk Assessment*, 2. Baskı. New York : Taylor&Francis, 2001, 55-149.
- [47] J. Joy, Occupational safety risk management in Australian mining, *Occupational Medicine*, 54 (2004), 311-315.
- [48] T. Rasche, *Risk Analysis Methods – a Brief Review*, Minerals Industry Safety and Health Centre, 2001.
- [49] H.-C. Liu, L. Liu, N. Liu, Risk Evaluation Approaches in Failure Mode and Effect, *Expert Systems with Applications*, 40 (2013), 828-838.
- [50] A. Pickering, S. P. Cowley, Risk Matrices: Implied Accuracy And False Assumptions, *Journal of Health & Safety Research & Practice*, 2 (2010).
- [51] National Patient Safety Agency. A Risk Matrix for Risk Managers, 2008, https://www.neas.nhs.uk/media/118673/foi.16.170_-_risk_matrix_for_risk_managers_v91.pdf, (Erişim Tarihi: **Kasım 2016**).
- [52] P. K. Marhavidas, D. Koulouriotis, V. Gemeni, Risk analysis and Assessment Methodologies in the Work Sites: On a review, Classification And Comparative Study Of The Scientific Literature Of The Period 2000-2009, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24 (2011), 477-523.
- [53] D. H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis Introduction. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, ASQ Quality Press, 2003.
- [54] M. Ersoy, A. Eleren, ř. şimşek, Hata Turleri ve Etkileri Analizi ile İş Sağlığı ve GUVenliği Tabanlı SUREqlerin İyileştirilmesi ve Mermer Ocak İşletmelerinde Bir Uygulama, *Madencilik*, 48 (2009), 19-32.

- [55] A. Pillay, J. Wang, Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning, Reliability Engineering and System Safety, 79 (2003), 69-85.
- [56] Ö. Kahraman, A. Demirer, OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7 (2010), 53-68.
- [57] Ö. Özkılıç, Risk Değerlendirmesi ATEX Direktifleri-Patlayıcı Ortamlar Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması-Kantitatif Risk Değerlendirme, Ankara, TİSK, 2014.
- [58] CGE, Risk Management Solution, Risk Assessment -The History of Bow-Tie, <http://www.cgerisk.com/knowledge-base/risk-assessment/the-bowtie-methodology> (Erişim Tarihi: **Mart 2016**).
- [59] F. Aqlan, M. Ali Ebrahim, Integrating Lean Principles And Fuzzy Bow-Tie Analysis for Risk Assessment in Chemical Industry, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 29 (2014), 39-48.
- [60] N. Khakzad, F. Khan, P. Amyotte, Dynamic Risk Analysis Using Bow-Tie Approach, Reliability Engineering and System Safety, 104 (2012), 36-44.
- [61] A. Iannacchione, F. Varley, T. Brady, The Application of Major Hazard Risk Assessment (MHRA) to Eliminate Multiple Fatality Occurrences in the US Minerals Industry, NIOSH, 2008.
- [62] CGE Academy, Escalation Factor, https://www.cgerisk.com/knowledgebase/Escalation_factors (Erişim Tarihi: **Mayıs 2017**).
- [63] L. Lu, W. Liang, L. Zhang, H. Zhang, A. Lu, J. Shan, A Comprehensive Risk Evaluation Method For Natural Gas Pipelines by Combining a Risk Matrix with A Bow-Tie Model, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 25 (2015), 124-133.
- [64] CGE, BowTieXP feature overview, CGE-Risk Management Solution, <https://www.cgerisk.com/products/bowtiexp/> (Erişim Tarihi: **Mayıs 2016**).
- [65] Z. Hamzah, S. Singapore, Use Bow Tie Tool for Easy Hazard Identification, 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress, 2012.
- [66] DEEDI, Guidance Note QGN 17 Development of effective Job Safety Analysis-Mining and Quarrying Safety and Health Act 1999, Queensland Government, 2010.
- [67] OSHA, Job Hazard Analysis, 2002.
- [68] E. Albrechtsen, I. Solberg, E. Svensli, The Application and Benefits of Job Safety Analysis, Safety Science, 113, (2019), 425-437.

