

Maden Endüstrisinde L Tipi Matris ve SWARA Yöntemlerine Dayalı Riskleri Değerlendirme ve Önceliklendirme Modeli: Örnek Bir Uygulama

Onur DOĞAN^{1*}

¹Gümüşhane Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Gümüşhane

¹<https://orcid.org/0000-0001-8231-9872>

*Sorumlu yazar: onurdogan@gumushane.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 22.02.2025

Kabul tarihi: 22.06.2025

Online Yayınlanma: 15.12.2025

Anahtar Kelimeler:

L tipi matris

SWARA

Risk önceliklendirme

İş sağlığı ve güvenliği

Çok kriterli karar verme

Madencilik sektörü

Maden zenginleştirme tesisleri, içerdiği yüksek riskli süreçler (gürültü, titreşim, toz, kimyasallar vb.) nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından kapsamlı şekilde ele alınması gereken bir alandır. Bu çalışmada ise, L tipi matris yöntemiyle riskler tespit edilmiş, SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi ile de ağırlıklandırılmıştır. İlk aşamada, L tipi matris kullanılarak madencilik üretim süreçlerinden kaynaklanan riskler sistematik olarak belirlenmiş ve skorlanmıştır. Yapılan çalışma pilot bir çalışma olduğundan 135 riskten yalnızca 12 risk analize dahil edilmiştir. Daha sonra bu riskler, uzman görüşüne dayalı olarak SWARA yöntemi ile göreceli önemi hesaplanarak ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma, madencilik sektöründe iş güvenliği yönetimini daha sistematik hale getirmek ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin nasıl daha fazla etkin kullanılabileceğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Ayrıca bu çalışma ile iş güvenliği uzmanlarının kritik durumlarda karar verme süreçlerini olumlu ve minimum düzeye indirmesi birincil önceliktir. Yapılan analiz sonucunda, R.2 kriteri, 0,19 W_j ağırlık değeri ile en yüksek önem düzeyine sahip kabul edilemez risk olarak belirlenmiştir. Çok tehlikeli riskler kategorisinde K.1 kriteri, 0,27 W_j önem ağırlığı ile en kritik risk olarak tespit edilmiştir. Bu verilere dayanarak çalışma sonucunda, madencilik sektöründe proaktif bir risk yönetimi yaklaşımının benimsenmesi gerektiği vurgulanmış ve potansiyel riskler karşısında koruyucu ve önleyici tedbirlere değinilmiştir.

A Risk Assessment and Prioritization Model Based on L-Type Matrix and SWARA Methods in the Mining Industry: A Case Study

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 22.02.2025

Accepted: 22.06.2025

Published online: 15.12.2025

Keywords:

L-type matrix

SWARA

Risk prioritization

Occupational health and safety,

Multi-criteria decision-making,

Mining industry.

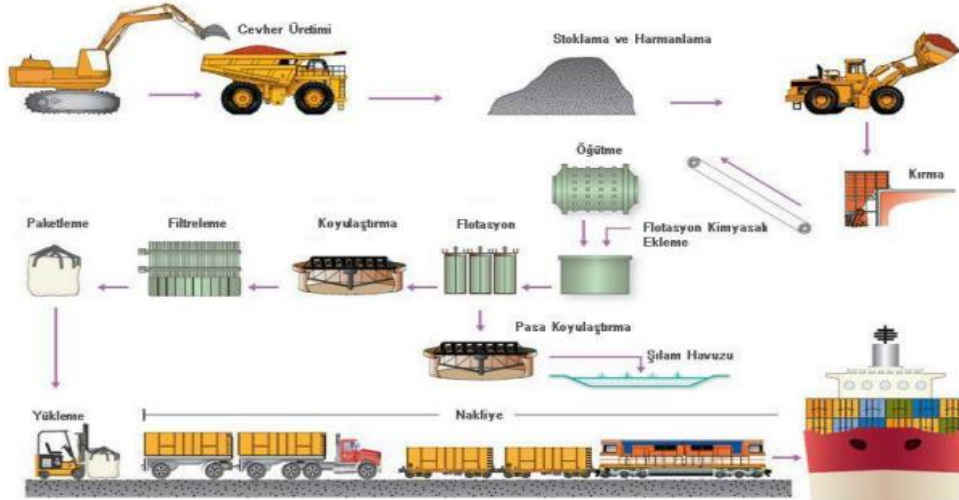
Mineral processing plants are facilities that require comprehensive evaluation in terms of occupational health and safety (OHS) due to the high-risk processes they involve (such noise, vibration, dust, chemicals, etc.). In this study, risks were identified using the L-type matrix method and weighted using the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method. In the first stage, risks arising from mining production processes were systematically identified and scored using the L-type matrix. Since this is a pilot study, only 12 out of 135 identified risks were included in the analysis. These risks were then weighted by calculating their relative importance based on expert opinions using the SWARA method. The study aims to make occupational safety management in the mining sector more systematic and to

demonstrate how Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods can be used more effectively. Additionally, this study primarily aims to support occupational safety experts in making quicker and more effective decisions during critical situations. As a result of the analysis, the R.2 criterion was identified as an unacceptable risk with the highest level of importance, with a weight value of 0.19 (WJ). Within the category of very high-risk factors, the K.1 criterion was determined as the most critical risk with a weight of 0.27 (WJ). Based on these findings, the study emphasizes the necessity of adopting a proactive risk management approach in the mining sector and highlights the importance of implementing preventive and protective measures against potential hazards.

To Cite: Doğan O. Maden Endüstrisinde L Tipi Matris ve SWARA Yöntemlerine Dayalı Riskleri Değerlendirme ve Önceliklendirme Modeli: Örnek Bir Uygulama. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2025; 8(5): 2311-2326.

