



L TİPİ MATRİS YÖNTEMİ VE AHP YÖNTEMİ KULLANILARAK RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ÖRNEK BİR UYGULAMA

Onur DOĞAN^{1*}, Mustafa Özgür KESKİN²

¹Onur DOĞAN, Gümüşhane Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Gümüşhane, Türkiye

² Mustafa Özgür KESKİN, Çukurova Üniversitesi, Karaisalı Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Adana, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
Analytik Hiyerarşi Proses (AHP) Yöntemi, L Tipi Matris Yöntemi, Maden Güvenliği, İş Sağlığı ve Güvenliği.	L-Tipi matris (5x5) yöntemi, risklerin belirlenip skorlandığı, sebep sonuç ilişkilerinin değerlendirmeye dahil edildiği, uygulanması kolay bir yöntemdir. Çalışmanın analizinde kullanılan riskler bu yöntemle skorlanmıştır. Daha sonra skorlanan bu riskler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. AHP, karar problemlerinin çözümünde kullanılan ve birden çok alternatif arasından en iyi olanın seçiminde kullanılan bir yöntemdir. AHP, objektif ve subjektif kararların sürece dahil edildiği ve analiz sonucunun tutarlı olup olmadığının kontrol edilebilmesine imkân vermesi açısından diğer yöntemlere nazaran daha avantajlı bir yöntemdir. Çalışmanın madencilik sektöründe yapılmasının önemli gerekçeleri; madencilik sektörünün çok tehlikeli iş kollarından olması, doğası gereği birçok riski barındırması, muhtemel risklerden çalışanların çoğu zaman toplu halde etkilenmeleri olmuştur. Yapılan analizin çözümünde Microsoft Excel kullanılmış ve her bir analiz sonucu tutarlı çıkmıştır. Yapılan analizde; “Önemli düzeyde riskler” arasında yapılan karşılaştırma sonucunda en yüksek öneme sahip kriter 0,3086 ile patlatma olmuştur. “Orta düzey riskler” arasında yapılan analiz sonucuna göre önem düzeyi en yüksek olan kriter 0,421 ile simba delici olmuştur. “Düşük seviyeli riskler” arasında yapılan karşılaştırma sonucuna göre önem düzeyi en yüksek kriter 0,2764 ile yeraltı çimento silosu olmuştur.

EVALUATION OF RISKS USING L-TYPE MATRIX METHOD AND AHP METHOD: A SAMPLE APPLICATION

Keywords	Abstract
Analytical Hierarchy Process Method, L-Type Matrix Method, Mine Safety, Occupational Health and Safety.	The L-Type matrix (5x5) method is an easy-to-apply method where risks are identified and scored, cause-effect relationships are included in the evaluation. The risks used in the analysis of the study were scored with this method. These risks, which were then scored, were weighted with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. AHP is a method used in the solution of decision problems and used in choosing the best one among multiple alternatives. AHP is a more advantageous method compared to other methods in that it allows objective and subjective decisions to be included in the process and to check whether the analysis result is consistent or not. The most important reasons for conducting the study in the mining sector are; The mining industry is one of the most dangerous business lines, it has many risks due to its nature, and the employees are often collectively affected by possible risks. Microsoft Excel was used to solve the analysis and the results of each analysis were consistent. In the analysis made; As a result of the comparison made between “significant risks”, the criterion with the highest importance was explode with 0.3086. According to the results of the analysis made among the “medium level risks”, the criterion with the highest level of importance was simba drill with 0.421. According to the result of the comparison made between “low level risks”, the criterion with the highest level of importance was the underground cement silo with 0.2764.

* İlgili yazar / Corresponding author: onur.dogan5065@gmail.com, 05072265339

Alıntı / Cite

Doğan, O., Keskin, Keskin, M.Ö., (2023). L Tipi Matris Yöntemi ve AHP Yöntemi Kullanılarak Risklerin Değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(4), 1282-1293.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

O. DOĞAN, 0000-0001-8231-9872
M. Ö. KESKİN, 0000-0003-4717-5740

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	27.02.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	24.07.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	17.08.2023
Yayın Tarihi / Published Date	30.12.2023

EVALUATION OF RISKS USING L-TYPE MATRIX METHOD AND AHP METHOD: A SAMPLE APPLICATION

Onur DOĞAN^{1†}, Mustafa Özgür KESKİN²

¹ Gümüşhane University, Vocational School, Occupational Health and Safety Program, Gümüşhane, Turkey

Highlights

- The mining sector is one of the industries with the highest number of fatalities as a result of mass work accidents.
- By its very nature, it harbors many risks. Therefore, it is important to identify and eliminate risks.
- In this study, L Type Matrix (5X5) and AHP methods were used together.
- As a result of the analysis, risks were identified and then weighted according to their level of importance.

Graphical Abstract (If applicable)

Table. Consistency index of significant risks

Total	W	T/K	Average	Lamda Mak.
0,32	0,06	5,05	5,214	Consistency Index
1,20	0,23	5,2		1,054
1,67	0,31	5,4		RI
0,71	0,14	5,15		1,12
1,37	0,26	5,27		0.1>0,0941

Purpose and Scope

The most important issue that distinguishes the mining sector from other sectors is that the transformation of danger into risk often affects all employees. For this reason, mass deaths occur in work accidents, especially in underground mines.

Design/methodology/approach

In this study, L Type Matrix (5X5) method and Analytical Hierarchy Process method, which are classical and most widely used risk assessment methods, were used.

Findings

According to the result of the comparison made between “low level risks”, the criterion with the highest level of importance was the underground cement silo with 0.2764.

Research limitations/implications (if applicable)

The study is a hybrid study. Therefore, only some of the risks were included in the study. Researchers who want to conduct future studies can use risk assessment methods and multi-criteria decision-making methods that involve subjective decisions.

Originality

There is no study in the literature where L Type Matrix (5x5) and AHP method are used together in the mining sector.

[†] Corresponding author: onur.dogan5065@gmail.com, +90 507 226 5339

1. Giriş (Introduction)

Madencilik, dinamik yapıya sahip bir işkoludur ve yapısı gereği birçok riski içinde barındırmaktadır. Yüzeyle bulunan madenler için açık ocak işletme yöntemi uygulanırken, yer kabuğunun derinliklerinde bulunan madenler için yeraltı madencilik yöntemi uygulanmaktadır. Açık ocak üretim yönteminde çevresel faktörler birincil derece risk oluştururken, yeraltı madencilik faktörlerinde ise tehlikeli durumlar değişkenlik gösterebilmektedir.

