



Karaelmas İő Sağlığı ve Güvenliği Dergisi

2019

2

Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety

Cilt/Volume 3 . Sayı/Number 2 . Aralık/December 2019

e-ISSN: 2636-7602



Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Zonguldak Bülent Ecevit University

KARAEMLAS İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DERGİSİ
KARAEMLAS JOURNAL OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Sahibi / Owner

(Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Adına / On Behalf of Zonguldak Bulent Ecevit University)
Mustafa ÇUFALI - Rektör /Rector

Editör / Editor

Ahmet Ferda ÇAKMAK

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / General Publication Manager

İbrahim Müjdat BAŞARAN

Yayın Kurulu / Editorial Board:

Ajita RATTANI	<i>Wichita State University</i>	Hakan BAYDUR	<i>Celâl Bayar Üniversitesi</i>
Alaaddin ÇAKIR	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	İbrahim Müjdat BAŞARAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Amani WAHEED	<i>Suez Canal University</i>	Mustafa KÜÇÜKİSLAMOĞLU	<i>Sakarya Üniversitesi</i>
Andisheh BAKHSHI	<i>University of the West of Scotland</i>	Nadi BAKIRCI	<i>Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi</i>
Ayşe Semra DEMİR AKCA	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Nejat DEMİRCAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Bülent MERTOĞLU	<i>Marmara Üniversitesi</i>	Nurka PRANJIC	<i>University of Tuzla</i>
Ceyda ŞAHAN	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>	Osman Alparslan ERGÖR	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Çiğdem ÇAĞLAYAN	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Öznur YAVAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Emin KAHYA	<i>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi</i>	Rıdvan BALDIK	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Esra EMERCE	<i>Gazi Üniversitesi</i>	Sait Muharrem SAY	<i>Çukurova Üniversitesi</i>
Evangelia NENA	<i>Democritus University of Thrace</i>	Sefa KOCABAŞ	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
F. Ebru OFLUOĞLU DEMİR	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Sevim ÇELİK	<i>Bartın Üniversitesi</i>
Gökhan OFLUOĞLU	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Sibel KIRAN	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>
Güldeniz KARADENİZ ÇAKMAK	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Tülay ÇİVİCİ	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>

Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından online olarak iş sağlığı ve güvenliği biliminin farklı alanlarında yapılan çalışmaların duyurulması ve kamu oyu ile paylaşarak tartışmaya açılmasına yönelik olarak yayınlanan, farklı üniversitelerdeki öğretim üyelerinden oluşmuş Hakem Kuruluna sahip, uluslararası, akademik, hakemli ve süreli bir yayındır. Bu dergide öne sürülen görüş ve düşünceler makale yazarlarına aittir. Derginin tüm hakları saklıdır, dergi adı belirtilmeden alıntı yapılamaz. Makale gönderimi ve yazım kurallarına <http://dergipark.org.tr/kisgd> adresinden ulaşılabilir.

Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety is published online by Zonguldak Bülent Ecevit University in order to announce and discuss the studies done in different fields of occupational health and safety science. This journal is an academic, peer-reviewed, and periodical publication, board of referees made up of faculty members from different universities. The opinions and thoughts put forward in this journal belong to the article authors. All rights of the magazine are reserved, it can not be quoted unless the magazine name is given. Article submission and editorial rules are available at <http://dergipark.org.tr/kisgd>

Dergi Yazışma Adresi / Correspondance Address

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi Editörlüğü,
Obezite ve Diyabet Araştırma Merkezi Binası Kat:1 67100 ZONGULDAK
Tel: 0372 291 2449, Faks / Fax: 0372 291 2447
Eposta / Email: kisgd@beun.edu.tr



Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

**Karaelmas İş Sağlığı ve
Güvenliği Dergisi**

**Karaelmas Journal of
Occupational Health and Safety**

Cilt/Volume 3 . Sayı/Number 2 . Aralık/December 2019
e-ISSN: 2636-7602



<http://dergipark.org.tr/kisgd>

BU SAYININ HAKEMLERİ / REFEREES OF THIS ISSUE

Alaaddin ÇAKIR *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*

Ayşegül Körlü *Ege Üniversitesi*

Demet GÖNEN *Balıkesir Üniversitesi*

Fatma Füsun UYSAL *Tekirdađ Namık Kemal Üniversitesi*

Halime GÖKTAŞ KULUALP *Karabük Üniversitesi*

İbrahim Müjdat Başaran *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*

İsmail ÇALIK *Gümüşhane Üniversitesi*

Muharrem Kemal ÖZFIRAT *Dokuz Eylül Üniversitesi*

Mustafa YİĞİT *Aksaray Üniversitesi*

Necla ÇAKMAK *Karabük Üniversitesi*

Nurten Ayten UYANIK *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*

Okan SU *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*

Ozan BÜYÜKYILMAZ *Karabük Üniversitesi*

Sinan YILMAZ *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*

Taner ERDOĞAN *Kocaeli Üniversitesi*

Turhan BİLİR *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa*

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ÖZGÜN ARAŞTIRMA / ORIGINAL ARTICLE

Sayfa

- Türkiye İnşaat Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi
DOI: [10.33720/kisgd.622008](https://doi.org/10.33720/kisgd.622008)
Esmâ Nur GÜLLÜOĞLU, Arif Nihat GÜLLÜOĞLU _____ 65-81
- Bir Jant Sektöründe QEC ve REBA Yöntemleriyle Ergonomik Risk Değerlendirmesi
DOI: [10.33720/kisgd.644584](https://doi.org/10.33720/kisgd.644584)
Emin KAHYA, Sema SÖYLEMEZ _____ 83-96
- Bir Tekstil İşletmesinde Risk Değerlendirme Uygulaması: 5x5 Matris ve HAZOP
DOI: [10.33720/kisgd.581677](https://doi.org/10.33720/kisgd.581677)
Tuba KABAKULAK _____ 97-111
- Yerüstü Patlatmasında İş Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemi: Kirnati - Gürcistan
Hidroelektrik Santrali Projesi Mühendislik Uygulamaları
DOI: [10.33720/kisgd.502426](https://doi.org/10.33720/kisgd.502426)
Gökçen Eray ATAKOL, Ali KAHRİMAN, Sadettin BAĞDATLI, Baki Ömer FURAT _____ 113-127

DERLEME / REVIEW

- Kömür Madenlerinde Radon Ölçümleri
DOI: [10.33720/kisgd.623858](https://doi.org/10.33720/kisgd.623858)
Mehmet Ertan KÜRKCÜOĞLU, Havva AKGÖNÜL, Alaidin YILMAZ _____ 129-145

Türkiye İnşaat Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi

Analysis of Employment and Work Accidents in Turkish Construction Sector

Esma Nur GÜLLÜOĞLU, Arif Nihat GÜLLÜOĞLU

ÖZET

Artan nüfus ile birlikte insan ihtiyaçlarının karşılanmasında inşaat sektörü kendisine bağlı 200 den fazla alt sektör ile ekonominin lokomotifi olma özelliğini taşımaktadır. Sektör bünyesinde birçok meslek dalını kapsaması nedeniyle iş gücü kapasitesi oldukça yüksektir. İnşaat sektörü, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de en büyük ve tehlikeli sektörlerinden biridir. Günümüzde gelişen teknoloji ile büyüyen ihtiyaçların sonucu olarak çalışanlar daha fazla iş kazasına maruz kalmakta, çalışanların sağlığına ve iş güvenliğine yönelik tehlikeler artmaktadır. Sektörde yaşanan kazalar her yıl çok sayıda yaralanma ve can kaybı ile sonuçlanmaktadır. İnşaat sektörü iş kazalarının sayısal çokluğu ve ölümlü sonuçlanan kazaları bakımından diğer iş kolları arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu çalışmada 2008-2017 yılları arasında Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarına ait veriler karşılaştırmalı olarak incelenerek analiz edilmiştir. Ayrıca, ülkemiz inşaat sektörü için hesaplanan kaza sıklığı ve ölümlü kaza sıklığı değerleri Avrupa birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılarak mevcut durum mukayese edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektörü, İş Güvenliği, İş Kazaları, Kaza İstatistikleri, İstihdam

ABSTRACT

With the increasing population, the construction sector comes to the forefront in meeting the human needs. The sector is the locomotive of the economy with more than 200 sub-sectors connected to it. Labor force capacity is quite high as it covers many occupations in the sector. Construction sector is one of the largest and most dangerous sectors in our country as well as all over the world. Today, with growing needs and developing technology, employees are exposed to more work accidents. In addition, the hazards to the health and safety of employees are increasing. As a result of accidents in the sector, many injuries and deaths occur every year. Construction sector is in the first place in terms of numerical multiplicity of work accidents and fatal accidents compared to other business lines. In this study, between the years 2008-2017 were analyzed by examining the data on occupational accidents in Turkey and in the construction industry. Besides, occupational accidents in Turkey, compared with the member countries of the European Union.

Keywords: Construction Sector, Occupational Safety, Work Accidents, Accident Statistics, Employment

Araş.Gör. Esma Nur GÜLLÜOĞLU – İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
Res.Assist. Esma Nur GULLUOGLU – Istanbul Technical University, Textile Engineering Department, Istanbul
ORCID ID: 0000-0003-2430-5100 gulluoglu@itu.edu.tr

Prof.Dr. Arif Nihat GÜLLÜOĞLU – Marmara Üniversitesi, İş Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul.
Prof. Arif Nihat GULLUOGLU – Marmara University, Occupational Safety Department, Istanbul.
ORCID ID: 0000-0002-5294-1764 gulluoglu@marmara.edu.tr

Received/Geliş Tarihi : 19.09.2019
Accepted/Kabul Tarihi: 04.12.2019

I. GİRİŞ

Çalışma hayatında meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları geçmişten beri dünyada olduğu gibi ülkemizin de en önemli sorunlarından biri olmuştur. Çalışanların can kaybı ve sakatlıkları, işyerlerindeki maddi kayıplar ve işgücü kayıpları görünür görünmez birçok kaybı beraberinde getirmekte, sosyal düzen ve ülke ekonomisi olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği olgusu küresel boyutta bir sorundur. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre, dünyada her yıl 2,78 milyondan fazla kişi iş kazası ve meslek hastalıkları sonucu yaşamını yitirmektedir. Bunun yanında 374 milyon kişi ölümcül olmayan iş kazası ve meslek hastalığına maruz kalmakta ve bunların birçoğu işten uzun süreli devamsız kaldığından geçici işgücü kaybı yaşanmaktadır. Bu sorunun insani maliyeti oldukça yüksektir. Düşük iş güvenliği ve sağlık uygulamalarının ekonomik yükünün her yıl küresel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın %3,94'ü olduğu tahmin edilmektedir [1].