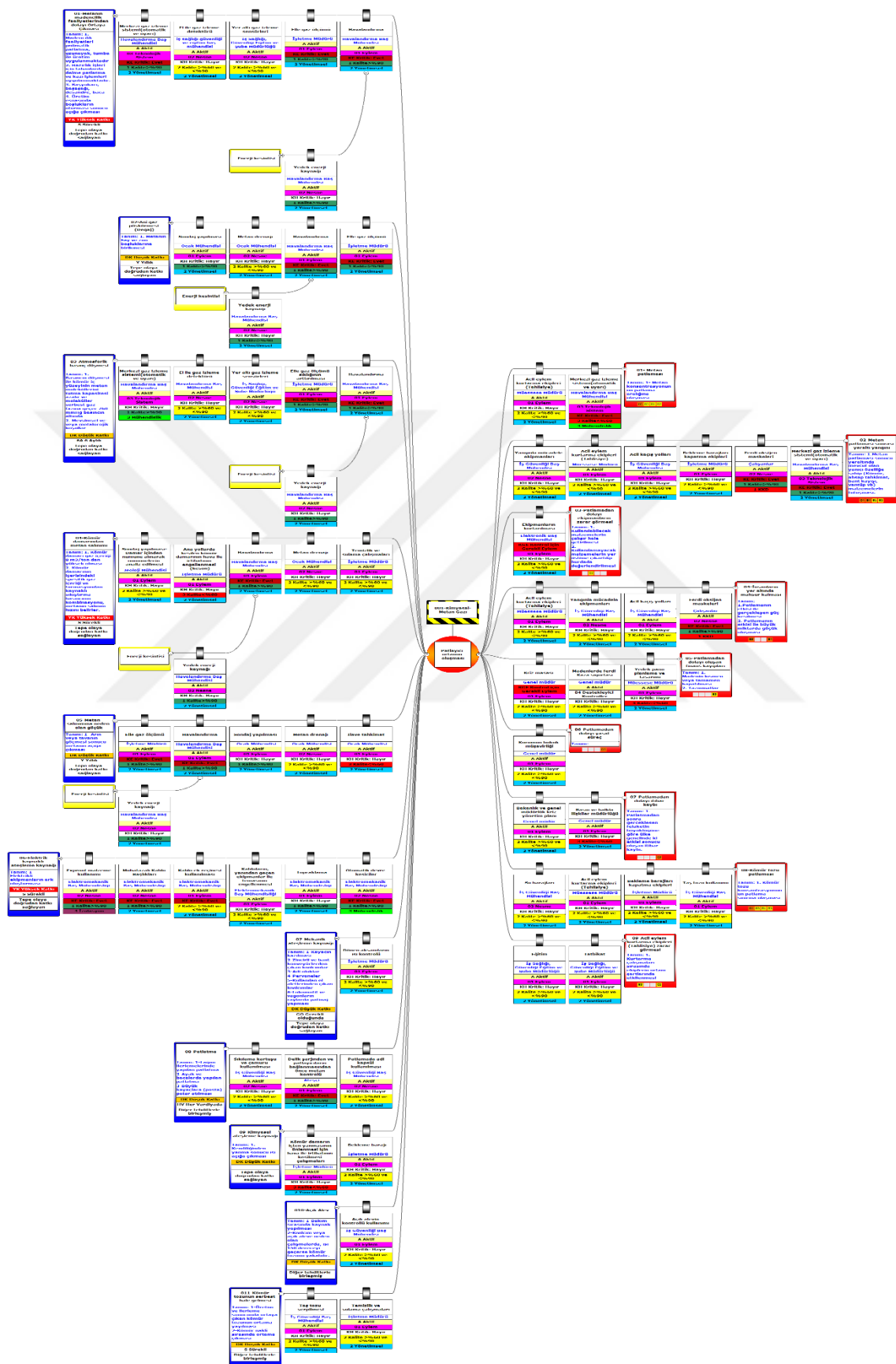
- [69] A. Reza, K. Azari, N. Mousavi, S. F. Mousavi, S. B. Hosseini, Risk Assessment Model Selection in Construction Industry, *Expert Systems with Applications*, 38, (2011), 9105-9111.
- [70] R. Mosadeghi, J. Warnken, R. Tomlinson, H. Mirfenderesk, Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a Spatial Multi-Criteria Decision Making Model For Urban Land-Use Planning Computers, Environment and Urban Systems, 49 (2015), 54-65.9
- [71] A. F. Güneri, M. Gül, S. Ozgürler, A Fuzzy AHP Methodology for Selection of Risk Assessment Methods in Occupational Safety, *International Journal of Risk Assessment Management*, 3-4, (2015), 18, 319-335.
- [72] J. Zeng, M. An, N. J. Smith, Application of a Fuzzy Based Desicion Making Methodology to Construction Project Risk Assessment, *International Journal of Project Management*, 25(6), (2007), 589-600.
- [73] M. Fera, R. Macchiaroli, Use of Analytic Hierarchy Process and Fire Dynamics Simulator to Assess The Fire Protection Systems in a Tunnel on Fire, *International Journal of Project Management*, 14(6), (2010), 504-529.
- [74] M. Yazdani, A. Alidoosti, M. H. Basiri, Risk Analysis for Critical Infrastructures Using Fuzzy, *Journal of Management Research*, 4(1), (2012).
- [75] M. F. Kahraman, Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri ile Önceliklendirilmesi ve Bütünleşik Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [76] A. Aminbakhsh, M Gündüz, R. Sönmez, Safety Risk Assessment Using Analytic Hierarchy Process (Ahp) During Planning and Budgeting Of Construction Projects, *Journal of Safety Research*, 46, (2013), 99-105.
- [77] G.L. Janackovic, S.M. Savic, M. S. Stankovic, Selection and Ranking of Occupational Safety Indicators Based on Fuzzy AHP: A Case Study in Road Construction Companies, *The South African Journal of Industrial Engineering*, 24 (3), (2013),175-189.
- [78] S. Mahdevari, K. Shahriar, A. Esfahanipour, Human Health And Safety Risks Management in Underground Coal Minesusing Fuzzy TOPSIS, *Science of the Total Environment*, 488-4859, (2014), 85-99.
- [79] D. Podgórski, Measuring Operational Performance of OSH Management System—A Demonstration of AHP-Based Selection of Leading Key Performance Indicators, *Safety Science*, 73, (2015), 146-166.
- [80] Q. Wang, H. Wang, Z. Qi, An Application of Nonlinear Fuzzy Analytic Hierarchy Process in Safety Evaluation of Coal Mine, *Safety Science*, 86, (2016), 78-87.