Hemen hemen her yıl iş kazası ve meslek hastalığı sonucu birçok çalışanın ölüm, yaralanma ve hastalık durumu madencilik sektörünü en tehlikeli iş kollarından bir tanesi yapmıştır. 20. yüzyıldan sonra bazı ülkelerde her ne kadar güvenli sektör arasına girse de Türkiye'nin de dahil olduğu bazı ülkelerde halen tehlikeli ve risk oranı yüksek sektörlerden bir tanesidir (TMMOB Maden Mühendisleri Odası Raporu, 2021;1). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre iş kazalarının ve meslek hastalıklarının ekonomiye maliyeti %1-%4 oranındadır (ILO, 2020). Sosyal Güvenlik Kurumu'nun verilerine göre 2010-2019 yılları arasında Türkiye'de toplam 2.360.472 iş kazası yaşanmıştır. Bu kazalar sonucu 13.852 kişi yaşamını kaybetmiştir. Toplamda 6.400 çalışan meslek hastalığına yakalanmıştır (SGK, 2020). Gerekli sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması durumunda çalışanların meslek hastalıklarına yakalanmaları tamamen önlenabilir. Ancak bu öngörü iş kazaları için geçerli değildir. İş kazası bazen bir nedenden dolayı ortaya çıkarken bazı durumlarda ise bütünleşik bir şekilde ortaya çıkabilmektedir.

İşyerlerinde iş kazalarını önlemeye yönelik koruyucu ve önleyici birçok yöntem bulunmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi (kurum içi ve kurum dışı), risk değerlendirmeleri, kontrol listeleri, ADEP (acil durum planı) gibi uygulamalar bunlardan yalnızca birkaçıdır. Son yıllarda teknolojiye yaşanan büyük değişim birçok sektörde olduğu gibi madencilik sektörünü de etkilemiştir. Bu durum üretim kalitesini ve kapasitesini artırmada etkili olurken diğer taraftan mevcut risklere yenilerinin eklenmesine neden olmuştur. Her ne kadar geçmişten günümüze uygulanan koruyucu ve önleyici uygulamalar hayata geçirilmeye çalışılsa da benzer hususlardan kaynaklı kazalar yaşanmaya devam etmektedir. Yapılan çalışmada, risklerin tespit edilmesinde L Tipi Matris yöntemi kullanılmıştır. Tespit edilen riskler AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Böylelikle iş güvenliğinden sorumlu kişilerin tehlikeli durumların riske dönüşmesine karşı alacakları koruyucu ve önleyici tedbirlere öncelik verilmesi açısından avantaj sağlayacaktır. Literatürde bu yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak iki yöntemin kullanılarak risklerin önceliklendirilmesine yönelik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu noktada yapılan çalışmanın hem iş kazalarının önlenmesine hem de literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. L Tipi Matris Yöntemi (L Type Matrix Method)

İş yerlerinde üretimin ve iş güvenliğinin sürdürülebilir olması ancak güvenli bir çalışma ortamı ile sağlanabilir. Bu da iş güvenliği açısından uzman ve alanında uzmanlaşmış kişiler tarafından yapılmaktadır. İş güvenliği uzmanları iş yerlerinde kontrol listeleri ve risk değerlendirmeleri hazırlayarak tehlikeli durumların risklere dönüşmesine yönelik koruyucu ve önleyici tedbirleri hayata geçirirler.

Ortaya çıkma ihtimali bilinen ancak ne zaman, nasıl ve ne şekilde ortaya çıkacağı öngörülemez durumlara risk denilmektedir. Risklerin analizinde nicel ve nitel yöntemler kullanılmaktadır. Risk değerlendirmesinde asıl amaç, işletmenin hedeflerini gerçekleştirmesinin önündeki engelleri kaldırmak, alınacak önlemleri belirlemek ve uygulamaktır (Selçuk ve Selim, 2018). L tipi matris yöntemi, sebep/sonuç analizinde tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemde risk değeri olayın yaratacağı olasılık bileşkesini ifade etmektedir. Hem şiddet hem de olasılık bileşenleri 1'den 5'e kadar numerik değerler alırlar. Risk değerleri de 1-25 arasında değişir (Soykan, 2018). Tablo 2.1'de değerlendiricilerin kullanmaları gereken şiddet derecelendirme skalasına (düzey ölçeği ve sayısal ifadelerin karşılıkları) yer verilmiştir.

Tablo 2.1. Şiddet derecelendirme skalası (Ünverdi ve Çetinyokuş, 2021)

Şiddet Derecelendirme	
Tanım	Düzey Ölçeği
İş saati kaybı yok, ilk yardım gerektiren	1 (Çok hafif)
İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi, ilk yardım gerektiren	2 (Hafif)
Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektiren	3 (Orta)
Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı	4 (Ciddi)
Ölüm, sürekli iş göremezlik	5 (Çok Ciddi)

Tablo 2.2'de değerlendiricilerin kullanmaları gereken olasılık skalasına (düzey ölçeği ve sayısal ifadelerin karşılıkları) yer verilmiştir.

Tablo 2.2. Olasılık skalası (Probability Scale) (Özkılıç, 2005)

Olasılık (İhtimal)	
Tanım	Düzey Ölçeği
Hemen hemen hiç	1 (Çok düşük)
Çok az (yılda bir kez)	2 (Düşük)
Az (yılda bir kez)	3 (Orta)
Sıklıkla (ayda bir)	4 (Yüksek)
Çok sıklıkla (haftada bir, her gün)	5 (Çok Yüksek)

L tipi matris yönteminde "Risk= Şiddet x Olasılık" formülü kullanılarak risk skorları hesaplanır (Özkılıç, 2005). Risklerin kabul edilebilir düzeylerinin belirlenmesinde Tablo 2.3 dikkate alınır. Buna göre, risk skoru 1 yeşil (önemsiz), 2-6 arası yeşil (kabul edilebilir düzey), 8-12 arası sarı (orta düzey), 15-20 arası kırmızı (yüksek düzey), 25 kırmızı (kabul edilemeyen düzey) olarak belirlenmektedir (Keskin vd., 2020; Özkılıç, 2005).