1. Giriş

Maden ocaklarından çıkarılan cevherler, doğrudan ticari kullanıma sunulamaz işlenmeleri gerekmektedir. Bu süreç, cevherin kırma, öğütme ve sınıflandırma gibi aşamalardan geçtiği ve fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle zenginleştirildiği "cevher hazırlama" işlemlerini kapsamaktadır (Dold, 2008). Cevher hazırlama tesisleri, karmaşık yapıya sahip olup, süreçler sonucunda katı, sıvı ve gaz formunda çeşitli atıklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle sulu işlemlerden geçen atıklar, kullanılan kimyasallara bağlı olarak farklı bileşenler içerebilmektedir. Zenginleştirme yöntemine göre atıkların içeriği değişiklik göstermekte; bazıları yalnızca doğal minerallerden oluşurken, bazıları siyanür, sülfür, yağ asitleri, alkol ve kostik gibi tehlikeli maddeler barındırabilmektedir (Hacıfazlıoğlu ve Şahin, 2023). Atık miktarı ve tehlikesi, işlenen cevherin türüne göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, altın ve gümüş tesislerinde atıklar büyük oranda siyanür içerirken, demir ve mangan gibi cevherlerde atık oranı daha düşüktür. En tehlikeli atıklar ise radyoaktif mineraller içeren tesislerde meydana gelmektedir (Dold, 2008; Aston ve ark., 2003). Türkiye'de 1000 civarında cevher hazırlama tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler, endüstriyel hammaddeler (kalsit, barit, kuvars, bor, feldispat, olivin, kaolen, bentonit, perlit gibi), metalik madenler (altın, bakır, gümüş, çinko, krom, mangan, demir gibi) ve enerji hammaddeleri (kömür, linyit gibi) gibi çeşitli hammadde türlerini işleyerek üretim yapmaktadır. Ayrıca, çimento, cam ve seramik sektörlerine entegre tesislerde de cevher hazırlama süreçlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Hacıfazlıoğlu ve Şahin, 2023). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan 2022 yılı verilerine göre, maden işletmelerinden kaynaklanan toplam tehlikeli atık miktarı 26 milyon 309 bin 170 ton olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2022). Şekil 1'de örnek bir metal cevher zenginleştirme tesis akış şemasına yer verilmiştir.



Şekil 1. Bir metal madenin zenginleştirme tesis akış şeması (Helvacıoğlu, 2016)

Bu çalışmada, bir maden cevher zenginleştirme tesisinde risk değerlendirme sürecini daha kapsamlı ve sistematik hale getirmek amacıyla L tipi matris yöntemi ile SWARA analiz yöntemi bir arada kullanılmıştır. L tipi matris yöntemi, iş kazaları ve mesleki risklerin analizinde şiddet ve olasılık faktörlerine dayalı olarak risk seviyelerini belirlemeye odaklanırken, SWARA yöntemi ise uzman görüşlerini kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemekte ve karar sürecine daha analitik bir yaklaşım kazandırmaktadır. Bu iki yöntemin birleşik kullanımı, karar vericilere sadece daha net ve doğru bir analiz sağlamakla kalmaz, aynı zamanda risk yönetimi, kaynak tahsisi ve stratejik planlamalar konusunda çok daha güvenilir bir temel oluşturmaktadır. Her iki yöntemin birlikte kullanılması, risk faktörlerinin sadece geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesi yerine önceliklendirilmesini, ağırlıklandırılmasını ve daha stratejik önlemler alınmasını da sağlamaktadır. L tipi matris yöntemi ile risklerin seviyeleri belirlenmektedir. SWARA yöntemi ise, uzman görüşlerine dayalı bir yöntem olduğundan subjektif ağırlıklandırma yaklaşımı benimsemektedir. Bu yöntem, ekip içindeki uzmanlardan veri toplanması ve analiz edilmesi sürecinde önemli bir rol oynayarak karar verme sürecine doğrudan katkı sağlamaktadır (Ekin ve Cesur, 2023). Böylece, yalnızca mevcut risklerin belirlenmesi değil, aynı zamanda bu riskler arasında en kritik olanlarının öne çıkarılması ve kaynakların en etkili şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır. Bu entegre yaklaşım, maden cevher zenginleştirme tesislerinde daha verimli, güvenli ve sürdürülebilir çalışma ortamları oluşturulması için yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Özellikle madencilik gibi dinamik ve risk seviyesi yüksek sektörlerde, çok kriterli karar verme yöntemlerinin geleneksel risk analiz yöntemleriyle entegre edilmesi, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında daha doğru ve etkili kararlar alınmasına olanak tanımaktadır. Literatürde L Tipi Matris ve SWARA yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Şahin ve Eker (2024) bir mermer ocağında tehlike ve risklerin değerlendirilmesini L Tipi Matris yöntemi kullanarak tespit etmişlerdir. Doğan ve Keskin (2023) risklerin önceliklendirilmesini L Tipi Matris yöntemi ve AHP yöntemi kullanarak riskleri

önceliklendirmişlerdir. Maiti (2013), yeraltı maden işçilerini, uzmanlıkları ve görev yaptıkları bölgelere özgü özelliklere dayanarak farklı gruplara ayırmış ve bu grupların risk düzeylerini değerlendirmek için lojistik regresyon modelini kullanmıştır. Çağlar ve Demirbilek (2022) Elazığ Guleman bölgesindeki krom ocaklarında L tipi 5×5 Matris yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirmesi ile tehlikeler ve riskler belirlenmiş, risklerin azaltılması için önleyici faaliyetlere yönelik çeşitli tavsiyelerde bulunmuşlardır. Özbek ve Erol (2018) AHS ve SWARA yöntemlerini kullanarak yem sektöründe iş sağlığı ve güvenliği kriterlerini ağırlıklandırmışlardır. Türkmen ve Yalçın (2022) imalat sektöründe sürdürülebilir tedarikçi seçimi için SWARA ve WASPAS yöntemlerini kullanmışlardır. Ekin ve Cesur (2023), bir danışmanlık firmasındaki riskler belirlenerek SWARA yöntemi ile önceliklendirilmiş ve en kritik riskler için stratejik önlemler geliştirmişlerdir. Akkoyun ve Ekin (2021), yapmış oldukları çalışmada, bir yeraltı maden işletmesinde 5x5 L matris, Fine-Kinney ve HRNS yöntemleri karşılaştırmışlardır. HRNS'nin yüksek tehlike seviyesindeki riskleri belirlemede daha etkili olduğu tespit edilerek, riskli işyerleri için önermişlerdir. Doğan ve ark. (2023) bir cevher zenginleştirme tesisinde L Tipi Matris yöntemini kullanarak riskleri değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışma işyerlerinde çalışan, işletme ve çevre güvenliğinin sağlanması açısından literatürde tespit edilen eksikliği gidermek amacıyla yapılmış bir hibrit çalışmadır. Entegre yöntemlerin birlikte ele alınmasıyla iş yerlerinde çalışan güvenliği ile ilgili görevlendirilen iş güvenliği uzmanlarının doğru, pratik ve hızlı şekilde karar vermelerine katkı sağlamak çalışmanın en önemli unsurunu oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, özel bir maden işletmesinin metal zenginleştirme tesisinde yapılmış bir çalışmadır. Tesiste toplam 113 çalışan bulunmakta olup üretim sürecine başlanıldığı tarihten günümüze ölümlü herhangi bir iş kazası yaşanmamıştır. Çalışmanın yapıldığı işletmenin hem İç Anadolu hem de Akdeniz bölgesinde faaliyet gösteren zenginleştirme tesisleri bulunmaktadır.

