

## BİR MERMER İŞLETMESİNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ UYGULAMASI

### APPLICATION OF FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS IN MARBLE QUARRIES

Levent SIRAKAYA<sup>1</sup>, Yaşar KASAP<sup>2</sup>

#### ÖZET

Ülkemiz mermeri, rezervi ve kalitesiyle dünya mermer rezervleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Mermer ocak işletmeciliği; yoğun olarak insan gücüne dayanan bir meslek koludur. Mermer ocak işletmeciliğinin iş sağlığı ve güvenliği açısından daha güvenilir hale getirilebilmesi için kazalar olmadan önce risk analizi yapılması hemen sonrasında tehlikeli durum ve hataya sebebiyet verici nedenlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde faaliyet gösteren bir mermer işletmesinde Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi ile mevcut tehlikeler belirlenmiştir. İşletmede belirlenen bu tehlikeler için risk skorları hesaplanmış ve hesaplanan risk skorları yardımıyla işletmede daha önceden farklı bir metot ile yapılmış risk analizinde tespit edilen tehlikeler yorumlanmıştır. Ayrıca, yüksek risk oluşturan kaynakların ortadan kaldırılabilmesi veya risklerin minimize edilebilmesi için alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hata Türü ve Etkileri Analizi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Mermer Ocağı, Risk Analizi

#### ABSTRACT

Turkey has an important place among the marble reserves of the world with its marble reserves and quality. Marble quarry management an occupational sector based on human physical strength. In order to make the marble quarry operations more reliable in terms of safety at work, it is necessary to identify the dangerous situation and the causes of the faults following the risk analysis before the accidents. In this study, present hazards were determined by using Failure Mode and Effects Analysis method in a marble enterprise operating in Turkey. The risk scores for these hazards identified in the enterprise were calculated and the hazards identified in the risk analysis made with a different method were interpreted with the help of the calculated risk scores. In addition, the measures to be taken in order to eliminate the high risk resources or minimize the risks have been determined.

**Keywords:** Failure Mode and Effects Analysis, Occupational Health And Safety, Marble Quarry, Risk Analysis

---

<sup>1</sup> Maden Yüksek Mühendisi, Lava Demir Döküm A.Ş., Eskişehir

<sup>2</sup> Prof. Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, [yasar.kasap@dpu.edu.tr](mailto:yasar.kasap@dpu.edu.tr), Sorumlu Yazar

## 1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de, gelişen teknolojiyle birlikte çalışanlar, daha önce karşılaşmadıkları yeni risk ve tehlikelerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu sorunların işletmelerin çalışmasını tehlikeye sokması, iş verimini olumsuz etkilemesi, maddi ve manevi kayıpların büyük boyutlara ulaşması sonucu, sağlık ve güvenlikle ilgili tedbirlerin alınması gündeme gelmiştir.

Uluslararası Çalışma Örgütü’ne göre; Dünya’da yılda ortalama 275 milyon iş kazası gerçekleşmektedir. İş kazalarına bağlı 200 000 çalışan yaşamını yitirmektedir. Eurostat istatistiklerine göre Avrupa Birliği’ne üye ülkelerde her yıl iş kazaları nedeniyle 5720 çalışan yaşamını yitirmektedir (Eurostat, 2007).

Gerek yeraltı gerekse yerüstü madenciliği, doğası gereği içerisinde barındırdığı riskler nedeniyle dünyanın en ağır iş kollarından biridir. Planlama aşamasından üretim aşamasına ve hatta pazarlama aşamasına kadar donanım, bilgi, deneyim, uzmanlık ve sürekli denetim gerektirmektedir. Ülkemizde açık işletme yöntemi ile üretim yapılan mermer ocaklarının genellikle küçük ölçekli olmasından ötürü iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri yeterince önemsizmemekte, kontrol altında tutulmamaktadır. Madencilik çalışmalarının birçoğunun insan gücü ile yapıldığı mermer işletmelerini daha güvenli hale getirmek için tehlikeli durum ve hareketlere bağlı iş kazaları olmadan risk değerlendirmesi yapılması, gerek insan sağlığı açısından gerekse işveren açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla mermer işletmelerinde yapılan ve literatürde yer alan birkaç çalışma şöyle sıralanabilir;