- [81] A. Rodríguez, F. Ortega, R. Concepción, A Method for The Evaluation Of Risk in IT Projects, *Expert Systems with Applications*, 45, **(2016)**, 273-285.
- [82] E. Ilbahara, A.Karaşan, S. Cebi, C. Kahraman, A Novel Approach to Risk Assessment for Occupational Health and Safety Using Pythagorean Fuzzy AHP & Fuzzy Inference System, *Safety Science*, 103, **(2018)**, 124-136.
- [83] J. H. Zimmermann, *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, KluwerAcademic Publishers, **2001**.
- [84] F. Herrera, E. Herrera-Viedma, *Linguistic Decision Analysis: Steps for Solving Decision Problems Under Linguistic Information*, *Fuzzy Sets and Systems*, 115, **(2000)**, 67-82.
- [85] L. A. Zadeh, Is There a Need For Fuzzy Logic?, *Information Sciences*, 178(13), **2008**, 2751-2779.
- [86] K. R. MacCrimmon, *Decision Making Among Multiple-Attribute Alternatives: A Survey and Consolidated Approach*, The RAND Corporation, **1968**.
- [87] R. L. Keeney, H. Raiffa, D. W. Rajala, *Decision Analysis With Multiple Conflicting Objectives*, New York : Wiley & Sons, **1969**.
- [88] A. Ishizaka, P. Nemery, *Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software*, WILEY Publications, **2013**.
- [89] S. Opricovic, G. H. Tzeng, *Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS*, *European Journal of Operational Research*, 156 **(2004)**, 445–455.
- [90] M. C. Dasa, B. Sarkarb, S. Ray, A Framework To Measure Relative Performance of Indian Technical Institutions Using Integrated Fuzzy AHP and COPRAS Methodology, *Socio-Economic Planning Sciences*, 46 **(2012)**, 230-241.
- [91] M. Bitarafana, S. H. Zolfanib, S. L. Arefid, E. K. Zavadskas, Evaluating The Construction Methods Of Cold-Formed Steel Structures in Reconstructing The Areas Damaged in Natural Crises, Using The Methods AHP and COPRAS-G, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12 **(2012)**, 360-367.
- [92] E. Atmaca, H. B. Basar, Evaluation of power plants in Turkey using Analytic Network Process (ANP), *Energy*, 44 **(2012)**, 555-563.
- [93] A. Mardani, A. Jusoh, E. K. Zavadskas, *Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Techniques And Applications – Two Decades Review From 1994 to 2014*, *Expert Systems with Applications*, 42 **(2015)**, 4126-4148.
- [94] T. L. Saaty, *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, RWS Publications, **2013**.

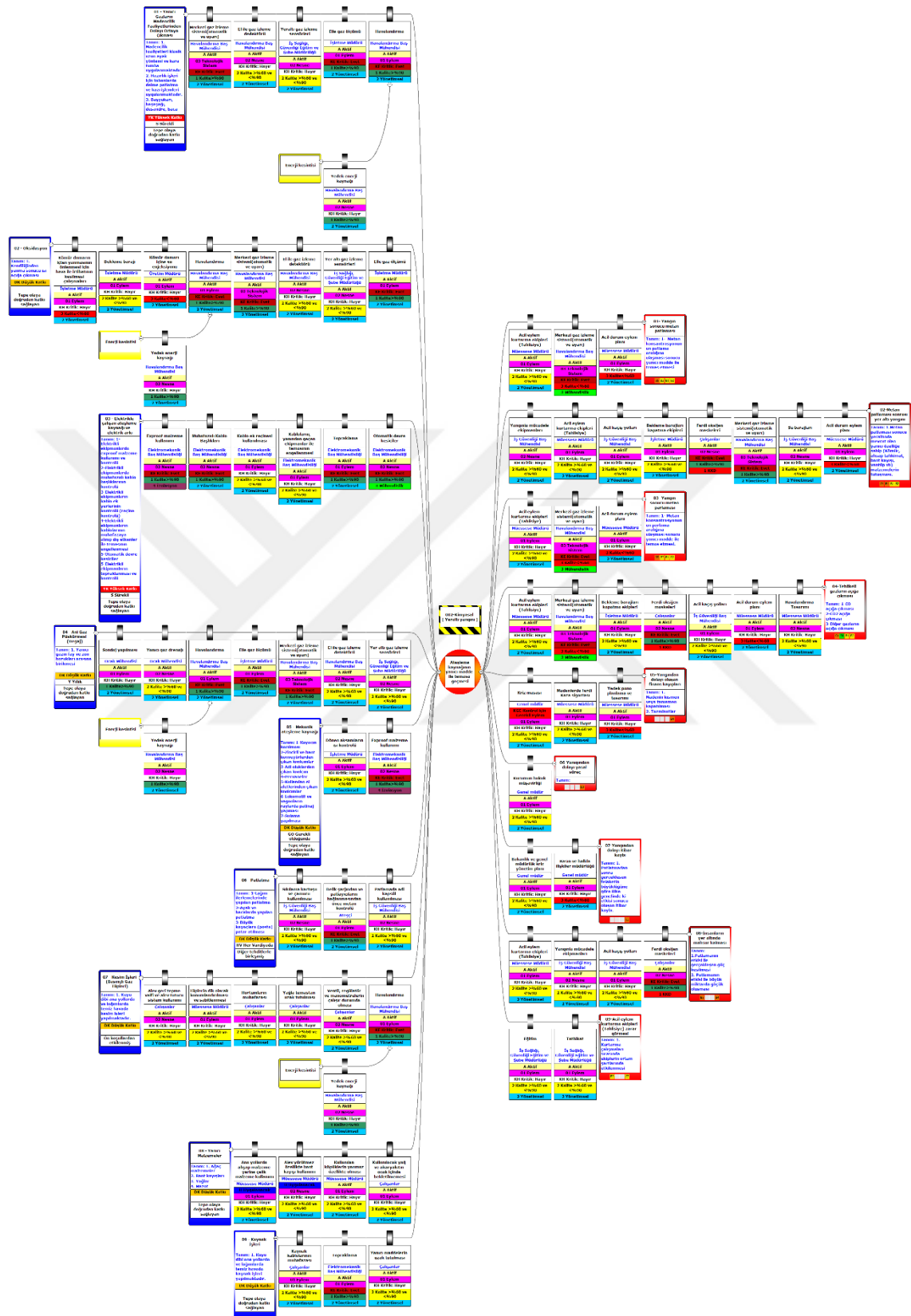
- [95] C-T. Chen, Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems, 114 (2000), 1-9.
- [96] F. Ecer, Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Sayılar mı Yamuk Bulanık Sayılar mı?, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9, (2007), 161-180.
- [97] İ. Ertuğrul, N. Karakaşoğlu, Fuzzy TOPSIS Method for Academic Member Selection in Engineering Faculty, Innovations in E-learning, Instruction Technology, Assessment and Engineering Education, M. Iskander (Eds), Springer, 2007.
- [98] Coal Services (CS), Health and Safety Risk Management Manual for the Australian Coal Mining Industry, 2007,
http://www.hstrust.com.au/MessageForceWebsite/Sites/326/Files/Cater_20372_coalboard_manual_final.pdf (Erişim Tarihi: **Haziran 2015**).
- [99] ILO, Workers and Their Representatives on Conducting Workplace Risk Assessments, A 5 STEP GUIDE for Employers, Geneva, 2014.
- [100] 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.
- [101] ÇSGB, Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28770, 2013.
- [102] ILO, Code of Practice on Safety and Health in Underground Coal Mines, Geneva, 2006.
- [103] A. Güngör, Occupational Health And Safety Management Tool, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [104] ILO-TEPAV Contractual Arrangements In Turkey's Coal Mines Forms, Extents, Drivers, Legal Drivers and Impact on OSH, ILO, 2016.
- [105] H. Kinilakodi, Citation-related reliability analysis for a pilot sample of underground coal mines, Accident Analysis & Prevention, 43 (2011), 1015-1021.
- [106] Eurostat, Health and safety at work statistics,
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Health_and_safety_at_work_statistics (Erişim Tarihi: **Ocak 2018**).
- [107] K. Liang, J. Liu, C. Wangb, The Coal Mine Accident Causation Model Based on the Hazard Theory, Procedia Engineering, 26 (2011), 2199-2205.
- [108] MSHA, Classification of Mine Accidents,
<http://arlweb.msha.gov/FATALS/AccidentClassifications.asp> (Erişim Tarihi: **Nisan 2016**).