2.1. L Tipi Matris Yöntemi

Risk değerlendirme yöntemleri, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanı henüz gelişmeden önce de çeşitli sektörlerde kullanılmıştır. Özellikle yatırım kararları, askeri operasyonlar ve uzay araştırmaları gibi yüksek risk taşıyan faaliyetlerde, potansiyel tehlikelerin analiz edilmesi ve yönetilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmıştır. Bu alanlarda risklerin belirlenmesi, stratejik planlamaların ve güvenlik önlemlerinin oluşturulmasında kritik bir rol oynamıştır (Dündar, 2016). Ülkemizde, 6331 sayılı İSG Kanunu öncesinde madencilik sektöründe, iş güvenliği denetimleri fenni ve teknik nezaretçiler tarafından yürütülmekteydi. Kanunun yürürlüğe girmesiyle maden işletmeleri çok tehlikeli sınıfa alınmış ve daha sistemli risk yönetim gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu süreçte, kullanım kolaylığı ve yaygın erişilebilirliği nedeniyle 5x5 L matris yöntemi madencilikte en çok tercih edilen risk değerlendirme araçlarından biri haline gelmiştir (Okur, 2020). L tipi matris, adı üzerinde, matrisin iki

boyutlu yapısını kullanarak tehlikeleri belirli kategorilerde sıralamak ve her birinin önem derecesine göre ağırlıklandırılmasını sağlamaktadır (Özkılıç, 2005). Bu yöntemin özgünlüğü, her tehlikenin hem olasılık hem de ciddiyet yönünden değerlendirilmesine dayanmaktadır. Genellikle, bu iki parametre, matrisin yatay ve dikey eksenlerine yerleştirilir. Tehlikelerin sıralanmasında, risklerin tanımlanması ve değerlendirilmesi doğru önlemlerin alınabilmesi için kritik öneme sahiptir. Her bir riskin ortalama ciddiyet derecesi ve gerçekleşme olasılığı belirlenerek bir puanlama yapılmaktadır. Yapılan puanlama sayesinde, hangi risklerin öncelikli olarak ele alınması gerektiği net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemin avantajı, uzman görüşlerine dayalı olması ve tecrübelerle şekillendirilen bir analiz sunmasıdır. Tablo 2.1’de şiddet derecelendirme skalası görülmektedir.

Tablo 2.1. Şiddet Derecelendirme Skalası (Özkılıç, 2005)

Şiddet Derecelendirme	
Tanım	Düzye 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 katılımcıların dikkate almaları gereken olasılık skalası (düzye ölçeği ve sayısal ifadelerin karşılıkları) yer almaktadır.

Tablo 2.2. Olasılık Skalası (Özkılıç, 2005)

Olasılık (İhtimal)	
Tanım	Düzye 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 yöntemi, risk değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan ve "Risk = Şiddet x Olasılık" formülüyle hesaplanan bir yaklaşımdır. Bu yöntemle, her bir risk faktörü için şiddet ve olasılık oranları çarpılarak risk skoru elde edilir. Risklerin kabul edilebilirliğini belirlemek için, hesaplanan skorlara dayanarak bir renk kodlaması uygulanır. Bu skora; düşük riskler için yeşil, orta düzey riskler için sarı, yüksek riskler için kırmızı ve kabul edilemeyen riskler için en yüksek kırmızı değeriyle gösterilir. Tabloya göre, risk skoru 1, yeşil renkle "önemsiz", 2 ile 6 arasında yeşil "kabul edilebilir düzey", 8 ile 12 arasında sarı "orta düzey", 15 ile 20 arasında kırmızı "yüksek düzey", ve 25 gibi bir skor ise kırmızı "kabul edilemez düzey" olarak sınıflandırılır (Özkılıç, 2005; Keskin ve ark., 2020). Bu sistem, risklerin daha hızlı ve anlaşılır bir şekilde sınıflandırılmasına olanak tanır, böylece yönetim ve müdahale stratejileri daha etkili bir biçimde oluşturulabilir. Ayrıca, bu yöntem sadece olasılık ve şiddet faktörlerini değil, riskin potansiyel etkilerinin çalışan sağlığına, ekipman güvenliğine

ve çevresel faktörlere olan etkilerini de dikkate alarak risk yönetiminde daha bütünsel bir yaklaşım sunabilmektedir.

Tablo 2.3. L Tipi Matris (Özkılıç, 2005)

Risk: Olasılık x Şiddet			Şiddet				
			Çok ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok hafif
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

2.2. SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi, kriter ağırlıklarını belirlemede etkili bir çok kriterli karar verme yöntemidir ve tek karar vericiyle uygulanması daha kolaydır. Ancak, birden fazla karar verici olduğunda sıralama farklılıkları ağırlıklandırmada tutarsızlıklara yol açabilmektedir (Çakır, 2017). SWARA, son yıllarda kriter ağırlıklandırmada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Keršulienė ve ark. (2010) tarafından geliştirilen bu yöntem, karar vericilerin kriterleri önem sırasına göre değerlendirmesine dayanmaktadır. SWARA yöntemi, belirlenen kriterlerin sıralanması ve karşılaştırmalı önem düzeylerinin analiz edilerek ağırlıkların hesaplanmasını içeren adımlardan oluşmaktadır (Keršulienė ve ark., 2010). SWARA yöntemi, literatürde uzman odaklı bir yaklaşım olarak bilinir ve kriter ağırlıklarını belirlerken uzman görüşlerine dayanma yeteneğiyle öne çıkarmaktadır. Uzmanlardan bilgi toplama ve bunları bütünleştirme sürecinde etkili olan yöntem, kriterlerin doğrudan önceliklendirilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, kriter ağırlıklarının önceden bilindiği durumlar için de uygundur (Aghdaie ve ark., 2013; Zolfani ve ark., 2015; Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2017).

Uzman görüşleri doğrultusunda, belirlenen kriterlerin problem çözüm sürecindeki önem dereceleri analiz edilerek sıralandırılır. Bu sıralama, en yüksek öneme sahip kriterden en düşük öneme sahip olana doğru, azalan bir düzen içerisinde yapılır. Böylece, karar verme sürecinde en etkili faktörler öncelikli olarak ele alınarak, çözüm önerilerinin daha verimli ve sistematik bir şekilde geliştirilmesi sağlanır. Kriterlerin birbirine göre önem düzeyleri belirlenerek sıralama yapılır. En üst sırada yer alan kriter "j. kriter" olarak adlandırıldığında, bir sonraki kriter yani "(j+1) kriter" ile arasındaki fark analiz edilir. Bu fark, ilgili kriterlerin göreceli önemini ortaya koyan bir ölçüt olup, "s_j" olarak ifade edilen ortalama değerin karşılaştırmalı önemi şeklinde tanımlanır. Bu süreç, kriterlerin etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirerek karar verme sürecinde daha bilinçli seçimler yapılmasına olanak tanır.