Gümüş (2005), Diyarbakır ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren mermer ocağı işletmelerinde yaptığı çalışmasında iş kazalarının doğurduğu sonuçları incelemiş ve kazalar ile ilgili istatistiki bilgileri paylaşmıştır. Faaliyet gösteren mermer ocaklarında mühendis istihdamının önemine vurgu yapmış, mühendis istihdam edilen ocaklarda iş kazası sayılarının azaldığını paylaşmıştır. Gümüş ve Akkoyun (2006), mermer ocaklarında yaşanan kazaların istatistiksel verilerini paylaşmışlar ve iş kazasına sebep olabilecek çalışma alanları ve ekipmanlar hakkında bilgi vermişlerdir. Ayrıca işletmelerde teknik personel istihdamının önemi vurgulanmıştır. Konuk vd. (2009), Bilecik ilinde yer alan 15 adet mermer ocağında mevcut potansiyel tehlikeler Çeklist yönteminden yararlanarak risk değerlendirmesi yapmışlardır. Ağca (2010), mermer işleme tesislerindeki potansiyel tehlike kaynaklarını araştırmış ve uygulanabilecek risk değerlendirme yöntemlerini incelemiştir. Çalışmada Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren Dimer Mermer Fabrikasında L Tipi Matris metodu ile bir uygulama yapılmıştır. Özçelik (2013), mermer ocaklarında iş kazası yaşanmadan önce yapılacak olan risk değerlendirmesi ve İSG yönetim sistemi planının hazırlanmasının önemi ve sonrasında da etkileri incelenmiştir. Çalışmada bir mermer ocağında Fine-Kinney metodolojisiyle risk analizi uygulaması yapılmış ve önleyici tedbirler belirtilmiştir. Göztepe (2014), mermer ocaklarındaki risklerin 3T metodu ile risk değerlendirilmesi ve uygunsuzluk izleme sistemi üzerine bir çalışma yapmıştır. 3T risk değerlendirme metodunun, çalışma yapılan bölgeye hakim kişilerce uygulanması sonucunda, farkındalık yaratılması açısından etkili olduğu vurgulanmıştır. Sarıkaya (2014), Bilecik ilinde faaliyet gösteren Özçelik Mermer Fabrikasında 5X5 matris diyagramını kullanarak risk değerlendirmesi yapmıştır.

Dülger (2015), TRIZ (Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch = Yaratıcı Problem Çözme Teorisi) metodunu kullanarak mermer ocaklarındaki problemlerin çözümü için

incelemeler yapmıştır. Ersoy vd. (2017), Afyonkarahisar bölgesindeki mermer fabrikalarının İSG sürecinin iyileştirilmesi amacıyla hazırladıkları programda Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemini kullanmışlardır. İyileştirme çalışmaları sonucunda ilk dönemde %50,08 oranında bir gelişme tespit edilmiştir. Çelik vd. (2017), mermer ocaklarında blok kesim işlerinde kullanılan elmas tel ve kumlu kesme makinelerinin birlikte kullanımı ile ilgili yaptıkları çalışmada, zincirli kumlu kesicilerin kullanıldığı koşullarda elmas tel kesme yöntemine göre hem iş gücü ve hem de zaman bakımından tasarruf yapıldığını ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada kullanılan Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemi ile yapılan akademik çalışmalar ise şöyle sıralanabilir;

Eleren ve Ersoy (2011), doğal taş ocağı işletmelerindeki, zincirli kumlu kesici ve elmas tel kesme metodlarının risklerini Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Her iki yöntem karşılaştırıldığında ise zincirli kumlu kesme metodunun elmas tel kesme metodundan daha az riskli olduğu görülmüştür. Nouri vd. 2013 yılında, İran'ın güneyindeki Kerman eyaletinde bulunan Chah Firuze bakır madeninin çevresel risklerinin belirlenmesi, araştırılması ve değerlendirilmesi amacıyla HTEA yöntemini kullanmışlardır. Sonuçlar, maden arama ünitesinin nispeten tehlikeli birimlerden biri olduğunu göstermiştir. Özfırat vd. (2013), çalışmalarında yeraltı nakliyatında oluşan riskleri HTEA yöntemiyle sınıflamışlar ve alınması gereken önlemleri belirlemişlerdir. Alınan önlemler vasıtasıyla risk öncelik sayılarında düşüş tespit edilmiştir.

Açık ocak mermer işletmesi üretim faaliyetlerinde daha önce risk analizi yöntemi olarak Hata Türü ve Etkileri Analizinin kullanılmamasından ötürü madencilik sektörüne katkı sağlayacağı düşünüldüğü gibi bir çalışma yapılması uygun bulunmuştur. İşletmede yapılan uygulamanın amacı; mermer ocağındaki faaliyetlerden kaynaklanan tehlikelerin ve risklerin tespit edilerek değerlendirilmesidir. Değerlendirme doğrultusunda tehlikelerin önem ve öncelik düzeylerine göre riskleri en düşük seviyeye düşürmek için işletmede alınacak önlemlerin belirlenmesi ile bir risk algılama bilincinin oluşturulması ve işletmede alternatif bir risk analiz yöntemi kullanılarak risk yönetim sistemi kurmaktır.