Tablo 2.3. L tipi matris (L Type Matrix)(Özkılıç, 2005)

Risk: Olasılık x Şiddet			Şiddet				
			Çok ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok hafif
			5	4	3	2	1
Olasılık	Çok yüksek	5	25	20	15	10	5
	Yüksek	4	20	16	12	8	4
	Orta	3	15	12	9	6	3
	Küçük	2	10	8	6	4	2
	Çok Küçük	1	5	4	3	2	1

Literatürde L tipi matris yöntemi kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Korkmaz (2020) L Tipi Matris yöntemi ve Fine Kinney yöntemini kullanarak yapı makinelerinde riskleri değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda iki farklı yöntem ile yapılan çalışma sonucunu karşılaştırarak önleyici ve düzenleyici birtakım önerilerde bulunmuştur. Keskin vd. (2020) bir yeraltı metalik maden işletmesinin üretim, cevher çıkarma ve nakliyat aşamalarında risk değerlendirmesi yapmışlardır. Selçuk ve Selim (2018) mücevherat sektöründe L tipi matris yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada atölye çalışanlarının karşılaşabilecekleri risklere karşı çalışanları bilinçlendirmek ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak hedeflenmiştir. Başar (2019), Tavas Bahçeköy Olivin üretim tesisinde iş güvenliğindeki riskleri L Tipi Matris yöntemi ile değerlendirmiştir. Maiti (2013), yeraltı maden çalışanlarını uzmanlık alanları ve çalıştıkları bölgelerin karakteristik özelliklerine göre gruplandırmış ve lojistik regresyon modeline göre bu grupların risk endekslerini değerlendirmiştir. Vermaas ve ark. (2007), gürültüye maruz kalan altın madeni çalışanlarının işitme kayıplarını ve gürültü sınır değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, gürültüye bağlı işitme kaybı cihaz ayarlamaları farklı olsa bile sonuçların, gürültü maruziyet sınır ve eylem değer aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Tezölmez (2019) bir yeraltı barit işletmesinde gürültü ile titreşim maruziyetlerini değerlendirmiş ve L Tipi Matris yöntemini kullanarak risk değerlendirmesi yapmıştır. Tespit edilen riskler tehlikenin kaynağına, şiddetine ve düzeylerine göre gruplandırılmış ve analiz edilmiştir. Şafak (2016), açık ocak işletmelerinde delme-patlatma, yükleme- nakliye aşamalarında Çeklist ve L Tipi Matris yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda risklerin kabul edilebilir düzeylere indirilebilmesi için birtakım önerilerde bulunmuştur. Ünverdi ve Çetinyokuş (2021), bir kamu kurumunda bulunan asbest uygulama merkezi ve SEM laboratuvarında L tipi matris yöntemi ile risk değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışma sonucunda toplam 13 risk tespit edilmiş olup bu risklerden yalnızca %7,6'sının kabul edilebilir seviyede olduğu, ilgili bölümlerin riskli olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (Analytic Hierarchy Process Method)

AHP yöntemi 1970 yılında Thomas L. Saaty tarafından seçim problemlerinde kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden bir tanesidir. AHP, alternatifler arasından seçim yapılırken tüm önceliklerin değerlendirmeye dahil edildiği, matematiksel bir yöntemdir (Yılmaz ve Dağdeviren, 2010). Bir karar probleminin yapılandırılması üç seviyeden oluşan bir hiyerarşiden oluşur. Birinci aşamada kararın en üst seviye yani hedef belirlenir. Ardından hedefe bağlı kriterler ve kriterlere bağlı alt kriterlerden oluşmaktadır (Saaty ve Vargas, 2001). AHP yönteminin çözümünde ilk olarak karar problemi tanımlanır ve model kurulumu yapılır. Daha sonra, modelde belirlenen kriterler arasında ikili matrisler düzenlenerek karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty ve Kearns, 1985). Devamında normalize edilmiş matris hesaplanır. Son olarak tutarlılık indeksi'ne bakılır. Tablo 2.1'de AHP'nin çözümünde kullanılan önem ölçeği görülmektedir.

Tablo 2.1. Karşılaştırmada kullanılan önem ölçeği (Importance Scale Used in Comparison) (Saaty, 2008)

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit Öneme Sahip	Her iki seçenekte eşit değerde önem sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt değerine göre biraz daha önemli sayılmıştır
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir ölçüt değerine göre çok daha önemli sayılmış
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçütün değerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır
Karşılıklı Değerler	ij karşılaştırılırken bir değer (x) atanmış ise; j/i ile karşılaştırılırken atanacak değer (1/x) olacaktır.	

Tablo 2.2'de ise kriterler arasında yapılan karşılaştırma matrisi görülmektedir. Kriterler arasında yapılan karşılaştırma $n(n-1)/2$ kadar yapılır. Hesaplama 1 nolu eşitlik kullanılır.

Tablo 2.2. Kriterlerin karşılaştırma matrisi (Criteria Comparison Matrix) (Saaty, 1980)

	Kriter-1	Kriter-2	Kriter-...	Kriter-n
Kriter-1	K_1/K_1	K_1/K_2	K_1/K_n
Kriter-2	K_2/K_1	K_2/K_2	K_2/K_n
Kriter...	
Kriter-n	K_n/K_1	K_n/K_2	K_n/K_n

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Normalize edilmiş matrisin hesaplanmasında 2 nolu eşitlik kullanılır. Bu hesaplama ile aynı zamanda her bir kriterin kriter ağırlıkları elde edilir.

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad (2)$$

$i, j = 1, 2, 3, \dots, n$

λ_{\max} değerinin hesaplanmasında 3 nolu eşitlik kullanılır.

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right) \quad (3)$$

Hesaplama uyum indeksinin hesaplanabilmesi için kriter sayısı dikkate alınarak rastgele indeks (RI) belirlenir (Tablo 2.3). Kriter sayısı (n: matrisin boyutu) dikkate alınarak rastgele indeks (RI) belirlenir. RI, yapılan çalışmada tutarlılığın değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Tablo 2.3. Rastgele indeks (Random Index) (Güner, 2005).

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

Uyum indeksinin (CI) hesaplanmasında 4 nolu eşitlik kullanılır.

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (4)$$

Tutarlılık indeksinin (CR) hesaplanmasında 5 nolu eşitlik kullanılır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Analiz sonucunda Tutarlılık İndeksinin 0,1'den küçük olması karar vericilerinin yargılarının tutarlı olduğunu göstermektedir (Öner ve Ülengin, 1995). Literatürde AHP yöntemi ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Kazakidis ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada tasarım, parçalanma, maliyet, güvenlik ve kültür ana kriterlerini göz önünde bulundurarak tahkimat tasarımı, sondaj teknolojisi, yatırım, kuyu lokasyon seçimi ve madencilik risk planlaması gibi beş kriteri AHP yöntemini kullanarak bir yazılım programı ile analiz yapmışlardır. Doğan (2022), bir yeraltı metal maden işletmesindeki riskleri AHP yöntemi ile ağırlıklandırmıştır. Yavuz ve ark. (2008), Kütahya-Tunçbilek'te faaliyet gösteren bir maden işletmesinde ana nakliyat yoluna en uygun tahkimat seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Gökgöz ve ark. (2020), acil durum toplanma alanlarını AHP yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Podgórski (2015), AHP yöntemini kullanarak iş sağlığı ve güvenliği performansını değerlendirmek amacıyla ana performans göstergelerini belirlemiştir. Wang ve ark. (2016), bir kömür madeninde risk değerlendirmesinde doğrusal olmayan bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışma kapsamında yönetsel, çevresel, bireysel ve operasyonel risk faktörleri ele alınmıştır. Golosinski (2001), bilişim ve internet teknolojilerinde yaygın kullanımının, madencilik ve diğer sektörlerde etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışma sonucunda internet teknolojisinin madencilik sektöründe kullanılmasının verimliliği artıracığını öngörmüştür. Ebrahimabadı (2014), İran Tabas kömür madeni projesinde uygun tünel açma makinesi seçiminde bulanık AHP yöntemini kullanmıştır.