İnşaat sektörü en önemli sektörlerin başında gelmektedir. Kendisine bağlı 200'den fazla alt sektörün ürettiği mal ve hizmete talep yaratan konumunda olup, bu yaygın etki ile inşaat sektörü ekonominin lokomotifini olma özelliği taşımaktadır. Sektörün ekonomi içerisindeki doğrudan payı %8 dolayında iken kendisine bağlı farklı sektörler de hesaba katıldığında dolaylı payı %30'lar düzeyine çıkmaktadır [2].

Dünya geneli uluslararası müteahhitlik gelirlerinin sektörel dağılımı %26,8'i ulaştırma, %23'ü petrol tesisleri, %20,1'i üstyapı inşası, %10,4'ü enerji ve %6,5'i sanayi tesisi projelerinden elde edilmektedir [3].

Gelişimin ana eksenini oluşturan inşaat sektörü barajlar, enerji üretim tesisleri, yollar, tüneller, köprüler, rıhtım-

lar, havaalanları, kentsel mekânlar, fabrikalar, hastaneler ve diğer tüm yaşamsal mekânlar ile o mekânlar ve tesisleri yaşanır kılacak tüm altyapı faaliyetleri ile bunların bakım onarım yenilenme ve yıkım işlerinin tamamını kapsamaktadır [2, 4].

İnşaat sektörü yapısı itibarıyla proses bazlı değil proje bazlı bir sektördür ve her projenin kendi özgünlüğü bulunur [5]. İnşaat çalışanları genellikle sürekli aynı işte çalışmaktan ziyade sık iş değiştirmek zorunda kalırlar. Bu durum eğitim ve güvenlik algı düzeyleri farklı çalışanlar, değişken güvenlik anlayışı olan işyerleri, mevsim şartlarından dolayı fazla mesai ve aşırı çalışma koşulları, çalışanların deneyimsiz oldukları işleri yapmak zorunda kalmaları, gibi çeşitli olumsuzluklar içermektedir. Her inşaatta birbirinden farklı iş kalemlerinin olmasının yanında ekip çalışması gerektirdiğinden sağlık ve güvenlik açısından çok sayıda mesleki riskler bulunmaktadır [4]. Gelişmiş ülkelerdeki inşaat çalışanları diğer sektörlerde çalışanlara oranla 3 - 4 kat daha fazla kazaya uğrama riski taşımakta, ILO verilerine göre ise bu oran gelişmekte olan ülkelerde 6 kata kadar çıkmaktadır [3].

Ülkemizde en çok ölümlü iş kazaları inşaat sektöründe yaşanmaktadır. Yapılan bir araştırmada ölümle sonuçlanan kazaların oluş biçimlerine göre sınıflandırılmasında insan düşmesi tipindeki kazalarının %42,9'luk oranla ilk sırada yer aldığı, bunu %12,20 oranla elektrik çarpması, %10,5 oranla da malzeme düşmesinden kaynaklı olduğu bildirilmektedir. İnsan düşmesi şeklinde meydana gelen kazaların genellikle yüksekten düşme biçiminde yaşanması, bunlarında iş güvenliği mevzuatı gereği korkuluk, tutma ağırları, boşlukların kapatılması gibi önlemlerin alınmaması, çalışanların emniyet kemeri kullanmaması başlıca nedenlerdir. Elektrik çarpması tipindeki kazalar arasında yapı yakınından geçen gerilim hatlarına iletken bir malzeme veya donatı çubuğunun teması ile beton sulama esnasında suyun

elektrik hattına teması sonucu gibi olaylar başta gelmektedir [6].

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu'nun araştırma raporuna göre, neredeyse her iki ölümlü iş kazasının birinin yüksekten düşme şeklinde olduğu, bu kazaların sırasıyla kattan düşme, iskeleden düşme, sınıflandırılmayan düşmeler, kalıp imalatı aşamasında düşme, çatıdan düşme, asansör, merdiven ve tabliye boşluğundan düşmelerin ilk sıralarda yer aldığı vurgulanmaktadır. İskeleden düşme sonucu gerçekleşen iş kazalarında azalma eğilimi olduğu, bunun da son yıllarda Bakanlığın ilgili birimlerince standartlara uygun iskelede güvenli çalışma konusunda yürütülen çalışmaların katkı sağladığı belirtilmektedir [7].

İnşaat sektöründe sayısal olarak en fazla ölümlü iş kazasının bina inşaatı alt sektöründe meydana geldiği ancak kaza sıklığına göre yapılan değerlendirmeye göre en düşük oranın bu alt sektörde gerçekleştiği bildirilmektedir. Buna göre bina inşaatı alanında çalışan sayısının çok olması sonucu ölümlerin yüksek olduğu fakat kişi başına düşen iş kazası sayısına göre bir değerlendirme yapıldığında diğer inşaat faaliyetlerine göre düşük riskli olduğu bildirilmektedir [8].

İnşaat sektörünün emek - yoğun bir teknoloji ile çalışması ve yüksek istihdam kapasitesi ile işsizliği azaltan bir özelliği vardır. Gelişmekte olan ülkelerde nüfus hızla artarken, artan nüfusa bağlı olarak konut ihtiyacı beraberinde istihdamı da yükseltmektedir. Sektör özellikle vasıfsız işgücü için geniş bir istihdam alanı sağlamakta, bu durum ise sektörün en temel sorunlarından birini oluşturmaktadır. Çünkü sektörde mesleki eğitime talep çok düşük ve eğitim-istihdam ilişkisi zayıftır [3]. Ülkemizde inşaat sektöründe iş kazası geçiren çalışanların eğitim durumu bakımından incelendiğinde %16,84'ünün sadece okuryazar, %31,64'ünün ise ilkökul mezunu olduğu, %49,74'ünün 20 -

34 yaş aralığında olduğu görülmektedir [9]. Sektörde mesleki bilgi ve becerisini kanıtlamış belgeli işgücü istihdamının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada Sosyal Güvenlik Kurumu'nun (SGK) son on yılda (2008 – 2017) yayınladığı istatistikler incelenerek elde edilen veriler ile Türkiye geneli ve inşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları değerlendirilmiş, ulusal ve uluslararası kabul görmüş çeşitli ölçütlere göre gerekli hesaplamalar yapılarak analiz edilmiştir. İş teftişleri verilerine göre Türkiye geneli ve inşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği denetimlerine ait veriler de incelenmiştir. Ayrıca ülkemiz inşaat sektörüne ait iş kazası sıklık değeri ve ölümlü kaza sıklık değerleri Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Sosyal Güvenlik Kurumunca düzenli olarak yayınlanan istatistik yıllıkları çalışmasının son on yıllık (2008 – 2017) verileri kullanılarak, Türkiye genelinde faaliyet gösteren sektörlerin toplamı ile inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarına ait istatistiksel veriler, uluslararası kabul görmüş parametreler ile birlikte incelenerek analiz edilmiştir. Elde edilen veriler ile Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (EUROSTAT) ve Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından belirlenen genel kaza sıklığı, ölümlü kaza sıklığı, sürekli iş görmezlik kaza sıklığı, geçici iş görmezlik kaza sıklığı, standardize iş kazası oranı, iş kazası sıklık hızı ve iş kazası ağırlık hızı, parametrelerine göre hesaplamalar yapılarak son 10 yıllık dönemde Türkiye geneli ve inşaat sektöründeki değişimler grafiksel ve tablolar halinde incelenerek değerlendirilmiştir.

İnşaat sektörü, Avrupa Birliği İstatistik Ofisi tarafından oluşturulan NACE Rev.2_Altılı Kod Ekonomik Faaliyet Sınıflamasına göre F Grubunda yer almaktadır. 01-99 arasında iki haneli olarak ifade edilen ekonomik faaliyet

Tablo 1: İnşaat Sektörü Ekonomik Faaliyet Sınıflaması ve Alt Sektörler Bazında Tehlike Sınıfları Dağılımı [10].

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması (NACE) F İNŞAAT		Alt Sektörler Bazında Tehlike Sınıfları Dağılımı		
		Az Tehlikeli	Tehlikeli	Çok Tehlikeli
41- Bina İnşaatı		1	-	7
41.1	İnşaat projelerinin geliştirilmesi	1	-	2
41.2	İkamet amaçlı olan veya ikamet amaçlı olmayan binaların inşaatı	-	-	5
42- Bina Dışı Yapıların İnş.		-	-	24
42.1	Kara ve demir yollarının inşaatı	-	-	6
42.2	Hizmet projelerinin inşaatı	-	-	10
42.9	Bina dışı diğer yapılara ait projelerin inşaatı	-	-	8
43- Özel İnşaat Faaliyetleri		2	8	29
43.1	Yıkım ve şantiyenin hazırlanması	-	-	4
43.2	Elektrik tesisatı, sıhhi tesisat ve diğer inşaat tesisatı faaliyetleri	-	-	9
43.3	Binanın tamamlanması ve bitirilmesi	1	5	5
43.9	Diğer özel inşaat faaliyetleri	1	3	11

sınıflamasında inşaat sektörü; 41-Bina inşaat, 42-Bina dışı yapıların inşaatı ve 43- Özel inşaat faaliyetleri olarak gruplandırılan alt bölümlerin toplamı olarak değerlendirilmiş ve bu alanlardaki veriler kullanılmıştır. 26/12/2012 tarihli ve 2509 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren "İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği" ne göre inşaat sektöründeki işyerlerinin ekonomik faaliyet alanlarına ilişkin tehlike sınıfları ve alt sektör sayısı Tablo 1'de verilmiştir [10].

Ülkelerin ekonomik faaliyetlerine ilişkin istatistikî verilerinin birbirleri ile anlamlı karşılaştırma yapılabilmesi için istihdam boyutundaki farklılıklar, çalışan sayısındaki değişiklikler ve çalışma saatlerindeki çeşitlilik gibi faktörlerin dikkate alınması gerekir. Çünkü sektörler aynı alındığında çalışan sayısı her ülkede farklılık göstermektedir. Önemli olan, karşılaştırma yapılacak parametrelerin sayısı değil incelenen çalışma gurubundaki oranıdır. Ulusal ve uluslararası düzeydeki bilgilerin karşılaştırılmasında kullanılan oranlar, ILO, EUROSTAT ve SGK tarafından belirlenen aşağıdaki ölçütlere göre hesaplanarak [11-13] tablolar ve

eğrisel grafikler ile yorumlanmaya çalışılmıştır.

- **Kaza Sıklığı:** Bir yıl içerisinde, istihdamda yer alan her 100.000 çalışan başına düşen iş kazası sayısı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, oluşan kazaların büyüklüğünü değerlendirebilmek için iş kazası sonucu oluşan; genel iş kazası, geçici iş görmezlik, sürekli iş görmezlik ve ölümlü iş kazası olmak üzere farklı kaza sıklığı ölçütleri hesaplanmıştır.
- **Standardize İş Kazası Oranı:** Bir yıl içerisinde, incelenen faaliyet kolunda meydana gelen iş kazası sayısının o faaliyet kolundaki beklenen kaza sayısına oranının yüzdesel ifadesi olarak tanımlanmaktadır.
- **İş Kazası Sıklık Hızı:** Bir yıl içerisinde çalışılan her 1.000.000 iş saatinde karşılık gelen kaza sayısı olarak tanımlanmaktadır.
- **İş Kazası Ağırlık Hızı:** Bir yıl içerisinde çalışılan her 1.000.000 saatte iş kazası nedeniyle kaybedilen iş günü sayısı olarak tanımlanmaktadır.