- [109] E. Arıoğlu, Ş. Arı, Zonguldak Havzasındaki İş Kazalarının İstatistiksel Analizi ve AT Ülkeleri ile Karşılaştırılması, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/18dd1e07a2de4a0_ek.pdf (Erişim Tarihi: **Mart 2015**).
- [110] S. Buzkan, İ. Buzkan, Zonguldak Taşkömür Havzası İş Kazalarındaki Ölüm Oranlarını Etkileyen Faktörler, Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, **1990**.
- [111] H. Köse, S. Şenkal, GLİ Tunçbilek Bölgesi Yeraltı İşletmelerindeki Kaza İstatistikleri, Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, **1990**.
- [112] Y. S. İstanbuloğlu, 1984-1999 Yılları Arasında Tki Kurumu'nda Olan İş Kazalarının İstatistiksel Değerlendirilmesi, MAdencilik, 38 (**1999**).
- [113] Ç. Tatar, K. Özfirat, TKİ-Eli Eynez Yeraltı Linyit Ocağında 1992-2000 Yılları Arasındaki Kazaların Araştırılması, Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, **2002**.
- [114] S. Önder, M. Önder, TKİ'ye Bağlı İşletmelerde Yaralanmalı İş Kazalarının Analizi, Madencilik, 49 (**2010**), 3-12.
- [115] H. Ehnes, even Golden Rules to Improve Safety and Healyh in Mining – The Benefit from International Cooperation, 22nd World Mining Congress&Expo., 3 (**2011**), 471-475.
- [116] S. Kızgut, D. Çuhadaroglu, İ. Toroğlu, S. Samanlı, Zonguldak Merkez Lavuarında Metalurjik Kömür Hazırlamaya Yönelik İyileştirme Çalışmaları, Türkiye 14 Komur Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, **2004**.
- [117] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu-Türkiye Taşkömürü Kurumu, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2F2017-Ta%C5%9F%20K%C3%B6m%C3%BCr%C3%BC%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf>, (Erişim Tarihi: **Ekim 2018**)
- [118] TTK, Yıllık İstatistik Raporları, <http://www.taskomuru.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: **Ekim 2018**)
- [119] TTK, İstatistik Raporları, http://www.taskomuru.gov.tr/file/TTKGM_Faaliyet_Raporu_2016.PDF, (Erişim Tarihi: Aralık 2018)
- [120] Esen, O. Türkiye Taşkömürü Kurumu Ocaklarındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının Değerlendirilmesi ve Olayları Etkileyen Faktörlerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.