## 2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Risk analizi nitel ve nicel yöntemlerle farklı sektörlerde, farklı şekillerde yapılmaktadır. Hangisinin en iyi sonuç veren yöntem olduğu konusunda bir fikir birliği yoktur. Bu nedenle mühendisler ve iş güvenliği uzmanları, işletmede uygulanan proses türüne ve tecrübelerine en uygun yöntemi seçmektedirler.

HTEA, uygulama alanının sürecin tüm aşamalarını kapsaması, olası hataların sebepleri ve etkilerinin belirlenmesi, olasılık, önem derecesi ve tespit edilebilirliğe dayalı hataların önceliğinin kolayca belirlenmesine imkân sağlaması, yöntemin açık işletme maden ocaklarında uygulamasının yaygın olmaması nedeni ile tercih edilmiştir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi, yüzlerce hata türünde iyileştirmeler planlamak yerine, sürecin tamamına fayda katacak kusurları öncelik sırasına koyan ve bu sıralama doğrultusunda iyileştirmeler yapan bir yöntemdir. HTEA karşılaşılan riskleri önlemenin yanı sıra meslek hastalıkları, iş kazaları gibi çalışan sağlığını ve işin yürütülmesi sırasında iş güvenliğini tehdit edebilecek olası risklerin belirlenmesini ve önlenmesini de sağlayan güvenilir bir yöntemdir.

HTEA yöntemi çalışmalarındaki riskler için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik öngörüsünde bulunması yöntemin güvenilirlik güvencesini sağlayan bir teknik olduğunun göstergesidir (Musabeyli, 1999; Akın, 1998; Şen vd., 1999; Akkurt, 2002; Usuş, 2002).

HTEA’da Risk Öncelik Sayısı (RÖS); olasılık (O), şiddet (Ş) ve saptanabilirlik (S) gibi üç bileşenin çarpımıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 5.1). Olasılık; hatanın ortaya çıkma sıklığını, şiddet; hatanın/tehlikenin gerçekleşmesi durumunda ne kadar etki yaratacağını, saptanabilirlik ise bu hatanın/tehlikenin gerçekleşmeden önce ne derecede saptanabileceğini ifade etmektedir. Risk Öncelik Sayısı (RÖS), önem derecesinin bir göstergesidir. RÖS; olasılık, şiddet ve saptanabilirlik faktörlerini kullanarak, her hata tipi veya nedeni için hesaplanan skor değeridir. Risk faktörleri, RÖS değerinin hesaplanmasında sözel veya olasılık olarak tanımlanır ve değerler, 1-10 puan aralığında ölçekler kullanılarak belirtilen bir sayı aralığında atanır. Her hatada tanımlanan risklerin en yüksek RÖS değerinden başlayan riskleri azaltmak veya yok etmek için tedbirler alınmaktadır.

$$RÖS= O \times \text{Ş} \times S \quad (5.1)$$

HTEA yöntemi bileşenlerinin olası değerlerine Çizelge 1. (Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı), Çizelge 2. (Hatanın Saptanabilirliği), Çizelge 3. (Şiddet Derecelendirmesi) ve Çizelge 4.’te (Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlendirme Tablosun) yer verilmiştir.

**Çizelge 1.** Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı (Özkılıç, 2007; Wang vd., 2009; Kahraman ve Demirer, 2010; Özfırat vd., 2013).

HATANIN OLUŞMA SIKLIĞI	HATANIN OLASILIĞI	DERECE
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	½’den –fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	8
	1/20	7
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/80	6
	1/400	5
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/2000	4
	1/5000	3
Pek Az: Olası Olmayan Hata	1/150000	2
	1/500000 – 2 den düşük	1

**Çizelge 2.** Hatanın Saptanabilirliği (Özkılıç, 2007; Wang vd., 2009; Kahraman ve Demirer, 2010; Özfırat vd., 2013).

SAPTANABİLİRLİK	SAPTANABİLİRLİK OLASILIĞI	DERECE
Fark Edilemez	Mümkün Değil	10
Çok Az	Çok Uzak	9
Az	Uzak	8
Çok Düşük	Düşük	7
Düşük	Çok Düşük	6
Orta	Orta	5
Yüksek Ortalama	Yüksek Ortalama	4
Yüksek	Yüksek	3
Çok Yüksek	Çok Yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Hemen Hemen Kesin	1

**Çizelge 3.** Şiddet Derecelendirmesi (Özkılıç, 2007; Wang vd., 2009; Kahraman ve Demirer, 2010; Özfırat vd., 2013).

ETKİ	ŞİDDETİN ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen tehlike	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	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüm, 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, ezilmeler 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

Risk Önceliklerinin Sayısı hesaplandıktan sonra, Çizelge 4.'te verilen değerlendirme tablosuna göre alınacak önlemler belirlenir ve uygulanır. Düzeltici önlemler ile RÖS skoru düşürülmeye çalışılır. Bunun için olasılığı, şiddeti ve saptanabilirliği azaltmak gerekir. Aynı Risk Önceliği skoruna sahip iki veya daha fazla risk varsa, yüksek risk puanına sahip olan öncelikli ele alınmalıdır.