Türkiye geneli ve inşaat sektöründe 2008 – 2017 yılları

Tablo 2. Sigortalı Çalışan Sayıları [13-22]

Yıllar	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bina İnşaatı	733.071	702.389	818.926	935.363	1.026.433	1.052.717	1.188.281	1.266.828	1.194.432	1.331.723
Bina Dışı Yapıların İnş.	255.521	256.096	285.082	290.785	314.905	334.172	338.606	364.592	368.923	417.205
Özel İnşaat Faaliyetleri	250.296	269.213	346.283	404.703	448.149	463.053	349.042	349.210	323.744	334.510
İnşaat Sektörü Toplam	1.238.888	1.227.698	1.450.291	1.630.851	1.789.487	1.849.942	1.875.929	1.980.630	1.887.099	2.083.438
Türkiye Geneli	8.802.989	9.030.202	10.030.810	11.030.939	11.939.620	12.484.113	13.240.122	13.999.398	13.775.188	14.477.817

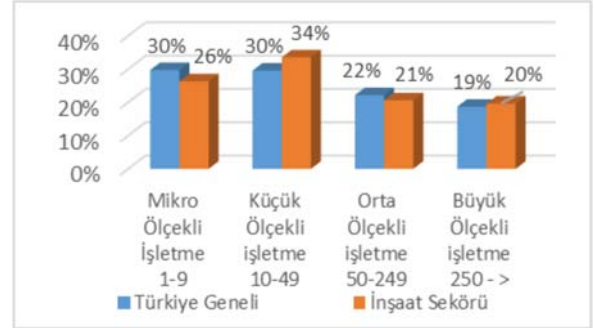
arasında SGK tarafından yayınlanan istatistiki bilgiler incelenerek işyeri sayısı ve çalışan sayısı bakımından işyeri büyüklüğüne göre dağılımları tablo ve grafikler halinde değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca yayınlanan "Çalışma Hayatı İstatistikleri"nde yer alan İş Teftişleri verileri [14], yıllar bazında yapılan iş sağlığı ve güvenliği teftiş sayıları, işyeri ve çalışan sayısına göre incelenerek değerlendirilmiştir. Ayrıca Türk inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları ile Avrupa Birliği geneli ve bazı üye ülkelerin inşaat sektöründe meydana gelen kazalar karşılaştırılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

2008 – 2017 yılları arasında Sosyal Güvenlik Kurumunun yıllık istatistiki verilerinden elde edilen bilgilere göre, Türkiye geneli ve NACE kodlamasına göre inşaat sektöründe istihdam edilen sigortalı çalışan sayıları Tablo 2'de verilmiştir. Türkiye geneli ile bina inşaatı (ikamet amaçlı olan veya olmayan binaların inşaatı vb.) ve bina dışı yapıların inşaatında (yol, su köprü, tünel ve elektrik şebekesi inşaatı vb.) çalışan sayısında sürekli artış söz konusu iken özel inşaat faaliyetlerinde (yıkım, test sondajı ve delme, sıhhi ve ısıtma tesisatı vb.) 2013 yılından sonra azalma görülmektedir. İnşaat sektöründe çalışanlar Türkiye genelinde sigortalı çalışma gücünün yaklaşık %14'lük bir ağırlığa sahiptir. İstihdam bakımından değerlendirildiğinde bu oranın yüksekliği önem arz etmektedir. Rakamlara göre İnşaat sektöründe çalışanların ortalama %64'ü bina inşaatı alt sektöründe istihdam edilmektedir.

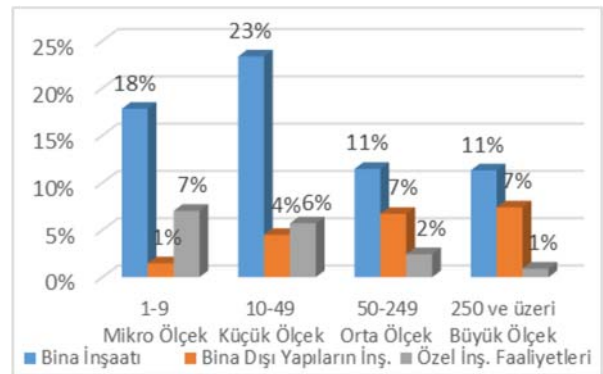
Şekil 1'de çalışan sayıları bakımından işyeri büyüklüğüne göre dağılım incelendiğinde, Türkiye geneli ve inşaat sektörünün her ikisinde de istihdamın % 60'ı çalışan sayısı elliden az olan mikro ve küçük ölçekli işletmelerden sağlanmaktadır.

Şekil 1: Çalışanların İşyeri Büyüklüğüne Göre Dağılımı 2017 [13].



İnşaat sektöründe istihdamın alt sektör dağılımı Şekil 2'de verilmektedir. Sektörde çalışanların %64'ü bina inşaatında, %20'si bina dışı yapıların inşaatında, %16'sı ise özel inşaat faaliyetlerinde yer almaktadırlar. Bina inşaatı ile özel inşaat faaliyetlerinde en büyük istihdam mikro ve küçük ölçekli işyerlerinden sağlanırken, yol, su, köprü, tünel gibi bina dışı yapıların inşaatında istihdam orta ve büyük ölçekli işletmelerden karşılanmaktadır.

Şekil 2: İnşaat Sektöründe İstihdam Dağılımı 2017 [13]



Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yayınlanan yıllık istatistik verilerine göre 2008 – 2017 yılları arasında işyeri sayıları bakımından, bina inşaatında 2012 yılında ve inşaat sektörü genelinde 2015 yılında bir azalma görülse de genelde yukarı yönlü bir artış gözlenmektedir. Türkiye geneli işyeri sayılarında ise sürekli artış görülmektedir. Son on

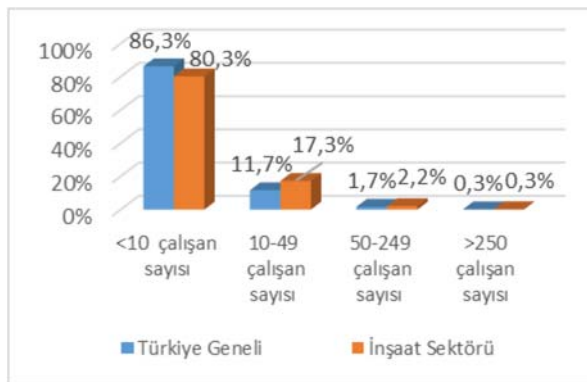
Tablo 3: Sektörlerde İşyeri Sayıları [13-22]

Yıllar	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bina İnşaatı	107.367	105.497	112.224	116.679	118.035	111.117	119.686	128.477	126.915	142.241
Bina Dışı Yapıların İnş.	10.627	10.431	12.684	12.763	13.830	14.223	14.055	15.053	14.438	14.684
Özel İnşaat Faaliyetleri	30.641	33.403	42.292	48.436	54.068	56.575	52.560	54.701	54.637	57.219
İnşaat Sektörü Toplam	148.635	149.331	167.200	177.878	185.933	181.915	186.301	198.231	195.990	214.144
Türkiye Geneli	1.170.248	1.216.308	1.325.749	1.435.879	1.538.006	1.611.292	1.679.990	1.740.187	1.749.240	1.874.682

yıllık ortalamaya göre ülke genelindeki işyerlerinin yaklaşık %12'si İnşaat sektöründe yer almaktadır. İnşaat sektöründeki işyerleri sayısının ise yaklaşık %66'sı bina inşaatları alt sektörü içinde, %7'si bina dışı yapıların inşaatında, %27'si ise özel inşaat faaliyetlerinde yer almaktadır (Tablo 3).

İşyerlerinin çalışan sayıları bakımından büyüklüklerini gösteren grafik Şekil 3'de verilmiştir. Buna göre Türkiye genelindeki işyerlerinin ve inşaat sektöründeki işyerlerinin yaklaşık %98'i çalışan sayısı elliden az olan mikro ve küçük ölçekli işletme niteliğindedir. İnşaat sektöründe bulunan işletmelerin %80'i bünyesinde 1-9 çalışanı bulunan mikro ölçekli, %17'si ise 10-49 arasında çalışanı bulunan küçük ölçekli işletme niteliğindedir.

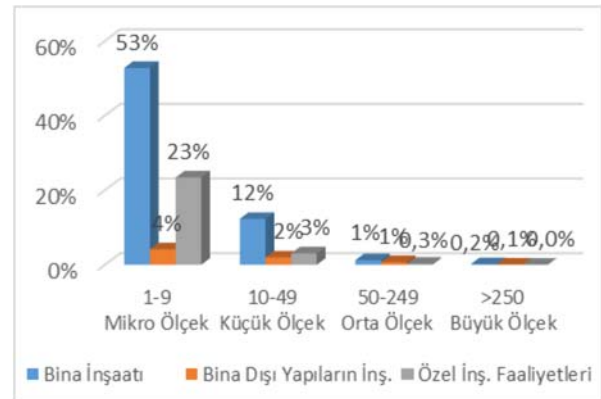
Şekil 3: Çalışan sayısına göre işyeri büyüklüğü dağılımı 2017 [13]



İnşaat sektöründe işyeri sayılarının alt sektörler bazında dağılımı Şekil 4'de gösterilmektedir. Sektörde işletme sayısı %66 oranla en fazla bina inşaatı alt sektöründedir. Bunun

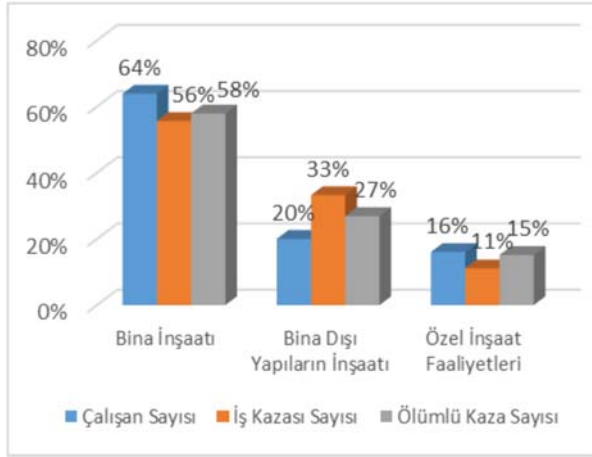
da %53'ü bünyesinde 10 kişiden az çalışanı bulunan mikro ölçekli işletmeler oluşturmaktadır. Özel inşaat faaliyetleri alt sektörü işletme sayısı %26'lık oranla ikinci sırada yer almaktadır ve bu işletmelerin %23'ü yine mikro ölçekli işletmelerden oluşmaktadır.