EK-1



EK-2



EK-3

Papyon Açılır Menü – Tablolar

- ❖ **Kontrol Statüsü**
 - A Aktif
 - U Uygulanacak
 - KGE Kontrol için Gerekli Eylem
 - İH İlerleme Halinde
- ❖ **Tehdit Kategorisi**
 - YK Yüksek Katkı
 - DK Düşük Katkı
- ❖ **Tehdit Türü**
 - Tepe olaya doğrudan katkı sağlayan
 - Diğer tehditlerle birleşmiş
 - Ön koşullardan etkilenmiş
- ❖ **Sıklık**
 - Y Yıllık
 - 6A 6 Aylık
 - 3A 3 Aylık
 - A Aylık
 - H Haftalık
 - G Günlük
 - GO Gerekli olduğunda
 - S Sürekli
 - HV Her Vardiyada
 - OO Olay Olduğunda
- ❖ **Kontrol Etkinliği**
 - 1 Kalite>%90
 - 2 Kalite>%60 ve <%90
 - 3 Kalite<%60
- ❖ **Kritiklik**
 - KE Kritik: Evet
 - KH Kritik: Hayır
- ❖ **Kontrol Türü**
 - 1 KKD
 - 2 Yönetimsel
 - 3 Mühendislik
 - 4 İzolasyon
 - 5 İkame
 - 6 Eleme
- ❖ **Kontrol Kategorisi**
 - 01 Eylem
 - 02 Nesne
 - 03 Teknolojik Sistem
 - 04 Destekleyici Kontroller

❖ **İş Unvanı**

- Müessese Müdürü
- Üretim Müdürü
- Vardiya Baş Mühendisi
- Usta Baş
- Vardiya Mühendisi
- Tesis Mühendisi
- İSG Uzmanı
- İSG Teknisyeni
- Personel Müdürü
- Havalandırma Baş Mühendisi
- İş Güvenliği Baş Mühendisi
- İşletme Müdürü
- Elektronik Baş Mühendisi
- Ocak Mühendisi
- Jeoloji Mühendisi
- Genel Müdür
- Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanı
- İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
- Elektromekanik Baş Mühendisliği
- Ateşçi
- Çalışanlar
- İş Sağlığı Güvenliği ve Eğitim Baş Mühendisi
- İşletme müdürlüğü üretim faaliyetleri
- İşletme müdürlüğü

EK-4

Tehlike	001-Kimyasal-Metan Gazı		
Tepe Olay	Patlayıcı ortamın oluşması		
01-Metanın Madencilik Faaliyetlerinden dolayı Ortaya Çıkması			YK Yüksek Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
El ile gaz izleme detektörü	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İş sağlığı güvenliği ve eğitim baş mühendisi
Yer altı gaz izleme sensörleri	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
02-Ani Gaz Püskürmesi (Degaj)			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Sondaj yapılması	Yönetimsel	Kalite>%90	Ocak Mühendisi
Metan drenajı	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	Ocak Mühendisi
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
03-Atmosforik Basınç Düşmesi			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Mühendislik	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
El ile gaz izleme detektörleri	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Yer altı gaz izleme sensörleri	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
Elle gaz ölçümü sıklığının artırılması	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü

Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
04-Kömür damarından metan salınımı			YK Yüksek Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Sondaj yapılması- Damar içinden numune alınarak numunelerin analiz edilmesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Jeoloji Mühendisi
Ana yollarda kesilen kömür damarının hava ile irtibatının engellenmesi (keson)	Yönetimsel	Kalite<%60	İşletme Müdürü
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Metan drenajı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Ocak Mühendisi
Temizlik ve sulama çalışmaları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
05-Metan salınımına neden olan göçük			DK Düşük Katkı
Kontrol & Tırmanma Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Sondaj yapılması	Yönetimsel	Kalite>%90	Ocak Mühendisi
Metan drenajı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Ocak Mühendisi
İlave tahkimat	Yönetimsel	Kalite<%60	Ocak Mühendisi
06-Elektrik kaynaklı ateşleme kaynağı			YK Yüksek Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Exproof malzeme kullanımı	İzolasyon	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Muhafazalı Kablo Başlıkları	Yönetimsel	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Kablo ek reçinesi kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği

Kabloların, yanından geçen ekipmanlar ile temasının engellenmesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Topraklama	Yönetimsel	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Otomatik devre kesiciler	Mühendislik	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
07-Mekanik ateşleme kaynağı			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Dönen aksamaların ısı kontrolü	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
08-Patlatma			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Sıkılama kartuşu ve çamuru kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Delik şarjından ve patlayıcıların bağlanmasından önce metan kontrolü	Yönetimsel	Kalite>%90	Ateşçi
Patlamada adi kapsül kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
09-Kimyasal ateşleme kaynağı			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kömür damarın içten yanmasının önlenmesi için hava ile irtibatının kesilmesi çalışmaları	Yönetimsel	Kalite<%60	İşletme Müdürü
Bekleme barajı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
010-Açık Alev			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Açık alevin kontrollü kullanımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
011-Kömür tozunun serbest hale gelmesi			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi

Taş tozu serpilmesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Temizlik ve sulama çalışmaları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
01- Metan patlaması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan Makine/Ekipman Çevre İşletme		
[B5]			
[B3]			
[B1]			
[B2]			
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Merkezi Gaz İzleme Sistemi(otomatik ve uyarı)	Mühendislik	Kalite<%60	Havalandırma Baş Mühendisi
02-Metan patlaması sonrası yeraltı yangını			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan Makine/Ekipman Çevre İşletme		
[C4]			
[B4]			
[B1]			
[B2]			
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Yangınla mücadele ekipmanları	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Acil kaçış yolları	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Bekleme barajları kapatma ekipleri	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Ferdi oksijen maskeleri	KKD	Kalite>%90	Çalışanlar
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi

03-Patlamadan dolayı ekipmanların zarar görmesi			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B2]	Makine/Ekipman		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Ekipmanların kurtarılması	Yönetimsel	Kalite >%60 ve <%90	Elektronik Baş Mühendisi
04-İnsanların yeraltında mahsur kalması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B5]	İnsan		
[B4]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Yangınla mücadele ekipmanları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil kaçış yolları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Ferdi oksijen maskeleri	KKD	Kalite>%90	Çalışanlar
05-Patlamadan dolayı oluşan finans kayıpları			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B3]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kriz masası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
Madenlerde ferdi Kaza sigortası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
Yedek pano planlama ve tasarımı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
06-Patlamadan dolayı yasal süreç			

Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[D3]	İşletme		
Kontrol & Tırmanma Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kurumun hukuk müşavirliği	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
07-Patlamadan dolayı itibar kaybı			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[C3]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Bakanlık ve Genel Müdürlük Kriz Yönetim Planı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
Basın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü	Yönetimsel	Kalite<%60	Genel müdür
08-Kömür tozu patlaması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B4]	İnsan		
[B3]	Makine/Ekipman		
[B1]	Çevre		
[B3]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Su barajları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Bekleme barajları kapatma ekipleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Taş tozu kullanımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
09-Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye) zarar görmesi			

Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B3]	İnsan		
[C2]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Eğitim	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube M.
Tatbikat	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
Tehlike	002-Kimyasal (Yer altı yangını)		
Tepe Olay	Ateşleme kaynağının yanıcı madde ile temasa geçmesi		
01 - Yanıcı Gazların Madencilik Faaliyetlerinden Dolayı Ortaya Çıkması			YK Yüksek Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
El ile gaz izleme detektörü	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Yer altı gaz izleme sensörleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
02 – Oksidasyon			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kömür damarın içten yanmasının önlenmesi için hava ile irtibatının kesilmesi çalışmaları	Yönetimsel	Kalite<%60	İşletme Müdürü
Bekleme barajı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Kömür damarı içine su enjeksiyonu	Yönetimsel	Kalite<%60	Üretim Müdürü

Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
El ile gaz izleme detektörü	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Yer altı gaz izleme sensörleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube M.
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
03 - Elektrikle çalışan ateşleme kaynağı ve elektrik arki			YK Yüksek Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Exproof malzeme kullanımı	İzolasyon	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Muhafazalı Kablo Başlıkları	Yönetimsel	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Kablo ek reçinesi kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Kabloların, yanından geçen ekipmanlar ile temasının engellenmesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Topraklama	Yönetimsel	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Otomatik devre kesiciler	Mühendislik	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
04 - Ani Gaz Püskürmesi (Degaj)			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Sondaj yapılması	Yönetimsel	Kalite>%90	Ocak Mühendisi
Yanıcı gaz drenajı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Ocak Mühendisi
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Elle gaz ölçümü	Yönetimsel	Kalite>%90	İşletme Müdürü
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
El ile gaz izleme detektörüm	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Havalandırma Baş Mühendisi

Yer altı gaz izleme sensörleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
05 - Mekanik ateşleme kaynağı			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Dönen aksamaların ısı kontrolü	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Exproof malzeme kullanımı	İzolasyon	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
06 – Patlatma			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Sıkılama kartuşu ve çamuru kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Delik şarjından ve patlayıcıların bağlanmasından önce metan kontrolü	Yönetimsel	Kalite>%90	Ateşçi
Patlamada adi kapsül kullanılması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
07 - Kesim İşleri (Basıncılı Gaz Tüpleri)			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Alev geri tepme valfi ve alev tutucu sistem kullanımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
Tüplerin dik olarak konumlandırılması ve sabitlenmesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Hortumların muhafazası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
Yağla temastan uzak tutulması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
Ventil, regülatör ve manometrelerin çalışır durumda olması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
Havalandırma	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Enerji kesintisi	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
08 - Yanıcı Malzemeler			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi

Ana yollarda ahşap malzeme yerine çelik malzeme kullanımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Alev yürütmez özellikte bant kayışı kullanımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Kullanılan köpüklerin yanmaz özellikte olması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Kullanılacak yağ ve akaryakıtın ocak içinde bekletilmemesi	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
09 - Kaynak İşleri			DK Düşük Katkı
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kaynak kablolarının muhafazası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
Topraklama	Yönetimsel	Kalite>%90	Elektromekanik Baş Mühendisliği
Yanıcı maddelerin uzak tutulması	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Çalışanlar
01- Yangın Sonucu Metan patlaması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B5]	İnsan		
[B3]	Makine/Ekipman		
[B1]	Çevre		
[B2]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Mühendislik	Kalite<%60	Havalandırma Baş Mühendisi
Acil durum eylem planı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
02-Metan patlaması sonrası yer altı yangını			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[C4]	İnsan		
[B4]	Makine/Ekipman		

[B1]	Çevre		
[B2]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Yangınla mücadele ekipmanları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Acil kaçış yolları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Bekleme barajları kapatma ekipleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Ferdi oksijen maskeleri	KKD	Kalite>%90	Çalışanlar
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Yönetimsel	Kalite>%90	Havalandırma Baş Mühendisi
Su barajları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil durum eylem planı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
03- Yangın Sonucu Metan parlaması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan Makine/Ekipman Çevre İşletme		
[B5]			
[B3]			
[B1]			
[B2]			
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Mühendislik	Kalite<%60	Havalandırma Baş Mühendisi
Acil durum eylem planı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
04-Tehlikeli gazların açığa çıkması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan Makine/Ekipman		
[C4]			
[B0]			