**Çizelge 4.** Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlendirme Tablosu (Özkılıç, 2007; Çakar, 2009; Wang vd., 2009; Kahraman ve Demirer, 2010; Özfirat vd., 2013).

<b>RİSK ÖNCELİK SAYISI DEĞERİ</b>	<b>ÖNLEM</b>
RÖS<40	Önlem almaya gerek yok
40<RÖS<100	Önlem alınabilir
RÖS >100	Önlem alınması gerekir

### 3. MERMER İŞLETMESİNDE RİSK ANALİZİ

Uygulama çalışması, 1998 yılından beri, Denizli bölgesinde mermer ve traverten ocak işletmeciliği faaliyetlerinde bulunan bir işletmede yapılmıştır. İşletme üretim ocaklarında birçok farklı tür ve desende mermer blok üretimi yapmakta yine kendi fabrikasında ebatlı olarak ürettiği ürünlerini, yurtiçi ve yurtdışı müşterilerine sunmaktadır. 42 çalışmanı bulunan işletmede elmas tel kesme yöntemiyle mermer blok üretimi gerçekleştirilmektedir. İşletmede üretim, açık işletme yöntemi ile 3 vardiya çalışılarak yapılmaktadır. Yöntem de öncelikli olarak yükselteleri 6-10 metre arasında değişen basamaklar oluşturulmaktadır.

Analiz için gerekli olan veriler belirlenirken mermer işletmesindeki mevcut risk analizi ve son 8 aylık kaza istatistikleri incelenmiştir. Kazaların oluşum nedenleri, öncesi ve sonrasında gerekli tedbirlerin alınıp alınmadığı değerlendirilmiştir. HTEA yöntemi ile yapılan risk analizinde, mevcut risk analizinde yer almayan ve iş kazası ile sonuçlanabilecek birçok risk unsuru olduğu tespit edilmiştir.

İşletmede yaşanan kazaların birçoğunun kesim makinelerinin telinin kopmasından kaynaklanan yaralanmalı iş kazaları olduğu tespit edilmiştir. Blokların ana kütleden kesilmesi ve devrilen blokların sayılanmasında kullanılan kesme makineleriyle ilgili gerekli güvenlik önlemlerinin yeterince alınmadığı belirlenmiştir.

Tel kopmalarının neden olduğu yaralanmaların ardından en sık karşılaşılan kazalar, açık ocak madeni operasyonlarında veya mermer ocağı operasyonlarına özgü olmayan şantiyelerde günlük iş sırasında meydana gelen kazalardır. Ağır malzeme taşınması esnasında ayağa malzeme düşürme, ele taş düşmesi, ekipmanların kablo ve bağlantı elemanlarının düzeninin sağlanmaması ve buna bağlı kazalar oluşturmaktadır.

Bir başka kaza türü ise özellikle çalışmanın yapıldığı işletmede kullanılan patlayıcı maddeler ile örtü tabakasının alınması, blok devirme işlemlerinde, mevcut ulaşım yollarının açılması için kullanılan patlayıcı maddelerden kaynaklanan kazalardır. Bu nedenle patlayıcı maddelere özellikle dikkat edilmelidir. Mermer madenciliğinde yetkili kişilerce yasal sınırlar içinde kullanılmalıdır.

Araştırmanın yapıldığı mermer ocağındaki sözlü görüşmeler esnasında kayıt altına alınmayan basamaktan düşme kazalarının olduğu bilgisine de ulaşılmıştır.

### 3.1. Mermer İşletmesindeki Mevcut Risk Analizi Yöntemi

Mermer işletmesinde tehlikelerin tespiti ve risk değerlendirmesi L Tipi Matris yöntemiyle yapılmaktadır. İşletmeden elde edilen iş kazalarının verileri gruplandırılmış ve iş kazası oranları belirlenmiştir. Ocaklarda kaydedilen 19 kaza incelenmiştir. Gruplanan kaza türleri Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5.** Mermer Ocağında Gözlenen İş Kazalarının Türleri ve Dağılımı.