Şekil 4: İnşaat Sektöründe İşyeri Sayılarının Dağılımı 2017 [13]



İnşaat sektöründe 2017 yılı çalışan sayıları, iş kazaları ve ölümlü kaza sayıları Şekil 5'de kendi alt grupları içinde değerlendirilmiştir. Sektörde çalışanların %64'ü bina inşaatında çalışmaktadır. Bunun yanında iş kazalarının %56'lık bir kısmı bu alt grupta yer almaktadır. Bina dışı yapıların inşaatında ise %20 çalışan olmasına rağmen kaza oranı %33, ölüm oranı ise %27 olarak gerçekleşmiştir. Buna göre inşaat sektöründe çalışan sayısı başına düşen iş kazası ve ölüm sayısı yüzdelik değerleri, bina dışı yapıların inşaatı alt sektöründe kazaların daha yoğun ve ağır yaşandığını göstermektedir.

Şekil 5: İnşaat Sektöründe İş Kazaları Dağılımı 2017 [13]



Tablo 4’de 2008-2017 yılları arasında SGK istatistiklerine göre Türkiye geneli tüm sektörler toplamı ve inşaat sektöründe çalışan sayısı, iş kazası sayıları ve hesaplanan iş kazası sıklığı ile yıllar bazındaki yüzdesel değişimleri gösterilmektedir. Tablo incelendiğinde, çalışan sayısında son 10 yılda Türkiye genelinde %64,46’lık artış olurken, inşaat sektöründe bu artış %68,17 olarak gerçekleşmektedir. 2017 yılında inşaat sektörü 2.083.438 çalışana ile tüm ülke işgücünün yaklaşık %14,39’unu istihdam ederken, 62.802 kaza sayısı ile ülke genelinin %17,46’sına tekabül etmektedir. İnşaat sektöründe yıldan yıla sürekli artış gösteren kaza sayıları %193’lük değişimle 2013 yılında en yüksek seviye-

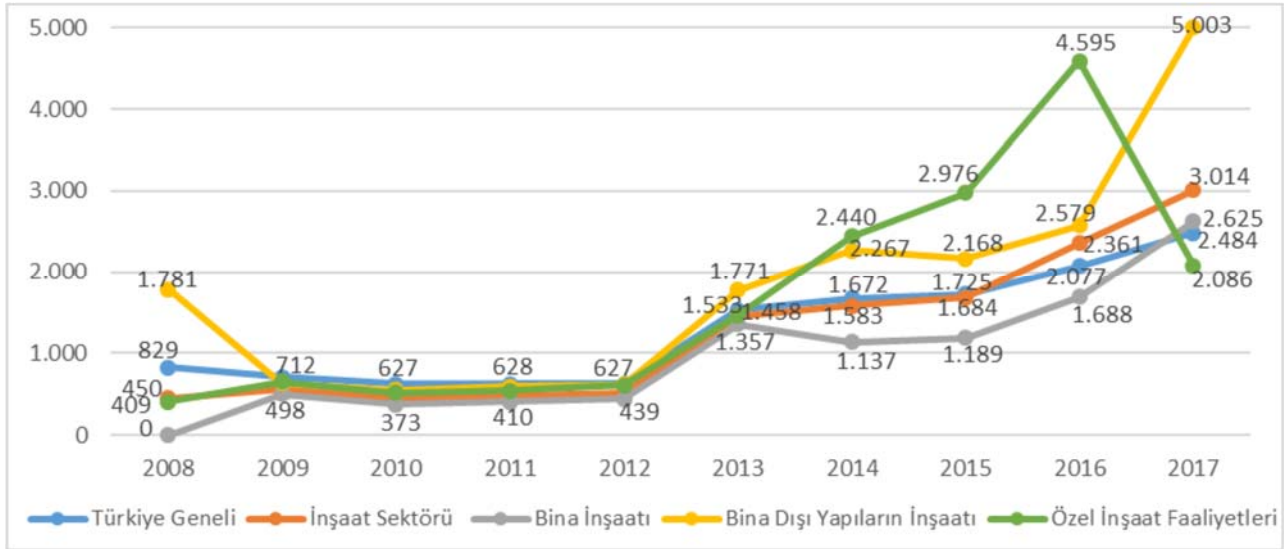
ye ulaşırken yine aynı yıl Türkiye geneli için %156’lık bir artış gerçekleşmiştir. Bir yıl içerisinde her yüz bin çalışan başına düşen iş kazası sayısı olarak tanımlanan ve Tablo 4’de hesaplanan iş kazası sıklığına göre; Türkiye genelinde 2008 yılında 829 çalışan iş kazasına maruz kalırken 2017 yılında %200 artışla 2484 kişi kaza geçirmiştir. İnşaat sektöründe ise 2008 yılında her yüz bin çalışandan 450’si iş kazasına maruz kalırken 2017 yılında %570 artışla 3014 kişi kaza geçirmiştir.

Kaza Sıklığının yıllara göre değişimini veren grafik Şekil 6’da gösterilmektedir. Türkiye geneli ve inşaat sektöründe 2009 ve 2012 yılları arasında fazla bir değişiklik görülmezken 2012 yılından sonraki yıllarda ciddi artışlar gözlenmektedir. 2012 yılında inşaat sektöründe çalışan her 100.000 kişiden yaklaşık 515’i iş kazasına maruz kalırken 2017 yılında bu değer yaklaşık altı kat artarak 3.014 çalışan iş kazasına maruz kalmıştır. Türkiye genelinde ise 2012 yılında 627 çalışan iş kazasına maruz kalırken 2017 yılında yaklaşık dört kat artarak 2.484 çalışan iş kazasına uğramıştır. İnşaat sektörü genelindeki kaza sıklık değerleri Türkiye geneli ile paralellik gösterirken, bina dışı yapıların inşaatı ile özel inşaat faaliyetlerindeki kaza sıklığı Türkiye genelinin oldukça üzerindedir. Genel olarak 2012 yılından sonra iş kazası sayısındaki artışın o yıl yayınlanan İş Sağlığı ve

Tablo 4: İş Kazası Sıklığı [13]

YILLAR	Türkiye Geneli						İnşaat Sektörü					
	Çalışan Sayısı	Değiş. %'si	İş Kaz. Sayısı	Değiş. %'si	İş Kaz. Sıklığı	Değiş. %'si	Çalışan Sayısı	Değiş. %'si	İş Kaz. Sayısı	Değiş. %'si	İş Kaz. Sıklığı	Değiş. %'si
2008	8.802.989		72.963		829		1.238.888		5.574		450	
2009	9.030.202	3%	64.316	-12%	712	-14%	1.227.698	-1%	6.877	23%	560	25%
2010	10.030.810	11%	62.903	-2%	627	-12%	1.450.291	18%	6.437	-6%	444	-21%
2011	11.030.939	10%	69.227	10%	628	0%	1.630.851	12%	7.749	20%	475	7%
2012	11.939.620	8%	74.871	8%	627	0%	1.789.487	10%	9.209	19%	515	8%
2013	12.484.113	5%	191.389	156%	1.533	144%	1.849.942	3%	26.967	193%	1.458	183%
2014	13.240.122	6%	221.366	16%	1.672	9%	1.875.929	1%	29.699	10%	1.583	9%
2015	13.999.398	6%	241.547	9%	1.725	3%	1.980.630	6%	33.361	12%	1.684	6%
2016	13.775.188	-2%	286.068	18%	2.077	20%	1.887.099	-5%	44.552	34%	2.361	40%
2017	14.477.817	5%	359.653	26%	2.484	20%	2.083.438	10%	62.802	41%	3.014	28%

Şekil 6: İş Kazası Sıklığı Dağılımı [13]



Güvenliği Kanunu ile yakından ilişkisi vardır. Yayımlanan bu kanunun uygulamasında, iş kazası bildirim formunun elektronik ortamda alınmaya başlanması ile iş kazası geçiren ve bildiri yapılan tüm sigortalı sayılarına ait veriler yayınlanmaya başlamıştır. Buna karşın 2012 ve öncesi yılları kapsayan uygulamada, iş kazası geçiren sigortalı sayılarına ait istatistikler verilirken ödemesi yapıp kapatılan iş kazası vaka sayıları esas alınmaktaydı [13].

Türkiye geneli tüm sektörler toplamında ve inşaat sektöründe 2008 – 2017 yılları arasında iş kazaları sonucu meydana gelen ölüm sayıları, sürekli iş göremezlik sayıları ve geçici iş göremezlik süreleri Tablo 5’de verilmiştir. Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe ölüm sayıları yıllar

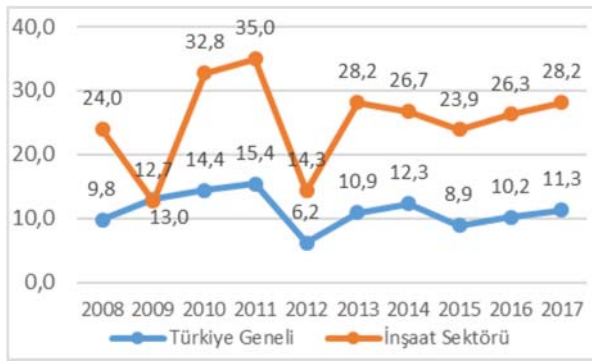
bazında değişkenlik gösterirken, 2014 yılından sonra sürekli iş göremezlik sayısı ve geçici iş göremezlik sürelerinde dikkat çekici bir artış olmuştur. İş kazaları nedeniyle inşaat sektöründe 2017 yılında 587 çalışan hayatını kaybederken 1505 çalışan ömür boyu sakat kalmış, 838.697 işgünü kaybı yaşanmıştır. Son on yılın ortalamasına göre İnşaat sektörünün Türkiye geneli sektörler toplamı içindeki ortalama payı ölüm sayısında yaklaşık %33 iken sürekli iş göremezlik sayısı ve geçici iş göremezlik süresi içindeki payları sırasıyla %28 ve %19’dur. Çalışan sayısına oranla iş kazası sayısı ve sonuçları bakımından değerlendirildiğinde inşaat sektöründeki kazaların genelde yüksek şiddetli olduğu söylenilebilir.