Kriterler için k_j Eşitlik (1)'de belirtilen formül kullanılarak hesaplanır (Keršulienė ve ark., 2010; Doğan, 2020).

$$k_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j = 1 \\ s_j + 1, & \text{eğer } j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

q_j değerinin hesaplanmasında Eşitlik (2) kullanır.

$$q_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j}, & \text{eğer } j > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Kriterlere ait ağırlıklandırmaların hesaplanmasında ise Eşitlik (3) uygulanır.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

3. Bulgular

L tipi matris yöntemi, çeşitli yüksek risk içeren sektörlerde yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında ise, bir cevher zenginleştirme tesisinde karşılaşılabilecek potansiyel riskleri belirlemek ve analiz etmek amacıyla kullanılmıştır (Şahin ve Eker, 2024).

Cevher zenginleştirme tesisi, madenden çıkarılan cevherin işlenerek içindeki değerli minerallerin ayrıştırıldığı ve daha saf hale getirildiği endüstriyel tesislerdir. Bu tesislerde, fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılarak ekonomik olarak değerli bileşenler geri kazanılırken, atık malzemeler ayrıştırılır.

Cevherin doğrudan kullanımını zorlaştıran yabancı maddeler bu süreçte temizlenerek daha yüksek verimlilik sağlamaktadır. Yapılan çalışmada bu hususlar dikkate alınarak L Tipi 5x5 Matris yöntemi ve SWARA yöntemi bütünleşik şekilde ele alınmıştır.

Tablo 3.1’de çalışmanın yapıldığı tesiste 135 risk arasından uzman görüşleri alınarak 12 kriterin yer aldığı risk değerlendirme tablosu yer almaktadır.

Tablo 3.1. Risk değ erlendirme tablosu

Sıra No Kod	Tehlike-Risk	Olasılık	�iddet	Risk Skoru	�nem
R.1	Sülfirik Asit Tehlike: Kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar Risk: Asit tankında çalışan personelin KKD'lerini kullanmamaları sonucu olabilecek kaza.	5	5	25 Kabul Edilemez	Eldiven, gözlük, yüz siperi ve asit geçirmez önlük zorunlu olmalıdır. Sülfirik asit tehlikeleri ve acil durum prosedürleri düzenli olarak anlatılmalıdır. KKD kullanımı sıkı şekilde kontrol edilmeli, ihlallere yaptırım uygulanmalıdır. Nötralizasyon istasyonları ve acil du�lar erişilebilir olmalıdır. Havalandırma sistemleri iyile�tirilmeli, güvenli çalışma prosedürleri oluşturulmalıdır.
R.2	Sülfirik Asit Tehlike: Asit tankına asit doldurulması durumu Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar Risk: Asit tankına asitin dolumunun sırasında tankın ta�ması ile oluşacak kaza	5	5	25 Kabul Edilemez	Dolum sürecinde otomatik seviye kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Çalışanlar asit buharlarına ve sıçramalara karşı tam koruyucu ekipman giymelidir. Dolum �ncesi ve sırasında seviyeler düzenli olarak takip edilmelidir. Ta�ma durumunda hızlı müdahale için nötralizasyon malzemeleri hazır bulundurulmalıdır.
R.3	Sülfirik Asit Tehlike: Asitin tanka aktarılmasından oluşan yoğun duman ve koku Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar Risk: Solunması sonucu akciğerlerde sorun oluşması	5	5	25 Kabul Edilemez	Yoğun duman oluşumunu önlemek için güçlü havalandırma sistemleri kullanılmalıdır. Çalışanlar uygun solunum maskesi ve koruyucu gözlük takmalıdır. Havadaki asit buharı seviyesi düzenli olarak ölçülmeli ve limitler a�ılmamalıdır. Solunum problemi yaşayan çalışanlar hızla temiz hava ortamına alınmalı ve tıbbi destek sağlanmalıdır.
R.4	Sülfirik Asit Tehlike: Asitin tırdan tanka aktarılma noktasında önlemler alınmaması Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar Risk: Yetersiz önem alınması sonucu yaralanma	5	5	25 Kabul Edilemez	Aktarılan yapılan alana yetkisiz personel girmemelidir.Bu alanda aktarım yaparken çalışan personeller KKD tam olmalıdır. Aktarım yapılan borunun içindeki kimyasal tamamen alt tanka aktarılmadan ve vanalar kapatılmadan çıkarılmalıdır. Asit aktarım borusuna yetkisiz kişilerin ulaşmasını engelleyecek şekilde muhafaza yapılmalıdır. Aktarım yapılacak tırn etrafı dubalanmalıdır. Yol güzergahındaki giriş �ıkı�lar kontrol altına alınmalıdır.
R.5	Sülfirik Asit Tehlike: Sülfirik asitin tanktan pompayla aktarımında pompanın arızalanması Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar Risk: Hattın kaynak yerinden ayrılması sonucu yanık, yaralanma vb.	5	5	25 Kabul Edilemez	Pompa ve hat bağlantıları düzenli olarak kontrol edilmeli, bakım periyotları aksatılmamalıdır. Acil durumlarda devreye girecek yedek pompa ve vana sistemleri hazır bulundurulmalıdır. Çalışanlar kimyasal sıçramalara karşı koruyucu kıyafet, eldiven ve yüz siperi kullanmalıdır. Pompa arızası durumunda otomatik kapanma mekanizmaları devreye girecek şekilde tasarlanmalıdır.
R.6	Sülfirik Asit Tehlike: Tesis içerisinde olan asit depolama tankının bulunduğu bölgeye giriş kısıtlanmaması Etkilenen: Asit alanında �alı�anlar	5	5	25 Kabul Edilemez	Asit depolama tankının bulunduğu alan, yalnızca yetkili personelin girişine izin verecek şekilde sınırlandırılmalıdır. Bölgeye uyarı tabelaları ve güvenlik bilgilendirme levhaları yerleştirilmelidir. Çalışanlar, kimyasal riskler ve güvenli çalışma prosedürleri konusunda düzenli