3. Bulgular (Findings)

Madencilik endüstrisi, toplumların gelişimine katkı sağlayan önemli sektörlerden bir tanesidir. Cevherin çıkarılmasından nihai ürüne dönüşmesine kadar birden çok süreç (delme, patlatma, zenginleştirme vb.) söz konusudur. Bu süreçler diğer sektörlerle nazaran daha düzenli, planlı, kontrollü ve kanıtlanmış üretim yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Çünkü üretim sürecini etkileyen her unsur çoğu zaman iş güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Doğan, 2022). Örneğin açık ocak madenciliğinde, makine-ekipman, çalışan ve doğa koşulları en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Diğer taraftan yeraltı madencilik faaliyetlerinde ise makine-ekipman, çalışan, cevher ve yantaşın yapısı, gaz ve toz varlığı gibi hususlar üretim sürecini ve iş güvenliği etkileyen faktörlerdir. Bu nedenle koruyucu, önleyici ve iyi saha uygulamaları uzman kişilerin gözetiminde, kontrollü şekilde hayata geçirilmesi önemlidir. Kontrol listeleri, risk değerlendirmesi ve acil durum eylem planları iş yerlerinde daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için yapılan uygulamalardır. Yapılan çalışmada L Tipi Matris yöntemi, çok tehlikeli iş kollarından ve madenciliğin alt dallarından olan bir yeraltı maden işletmesine uygulanmıştır. Yapılan risk değerlendirmesi ile işletmenin tamamında toplam 180 risk (risk değerlendirmesi; işveren/vekili, iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi, çalışan temsilcisi tarafından yapılır) belirlenmiştir. Ancak çalışma, risklerin önceliklendirilmesi açısından hibrit bir yöntem olarak önerildiğinden yalnızca on üç risk (kriter) analizde kullanılmıştır (Tablo 3.1). AHP yönteminin analizinde kullanılan kriterler (riskler) L Tipi Matris Yönteminde belirlenen riskler arasından seçilmiştir. Katılımcılar bu seçimleri yaparken Tablo 2.1, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te belirtilen hususları dikkate alarak yapmışlardır. Yapılan seçimlerin ortalaması alınarak hangi risklerin çalışmaya dahil edileceği belirlenmiştir. Daha sonra bu riskler AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır.

Tablo 3.1. Risk analiz tablosu (Risk Analysis Table)

RİSK DEĞERLENDİRME TABLOSU						RİSK DEĞERLENDİRME				
No	Faaliyet	Tehlike	Risk	Etkilenen Kişiler	Mevcut Durum	0	Ş	RS	Ö.S.	AHP
						0	Şiddet	Risk Değeri	Öncelik Sırası	W
A1	Hava Kapıları	Kapıların açık kalması, bozulması personel ve araç sıkışması	Temiz havayı yönlendirmede yaşanan aksaklık, ocak hava kalitesinin düşmesi ve patlama gibi durumların ortaya çıkmasına	Yetkili Çalışan	Çalışanlara eğitim verildi. Kapıların periyodik bakımları yapıldı.	5	4	20	5	0,0634
A2	Fanlar	Arıza ve elektrik kesintileri	Üretim durması, boğucu ve zehirli gaz varlığının artması, patlama ihtimali	Yetkili Çalışan	Yedek fan takviyesi yapılmış ve jeneratör dahil edilmiştir.	5	4	20	3	0,2306
A3	Patlama	Açık alevli lambalar, statik elektrik vb. durumlar	Patlayıcı belgesi olmayan kişilerin patlatma yapması, patlayıcı unsurların (gaz, toz vb.) ölçümünün yapılmaması	Yetkili Çalışan	Elektronik kapsül kullanımına geçilmesi	5	4	20	1	0,3086
A4	Trafo	Trafo yerine yetkisiz kişilerin girmesi	Yetkisiz kişilerden kaynaklanan iş kazaları diğer personelin kazaya maruz kalması	Yetkili Çalışan	Yetkisiz kişilerin trafo yerine girmesi engellenmektedir. Trafo Girişi kilitli tutulmaktadır. Gerçek zamanlı takip edilmeli.	5	4	20	4	0,1376
A5	Gaz Takip Sistemi	Yanlış lokasyona yerleştirilmesi ve kalibrasyon ayarlarının yapılmaması	Parlayıcı, patlatıcı gaz ve toz varlığının çalışan sağlığını ve güvenliğini riske atması	Yetkili Çalışan	Periyodik bakımları yapıldı ayrıca taşınabilir gaz ölçüm cihazları ile ara ara ölçüm yapılmakta	5	4	20	2	0,2598
B1	Simba Delici	Simba delicide elektrik kaçağı olması	Elektrik kablosunda Elektrik kaçağı durumunda yaralanma	Yetkili personel	Eğitim verildi.	3	4	12	1	0,421
B2	Bakım onarım	Kişisel koruyucu donanım kullanılmaması	Atölye personellerinin KKD'lerini kullanmaması sonucu olabilecek kazalar	Atölye personeli	Çalışanlara KKD'leri verilmiş olup personellerin kullanmaları sağlanmaktadır	3	4	12	3	0,275
B3	Jumbo Delici	Jumbo delicide elektrik kaçağı olması	Elektrik kablosunda Elektrik kaçağı durumunda yaralanma	Yetkili personel	Olası etkileri iş başı ve periyodik eğitimlerde görselle desteklenmiştir	3	4	12	2	0,304
C1	Yerüstü Stok sahası	Yükleme sırasında makine ve kamyonların yanında kişilerin bulunması.	KKD' siz kişilerin yükleme sırasında kazaya maruz kalması.	Saha içerisindeki tüm personel	Stok sahasında KKD'siz dolaşma yasaklanmıştır.	2	3	6	2	0,2562
C2	Yerüstü Stok sahası	Stok sahasında KKD siz kişilerin bulunması.	KKD' siz kişilerin yükleme sırasında kazaya maruz kalması	Saha içerisindeki tüm personel	Stok sahasında KKD'siz dolaşma yasaklanmıştır.	2	3	6	5	0,0800
C3	Yerüstü Bakım onarım	Atölyede bulunan tüplerin durumu	Tüplerde gaz kaçaklarından dolayı olabilecek patlama.	Atölye personeli ve tüm personel	Tüplerde çekvalf sistemleri mevcuttur.	2	3	6	3	0,2280
C4	Torna Makinası	Ayna siperliğinin bulunmaması	Makineden çıkan parçaların sıçrayıp işçiye zarar vermesi	İlgili personel	Siperlik bulunmaktadır	2	3	6	4	0,1594
C5	Yerüstü Çimento silosu	Elektrik düzeneğinin açıkta olması	Elektrik çarpması	İlgili personel	Priz kapakları mevcuttur. Kabinden kontrol amaçlı otomasyon sistemi kuruldu.	2	3	6	1	0,2764