FAALİYET	KAZA TÜRÜ	KAZA SAYISI	AĞIRLIKLIL KAZA OLUŞUM ORANI (%)
Ulaşım Nakliyat	İş Makinelerinden Meydana Gelen İş Kazaları	5	26%
Blok Üretim	Blokların Aynadan Kesilmesi, Devrilen Blokların Sayılanması, Taş Arasında Sıkışma veya Çarpmadan Dolayı İş Kazaları	2	11%
Blok Üretim	Tel Kesme Makineleri Yaşanan İş Kazaları	4	21%
Kademe - Patlatma	Örtü Tabakası Kaldırma, Ulaşım Yol Açma, Patlayıcı Madde Kullanımı vb. Faaliyetler Sonucu İş Kazaları	3	16%
Kademe	Sondaj & Delik Delme İşlemleri İle İlgili İş Kazaları	2	11%
Diğer	Diğer İş Kazaları	3	16%
<b>TOPLAM KAZA MİKTARI</b>		<b>19</b>	<b>100%</b>

İncelenen 19 kaza arasından, iş makinelerinden meydana gelen kazalar % 26 ile en yüksek orana sahiptir. İş makinelerinin neden olduğu kazalar, yükleme ve taşıma işlerinden kaynaklanmaktadır.

### 3.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi ile Risk Analizi

İşletmede mevcut tehlikeler için HTEA yöntemiyle belirlenmiş durumlarda ortaya çıkabilecek olası hata ve potansiyel tehlike çeşitleri tespit edilmiştir. Daha sonra, her bir hata tipinin potansiyel etkileri ve nedenleri araştırılmış ve her bir hata tipine karşılık gelen etkiler için yapılması planlanan kontroller belirlenmiştir. Hesaplanan Risk Öncelik Sayısı (RÖS) değerine bağlı olarak da potansiyel tehlikeler için tespitler yapılarak öneriler paylaşılmıştır. Çizelge 6'da uygulamanın yapıldığı mermer işletmesine ait olası hatalar ve bu hataların muhtemel etkileri ve hatanın olası nedenlerine dair şiddet, olasılık ve saptanma değerlerine bağlı Risk Öncelik Sayıları hesaplanmıştır.

Hata etkisinin şiddetini belirlemek için iş kazası kayıtlarından, simülasyonlardan ve tecrübelerden faydalanılır. Şiddet değeri belirlenirken sadece hatanın etkisi esas alındığından, belirli bir sonuç yaratan hatanın tüm olası nedenleri de aynı şiddet değerini alır. Saptanabilirlik aşamasında hata sanki olmuş gibi varsayılarak mevcut kontrollerle hatanın işi yapan personele ve çevresindeki personele etkileme olasılığı derecelendirilir. Hata nedeninin oluşma olasılığı istatistiksel yöntemlerden yararlanılarak belirlenir. Her bir nedenin, hata türünün oluşmasındaki katkısını ise varyans analizi, Taguchi teknikleri, Bayes analizi gibi istatistiksel yöntemlerle belirlemek mümkündür. Veri tabanı oluşturulmamışsa ve hesaplama kullanılmıyorsa, grup üyelerinin deneyimlerinden yararlanılarak olasılık değerlerinin tahmin edilmesi yoluna gidilir (Stamatis, 1995).

RÖS değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Olasılık, Şiddet ve Saptanabilirlik bileşenleri belirlenirken;

- Analistin saha gözlemleri ve çalışanlar ile yapılan sözlü görüşmeler,
- SGK ve işletmeye ait geçmiş iş yıllarına ait iş kazası ve meslek hastalıkları kayıtları,
- İş Güvenliği Kurulu toplantı tutanakları dikkate alınmış ve ekip yargısı ile birleştirilerek neticelendirilmiştir.

Çizelge 6'da Hata Türü ve Etkileri Analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, işletme tarafından yapılan L Tipi Matris yönteminin kullanıldığı risk analizi sonuçları ile karşılaştırılmak istenmiştir. Ancak işletmenin kendi elde ettiği sonuçları paylaşmaması sebebiyle bu istek gerçekleştirilememiştir. Çizelge 5'te verilen, uygulamanın yapıldığı mermer ocağında gözlenen iş kazaları ile HTEA sonuçlarından elde edilen yüksek RÖS (>100) değerine sahip tehlikelerin tutarlı olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 6)