Tablo 5: Ölüm, Sürekli İş Göremezlik ve Geçici İş Göremezlik İstatistikleri [13]

YILLAR	Ölümlü İş Kazası Sayısı			Sürekli İş Göremezlik Sayısı			Geçici İş Göremezlik Süresi (gün)		
	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %
2008	865	297	34%	1.452	373	26%	1.855.980	246.464	13%
2009	1.171	156	13%	1.668	282	17%	1.572.106	264.286	17%
2010	1.444	475	33%	1.976	317	16%	1.502.871	241.134	16%
2011	1.700	570	34%	2.093	405	19%	1.757.422	319.209	18%
2012	744	256	34%	2.036	563	28%	1.647.127	309.441	19%
2013	1.360	521	38%	1.660	463	28%	2.357.505	457.437	19%
2014	1.626	501	31%	1.421	404	28%	2.065.962	358.536	17%
2015	1.252	473	38%	3.433	979	29%	2.992.070	562.498	19%
2016	1.405	496	35%	4.447	1450	33%	3.453.702	700.908	20%
2017	1.633	587	36%	3.987	1505	38%	3.996.873	838.697	21%
Ortalama	1.200	394	33%	2.198	613	28%	2.109.238	390.783	19%

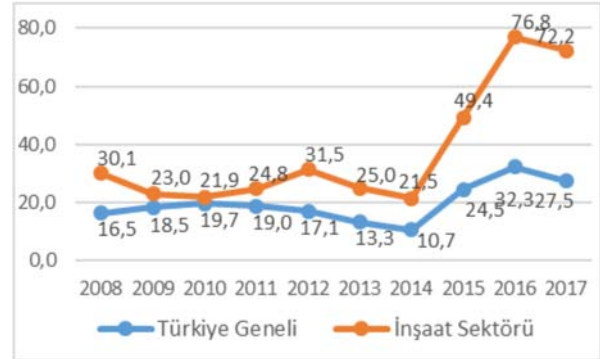
Her 100.000 çalışana karşılık ölüm sayılarını belirleyen Ölümlü Kaza Sıklığı ile ilgili Şekil 7’de verilen grafik incelendiğinde, özellikle 2012 yılında belirgin bir düşüş olduğu görülmektedir. 2017 yılında Türkiye genelinde her 100.000 çalışandan yaklaşık 11 kişi hayatını kaybederken inşaat sektöründe 28 kişi yaşamını yitirmektedir. Bu da sektörde yaşanan ölüm vakaları sayısının Türkiye genelinin çok üzerinde olduğunu göstermektedir.

Şekil 7: Ölümlü Kaza Sıklığı Dağılımı [13]



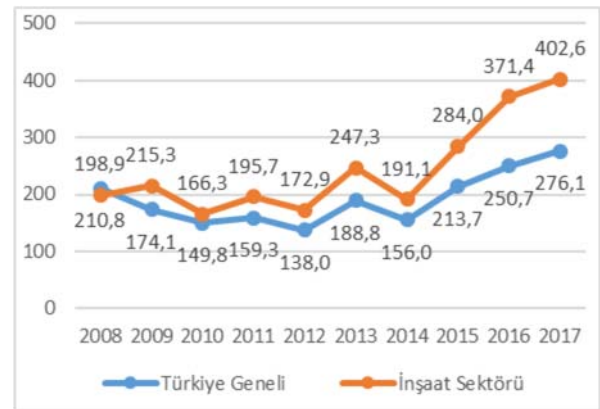
Çalışanların meslekte kazanma gücünün en az %10 oranında azalmış olması halinde, sürekli iş göremezlik durumu ortaya çıkmaktadır. İstatistik verilerinden elde edilen bilgilere göre iş kazası nedeniyle hesaplanan Sürekli İş Göremezlik Kaza Sıklığı, Türkiye geneli ve inşaat sektörü için Şekil 8’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde Türkiye geneli ve inşaat sektöründe 2014 yılına kadar sürekli iş göremezlik kaza sıklığında genel anlamda bir iyileşme olmakla beraber 2014 yılından sonra ise her iki değerinde de yaklaşık üç kat fazla bir artış gözlenmektedir. Şöyle ki, 2014 yılında inşaat sektöründe çalışan her 100.000 kişiden yaklaşık 21’i iş kazası sonucu sürekli iş göremez hale gelirken, 2017 yılında bu değer 72’ye yükselmiştir. Türkiye genelinde ise 11 olan sürekli iş görmez sayısı 27’ye yükselmiştir. İnşaat sektöründe çalışanlar Türkiye geneli çalışanlardan yaklaşık üç kat daha fazla sürekli iş görmez haline gelmektedir.

Şekil 8: Sürekli İş Göremezlik Kaza Sıklığı Dağılımı [13]



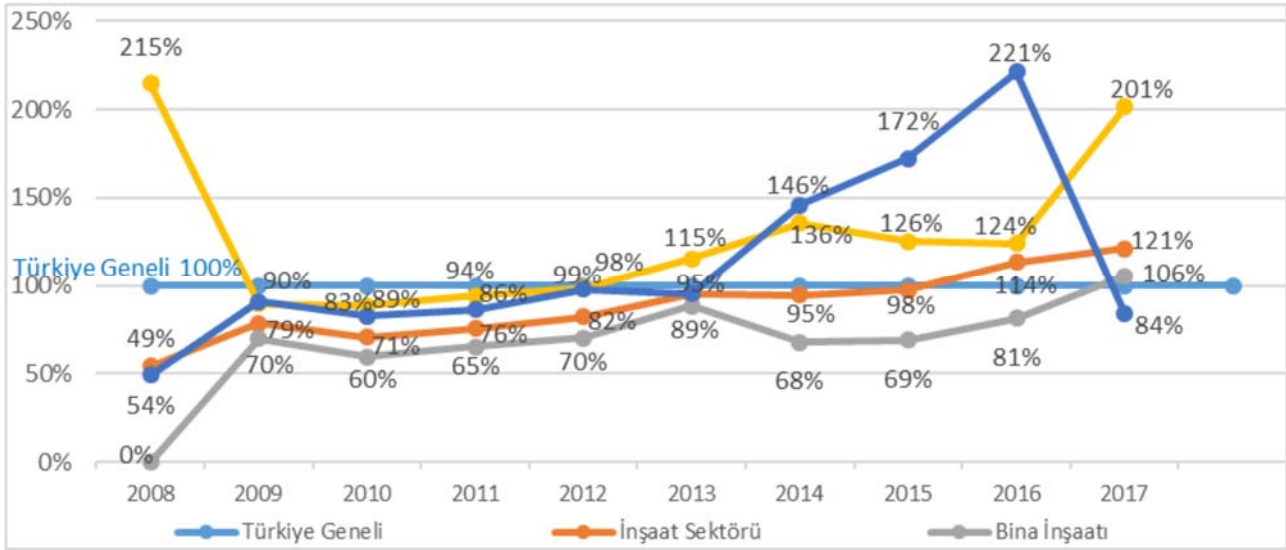
İş Kazasına bağlı belirli sürelerde çalışılmaması durumu olarak ifade edilen Geçici İş Göremezlik süreleri için hesaplanan kaza sıklığı grafiksel olarak Şekil 9’da gösterilmektedir. Son on yıl içerisinde inşaat sektöründe yaşanan geçici iş göremezlik süreleri Türkiye geneli ile paralellik göstermekle beraber 2014 yılından sonra sürekli artmıştır. Bu artış Türkiye genelinde yaklaşık %77 olurken, inşaat sektöründe yaklaşık %110 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 9: Geçici İş Göremezlik Kaza Sıklığı Dağılımı [13]



Ülke genelinde meydana gelen iş kazalarının sayısı ile sektörde istihdam edilenlerin sayısının birlikte değerlendirildiği ve sektörler arasında karşılaştırma yapma imkanı sağlayan standardize iş kazası oranı hesaplamalarına ait

Şekil 10: Standardize İş Kazası Oranları Dağılımı [13]



değerler Şekil 10'da verilmiştir. Buna göre, 2015 yılına kadar inşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının Türkiye genelinde gerçekleşen iş kazalarının standardize oranı olan 100'ün altında olduğunu göstermektedir. Alt sektörler düzeyinde değerlendirildiğinde iş kazalarının en yoğun bina dışı yapıların inşaatı ile özel inşaat faaliyetlerinde meydana geldiği gözlenmektedir. Bu iki alt sektöre karşın bina inşaatında gerçekleşen iş kazaları en az değerde olmakta ve inşaat sektörü ile paralellik göstermektedir.

Türkiye geneli ve inşaat sektöründe yıllar bazında istatistik verilerden yararlanılarak hesaplanan İş Kazası Sıklık

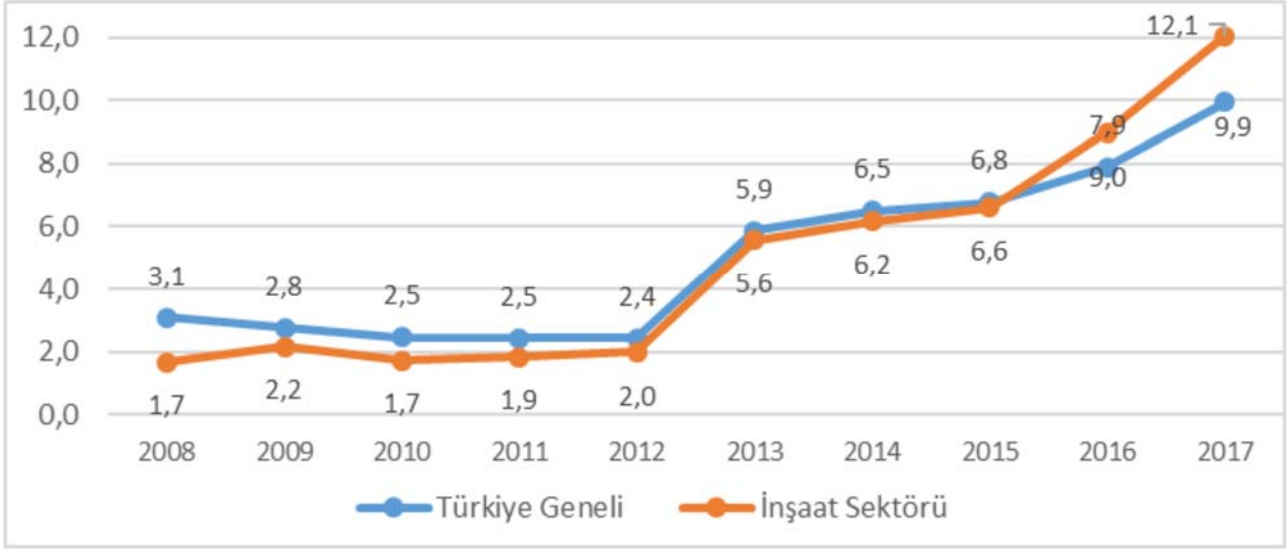
Hızı değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir. İnşaat sektörü için pirim tahakkuk gün sayısı, Türkiye genelinde o yıl çalışan başına düşen ortalama pirim tahakkuk eden gün sayısı bulunarak inşaat sektöründeki çalışan sayısı ile çarpılması sonucu elde edilen değer olarak alınmıştır.