Tablo 3.1'de risk değerlendirmesi sonucu çalışmaya dahil edilen risklere yer verilmiştir. A1, A2, A3, A4 ve A5 numaralar yüksek düzey risk, B1, B2 ve B3 orta düzey risk, C1, C2, C3, C4 ve C5 ise düşük düzey riski ifade etmektedir.

A. “Önem Düzeyi Yüksek Riskler” Arasında Yapılan Karşılaştırmalar: Analizin bu kısmında, kriterlerin karşılaştırılması, normalize edilmiş matrisi, tüm öncelikler vektörü ve tutarlılık indeks’leri hesaplanmış ve tablolar halinde (Tablo 3.2-Tablo 3.3.-Tablo 3.4.) belirtilmiştir. “Önem Düzeyi Yüksek Riskler” in hesaplanmasında kullanılan kriterler A-1, A-2 vb. şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo 3.2.Önem düzeyi yüksek riskler arasında yapılan ikili karşılaştırma (Pairwise Comparison between High Severity Risks)

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
A-1	1,00	0,24	0,19	0,39	0,36
A-2	4,16	1,00	1,12	1,26	0,75
A-3	5,26	0,89	1,00	4,38	0,86
A-4	2,56	0,79	0,22	1,00	0,60
A-5	2,77	1,33	1,16	1,94	1,00
Toplam	15,75	4,25	3,69	8,97	3,57

Tablo 4.2’te her bir kriter arasında yapılan karşılaştırmalara yer verilmiştir. Tablo 3.3’te Normalize edilmiş matris hesaplanmıştır. Bu hesaplamada aynı zamanda her bir kriterin kriter ağırlıkları da hesaplanmıştır.

Tablo 3.3. Normalize edilmiş matris (Normalized Matrix)

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	W
A-1	0,063	0,057	0,052	0,044	0,101	0,0634
A-2	0,264	0,235	0,304	0,14	0,21	0,2306
A-3	0,334	0,209	0,271	0,488	0,241	0,3086
A-4	0,163	0,186	0,059	0,112	0,168	0,1376
A-5	0,176	0,313	0,314	0,216	0,28	0,2598
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablo 3.4’te, tüm öncelikler vektör hesabı sonuçları (tablo 3.2 ve tablo 3.3 kullanılarak elde edilir) kriter ağırlıklarına ayrı ayrı bölünür. Bu değerlerin ortalaması alınarak Lamda max. (asıl özdeğer) değeri hesaplanır. 4 nolu eşitlik kullanılarak consistency indeks (tutarlılık indeksi) hesaplanır. Elde edilen değer kriter sayısı dikkate alınarak rassal indekse (tablo 2.3) bölünür. 5 nolu eşitlik kullanılarak CR-Consistency Ratio (tutarlılık oranı) elde edilir. Yukarıda belirtilen adımlar yapılarak önem düzeyi en yüksek olan faaliyet 0,3086 değeri ile patlatma olmuştur. Önem düzeyi en düşük olan faaliyet ise 0,0634 kriter ağırlığı ile hava kapıları olmuştur.

Tablo 3.4. Önemli düzeydeki risklerin tutarlılık indeksi (Consistency Index of Significant Risks)

Toplam	W	T/K	Ort.	Lamda Mak.
0,32	0,06	5,05	5,214	Tutarlılık İndeksi
1,20	0,23	5,2		1,054
1,67	0,31	5,4		RI
0,71	0,14	5,15		1,12
1,37	0,26	5,27		0.1>0,0941

B. “Orta Düzey Riskler” Arasında Yapılan

Karşılaştırmalar: Analizin bu kısmında, kriterlerin karşılaştırılması, normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektörü ve tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve tablolar halinde (Tablo 3.5-Tablo 3.6- Tablo 3.7) belirtilmiştir. “Orta Düzey Riskler” in hesaplanmasında kullanılan kriterler B-1, B-2 vb. şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo 3.5. Orta düzeydeki riskler arasında yapılan ikili karşılaştırma (Pairwise Comparison between Moderate Risks)

	B1	B2	B3
B1	1	2,19	1
B2	0,456	1	1,26
B3	1	0,794	1
Toplam	2,456	3,984	3,26

Tablo 3.6’da normalize edilmiş matris ve her bir kriterin kriter ağırlığı hesaplanır. Kriter ağırlıkları her bir satırın ortalaması alınarak elde edilir. Bu göre Tablo 4.6 dikkate alındığında en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,421 değeri ile B-1 olmuştur.

Tablo 3.6. Normalize edilmiş matris (Normalized Matrix)

	B-1	B-2	B-3	W
B-1	0,407	0,55	0,307	0,421
B-2	0,186	0,251	0,386	0,275
B-3	0,407	0,199	0,307	0,304
Toplam	1	1	1	1

Tablo 3.7’de orta düzey risklerin tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu tutarlılık indeksi (CR) 0,1 değerinden düşük ve analiz sonucu tutarlı çıkmıştır. Bu sonuca göre önem düzeyi en yüksek olan faaliyet 0,421 değeri ile simba delici olmuştur.

Tablo 3.7. Orta düzeydeki riskler tutarlılık indeksi (Moderate Risks Consistency Index)

Toplam	W	T/K	Ort.	Lamda Max.
1,33	0,421	3,159	3,114	Tutarlılık İndeksi
0,85	0,275	3,091		0,057
0,94	0,304	3,092		RI
				0,585
				0.1>0,0974

C. “Düşük Düzey Riskler” Arasında Yapılan

Karşılaştırmalar: Analizin bu kısmında, kriterlerin karşılaştırılması, normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektörü ve tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve tablolar halinde (Tablo 4.8.-Tablo 4.9- Tablo 4.10) belirtilmiştir. “Düşük Düzey Riskler “in hesaplanmasında kullanılan kriterler C-1, C-2... vb. şeklinde tanımlanmıştır.