**Çizelge 6.** Mermer Ocağında Gözlenen İş Kazaları ile HTEA Sonuçlarının Kıyaslaması

İŞ KAZALARI		HTEA SONUÇLARI				
KAZA TÜRÜ	AĞIRLIKLI KAZA OLUŞUM ORANI (%)	OLASI HATA ETKİSİ	O	Ş	S	RÖS
İş Makinelerinden Meydana Gelen İş Kazaları	26	Kamyonlara dengesiz ve aşırı malzeme yüklenmesi	4	7	4	112
		İş makinesinin yükü askıda bekletmesi	4	7	4	112
		Kamyonların hız limitini aşması	3	7	6	126
Blokların Aynadan Kesilmesi, Sayalama, Taş Arasında Sıkışma veya Çarpmadan Dolaylı İş Kazaları	11	Sayalama makinesinde yeterli debide su kullanılmaması, tellerin aşırı ısınarak aşınması sonucunda tel kopması	8	6	5	240
Tel Kesme Makinelerinde Yaşanan İş Kazaları	21	Elmas tel kesme makinesinin tel kopması ve soket fırlaması	7	6	4	168
		Makinenin ilk çalıştırılmasında tele elle müdahale edilmesi	8	5	5	200
		Çalışanların makine durmadan kesilen blokların üzerine çıkması	6	5	6	180
Örtü Tabakası Kaldırma, Ulaşım Yol Açma, Patlayıcı Madde Kullanımı vb. Faaliyetler Sonucu İş Kazaları	16	Patlayıcı madde kullanımı sırasında cep telefonu kullanımı	5	8	4	160
		Atık döküm alanında uç kısımlarda kamyonun döküme yanaştığı kısımlarda topuk bulunmaması	5	6	6	180
		Basamaktaki heyelan	5	10	5	250
Sondaj & Delik Delme İşlemleri İle İlgili İş Kazaları	11	Delik delme işlemi sırasında operatörün kişisel koruyucu kullanmaması	8	5	3	120
Diğer İş Kazaları	3	Ocak sahasının etrafının tel örgü veya korkulukla çevrilmemesi	5	7	5	175
		Gece çalışmaları için aydınlatmanın yetersiz olması	8	9	7	504
		Döküm sahasındaki heyelan	5	7	3	105

İş kazası sayısı açısından kıyaslanacak olursa son 8 ayda 19 adet iş kazası yaşanmıştır. İşletmede yapılan gözlemler ve sözlü görüşmeler sonucunda; HTEA yöntemiyle belirlenen risklere karşı alınan önlemler sonrasındaki 8 aylık dönemde ise sadece 3 adet iş kazası yaşanmıştır.

İşletmede saptanan olası hataların RÖS değerleri belirlendikten sonra, risklerin oluşturabileceği etkiler, bu etkilerin gerçekleşmemesi için mevcut ve alınması gerekli olan tedbirler belirlenmiştir (Sırakaya, 2019).

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir mermer işletmesinde iş kazası öncesinde risk analizi yapılması ve bir iş güvenliği yönetim sistemi kurulması hedeflenmiştir. İlk olarak işçi sağlığı ve emniyetini olumsuz olarak etkileyen tehlikeler tespit edilmiş ve tehlikelerin neden olabileceği risklerinin önlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, işletmede mevcut risk analizi ile Hata Türü ve Etkileri Analizinden elde edilen bilgiler değerlendirilmiştir.

Sonuçlar gösteriyor ki iş kazası sayılarında ve buna bağlı maddi ve manevi kayıpların gözle görülür şekilde azalması işletmedeki mevcut hataların farklı bir yöntem ile analiz edilmesinden dolayı, çalışan personelde hatalara ve alınacak önlemlere yönelik iş sağlığı ve

güvenliği bilinci oluşturmakta, farkındalık yaratmaktadır. Bu da işletmedeki iş kazalarının sayısının azaldığını göstermektedir.

İşletmedeki mevcut risk analizine ek olarak, Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi kullanılarak yapılan risk analizinden sonra alınabilecek önlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Mermer ocaklarında çalışacak işçilere düzenli olarak iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmelidir. Olağandışı bir olay durumunda, önceden yapılacak eğitim ve tatbikatlarla işçilere hangi işçilerin hangi ekipmanı kullanacakları ve hangi ekipmanı kullanmaları gerektiği gösterilmelidir.
- İşçilerin ve acil durumlarda irtibat kurulacak yakınlarının adres, telefon ve kan grubu gibi acil durumlarda ihtiyaç duyulabilecek kişisel bilgileri, ihtiyaç duyulabilecek yerlere asılmalı, güncellenmeli ve kaydedilmelidir.
- Acil durumlarda panolara kimin hangi görevi yapması gerektiği, büyük harf ve rakamlarla belirtilerek asılmalıdır. İlk başta gereksiz olarak kabul edilen ve genellikle işçiler tarafından okunmayan bu yardımcı malzeme türü, zaman içinde göz hafızası ile öğrenilir.

İş makinelerinden meydana gelen iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- İşçilerin iş makinelerin çalışma alanlarında çalışmasına izin verilmemeli, sadece nitelikli ehliyet sahibi operatörler iş makinelerini kullanmalıdır.
- Kesim makineleri hariç diğer makineler söz konusu tehlike bölgesinden emniyet mesafesi olarak 30 m geride bulundurulmalıdır.
- İş makineleri çalışır durumdayken çalışma bölgesinde sadece yetkili personel bulunmalıdır.
- İşletmedeki faal her makine için her türlü işletim ve bakım bilgisi yazılı olarak kayıt altında tutulmalıdır.