Hesaplanan İş Kazası Sıklık Hızı ve bunların yıllara göre değişimini gösteren eğrisel grafik Şekil 11'de verilmektedir. Grafik incelendiğinde İnşaat sektörü ve Türkiye geneli iş kazası sıklık hızının 2012 yılına kadar genelde fazla bir değişiklik göstermediği, sonraki yıl ise yaklaşık 2,5 kat arttığı ve bu artışın sürekli olduğu görülmektedir. İnşaat

Tablo 6: İş Kazası Sıklık Hızı [13]

Yıllar	Çalışan Sayısı		İş kazası Sayısı		Pirim Tahakkuk eden gün sayısı		İş kazası sıklık hızı 1.000.000 iş saati	
	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü
2008	8.802.989	1.238.888	72.963	5.574	2.945.664.020	414.557.806	3,10	1,68
2009	9.030.202	1.227.698	64.316	6.877	2.915.404.372	396.362.796	2,76	2,17
2010	10.030.810	1.450.291	62.903	6.437	3.190.289.762	461.263.699	2,46	1,74
2011	11.030.939	1.630.851	69.227	7.749	3.532.389.503	522.240.306	2,45	1,85
2012	11.939.620	1.789.487	74.871	9.209	3.855.795.100	577.899.063	2,43	1,99
2013	12.484.113	1.849.942	191.389	26.967	4.069.831.784	603.082.714	5,88	5,59
2014	13.240.122	1.875.929	221.366	29.699	4.248.428.182	601.939.290	6,51	6,17
2015	13.999.398	1.980.630	241.547	33.361	4.462.091.444	631.295.158	6,77	6,61
2016	13.775.188	1.887.099	286.068	44.552	4.524.501.578	619.823.294	7,90	8,98
2017	14.477.817	2.083.438	359.653	62.802	4.524.383.875	651.083.882	9,94	12,06

Şekil 11: İş Kazası Sıklık Hızı Dağılımı [13]



Sektörü verilerinin 2015 yılından sonra Türkiye Geneli verilerinin üzerinde seyretmektedir. 2017 yılı içinde 1.000.000 iş saatinde Türkiye genelinde ortalama 10 iş kazası meydana gelirken inşaat sektöründe 12 iş kazası meydana gelmiştir.

Türkiye geneli ve inşaat sektörü için hesaplanan İş kazası ağırlık hızı değerleri Tablo 7’de verilmiştir. Türkiye geneli için verilen sürekli iş göremezlik sayısının sürekli iş göremezlik derecesi toplamına olan oranından faydalanılarak inşaat sektörü için sürekli iş göremezlik derecesi hesaplanmıştır.

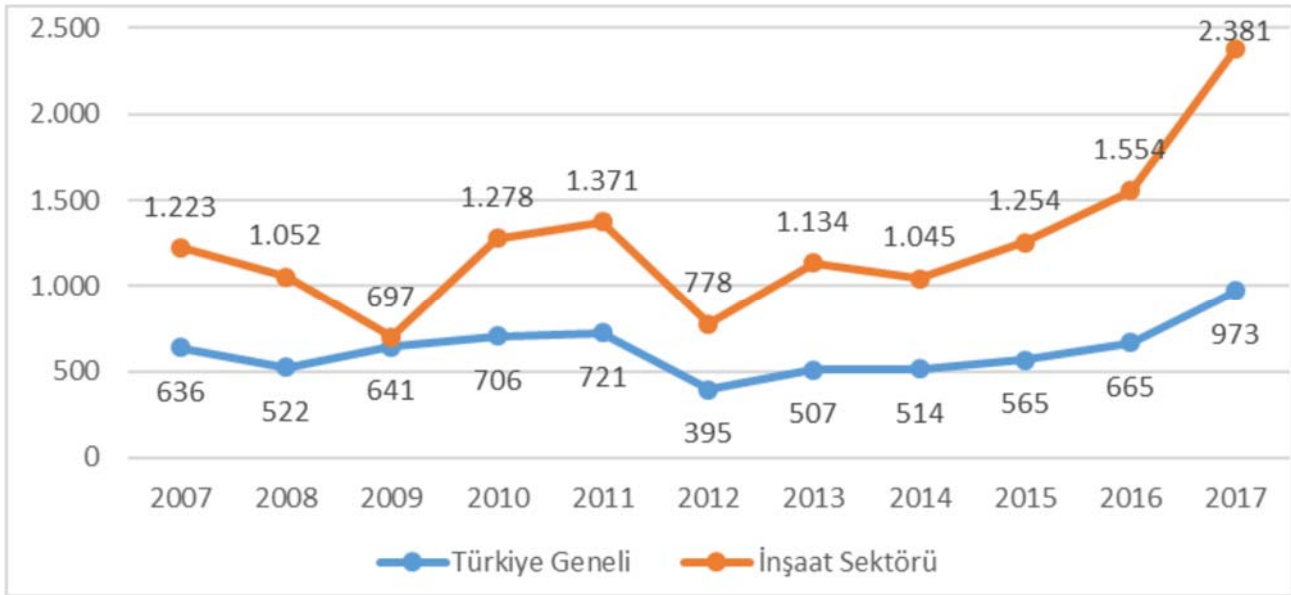
İş Kazası Ağırlık Hızı ülke geneli, sektör veya işyerindeki kazaların ciddiyet önem derecesini göstermektedir. Tür-

kiye geneli ve inşaat sektörü için Tablo 7’de hesaplanan İş Kazası Ağırlık Hızı ve yıllara göre değişimini gösteren grafik Şekil 12’de verilmiştir. İnşaat sektöründeki iş kazası ağırlık hızı 2009 yılı hariç Türkiye genelinin iki katından fazla değerdedir. 2012 yılından sonra sürekli artış gösteren iş kazası ağırlık hızı değerine göre; 2012 yılında Türkiye genelinde 1.000.000 saatte iş kazası nedeniyle 395 iş günü kaybı olurken inşaat sektöründe 778 iş günü kaybedilmiştir. 2017 yılı içinde ise Türkiye genelinde %146’lık bir artışla 973 iş günü kaybı olurken inşaat sektöründe %206’lık artışla 2.381 iş günü kaybı yaşanmıştır. İş kazası ağırlık hızındaki artış, yaşanan kazaların daha ağır şekilde sonuçlandığını göstermektedir.

Tablo 7: İş Kazası Ağırlık Hızı [13]

Yıllar	Geçici İş Göremezlik Süresi (gün)		Sürekli İş Göremezlik (gün)		Sürekli İş Göremezlik Derecesi Toplamı		Ölüm Vaka Sayısı		İş kazası ağırlık hızı gün	
	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü
2008	1.855.980	246.464	1.452	373	52.685	13.534	865	297	522	1.052
2009	1.572.106	264.286	1.668	282	61.300	10.364	1.171	156	641	697
2010	1.502.871	241.134	1.976	317	75.833	12.166	1.444	475	706	1.278
2011	1.757.422	319.209	2.093	405	78.054	15.104	1.700	570	721	1.371
2012	1.647.127	309.441	2.036	563	66.039	18.261	744	256	395	778
2013	2.357.505	457.437	1.660	463	52.825	14.734	1.360	521	507	1.134
2014	2.065.962	358.536	1.421	404	42.857	12.185	1.626	501	514	1.045
2015	2.992.070	562.498	3.433	979	103.833	29.610	1.252	473	565	1.254
2016	3.453.702	700.908	4.447	1.450	134.403	43.824	1.405	496	665	1.554
2017	3.996.873	838.697	3.987	1.505	252.916	95.470	1.633	587	973	2.381

Şekil 12: İş Kazası Ağırlık Hızı Dağılımı [13]



Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca yayınlanan Çalışma Hayatı İstatistiklerinden yararlanılarak elde edilen Türkiye geneli ve inşaat sektörü için son yıllarda gerçekleştirilen teftiş sayıları ve hesaplanan oranlar Tablo 8’de verilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği yönünden yapılan teftişlerde Türkiye geneli ve İnşaat sektöründe işyeri teftiş sayılarında ve teftişle çalışan sayılarında 2013 yılına kadar genelde bir azalma yaşandığı gözlenmiştir. 2009-2017 yılları ortalamasına göre Türkiye genelinde işyerlerinin %1’i, çalışanların

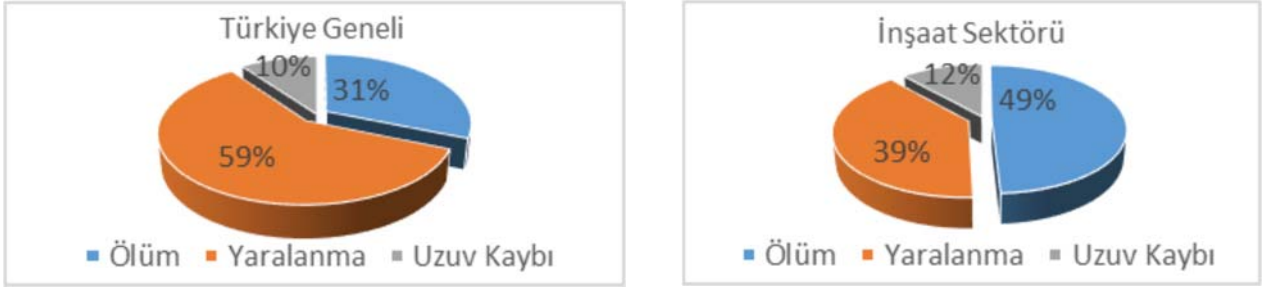
%10’u, İnşaat sektöründe ise işyerlerinin %2’si, çalışanların %8’i, iş sağlığı ve güvenliği yönünden teftiş geçirmiştir. Teftişle incelenen iş kazası sayılarında 2012 yılı ve sonrasında önemli miktarda azalma olmuştur. 2011 yılında Türkiye genelinde 4.222 adet inşaat sektöründe ise 1.149 adet teftişle iş kazası incelenmiş olmasına rağmen, 2017 yılında sırasıyla 217 ve 64 adet iş kazası incelenmiştir.

Denetlenen iş kazalarının sonuçlarına göre dağılımı Şekil 13’de verilmektedir. Buna göre Türkiye genelinde

Tablo 8: İş Sağlığı ve Güvenliği Teftişi [14]

YILLAR	Türkiye Geneli							İnşaat Sektörü						
	İşyeri Sayısı	Toplam Teftiş Sayısı	Oran	Çalışan Sayısı	Teftişle Çalışan Sayısı	Oran	İncelenen İş kazası Sayısı	İşyeri Sayısı	Teftiş Sayısı	Oran	Çalışan Sayısı	Teftişle Çalışan Sayısı	Oran	İncelenen İş kazası Sayısı
2009	1.216.308	23.446	2%	9.030.202	875.186	10%	5.599	149.331	0	0%	1.227.698	0	0%	0
2010	1.325.749	17.284	1%	10.030.810	2.211.717	22%	7.822	167.200	2.932	2%	1.450.291	156.248	11%	1.825
2011	1.435.879	15.902	1%	11.030.939	1.548.973	14%	4.222	177.878	2.333	1%	1.630.851	119.522	7%	1.149
2012	1.538.006	11.533	1%	11.939.620	1.069.622	9%	251	185.933	1.070	1%	1.789.487	92.843	5%	72
2013	1.611.292	8.858	1%	12.484.113	841.216	7%	286	181.915	1.523	1%	1.849.942	82.484	4%	81
2014	1.679.990	14.174	1%	13.240.122	1.101.484	8%	363	186.301	7.278	4%	1.875.929	169.809	9%	77
2015	1.740.187	13.296	1%	13.999.398	1.144.387	8%	285	198.231	7.057	4%	1.980.630	241.016	12%	96
2016	1.749.240	14.287	1%	13.775.188	1.123.146	8%	328	195.990	6.735	3%	1.887.099	174.787	9%	115
2017	1.874.682	10.804	1%	14.477.817	939.619	6%	217	214.144	3.949	2%	2.083.438	157.884	8%	64
Ort.	1.574.593	14.398	1%	12.223.134	1.206.150	10%	2.153	184.103	3.653	2%	1.752.818	132.733	8%	387

Şekil 13: Teftişle İş Kazalarının Sonuçlarına göre Dağılımı 2017 [14]



teftişle incelenen iş kazaların %31'i ölüm ile sonuçlanırken inşaat sektöründeki oran %49'dur.