[B1]	Çevre		
[B2]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Merkezi gaz izleme sistemi(otomatik ve uyarı)	Mühendislik	Kalite<%60	Havalandırma Baş Mühendisi
Bekleme barajları kapatma ekipleri	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İşletme Müdürü
Ferdi oksijen maskeleri	KKD	Kalite>%90	Çalışanlar
Acil kaçış yolları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil durum eylem planı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
Havalandırma Tasarımı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
05-Yangından dolayı oluşan finans kayıpları			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[B4]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kriz masası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
Madenlerde ferdi Kaza sigortası	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Yedek pano planlama ve tasarımı	Yönetimsel	Kalite<%60	Müessese Müdürü
06-Yangından dolayı yasal süreç			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[D3]	İşletme		
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Kurumun hukuk müşavirliği	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
07-Yangından dolayı itibar kaybı			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı			
[C3]	İşletme		

Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Bakanlık ve Genel Müdürlük Kriz Yönetim Planı	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Genel müdür
Basın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü	Yönetimsel	Kalite<%60	Genel müdür
08-İnsanların yer altında mahsur kalması			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan İşletme		
[B5]			
[B4]			
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye)	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	Müessese Müdürü
Yangınla mücadele ekipmanları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Acil kaçış yolları	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Güvenliği Baş Mühendisi
Ferdi oksijen maskeleri	KKD	Kalite>%90	Çalışanlar
09-Acil eylem kurtarma ekipleri (Tahlisiye) zarar görmesi			
Ön Risk Değerlendirme Tanımı	İnsan İşletme		
[B3]			
[C2]			
Kontrol & Artış Faktörü	Kontrol Türü	Kontrol Etkinliği	Sorumlu Kişi
Eğitim	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü
Tatbikat	Yönetimsel	Kalite>%60 ve <%90	İş Sağlığı, Güvenliği Eğitim ve Şube Müdürlüğü

EK-5

		A	B	C	D	E
	İnsan	Çok düşük ihtimal	Düşük ihtimal	Orta ihtimal	Yüksek ihtimal	Çok yüksek ihtimal
0	Yaralanma yok	A0	B0	C0	D0	E0
1	Hafif yaralanma	A1	B1	C1	D1	E1
2	Küçük yaralanma	A2	B2	C2	D2	E2
3	Ciddi yaralanma	A3	B3	C3	D3	E3
4	Tek ölüm	A4	B4	C4	D4	E4
5	Çoklu ölüm	A5	B5	C5	D5	E5

		A	B	C	D	E
	Makine/Ekipman	Çok düşük ihtimal	Düşük ihtimal	Orta ihtimal	Yüksek ihtimal	Çok yüksek ihtimal
0	Hasar yok	A0	B0	C0	D0	E0
1	Hafif hasar	A1	B1	C1	D1	E1
2	Küçük hasar	A2	B2	C2	D2	E2
3	Yerel hasar	A3	B3	C3	D3	E3
4	Ciddi hasar	A4	B4	C4	D4	E4
5	Geniş çaplı hasar	A5	B5	C5	D5	E5

		A	B	C	D	E
	Çevre	Çok düşük ihtimal	Düşük ihtimal	Orta ihtimal	Yüksek ihtimal	Çok yüksek ihtimal
0	Etki yok	A0	B0	C0	D0	E0
1	Hafif etki	A1	B1	C1	D1	E1
2	Küçük etki	A2	B2	C2	D2	E2
3	Yerel etki	A3	B3	C3	D3	E3
4	Ciddi etki	A4	B4	C4	D4	E4
5	Geniş çaplı etki	A5	B5	C5	D5	E5

		A	B	C	D	E
	İşletme	Çok düşük ihtimal	Düşük ihtimal	Orta ihtimal	Yüksek ihtimal	Çok yüksek ihtimal
0	Etki yok	A0	B0	C0	D0	E0
1	Hafif etki	A1	B1	C1	D1	E1
2	Sınırlı etki	A2	B2	C2	D2	E2
3	Önemli etki	A3	B3	C3	D3	E3
4	Ulusal etki	A4	B4	C4	D4	E4
5	Uluslararası etki	A5	B5	C5	D5	E5

Risk Kategorisi

Etkisiz – Kabul edilebilir risk	Risk azaltma önemlerini uygula	Sürekli iyileştirme ve izleme gerekli	Kabul edilemez risk



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 28/01/2019

Tez Başlığı / Konusu: BİR KÖMÜR MADENİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RISK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN UYGUN YÖNTEM SEÇİMİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 111 sayfalık kısmına ilişkin, 22/01/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

13.02.2019

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Derya Koçak
Öğrenci No: N10328299
Anabilim Dalı: Maden Mühendisliği
Programı: Maden Mühendisliği – Tezli Yüksek Lisans
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Bahtiyar Ünver

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim : Derya KOÇAK
Doğum Yeri : Çankaya
Doğum Tarihi : 10.08.1987
Uyruğu : T.C.
Medeni Durumu : Evli

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi,
Yunus Emre Mah. Kübra Sok. No.1
Telefon : 0 (554) 377 84 67 / (312) 594 14 00-1542
E-Posta : deryatm@gmail.com/derya.atmaca@ailevecalisma.gov.tr

İŞ TECRÜBELERİ

2011- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanı

ÖĞRENİM DURUMU

Yüksek Lisans - Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği AD, (Son dönem)

Lisans- Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Mezuniyet 2010

Lise- Lise Alparslan Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı) Hazırlık +3 yıl, Mezuniyet 2005