	Risk: Dikkatsizlik sonucu olabilecek iş kazaları					olarak eğitilmelidir. Acil durumlara karşı göz duşları, nötralize edici çözümler ve kaçış yolları hazır bulundurulmalıdır.
K.1	PSI Cihaz Odası Tehlike: Etiketleme ve kilitleme prosedürü uygulanmaması Etkilenen: İlgili personel Risk: Prosedüre uyulmaması sonucu yaralanma	3	5	15 Yüksek Risk		Analizör çalışırken aşınan parçaları değiştirilmemelidir. Analizörün hareketli parçaları veya elektrikli parçaları için herhangi bir bakım, temizlik, sorun giderme veya onarım çalışmasına başlamadan önce, kilitleme – etiketleme prosedürünü gerçekleştirilmelidir. Potansiyel olarak tehlikeli bölgelerde personel varken, bakım sırasında makinenin mekanik hareketlerini manuel olarak çalıştırılmamalıdır.
K.2	Kırma Ünitesi Tehlike: bakım onarım çalışmalarında panolarda kilitleme- etiketleme yapılmaması Etkilenen: Kırıcı ünitesi personeli ve diner kişiler Risk: Panoya müdahale sonucu ciddi kazalar meydana gelmesi	3	5	15 Yüksek Risk		Bakım ve onarım çalışmalarında kilitleme-etiketleme prosedürü zorunlu hale getirilmelidir. Panolara yetkisiz erişimi önlemek için kilitli güvenlik kapakları ve uyarı levhaları kullanılmalıdır. Bakım öncesi tüm enerji kaynakları kesilmeli ve çalışanlara yetkilendirme eğitimi verilmelidir. Acil durum senaryoları oluşturularak, çalışanlara düzenli tatbikatlar yaptırılmalıdır.
K.3	Öğütme Ünitesi Tehlike: Elektrik panoları Etkilenen: Öğütme ünitesi personeli Risk: Açık iletkenler, elektrik çarpması, panolarda tozlanma sonucu yangın, pano önlerine malzeme konulması sonucu panoya müdahale edilememesi	3	5	15 Yüksek Risk		Elektrik panoları düzenli olarak kontrol edilmeli ve açık iletkenler izole edilmelidir. Pano çevresinde belirlenen güvenlik mesafesi korunmalı, önüne malzeme konulması engellenmelidir. Toz birikimini önlemek için düzenli temizlik yapılmalı ve pano içi havalandırma sağlanmalıdır. Yetkisiz kişilerin erişimi engellenmeli, çalışanlara elektrik güvenliği eğitimi verilmelidir.
K.4	Öğütme Ünitesi Tehlike: Yüksekte çalışma Etkilenen: Öğütme ünitesi personeli Risk: Yüksekte çalışma sırasında düşme sonucu yaralanma	3	5	15 Yüksek Risk		Yüksekte çalışacak personel için uygun kişisel koruyucu donanımlar (emniyet kemeri, halat vb.) sağlanmalıdır. Çalışma alanı etrafında güvenlik bariyerleri ve uyarı levhaları yerleştirilmelidir. Yüksekte çalışanlara eğitim verilmeli, düşme risklerine karşı farkındalık artırılmalıdır. Çalışma sırasında uygun zemin ve merdivenler kullanılmalı, her türlü dış etken kontrol edilerek güvenlik önlemleri alınmalıdır.
K.5	Yüzdürme Ünitesi Tehlike: Kimyasallar Etkilenen: Yüzdürme ünitesi personeli ve diğer kişiler Risk: Kimyasala temas sonucu cildin tahriş olması, göze sıçraması sonucu gözün tahrişi ve kızarıklıklar oluşması	3	5	15 Yüksek Risk		Kimyasal maddelerle temas öncesi ve sonrası uygun kişisel koruyucu ekipmanlar (eldiven, koruyucu gözlük, maskeler) kullanılmalıdır. Kimyasal maddelerin depolanacağı alanlar iyi havalandırılmalı ve etiketlemeler doğru yapılmalıdır. Eğitim programları düzenlenmeli, personelin kimyasallarla güvenli çalışma yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmalıdır. Kimyasal maddelerin sıçramasını önlemek için koruyucu bariyerler ve sızdırmaz sistemler kullanılmalıdır.

K.6	Atık Depolama Alanı				
	Tehlike: Atık barajında sala iniş platformundaki uygunsuzluk durumu Etkilenen: Atık barajı çevresindeki kişiler Risk: Sala iniş merdivenine geçiş sırasında düşerek yuvarlanma sonucu ciddi yaralanma	3	5	15 Yüksek Risk	Merdivenlerin kaymaz yüzeyle kaplanması sağlanarak, geçiş esnasında kayma riski en aza indirgenmelidir. Aydınlatma sistemi, karanlık alanları ortadan kaldıracak şekilde iyileştirilmelidir, böylece geçiş sırasında görsel engeller minimize edilir. Kişisel koruyucu donanım olarak, personelin merdivene çıkmadan önce düşme öncesi emniyet kemeri veya koruyucu (yaşam hattı, paraşüt tipi emniyet kemeri) ekipman kullanmaları sağlanmalıdır.

Tablo 3.1’de, cevher zenginleştirme tesisinde gerçekleştirilen risk değerlendirme analizinin sonuçları yer almaktadır. Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla **L Tipi Matris Yöntemi** kullanılmıştır. Yapılan çalışmada R1 den R6’ya kadar olan riskler kabul edilemez riskler, K1’den K6’ya kadar olan riskler ise çok tehlikeli riskler olarak belirlenmiş ve kodlanmıştır. Bu seçimin temel nedeni, madencilik ve cevher zenginleştirme süreçlerinde iş kazalarına ve meslek hastalıklarına yol açabilecek kritik tehlikelerin öncelikli olarak ele alınmasının gerekliliğidir. Risk değerlendirmesinde **L Tipi Matris Yöntemi** kullanılarak her bir risk faktörüne ilişkin skor değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışma pilot bir çalışma niteliğinde olması nedeniyle alanında uzman kişilerin görüşlerine başvurularak **12 kritik risk faktörü SWARA yöntemi** ile önceliklendirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, madencilik sektöründeki risk yönetimi süreçlerini daha sistematik ve bilimsel bir temele oturarak, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını en aza indirmek için karar alıcılara rehberlik etmektir.

Tablo 3.2. Kriterlerin Önem Düzeylerine Göre Sıralanması

Sıra	Karar Değişkeni	s_j	k_j	q_j	w_j
1	R.1.		1	1	0,016902
4	R.2.	0,15	1,15	6,666	0,112666
2	R.3.	0,1	1,1	11,5	0,194368
3	R.4.	0,1	1,1	11	0,185918
6	R.5.	0,05	1,05	22	0,371835
5	R.6.	0,15	1,15	7	0,118311
			SUM	59,166	1

Tablo 3.2’te SWARA yöntemi kullanılarak her bir R.1 kriteri analiz edilmiştir. Analizde katılımcılardan kabul edilemez riskler arasında karşılaştırma yapmaları istenmiş ve hesaplama sonucunda s_j değerleri elde edilmiştir. Bu işlem diğer katılımcıların vermiş olduğu cevaplara da uygulanmıştır. Daha sonra Eşitlik 1 kullanılarak her bir R. kriterlerinin k_j değeri, Eşitlik (2) kullanılarak da q_j değerleri elde edilmiştir. Son olarak her bir kriterin q_j değeri hesaplandıktan sonra her bir kriter, toplam değere ayrı ayrı bölünerek kriterlerin w_j değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik (3)). Tablo 3.3’te ise her bir kriterin w_j değerinin geometrik ortalaması alınarak elde edilmiştir.