Blokların aynadan kesilmesi, sayalama, taş arasında sıkışma veya çarpmadan kaynaklanan iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- Kesme işlemi sırasında yeterli miktarda su debisi ile sağlanmalıdır.
- Telin kayaç içindeki yeri değiştirildikçe su hortumunun da yeri değiştirilmelidir.
- Kesme işlemi sırasında tellerin sıkışmasını ve dönme hareketini engelleyecek diğer unsurlara da dikkat edilmelidir. Telin rahat hareket dönmesi sağlanmalıdır. Kesimi yapılan taşların düşmesi veya kopması olasılığına karşı taşların gelebileceği yerlerden işçiler ve malzemeler uzak tutulmalıdır.
- Sayalama makinasında tel kopma ihtimali daha çok olduğundan makinanın arkası ocak içine doğru çevrilmemelidir.
- Saha yapılan sayalama çalışmalarında kişisel koruyucular mutlaka kullanılmalıdır.
- Üst basamaklardan aşağıya doğru parça düşmesini engellemek için periyodik saha kontrolleri yapılmalıdır; tehlikeli olabilecek parçalar sökülmelidir.
- Alt basamaklarda iş yapılırken üst basamaklardan düşebilecek malzeme ve taşlar için gerekli önlemler alınmalı, düşebilecek parçalar sökülmeli ve taş parçaları düzenli kontrollerle kaldırılmalıdır.

Tel kesme makinelerinde yaşanan iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- Tel kesme makineleri ile çalışma yapıldığında kesim doğrultusunun arkasına ahşaptan yapılan koruyuculu siperlikler yerleştirilmelidir.
- Tel kesme makinesinin dönme istikametine göre ön ve arka doğrultusunda işçilerin veya üçüncü şahısların bulunmaması için önlemler alınmalıdır.
- Her kesim işleminden önce kullanılacak telin durumu kontrol edilmelidir.
- Makine çalıştırılırken tele fazla gerilme verilmemesine dikkat edilmelidir. Teldeki fazla gerilme hemen ya da sonradan kopmalara neden olur.
- Kesilen kayacın sertliğine göre uygun tel hızı ve germe kuvveti uygulanmalıdır.

Örtü tabakası kaldırma, ulaşım yolu açma, patlayıcı madde kullanımı vb. faaliyetler sonucu iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- Atım sahası, ateşlemeden 20 dakika önce tüm personel ve ekipmanlardan arındırılır.
- Elektrikli patlatma yapılıyor ise patlatma sahası yakınında (10m mesafe içinde) cep telefonları, telsizler daima kapalı tutulmalıdır.

Sondaj ve delik delme işlemleri ile ilgili iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- Delik delme işinde çalışanlar eldiven, toz maskesi, kulaklık, baret kullanmalıdırlar.

Diğer iş kazalarına karşı alınabilecek önlemler;

- Elektrik ve elektrik kaçakları sonucu oluşabilecek iş kazalarını önlemek için elektrik taşıyan kablolar ve bağlantıları düzenli olarak kontrol edilmelidir.
- Elektrik kabloları ezilme veya kesilmeye karşı açıktan döşenmemelidir.
- Hiçbir çalışan kendi sorumluluğu olmayan işe müdahale etmemeli veya müdahale ettirmemelidir.
- Görevlendirilmeyen kişilerin ocağa girmesine izin verilmemelidir. Her türlü kesim işi teknik personel ve yetkin uzmanların yanında yapılmalıdır.

Bütün bu tehlikelere bakıldığında, işletme içerisinde alınmış olan kontrol önlemlerinden sonra görülüyor ki, dikkat edilmesi gereken en önemli konunun işçilerin ilk işe girdiklerinde almış oldukları temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimi olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte işletmede oluşan olumsuzluklar gözden geçirilmeli ve görevli mühendisler nezaretinde uygun görülen hususlar giderilmeye çalışılmalıdır. Ancak bu şekilde yapılan titiz bir çalışma ile istenmeyen kazaların ve olayların önüne geçilebilecektir. İşyerlerindeki çalışmaların sağlıklı ve düzenli bir şekilde ilerlemesi için gerek çalışanların gerekse işverenin sağlık ve emniyet kurallarına uymaları şarttır. Bu konulardaki farkındalık, işçilerin ve işyerinin uğrayabileceği zararları engelleyecek veya en aza indirecektir. Uygulamalarda çalışanların görüş ve tavsiyelerinin alınması, çalışanları direkt olarak sistemin bir parçası yapacaktır. Bu da iş memnuniyetini ve iş verimini olumlu yönde etkileyecektir. Bu konuda yapılan çalışmalar sadece kanuni gereklilik olarak görülmemelidir. Uzun zaman dilimi içerisindeki yararları her zaman göz önünde bulundurulmalıdır (Sırakaya, 2019).