YABANCI DİL VE DÜZEYİ

İngilizce – İleri Seviye (Konuşma, Anlama, Yazma)

Almanca- Başlangıç

YÜRÜTTÜĞÜ/GÖREV ALDIĞI PROJELER

Mahalli İdarelerde İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim ve Uygulama Projesi, İşçi Ücretlerinden Ceza Olarak Kesilen Paralardan Kaynak Kullanmak Üzere Hazırlanan Projeler, 2012, ÇASGEM

AB Ülkelerindeki KOBİ’lerde İSG ve Risk Değerlendirmesi Uygulamalarının İncelenmesi, Erasmus Plus, 2014-2015

EUROVON, Gönüllü Sivil Hizmetinden Kaynaklanan resmi ya da örgün olmayan Gençlik Öğrenmelerinin Tanınması ve Doğrulanması İçin Avrupa Sistemi, KA2- Gençlik İçin Stratejik Ortaklık, 2015-2016

ÇASGEM’in Kurumsal Kapasitesinin Güçlendirilmesi Projesi, (İhale Aşamasında) 2019-

KİTAP, KİTAPÇIK, ÇEVİRİ

Ayan B. Çakmak E., Karaman E., Kaoçak D. “Mahalli İdarelerde İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi”, ÇASGEM,2013

Boz Eravcı, D., Karaman, E., Koçak, D., Doğan, B., Ayan, B., Çakmak, E., Akarsu, H., "Meslek Hastalıkları", Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, 2013

Koçak, D., Boz Eravcı, D., Ayan, B., Çelik E., Akaner, Ö., “İş Sağlığı ve Güvenliği ILO Standartları, ÇASGEM, 2018 (ISBN: 978-975-455-297-3)

Koçak, D.,(2018) Risk Değerlendirmesi ve Risk Yönetimi-Düzenleyici Süreç, R.Krieger içinde *Hayes'in Pestisit Toksikolojisi El Kitabı* (1413-1423), Cilt.3, Elsevier (Çeviri:Sağlık Bakanlığı)(ISBN: 978-975)

ULUSAL VE ULUSLARARASI KONGRELERDE SUNULAN BİLDİRİLER, POSTERLER

Koçak, D., “Bakım Onarım Atölyesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Tehlikeleri Demiryolu Vagon Bakım Onarım Atölyesi Örneği”, Sözlü Bildiri, 8. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı, 2016

Koçak D.,“Health and Safety Hazards in Flue Dust Recovery”, Poster Sunumu, 2. Uluslararası Adli Toksikoloji Kongresi-Endüstriyel Ve Çevre Toksikolojisi, 27-30 Mayıs 2016 Ankara

Çakmak, E., Boz Eravcı, D., Koçak, D., Ayan, B., "Meslek Hastalıklarının Önlenmesinde Eğitimin Rolü", VII. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı,04-07 Mayıs 2014

UZMANLIK TEZİ

Koçak D., Demiryolu Çalışmalarında İş Sağlığı Ve Güvenliği / Vagon Bakım Onarım Atölyesi Risk Değerlendirmesi Örneği, ÇASGEM, 2014

KONUŞMACI

“Toxicological Risk Assessment and Prevention - Control Measures”, 2. Uluslararası Adli Toksikoloji Kongresi-Endüstriyel Ve Çevre Toksikolojisi, 27-30 Mayıs 2016 Ankara

” Metal Sektöründe İş Güvenliği Prensipleri” , Metal Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Semineri, Mart 2016, Ankara

“Belediyelerde Biyosidal Uygulamalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Açısından İncelenmesi”, Uluslararası Katılımlı 2. Ulusal Biyosidal Kongresi, 09-13 Kasım 2015 Çeşme/İzmir

DİĞER EĞİTİM, KONGRE, SEMPOZYUM VE SERTİFİKALAR

“İleri İletişim Teknikleri”, Proje Eğitimi Katılım Belgesi, 14-15 Haziran 2017, ÇASGEM

“Araştırma Yöntemleri”, Proje Eğitimi Katılım Belgesi, 03-14 Nisan 2017, ÇASGEM

“Avrupa Birliği Sosyal Politikası ve İstihdamı Müktesebatı”, Proje Eğitimi Katılım Belgesi, 20 Şubat-03 Mart 2017, ÇASGEM

“Türkiye Afet Risklerinin Azaltılması Stratejisi ve Eylem Planı (TARAP) Alt Çalıştayları”, Çalıştay Katılım Belgesi, 31 Mart 2017, TODAİE

“Eğitim Tasarımı ve Geliştirilmesi”, Proje Eğitimi Katılım Belgesi, 11-15 Mayıs 2015, ÇASGEM

“Etkin Eğitim Verme”, Proje Eğitimi Katılım Belgesi, 5-9 Ekim 2015, ÇASGEM

“Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlama Eğitimi (ATEX 137 Yönetmeliği), Eğitim Katılım Belgesi, 04-06 Kasım 2015, ÇASGEM

“Safety Seminar”, Certificate, Euchner, Germany, 17 October 2014

“Managing Safely, Certificate, Institution of Occupational Safety and Health, IOSH, 04 July 2014

“Training Workshop for OHS Experts from Turkey, Certificate, 13-16 October 2014, IAG Dresden, Germany

“Eğiticilerin Eğitimi”, Katılım Belgesi, 03-07 Mart 2014, CASGEM

“İleri Düzey Risk Değerlendirme Eğitimi”, Eğitim Katılım Belgesi, 17-21 Haziran 2013, ÇASGEM

“C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı Belgesi”, 2012, ÇASGEM