Tablo 3.3. R. Kriterlerinin Ortalama Ağırlık Hesaplaması

Sıra	1. Katılımcı	2. Katılımcı	3. Katılımcı	4. Katılımcı	5. Katılımcı	Geo.Ort.	Son Ağırlıklandırma
1	0,01	0,31	0,21	0,30	0,35	0,17	3
2	0,11	0,22	0,19	0,25	0,20	0,19	1
3	0,19	0,18	0,18	0,18	0,13	0,18	2
4	0,18	0,14	0,15	0,12	0,10	0,14	4
5	0,37	0,07	0,12	0,07	0,10	0,12	5
6	0,11	0,05	0,11	0,06	0,09	0,09	6

Tablo 3.4'te SWARA yöntemi kullanılarak her bir K.1 kriterleri analiz edilmiştir. Analizde, katılımcılardan yüksek düzeyde riskler arasında karşılaştırma yapmaları istenmiş ve hesaplama sonucunda s_j değerleri elde edilmiştir. Daha sonra Eşitlik (1) kullanılarak her bir kriterin k_j değeri hesaplanmıştır. Eşitlik (2) kullanılarak ise q_j değeri elde edilmiştir. Son olarak her bir kriterin q_j değeri hesaplandıktan sonra her bir kriter toplam değere ayrı ayrı bölünerek kriterlerin w_j değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik (3)).

Tablo 3.4. K. Kriterlerinin Önem Düzeyine Göre Sıralanması

Sıra	Karar Değişkeni	s_j	k_j	q_j	w_j
1	K.1.		1	1	0,225131
2	K.2.	0,3	1,3	0,76923	0,173178
3	K.3.	0,05	1,05	0,73260	0,164931
4	K.4.	0,05	1,05	0,69771	0,157077
5	K.5.	0,05	1,05	0,66449	0,149598
6	K.6.	0,15	1,15	0,57781	0,130085
Toplam				4,44185	1

Tablo 3.5'te her bir katılımcının vermiş olduğu karşılaştırma sonuçlarının analiz edilmiş hali görülmektedir. Yapılan analiz sonucunda risklerin önem düzeyleri her bir kriterin w_j ağırlık değerlerinin geometrik ortalaması alınarak nihai son ağırlıklandırmalar hesaplanmıştır.

Tablo 3.5. K. Kriterlerinin Ortalama Ağırlık Hesaplaması

Sıra	1. Katılımcı	2. Katılımcı	3. Katılımcı	4. Katılımcı	5. Katılımcı	Geo.Ort.	Son Ağırlıklandırma
1	0,22	0,31	0,20	0,36	0,30	0,27	1
2	0,17	0,22	0,18	0,25	0,24	0,21	2
3	0,16	0,17	0,16	0,15	0,18	0,16	3
4	0,15	0,14	0,15	0,10	0,12	0,13	4
5	0,14	0,08	0,15	0,06	0,07	0,09	5
6	0,13	0,06	0,13	0,04	0,06	0,07	6

Gerçekleştirilen analizlerin genel değerlendirmesi sonucunda, kabul edilemez riskler arasında yapılan karşılaştırmalar neticesinde **R.2 kriteri, 0,19 w_j önem ağırlığı** ile en yüksek önem düzeyine sahip kabul edilemez risk olarak belirlenmiştir. Analizde, **R.6 kriteri ise 0,09 w_j değeri** ile kabul edilemez riskler arasında önem düzeyi en düşük kriter olup, sıralamada altıncı sırada yer almıştır. Bu bulgular doğrultusunda, kabul edilemez riskler içerisinde en kritik unsur **R.2 kriteri** olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, **K. kriterleri** kapsamında yapılan analizlerde, en yüksek önem düzeyine sahip kriter

K.1 kriteri olup, **0,27** w_j değeri ile en kritik kriter olarak öne çıkmıştır. Öte yandan, **K.6 kriteri**, **0,077** w_j değerine sahip olup, en düşük önem düzeyine sahip kriter olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, **K.6 kriteri**, **0,07** w_j değeri ile çok tehlikeli riskler arasında altıncı sırada yer alarak en düşük öneme sahip unsur olarak değerlendirilmiştir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Sanayide hızla ilerleyen teknoloji, üretim yöntemlerinin entegrasyonunu kolaylaştırarak birçok avantaj sağlasa da özellikle madencilik sektörü gibi yüksek risk içeren alanlarda yeni güvenlik tehditlerini de beraberinde getirmektedir. Tam otomasyon sistemleri, nesnelerin interneti ve yapay zekâ destekli uygulamalar, iş süreçlerini optimize ederek verimliliği artırsa da bu teknolojilerin yanlış yapılandırılması veya yetersiz bakımı ciddi güvenlik riskleri doğurabilmektedir. Otomasyonun yaygınlaşmasıyla birlikte çalışanların iş güvencesi konusundaki endişeleri artmakta, bu da motivasyon ve dikkat seviyelerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, madencilik faaliyetlerinde kullanılan kimyasallar ve çevresel faktörler, çalışanların meslek hastalıklarına yakalanma riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Madencilik sektörü, yüksek kaza riski ve toplu yaralanma veya ölümle sonuçlanabilecek olayların yaşanma olasılığı nedeniyle, iş sağlığı ve güvenliği açısından çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Risklerin sadece geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesi yeterli olmayıp, yeni nesil analiz teknikleri, yapay zekâ tabanlı risk tahmin sistemleri ve proaktif güvenlik stratejilerinin entegrasyonu büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, işçi sağlığı, üretim güvenliği ve çevresel sürdürülebilirliği temel alan bütüncül bir iş güvenliği anlayışı benimsenerek, sektördeki risklerin en aza indirilmesi sağlanabilir.