Tablo 3.8’de her bir kriterin kendi arasında yapılan karşılaştırmaya yer verilmiştir. İki karşılaştırmada dikkat edilmesi gereken en önemli husus; karşılaştırmada katılımcıların vermiş olduğu cevapların geometrik ortalamasının alınmasıyla elde edilmesidir.

Tablo 3.8. Düşük düzeydeki riskler arasında yapılan ikili karşılaştırma (Pairwise Comparison between Low-Level Risks)

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
C-1	1,00	3,48	2,15	0,85	0,69
C-2	0,29	1,00	0,31	0,58	0,33
C-3	0,47	3,23	1,00	1,71	1,00
C-4	1,18	1,18	0,59	1,00	0,52
C-5	1,45	3,03	1,00	1,92	1,00
Toplam	4,38	11,92	5,05	6,06	3,54

Tablo 3.9’da normalize edilmiş matris ve her bir kriterin kriter ağırlık değeri verilmiştir. Kriter ağırlıkları her bir satırın ortalaması alınarak elde edilir. Bu göre en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,2764 değeri ile yerüstü çimento faaliyeti olmuştur.

3.9. Normalize edilmiş matris (normalize edilmiş matris)

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	W
C-1	0,228	0,292	0,426	0,14	0,195	0,2562
C-2	0,066	0,084	0,061	0,096	0,093	0,0800
C-3	0,107	0,271	0,198	0,282	0,282	0,2280
C-4	0,269	0,099	0,117	0,165	0,147	0,1594
C-5	0,331	0,254	0,198	0,317	0,282	0,2764
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1

Tablo 3.10'da düşük düzey risklerin tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu tutarlılık indeksi (CR) 0,1 değerinden düşük ve sonuç tutarlı çıkmıştır. Bu sonuca göre önem düzeyi en yüksek olan faaliyet 0,2764 değeri ile yerüstü çimento silosu olmuştur.

Tablo 3.10. Düşük düzeydeki risklerin tutarlılık indeksi (Consistency Index of Low Level Risks)

Toplam	W	T/K	Ort.	Lamda Max.
1,35	0,2562	5,27	5,166	Tutarlılık İndeksi
0,41	0,08	5,13		0,0415
1,16	0,228	5,09		RI
0,83	0,1594	5,21		1,12
1,42	0,2764	5,13		0.1>0,037

Tablo 3.4'te "Önem Düzeyi Yüksek Riskler" arasında yapılan ikili karşılaştırma sonucunun tutarlılık indeksi **0.1>0,0941** olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç dikkate alındığında yapılan analiz tutarlı bulunmuştur. Tablo 3.3'te normalize edilmiş matris hesaplama sonucuna göre en yüksek ağırlığa sahip kriter A-3 (patlama) 0,3086 olmuştur. Yeraltı madencilik faaliyetlerinin yapıldığı yerlerde yanıcı ve patlayıcı gaz ve toz varlığı söz konusudur. Yeterli havalandırma yapılmadığı takdirde gaz ve toz patlamaları meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, bu alanlarda sigara içilmesine, açık alevli lambaların ve statik elektrik oluşturan kaynakların kullanılmasına izin verilmemelidir. Ayrıca havalandırmada kullanılan ana fanların dışında yedek fanlar ve jeneratörler bulundurulmalıdır. Bu tedbirler hem üretimin hem de iş güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Analizin diğer sonucuna göre A-5 (gaz takip sistemi) 0,2598 en yüksek ağırlığa sahip ikinci kriter olmuştur. Gaz takip sistemleri tehlikeli lokasyonlarda çalışanlara gerek kalmaksızın ölçüm yapan cihazlardır. Hava akım hızı, sıcaklık, su varlığı, çarpma-ezilme gibi durumlar nedeniyle cihazlarda ve kalibrasyon ayarlarında bazen sorunlar yaşanabilmektedir. Bu nedenle çoğu kez çalışanların beraberinde manuel gaz ölçüm cihazı da bulundurmaları tavsiye edilir. Manuel veya taşınabilir gaz ölçüm cihazları ile gerçek zamanlı veriler karşılaştırılarak sistemde okunan gaz ölçüm değerlerinin doğruluğu teyit edilebilir (Doğan, 2022). Buna ek olarak yeraltı maden takip sistemlerine gaz ölçümü yapan akıllı cihazlar entegre edilebilir. Böylelikle birçok noktadan anlık veri toplanarak acil durum hallerinde bütün maden anlık bir şekilde uyarılabilir. Bu durum çalışanlara tehlike geçene kadar güvenli alanlara sığınmaları için ciddi avantaj sağlayacaktır. A-2 (fanlar) 0,2306 en yüksek ağırlığa sahip üçüncü kriter olmuştur. Yeraltı madenlerinde üretimin güvenli şekilde sağlanabilmesi için oksijen varlığının çalışılabilir sınır (%19,5-22,5 oksijen aralığı) değerler aralığında olması gerekmektedir. Yeraltı madencilik faaliyetlerinin yapıldığı yerler kısıtlı alanlardır. Temiz hava girişinin olmadığı yerlerde çalışmak veya bulunmak çok tehlikelidir. Çalışanlar, makine ve ekipmanlar için temiz hava temini fanlar ile sağlanır. Fanlar, üretimin yapıldığı yerlere, kirli havanın geçtiği veya önceden belirlenen noktalara yerleştirilirler. Ana fan ve enerji akışında yaşanabilecek sorunlara karşı, yedek fan ve jeneratörler kullanılmalıdır. Analizin bir diğer sonucuna göre A-4 (Trafo) 0,1376 en yüksek ağırlıklı dördüncü kriter olmuştur. Trafo, elektrik akım şiddetinin gerilimini veyahut şeklini değiştirmek için kullanılan cihazlara denir. Elektrik güvenliği, ihmal edilemeyecek derecede önemli bir husustur. Elektrik çarpması, patlama, yangın, elektromanyetik dalgalar ve yetkisiz kişilerin müdahalesi başlıca risk faktörleri arasındadır. Yalıtkan halıların yerleştirilmesi, çalışanlara uygun KKD temin edilmesi ve izin sistemi gibi uygulamaların hayata geçirilmesiyle bu alanlar daha güvenli hale getirilebilir. Analizin bir diğer sonucuna göre A-1 (hava kapıları) 0,0634 en yüksek ağırlığa sahip beşinci kriter olmuştur. Hava kapıları, yeraltı madencilik faaliyetlerinde temiz havanın ocak içerisinde yönlendirilmesi için kurulur. Hava kapıları, temiz hava ile kirli havanın karışmasını engelleyerek hava kalitesini artırır. Hava kapıları, manuel ve otomatik çalışma prensibine dayanmaktadır (Doğan, 2022). Doğru kullanıldığında ocak havasına, çalışma kalitesine ve iş güvenliğine ciddi katkı sağlayabilen bir sistemdir.