Teftişle incelenen iş kazalarının oluş nedenlerine göre dağılımını gösteren grafik Türkiye geneli ve inşaat sektörü için Şekil 14'de verilmektedir. En çok görülen kaza sebebi her ikisi içinde kişilerin düşmesi sonucu olarak gerçekleşirken, İnşaat sektöründe bu oran %42 iken Türkiye genelinde %28 olarak görülmektedir.

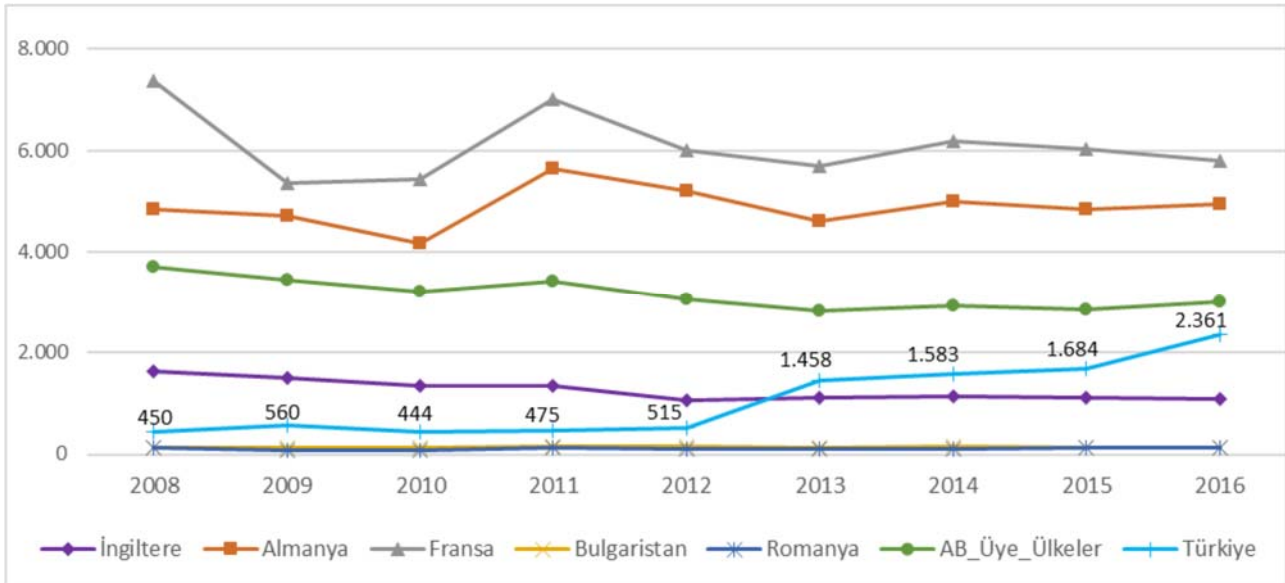
İnşaat sektöründe yaşanan kaza verilerinden iş kazası sıklığı ve ölümlü kaza sıklığı değerleri, Avrupa Birliği geneli ile birliğe üye ülkelerden gelişmiş ve gelişmekte olan bazı ülkeler ile ülkemiz arasında karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 15 incelendiğinde kaza sıklığı değerleri bakımından Avrupa Birliği üye ülkeler ortalaması ile gelişmiş ülkelerden Al-

manya, Fransa ve İngiltere'ye ait değerler büyüklük açısından farklı olsa da birbirine paralellik arz etmektedir. Ancak ülkemizde, 2012 yılında çıkan iş sağlığı ve güvenliği yasası sayesinde kayıtların daha özenli tutulmaya başlanması ile kaza sıklığında belirgin artış olduğu gözlenmektedir. 2016 yılında Türkiye'de inşaat sektöründe her yüz bin çalışandan 2.361'i iş kazasına maruz kalırken bu değer İngiltere'de 1.098, Almanya'da 4.396, Fransa'da 5.798, Avrupa Birliği üye ülkeleri ortalamasında 3.010 olarak gerçekleşmiştir. Bulgaristan ve Romanya gibi ülkelerde kaza sıklığının ortalama 120 gibi çok küçük değerlerde kaydedilmesi dikkat çekici bir olgudur. Bu durumun iş kazası geçirenlere ait bilgilerin istatistikî verilerde düzenli kayıt altına alınması olarak değerlendirilebilir.

Şekil 14: Teftişle İncelenen İş Kazalarının Oluş Nedenleri 2017 [14]



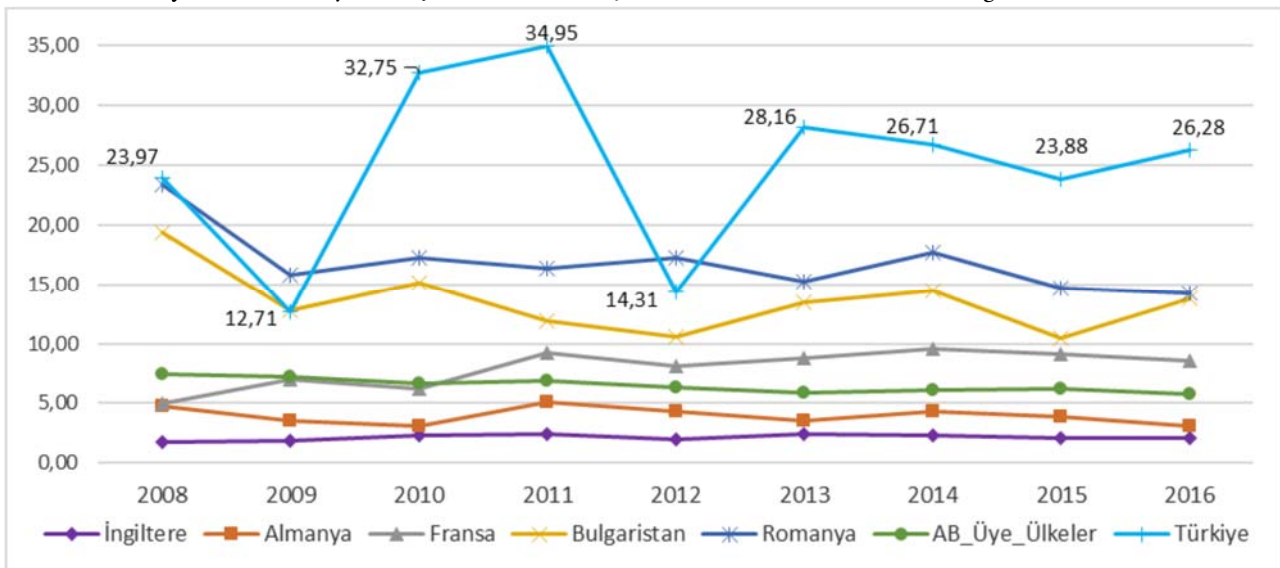
Şekil 15: Türkiye ve seçili AB ülkeleri inşaat sektörü iş kazası sıklık değerleri [15]



Şekil 16'da ölümlü kaza sıklığı verileri incelendiğinde iş kazası sıklık değerlerinden büyük farklılıklar görülmüştür. Avrupa Birliği üye ülkeler ortalaması ile gelişmiş ülkelerden Almanya, Fransa ve İngiltere'ye ait kaza sıklığı değerleri, karşılaştırılan diğer ülkelerden yüksek olmasına rağmen ölümlü kaza sıklığı değerlerinin daha küçük olduğu görülmektedir. Ülkemizde inşaat sektöründe ölümlü kaza sıklığı bakımından son on yılda karşılaştırılan ülkeler arasında en yüksek değerlere sahiptir. 2016 yılında her yüz bin

çalışandan İngiltere'de 2,04'ü, Almanya'da 3,10'u, Fransa'da 8,54'ü, Avrupa Birliği üye ülkeleri ortalamasında 5,80'i iş kazası sonucu hayatını kaybetmektedir. Bu değerler Bulgaristan ve Romanya gibi ülkelerde ortalama 14 iken ülkemizde 26,28 kişi inşaat sektöründe iş kazası sonucu hayatını kaybetmektedir. Ölümlü kaza sıklığının bu denli yüksek olması ülkemizde yaşanan iş kazaların ciddi olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 16: Türkiye ve seçili AB ülkeleri inşaat sektörü ölümlü kaza sıklık değerleri [15]



IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile Türkiye geneli ve inşaat sektöründe 2008 – 2017 yılları arasında meydana gelen iş kazası istatistikleri araştırılarak yıllara göre aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. SGK ve Eurostat tarafından sunulan istatistiksel veriler uluslararası kabul görmüş çeşitli parametreler açısından analiz edilerek değerlendirilmiştir. Buna göre;

Ülkemizde hizmet veren işyerlerinin, Türkiye genelinde ve inşaat sektöründe %98'i çalışan sayısı elliden az olan mikro ve küçük ölçekli işletme niteliğinde iken her ikisinde de çalışanların %60'ı, bu işletmelerde istihdam edilmektedir. İnşaat sektörü kendi alt grupları içinde değerlendirildiğinde işyeri sayılarına göre 'bina inşaatı'nın sektör içindeki payı %66 olup bunun %65'i mikro ve küçük ölçekli işletme niteliğinde olmasına rağmen çalışan sayısına göre 'bina inşaatı'nın sektör içinde %64 olan payının %41'i çalışan sayısı elliden az olan mikro ve küçük ölçekli işletme niteliğindedir. İnşaat sektörü içinde yol, su, köprü, tünel ve elektrik şebekesi inşaatı gibi 'bina dışı yapıların inşaatı'nda %7 olan işyeri sayılarında %20 çalışan bulunmakta, %14'ü ise orta ve büyük ölçekli işletmelerde istihdam edilmektedir. 2012 yılında yayınlanan 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununa göre elliden az çalışanı bulunan işyerlerinde, iş sağlığı ve güvenliği kurulu oluşturulması zorunlu değildir. Ülke genelinde bu tür işletmelerin çoğunluğu ve çalışanların yarısından fazlasının bu işyerlerinde istihdam edildiği gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle işyerlerinde tehlike sınıfına göre kısmi zamanlı iş sağlığı ve güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi bulundurma zorunluluğu getirildi ise de bu hizmetlerin süresi ve kalitesinin yeterli olmadığı görülmektedir.