Yapılan bu çalışmada geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinden olan L tipi matris yöntemi ile SWARA yöntemi birlikte ele alınmıştır. Gerçekleştirilen analizler doğrultusunda, kabul edilemez ve çok tehlikeli riskler arasında öncelikli olarak ele alınması gereken unsurlar belirlenmiş ve risklerin kontrol altına alınmasına yönelik çeşitli önlemler önerilmiştir. Buna göre; tanklarda dolum sırasında taşma riskini önlemek amacıyla sensör tabanlı seviye kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Bu sistem, belirlenen maksimum seviyeye ulaşıldığında dolum işlemini otomatik olarak durdurarak taşmayı engelleyecektir. Tankların düzenli olarak basınç testi ve sızdırmazlık kontrolleri yapılmalıdır. Asit tanklarının bulunduğu alanlar asit dirençli malzemelerle kaplanmalı ve acil durum tahliye kanalları bulunmalıdır. Çalışanların, asit buharlarına ve sıçramalara karşı dayanıklı kimyasal koruyucu giysi, asit geçirmez eldiven, tam yüz koruyucu siperlik veya kimyasal koruyucu gözlük ve solunum koruyucu maske kullanmaları sağlanmalıdır. Dolum işlemi, eğitilmiş ve yetkilendirilmiş personel tarafından yapılmalı ve süreç gözetim altında gerçekleştirilmelidir. Asit transfer hortumları, sızdırmaz bağlantı noktaları ile donatılmalı ve tankların giriş-çıkış valfleri kilitli kontrol mekanizmaları ile korunmalıdır. Asit dökülmesine karşı nötralize edici malzemeler (örneğin kalsiyum hidroksit veya sodyum bikarbonat) hazır bulundurulmalıdır. Çalışma alanında acil göz ve vücut yıkama istasyonları bulunmalı ve çalışanlar asit yarıkları durumunda uygulanacak ilkyardım prosedürleri konusunda

Çalışanlara düzenli olarak eğitim verilmelidir. Sülfürik asit buharlarının birikmesini önlemek amacıyla etkin havalandırma sistemleri ve lokal egzoz havalandırma sistemleri kurulmalıdır. Ortamda asit buharı sensörleri bulundurularak havadaki asit konsantrasyonu düzenli olarak takip edilmelidir. Ayrıca, ncelikli müdahale gerektiren risk faktörlerinin sistematik bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Yüksek ncelikli riskler için güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi, sülfürik asit tanklarının dolumu sırasında taşma ve sızıntıları önlemek için sensör tabanlı otomatik seviye kontrol sistemleri devreye alınmalıdır. Asit tanklarının bulunduğu alanlarda asidik ortam koşullarına dayanıklı kaplamalar kullanılmalı ve acil tahliye sistemleri geliştirilmelidir. Kimyasal maddelerle çalışan personel için kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı zorunlu hale getirilmeli ve çalışanlar, kimyasal maruziyetin etkileri konusunda periyodik olarak eğitilmelidir. Dolum işlemlerinde yalnızca yetkin ve eğitimli personelin görev alması sağlanmalı, süreçler düzenli olarak denetlenmelidir. Asit transferinde kullanılan hortumlar ve bağlantı noktaları yüksek mukavemetli ve sızdırmaz yapıda seçilmeli, giriş-çıkış valfleri kilitli kontrol sistemleri ile korunmalıdır. Ortam havasındaki asit buharı seviyeleri gelişmiş sensör sistemleri ile sürekli olarak izlenmeli ve etkin havalandırma sistemleri kurulmalıdır. Asit dökülmesine karşı nötrale edici malzemeler (rneğin kalsiyum hidroksit veya sodyum bikarbonat) alışma alanında hazır bulundurulmalıdır. Tesis içerisinde acil göz ve vücut yıkama istasyonları kurulmalı, çalışanlar asit temasına karşı acil müdahale prosedürleri konusunda düzenli olarak eğitilmelidir. Risk değerlendirme süreci düzenli periyotlarla tekrar edilmeli, yeni teknolojik gelişmeler ve güvenlik standartlarına uygun önlemler alınmalıdır. Çalışanların maruziyet seviyeleri belirli aralıklarla ölçülmeli, iş sağlığı taramaları düzenli olarak gerçekleştirilmelidir. Yapılan analizler, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında öncelikli olarak ele alınması gereken riskleri belirlemiş ve alınması gereken önlemleri ortaya koymuştur. Özellikle sülfürik asit dolum süreçlerinde taşma ve sızıntı risklerinin nlenmesine yönelik mühendislik ve operasyonel kontrollerin artırılması, çalışan güvenliğinin sağlanması açısından kritik bir gerekliliktir. Ayrıca, acil durum yönetimi, KKD kullanımı ve sürekli eğitim faaliyetleri gibi önleyici tedbirlerin uygulanması, risk seviyelerinin minimize edilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, işletmelerin daha güvenli çalışma ortamları oluşturabilmesi için dinamik risk yönetimi yaklaşımlarını benimsemesi ve sürekli iyileştirme prensiplerini iş güvenliği politikalarına entegre etmesi büyük önem taşımaktadır. Bakım-onarım sırasında elektrik panolarına yetkisiz erişimi önlemek için kilitleme ve etiketleme prosedürleri uygulanmalıdır. Enerji kesildiğinde sesli ve görsel uyarı sistemleri devreye girmeli, test cihazlarıyla doğrulama yapılmalıdır. Çalışanlara düzenli eğitimler verilerek güvenlik farkındalığı artırılmalı ve süreçler dijital olarak takip edilmelidir. Ayrıca, kamera ve denetim mekanizmalarıyla uygulamaların eksiksiz yerine getirildiği kontrol edilmelidir. Yapılan alışma, literatürdeki bazı çalışmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, Wang ve ark. (2018), kimyasal tanklar için yapılan risk analizlerinde sensör destekli otomatik seviye kontrol sistemlerinin taşma ve sızıntı risklerini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Hasan ve ark. (2021), asit tanklarının çevresel kaplamalarla korunmasının ve etkin havalandırma sistemlerinin kurulmasının,

kimyasal maruziyet riskini minimize ettiğini göstermiştir. Ayrıca, Çelik ve Ergin (2019) tarafından yapılan bir çalışmada kimyasal maruziyetin önlenmesinde kişisel koruyucu donanımın (KKD) etkinliğine vurgu yapılmıştır ki bu çalışma da KKD kullanımının önemini güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın farklılaştığı nokta ise risklerin sadece geleneksel değerlendirme yöntemleriyle sınıflandırılmasının ötesine geçerek SWARA yöntemiyle önceliklendirilmesi ve böylece önlem planlamasına sistematik bir bakış kazandırmasıdır. Sonuç olarak, bu çalışma literatürdeki mevcut araştırmalarla paralel şekilde risk önceliklendirmesi, mühendislik kontrolleri ve KKD uygulamalarının önemine vurgu yapmakta; ek olarak L tipi matris ve SWARA yöntemlerini bir arada kullanarak literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. Bu yöntemlerin birlikte kullanımı, karar vericilerin daha etkili ve stratejik önlemler almasına olanak tanımaktadır. Ancak, literatürde de belirtildiği gibi (Baş ve Eren, 2018; Wang ve ark., 2018), bu tür analizlerin daha geniş örneklem grupları ile desteklenmesi ve farklı sektörlerde uygulanması, yöntemin genellenebilirliğini artıracaktır.