Tablo 3.7'de "Orta Düzey Riskler" arasında yapılan ikili karşılaştırma sonucunda tutarlılık indeksi **0.1>0,0974** olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile elde edilen sonuç tutarlı çıkmıştır. Bu sonuca göre en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,421 ile B-1 (simba delici) olmuştur. Simba, yeraltı madenlerinde ocak içinde delim işlemini yapmak için kullanılan bir makinedir. Orta-büyük çaplı galerilerin açılmasında, tavan ve aynalardaki delme işlerinde kullanılır. Simba kullanım esnasında, elektrik kaçağı, tij değişimi ve delme aşamalarında kavlakların blok halinde düşmesi en riskli durumlardır. Ancak günümüzde otomatik ve uzaktan kumanda ile çalışan delicilerin geliştirilmesiyle bu riskler minimum düzeye indirilebilmektedir (Doğan, 2022). Analizin bir diğer sonucuna göre B-3 (Jumbo delici) 0,304 en yüksek ağırlığa sahip ikinci kriter olmuştur. Jumbo, kısa metrajlı deliklerin açılmasında kullanılan bir delicidir. Jumbo deliciler, periyodik bakımları yapıldığı ve makinenin eğitimsiz kişiler tarafından kullanımına izin verilmediği takdirde minimum risk oluşturur (Doğan, 2022). B-2 (bakım onarım) 0,275 en yüksek ağırlığa sahip üçüncü kriter olmuştur. Atölyelerde çalışanların bakım ve onarım gibi işler icra ederken işten kaynaklı riskler dikkate alınarak KKD seçimi yapılmalı ve çalışanlara bu konuda eğitimler verilmelidir.

Tablo 3.10'da "Düşük Düzey Riskler" arasında yapılan ikili karşılaştırma sonucunda tutarlılık indeksi **0.1>0,037** olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile elde edilen sonuç tutarlı bulunmuştur. Bu sonuca göre en yüksek ağırlığa sahip

kriter C-5 (yer üstü çimento silosu) 0,2764 olmuştur. Çimento silosunun bulunduğu yerlerde elektrik düzeneklerinin açıkta olması bu alanlarda bulunan çalışanların yaralanmasına hatta ölümüne neden olabilir. Bu nedenle çalışanlara periyodik eğitim verilmesi, ihtiyaç duyulan noktalarda etiketleme, priz kapaklarının takılması ve otomasyon sistemlerin tercih edilmesiyle daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanabilir.

Çalışmanın bir diğer bulgusuna göre C-1 (yer üstü stok sahası) 0,2562 en yüksek ağırlığa sahip ikinci kriter olmuştur. Yer üstü stok sahasında çalışan iş makinelerinin uyarıcı sensörlerinin bulunmaması, saha güvenliğinin alınmaması en önemli risklerin başında gelmektedir. Bu risklere karşı, makine-ekipmanlara uyarıcı sensörler takılmalı, çalışma sahaslarının bulunduğu yerlere ise tel örgüler ve uyarı levhaları yerleştirilmelidir. Ayrıca çalışanlara KKD temin edilerek gerek kurum içi gerekse kurum dışı eğitimler verilerek güvenli bir çalışma ortamı sağlanmalıdır. Çalışmanın bir diğer sonucuna göre C-3 (yer üstü bakım onarım) 0,2280 en yüksek ağırlığa sahip üçüncü kriter olmuştur. Yer üstü atölyesinde bulunan tüplerde gaz kaçaklarına ve patlama ihtimaline karşı çalışanlara eğitim verilmelidir. Ayrıca tüplere çekvalf takılmalı ve gerçek zamanlı gaz takip sistemleri ile anlık ortam takibi yapılmalıdır. Bir diğer analiz sonucuna göre C-4 (torna makinesi) 0,1594 en yüksek ağırlığa sahip dördüncü kriter olmuştur. Torna makinesi çalışırken uzuv sıkışması ve parça sıçraması gibi riskler barındırmaktadır. Bu makinelerin üzerinde bulunan koruyucuların hiçbir suretle çıkarılmasına izin verilmemelidir. Çalışanlara makinenin döner aksamına temas etmeyecek genişlikte iş tulumları verilmelidir. Ayrıca makinenin çalışması esnasında küçük parça sıçramalarına karşı işin yapısına uygun siperlikler temin edilmelidir. Diğer bir analiz sonucuna göre C-2 (yer üstü stok sahası) 0,0800 en yüksek ağırlığa sahip beşinci kriter olmuştur. Çalışanların, stok alanı ve alanın içinde KKD'siz bulunmaları bazı risklere (toz, gürültü, titreşim, zehirlenme vb.) karşı onları savunmasız bırakabilmektedir. Bu nedenle, yalnızca belirtilen alanlarla sınırlı kalmayıp, işletme ekosisteminde bulunan her çalışana işine uygun KKD temin edilerek kullanmaları konusunda teşvik edilmelidir.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Endüstriyel Sanayide yaşanan değişim üretim süreçlerini farklı yönde etkilemiştir. Örneğin, üretim süreçlerinde otomasyon sistemleri yapay zekâ - internet- insan gibi birden fazla unsur bağlantılı hale gelmeye başlamıştır. Yaşanan bu gelişme ile her türlü unsur daha hızlı kontrol edilebilir hale gelirken diğer taraftan yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu sürecin başlıca sorunları yetkin çalışan azlığı, alt yapı eksiklikleri, titreşim-gürültü, radyoaktif atıklar, biyolojik riskler, ileri teknolojik makine ve ekipmanların bakım onarım sürecindeki muhtemel riskler vb.dir. İş yerlerinde karmaşıklık düzeyi arttıkça tehlikelerin bütünleşik risk olarak ortaya çıkma olasılığı da artmıştır. Geleneksel iş güvenliği uygulamalarının bütünleşik teknolojiler karşısında yetersiz kalacağı aşikardır. Bu nedenle yeni ve teknolojiyle desteklenmiş güvenlik uygulamalarının hayata geçirilmesi hayati derecede önem taşımaktadır. Bu bakımdan yakın zamanda geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinin gelişen teknoloji karşısında yetersiz kalması kuvvetle muhtemeldir.