## 5. KAYNAKLAR

- Ağca, E. (2010). Mermer Fabrikalarında İş Güvenliği Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Akın, B. (1998). ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 182.
- Akkurt, M. (2002). Kalite Kontrol (Excel Destekli-Hata Türü ve Etkileri Analizi), Birsan Yayınevi, İstanbul, 687.
- Çakar, C. (2009). Bir Petrol Sondaj Tesisinde Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Risk Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çelik, M.Y., Ersoy, M., Yeşilkaya, L., Kayı, Z., (2017). Mermer Ocaklarında Elmas Tel Kesme ve Zincirli Kollu Kesme Makinelerinin Birlikte Kullanımının İncelenmesi, Politeknik Dergisi, 20 (2): 459-473.
- Dülger S. (2015). Bir Mermer İşletmesindeki Problemlerin TRIZ Yöntemi ile Değerlendirilmesi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Eleren A. ve Ersoy M. (2011). Mermer Ocaklarında Elmas Tel ve Kollu Kesiciyle Kesme Teknolojilerinin İş Güvenliği Bakımından Karşılaştırılmasında Hata Türü Etki Analizi Yönteminin Uygulanması, Türk Bilim araştırma Vakfı Dergisi, Cilt:4, Sayı:1, Sayfa:9-19.
- Ersoy M, Eleren A, Kayacan S (2017) An Application of Failure Mode and Effect Analysis on Improving Occupational Health and Safety Process of Marble Factories. Int J, Natural Disaster Health Secur. 4(1), 22-29. doi: <http://dx.doi.org/10.19070/2572-7540-170005>
- Eurostat (Avrupa İstatistik Ofisi), (2007). Statistical Analysis Of Socio Economic Costs Of Accidents At Work In The European Union Final Report.
- Göztepe C. (2014). Mermer Ocağı ve Mermer Fabrikasında Risk Değerlendirmesi ve İşig Uygunsuzluk İzleme Sistemi, Maden Mühendisleri Odası, İstanbul
- Gümüş (2005). Diyarbakır Bölgesinde Mermer Ocağı İşletmeciliğinde İş Güvenliği ve İş Kazalarının Doğurduğu Sonuçlar, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Gümüş ve Akkoyun (2006). Diyarbakır Bölgesi Mermer Ocak İşletmeciliğinde Sık Karşılaşılan İş Kazaları Üzerine Bir İnceleme, MERSEM'2006 Türkiye V. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, Afyonkarahisar, 103-107.
- Kahraman, Ö. ve Demirer, A. (2010). "OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 7, No 1, 53-68, 2010.
- Konuk, A., Kasap, Y., Aslan S. (2009). Türkiye Mermer Ocaklarında Risk Analizi, Maden İşletmelerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Sempozyumu, Adana, 343.,
- Musabeyli, E. N. (1999). Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Tasarım Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Kalite Evinin Birlikte Kullanılması, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 102.

- Nouri, J., Abdi, N., Arian Asl, A., Mohseni, M., Moeni, M, Abooshahab, Z., (2013). Application Of Failure Mode And Effect Analysis In Risk Assessment of Mining Plan, Proceedings of the 13th International Conference of Environmental Science And Technology Athens, Greece, 5-7 September 2013
- Özçelik, A. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Fine-Kinney Yöntemiyle Risk Yönetimi Mermer İşletmesi Örneği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özfirat, M.K., Mızrak Özfirat, P., Kahraman, B., Can, Y. ve Öney, Ö. (2013). “Yeraltı madeninde nakliyatla oluşan risklerin Hata Türü Etki Analizi (HTEA) yöntemiyle sınıflanması”, Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Adana, 289-295, 21- 22 Kasım 2013.
- Özkılıç, Ö. (2007). İş Sağlığı Ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, 246, 8, 13, 14, 15, 21, 34.
- Sarıkaya, H. (2014). Özçelik Mermer Fabrikasında İş Güvenliği ve Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Srakaya L., (2019) Mermer İşletmelerinde Uygulanabilecek Risk Analizi Yöntemlerinin İncelenmesi: Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Stamatis, D.H., (1995). FMEA From Theory to Execution, ASQ Publications, Milwaukee, Wisconsin, 49 s.
- Şen, A., Deveci, İ., Yeniğöl F., Gürkaynak, Y. (1999). Bir Sistem Tasarımında KFG, HMEA ve Güvenilirlik Tekniklerinin Tasarım Güvencesi Amacı ile Kullanılması, 4. Ulusal Ekonometri Ve İstatistik Sempozyumu, Antalya, 1215.
- Usuğ, C. (2002). Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Üretim ve Hizmet Sektörü Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 236.
- Wang, Y.M., Chin, K.S., Poon, G.K.K. ve Yang, J.B. (2009). “Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean”, Expert Systems with Applications, Cilt 36, 1195-1207