Çalışma genel olarak değerlendirildiğinde iş sağlığı ve güvenliği alanında, özellikle risk faktörlerinin önceliklendirilmesi ve etkili önlem alınması açısından bu yöntemin büyük avantajlar sağlaması beklenmektedir. L tipi matrisin sağladığı sistematik kategorilendirme ve SWARA'nın sunduğu ağırlıklandırma avantajı birlikte kullanıldığında, karar vericilerin daha doğru, tutarlı ve etkin stratejiler geliştirmesine olanak tanıyan özgün bir model ortaya çıkmıştır. Çalışmanın kısıtları; az sayıda kişiye uygulanması, analize dahil edilen kriterlerin sınırlı olması çalışma sonuçlarının genellenebilirliğini sınırlandırabilir. Gelecekte çalışma yapmak isteyen araştırmacılar bu yaklaşımı, farklı sektörlerdeki iş güvenliği risk analizlerinde daha geniş çapta bir metodoloji olarak uygulayabilirler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Aghdaie MH., Zolfani SH., Zavadskas EK. Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. *Engineering Economics* 2013; 24(1): 5-17.
- Akkoyun Ö., Ekinci G. Farklı İSG-risk değerlendirme yöntemlerinin bir yeraltı maden işletmesinde karşılaştırmalı uygulanması ve yöntem önerisi. *Bilimsel Madencilik Dergisi* 2021; 60(4): 181-189. <https://doi.org/10.30797/madencilik.937920>.
- Ashton P., Love D., Mahachi H. Appendix 2: Environmental and social impacts of mining, environmental key 2003; https://pdf.wri.org/mining_background_literature_review.pdf

- Aytaç Adalı E., Tuş Işık A. Bir tedarikçi seçim problemi için SWARA ve WASPAS yöntemlerine dayanan karar verme yaklaşımı. *International Review of Economics and Management* 2017; 5(4): 56-77.
- Baş M., Eren T. İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmelerinde matris yöntemlerinin karşılaştırılması. *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2018; 24(2): 85-96.
- Çağlar G., Demirbilek M. Krom cevher üretimi ve hazırlık galerisi yapım işleri risk değerlendirmesi. *OHS Academy* 2022; 5(2): 66-75. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.1128841>
- Çakır E. Kriter ağırlıklarının SWARA – Copeland yöntemi ile belirlenmesi: Bir üretim işletmesinde uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2017; 4(1): 42-56. <https://doi.org/10.30803/adusobed.309069>.
- Çelik M., Ergin S. İş sağlığı ve güvenliği alanında teknolojik gelişmelerin etkisi. *İSG Dergisi* 2019; 7(1): 45-59.
- Demir Şahin D., Eker H. Bir mermer ocağındaki tehlike ve risklerin değerlendirilmesi. *Black Sea Journal of Engineering and Science* 2024; 7(6): 1294-1301. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.1532507>
- Dogan O., Bozbeyoglu P., Erkoc N. Evaluation of risks by L-type (5x5) matrix method in an Ore concentration structure: A case study. *International Journal of Innovative Approaches in Science Research* 2023; 7(3): 75-90. <https://doi.org/10.29329/ijiasr.2023.606.2>
- Doğan G. SWARA ve WASPAS metotlarına dayalı bir performans değerlendirme modeli. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- Doğan O., Keskin MÖ. L tipi matris yöntemi ve AHP yöntemi kullanılarak risklerin değerlendirilmesi: Örnek bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 2023; 11(4): 1282-1293. <https://doi.org/10.21923/jesd.1256900>.
- Dold B. Sustainability in metal mining: from exploration, over processing to mine waste management, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 2008; 7(4): 275-285.
- Dündar AC. Enerji üretim tesislerinde tehlike ve risk analizinde yeni interaktif bir yöntem ve uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, Doktora Tezi, 2016.
- Ekin E., Cesur İG. Ağırlıklandırılmış risk değerlendirme tablosu ve SWARA yöntemi ile risk analizine ilişkin hibrit bir çalışma. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi* 2023; 6(2): 191-213. <https://doi.org/10.38057/bifd.1328088>
- Hacıfazlıoğlu H., Şahin H. Cevher hazırlama tesislerinden çıkan atıklar ve yönetimi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2023; 35(1): 119-133. <https://doi.org/10.35234/fumbd.1170187>.
- Hasan M., Ali SM., Sarkar B. Application of IoT-based smart sensors in industrial safety: A review. *Safety Science* 2021; 139: 105246.

- Helvacıoğlu MM. Bakır cevher zenginleştirmesi işletmesinde iş sağlığı ve güvenliğinin değerlendirilmesi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, 2016.
- Keršulienė V., Zavadskas EK., Turskis Z. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management* 2010; 11(2): 243-258.
- Keskin MÖ., Doğan O., Ersoy S. Metalik bir yeraltı maden işletmesi, cevher çıkarma, üretim ve nakliyat aşamalarında risk değerlendirmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 2020; 9(2): 84-98.
- Maiti J. Development of risk indices for underground coal mine workers in India. *Mining Technology* 2003; 112(2): 119-124.
- Okur M. Açık kaynaklardaki risk değerlendirme raporlarının istatistiksel değerlendirilmesi. SBE, İSG ABD, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Dönem Projesi, 2020.
- Özbek A., Erol E. AHS ve SWARA yöntemleri ile yem sektöründe iş sağlığı ve güvenliği kriterlerinin ağırlıklandırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 2018; 20(2): 51-66. <https://doi.org/10.33707/akuiibfd.451969>.
- Özkılıç Ö. İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu (TİSK), Ankara, 2005.
- TÜİK. Atık İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, 2022. <https://data.tuik.gov.tr>.
- Türkmen M., Yalçın MA. İmalat sektöründe sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin SWARA ve WASPAS yöntemleri ile çözümü. *İşletme ve Karar Bilimleri Dergisi* 2022; 10(2): 145-164. <https://doi.org/10.15295/bmij.v10i2.1166>.
- Wang X., Zhang Y., Li J. Risk assessment and control measures of hazardous chemicals in storage tanks. *Process Safety and Environmental Protection* 2018; 116: 98-107.
- Zolfani SH., Salimi J., Maknoon R., Kildienė S. Technology foresight about projects selection: application of SWARA method at the policy making level. *Engineering Economics* 2015; 26(5): 571-580.