Bu çalışmada riskler L Tipi Matris Yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan riskler ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılarak en yüksek ağırlığa sahip olacak şekilde ağırlıklandırılmıştır. Kullanılan yöntemde sadece üç tehlike sınıfı (önem düzeyi yüksek riskler, orta düzey riskler, düşük düzey riskler) çalışmaya dahil edilmiştir. Uzmanların risk değerlendirmesi sonucuna göre riskleri önceliklendirmelerinde yaşadıkları kararsızlıklar bu durumun en önemli nedenidir. Bu husus dikkate alınarak yapılan her bir analiz sonucu tutarlı çıkmış ve her risk kendi tehlike sınıfı içinde önceliklendirilmiştir. Analiz çözümünde Microsoft Excel kullanılmıştır. Ancak farklı paket programlar da (Örn. Super Decision ANP) kullanılabilir. Çalışma sonucu genel olarak değerlendirildiğinde, iş yerlerinde iş güvenliğini sağlamakla görevli kişilerin riskleri bertaraf etme sürecini kısaltması açısından önerilen yaklaşımın büyük avantaj sağlaması beklenmektedir. Çünkü çoğu zaman birden fazla alternatif içinden en iyi olanı seçmek farklı etkenler nedeniyle yanlış karar alınmasına neden olabilmektedir. İş yerlerinde yüksek risk içeren durumlara karşı alınabilecek tedbirlere yönelik karar almak en zorlu süreçlerdendir. Bu husus önem düzeyi yüksek risk içeren durumlar karşısında karar vericilerin strese girmelerine ve karar verme süreçlerinin uzamasına neden olabilmektedir. Çalışmada kullanılan yöntemlerin bir arada kullanılması, iş güvenliği uzmanlarına hem zaman kazandıracak hem de kısa sürede doğru karar almalarını sağlayacaktır. Bahse husus ile ilgili çalışma yapmak isteyen araştırmacılara; madencilik, inşaat, metal gibi iş güvenliğine yönelik karar alma süreçlerinin büyük önem taşıdığı çok tehlikeli sektörlerde uygulamaları tavsiye edilebilir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Referanslar (References)

- TMMOB, Maden Mühendisleri Odası İş Sağlığı ve Güvenliği Komisyonu. 2021. Madencilikte Yaşanan İş Kazaları Raporu.
- ILO (2020). Business, Occupational Safety and Health. https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/events/training/eventsmetings/WCMS_DOC_ENT_HLP_OSH_EN/lang--en/index.htm.
- Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK). 2020. İstatistik yıllıkları. <http://www.sgk.gov.tr/> (Erişim tarihi: 16 Kasım 2020).
- Selçuk, S. & Selim, H. H. 2018. Mücevherat Sektöründe Kullanılan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analiz Yöntemlerinden L Tipi Matris Yöntemi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 1 (1), 21-27.
- Özkılıç, Ö. 2005. İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu (TİSK), Ankara, p.219.
- Soykan, O. 2018. Endüstriyel Balıkçı Gemilerinde L Tipi Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi ve Kullanılabilirliği. Ege Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences, 35 (2), 207-217.
- Keskin, M. Ö., Doğan, O. & Ersoy, S. 2020. Metalik Bir Yeraltı Maden İşletmesi, Cevher Çıkarma, Üretim ve Nakliyat Aşamalarında Risk Değerlendirmesi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 9 (2), 84-98.
- Korkmaz, G. 2020. L Tipi (5x5 Matris) Risk Analiz Yöntemi ve Fine Kınney Yöntemi ile Yapı Makinalarında Risk Değerlendirmesi. Çankaya Üniversitesi FBE İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Selçuk, S. & Selim, H. H. 2018. Mücevherat Sektöründe Kullanılan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analiz Yöntemlerinden L Tipi Matris Yöntemi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 1 (1), 21-27.
- Başar, O. 2019. Tavas Bahçeköy Olivin Üretim Tesisinde İş Güvenliği Risk Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, FBE Yapı Eğitim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Maiti, J. 2003. Development of Risk Indices for Underground Coal Mine Workers in India. Mining Technology, 112(2), 119-124.
- Vermaas, R. L., Edwards, A. L., & Soer, M. 2007. Noise Exposure in Gold Miners: Utilising Audiogram Configuration to Determine Hearing Handicap.
- Tezölmez E. R. 2019. Bir Yeraltı Barit İşletmesinde Gürültü ile Titreşim Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi ve Risk Analizi. Çukurova Üniversitesi FBE İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Şafak, R.E. 2016. Açık Ocak İşletmelerinde İş Güvenliği Uygulaması Örnek Ocak Çalışması. Dumlupınar Üniversitesi, FBE Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. 2010. Ekipman Seçimi Probleminde Promethee ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, (4), 16.
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. 2001. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Boston, MA: Springer US. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1> adresinden erişildi.
- Saaty, T. L. ve Kearns, K. P. 1985. Analytical planning: The organization of systems. International series in modern applied mathematics and computer science (1st ed.). Oxford; New York: Pergamon Press.
- Güner, H. 2005. Bulanık AHP ve Bir İşletme için Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 133 s.
- Doğan, O. 2022. İş Güvenliği Açısından Endüstri 4.0 Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi FBE, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Kazakidis, V.N., Mayer, Z., Scoble, M.J. 2004. Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process in Mining engineering. Mining Technology, 113 (1), pp.30-42.
- Yavuz, M., İphar, M., Önce, G. 2008. The Optimum Support Design Selection by Using AHP Method for the Main Haulage Road in WLC Tuncbilek Colliery. Tunnelling and Underground Space Techn, 23 (2), s.111.
- Gökgöz, B. İ., İlerisoy, Z. Y. & Soyuluk, A. 2020. Acil Durum Alanlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 935-945.
- Podgórski, D. 2015. Measuring Operational Performance of OSH Management System—A Demonstration of AHP-Based Selection of Leading Key Performance Indicators, Safety Science, 73, pp.146-166.
- Wang, Q, and Qi, H.W.Z. (2016). An Application of Nonlinear Fuzzy Analytic Hierarchy Process in Safety Evaluation of Coal Mine, Safety Science, 86, pp.78-87.
- Golosinski, T., S. 2001. Use of The Internet and Information Technology in Mining. 17 International Mining Congress and Exhibition of Turkey, MCET2001, pp.11-15.
- Ebrahimbadi, A. 2014. İran Tabas Kömür Madeni Projesinde Uygun Tünel Açma Makinası Seçimi için Bulanık AHP Yaklaşımı. Yerbilimleri, 35 (3), 141-168.
- Öner, A. & Ülengin, F. 1995. Silah Seçiminde AHP Yaklaşımı. Kara Harp Okulu, I. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, Bildiriler-II, 1109-1122.
- Ünverdi, Ş. ve Çetinyokuş, S. 2021. "Bir Kamu Kurumunda Bulunan Asbest Uygulama Merkezi ve SEM Laboratuvarında L Tipi Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi", *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 5 (2), ss. 99-107. doi:10.33720/kisgd.977714