Son on yıllık istatistik verilerin incelenmesi sonucu, çalışan sayılarında fazla bir artış olmamasına rağmen iş kazası sayılarında 2012 yılından sonra Türkiye Geneli ve

İNşaat sektöründe yaklaşık 2,5 – 3 kat artış olduğu, bunun yanında ölümlü kaza sayılarında belirgin bir artışın olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni, 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununun yürürlüğe girmesi ile birlikte çıkarılan yönetmeliklerle ve ilgili mevzuatlar çerçevesinde getirilen zorunluluklar ve yaptırımlarla kaza verilerinin bildirilmesinde ciddi oranda artış yaşanmıştır. İş kazalarının kayıt altına alınma oranında artış olmasına rağmen ölüm vakalarının adli kurumlara yansması nedeniyle ölümlü iş kazalarında fazla bir artış görülmemiştir. Bununla birlikte, kayıt dışı istihdamın fazlalığı ve iş kazalarının SGK'ya bildiriminde işverenlerin isteksiz davranmaları nedeniyle resmi verilerin gerçek değerlerin altında olduğu düşünülmektedir.

2008- 2017 yılları arasında tüm sektörler için Türkiye geneli ve inşaat sektöründe çalışanların maruz kaldığı iş kazaları incelenerek hesaplanan kaza sıklığı verileri değerlendirilmiştir. İnşaat sektörü kaza sıklığı değerleri Türkiye geneli ile yakın sonuçlar verirken son yıllarda 1,2 kat artış göstermiştir. Bununla birlikte ölümlü kaza sıklığı, sürekli iş göremezlik kaza sıklığı ve geçici iş göremezlik süreleri kaza sıklığı bakımından Türkiye genelinin çok üzerinde yer almaktadır. İnşaat sektörü alt gruplarından olan bina dışı yapıların inşaatında kaza sıklığı 1,67 kat, ölümlü kaza sıklığı 1,35 kat ve sürekli iş görmezlik kaza sıklığı 1,05 katı fazla değere sahip olmasıyla inşaat sektörünün en riskli alt sektörü özelliğini taşımaktadır.

2008-2017 yılları arasında Türkiye geneli ve inşaat sektöründe hesaplanan iş kazası sıklık hızı değerleri incelendiğinde 2012 yılı ve yasanın uygulandığı 2013 yılı verileri karşılaştırıldığında sırasıyla 2,4 ve 2,8 kat arttığı görülmektedir. 2012 yılında çıkan iş sağlığı ve güvenliği kanunu ile birlikte inşaat sektöründe 2012 yılında 1.000.000 iş saatinde karşılık gelen kaza sayısı 1,99 iken 2013 yılında 5,59, 2017 yılında ise 12,06 değerine ulaşmıştır. Türkiye

geneli iş kazası sıklık hızı ise sırasıyla 2,43 5,88 ve 9,94 değerlerindedir. Kazaların ciddiyet önem derecesini gösteren iş kazası ağırlık hızı değerleri inşaat sektöründe Türkiye ortalamasının yaklaşık iki katından fazladır. 2017 yılında Türkiye genelinde 973 iş günü kaybı meydana gelirken inşaat sektöründe 2.381 iş günü kaybı yaşanmıştır. Bu sonuçlar yaşanan kazaların inşaat sektöründe daha ciddi ve ağır bir şekilde sonuçlandığını ortaya koymaktadır.

2017 yılı verileri incelendiğinde sektörün istihdamdaki payı %14,40 iken ülkemizde gerçekleşen tüm iş kazalarının %17,46'sı, ölümlü iş kazalarının %36'sı sürekli iş görmezliklerin %38'i ve geçici iş görmezliklerin %21'i inşaat sektöründe meydana gelmektedir. Bu verilere ek olarak iş kazası sıklık ve ağırlık hızı değerlerinin yüksek olması çok tehlikeli sınıfta yer alan sektörün çeşitli yetersizliklere sahip olduğunu gösterir. Yüksek risk taşıyan inşaat sektöründe, çalışanların eğitim seviyelerinin düşük olması, mevcutta var olan teknolojik imkanların yeterince kullanılmaması, dış ortam koşullarına açık farklı hava koşullarında ve saatlerinde çalışma zorunluluğunun bulunması, dağınık çalışma alanları, küçük ve mikro ölçekli işyerlerinin çokluğu, sektörde taşeron sistemi denilen çeşitli alt yüklenicilerin kullanılması ile şantiye sahasında ekiplerin koordinasyon ve denetim eksiklikleri yaşamaması, güvenlik kültürünün yeterince oluşturulamaması, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin yetersizliği, mesleki ve kurumsal yapıların yetersizliği, toplu koruma ve kişisel koruyucu kullanımına önem verilmemesi ve kayıt dışı istihdam gibi nedenler yaşanan kazaların fazla olduğunu göstermektedir.

İş sağlığı ve güvenliği teftişleri yönünden değerlendirildiğinde; 2010 yılında Türkiye genelinde çalışanların %22'si inşaat sektöründe ise %11'i, 2017 yılında ise çalışanların Türkiye genelinde %6'sı, inşaat sektöründe ise %8'i teftiş edilmiştir. 2017 yılında Türkiye genelinde 217 adet iş kazası teftişle incelenirken inşaat sektöründe 64 kaza ince-

lenmiştir. Oransal olarak, incelenen iş kazalarının yaklaşık %30'u inşaat sektöründe yapılmaktadır. Kazaların Türkiye genelinde %31'i, inşaat sektöründe ise %49'u ölümlü sonuçlanmaktadır. Buradan teftişlerin daha çok ölümlü kazalarda yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Kaza nedenlerine bakıldığında kişilerin düşmesi ilk sırada yer almaktadır. Türkiye genelinde %28 olan bu oran inşaat sektöründe %42'dir. İş kazalarını önlemek amacıyla yetersiz düzeyde olan iş teftişi oranlarının artırılması gerekmektedir.

Türkiye'de inşaat sektöründe yaşanan kaza sıklığı değerleri Avrupa Birliği üye ülkeleri ortalaması ile üye ülkelerden gelişmiş ve gelişmekte olan bazı ülkeler ile karşılaştırılmıştır. Kaza sıklığı açısından Avrupa Birliği üye ülkeler ortalaması ile Almanya, Fransa ve İngiltere'ye ait değerler büyüklük açısından farklı olsa da yıllar bazında ülkemiz değerlerinin yaklaşık 2 kat üzerinde ancak birbirlerine paralel hareket etmektedir. Ülkemizde, 2012 yılında çıkan iş sağlığı ve güvenliği yasasının bir sonucu olarak kayıtların ciddi tutulmaya başlanması ile kaza sıklığı değerlerinde belirgin bir artış olduğu gözlenmektedir. 2012 yılında ülkemiz inşaat sektöründe her yüz bin çalışandan 515'i iş kazasına maruz kalırken 2017 yılında 2361 kişi iş kazası geçirmiştir. Romanya ve Bulgaristan gibi ülkelerde 100-150 arasında olan düşük kaza sıklığı oranı bu ülkelerde yaşanan kazaların birçoğunun bildirilmediği varsayımını ortaya çıkarmaktadır. Ölümlü kaza sıklığı değerlerinde ise durum daha farklıdır. Her yüz bin çalışandan İngiltere'de 2,04'ü, Almanya'da 3,10'u Avrupa Birliği üye ülkeler ortalamasında 5,80 kişi iş kazası sonucu hayatını kaybederken, Ülkemiz inşaat sektöründe 26,28 çalışan yaşamını yitirmiştir. Ülkemizde meydana gelen kazaların sonucunun bu denli ağır olması sektördeki eğitim düzeyinin düşüklüğü ile yakından ilişkilidir. Çalışanların fazla cesaretli olması, önceki deneyimlerine dayanarak kendilerine aşırı güvenmesi ile bana bir şey olmaz söylemleri, olan kazaları kader olarak

değerlendirmeleri iş güvenliği konusunda yeterli bilgi ve kültürün oluşmadığını göstermektedir.

Yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları sonuçları, tehlike sınıfları ve risk durumlarına göre sektörler arasında farklılıklar göstermektedir. İnşaat sektörü Türkiye’de olduğu kadar dünyada da iş kazalarının en yoğun ve ağır yaşandığı riskli sektörlerin başında gelmektedir. Kazaların çoğu önlenabilir nitelikte olup, gerekli düzenleme, kültür ve denetim eksikliğinden dolayı meydana gelmektedir. Bu anlamda devlet, işveren ve çalışanların birbiri üzerinde birbirini tamamlayan sorumlulukları bulunmaktadır. Olumsuz durumlar sonucu meydana gelen kazalar çalışan, işletme ve toplum üzerinde maddi ve manevi kayıplara neden olmaktadır. En büyük kaybı hayatları ile ödeyen çalışanlar ve aileleri yaşamaktadır. İşveren iş güvenliği konusunda gerekli tüm tedbirleri alarak güvenli çalışma ortamını sağlamalı, çalışanların fiziksel ve zihinsel açıdan işe uygunluğuna dikkat etmeli, her kademedeki çalışana güvenlik eğitimlerinin verilmesini ve belli periyotlarda tekrarını sağlamalıdır. Devlet konu ile ilgili çıkardığı kanun ve mevzuatlara uygun davranıldığına yönelik denetimleri arttırması ve yaptırımları uygulamalıdır. Düzenli olarak verilen eğitimin yanında yapılan denetimlerle güvenlik kültürünün oluşturulması, her şeyden önce insan sağlığının önemli olduğu bilincine varılması ile iş kazaları büyük oranda önlenir.

KAYNAKLAR

- [1] ILO-International Labour Organization, <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work> (erişim tarihi: Nisan 2019).
- [2] Intes Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası. İnşaat Sektörü Raporu, (Ocak 2019).
- [3] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, “Ulusal İstihdam Stratejisi, 5. İzleme ve Değerlendirme Kurulu Toplantısı Mevcut Durum Raporu-İnşaat Sektörü”, (Aralık 2017).
- [4] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, “İnşaat Sektöründe İş Sağlığı Gözetim Rehberi”, (2018).
- [5] Güranlı, G.E., “İnşaat Sektöründe Gerçekleşen Ölüm ve Yaralanmaların Analizi”, Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG), 13(48), (2013).
- [6] Müngen, U., “İnşaat Sektörümüzdeki Başlıca İş Kazası Tipleri”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi. 469–2011/5, 32-39, (2011).
- [7] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu. Araştırma Raporu. “2014, 2015 Ve 2016 Yıllarına Ait İnşaat Sektöründeki Ölümlü İş Kazalarının Analizi Ve İstatistik Bilgilerin Değerlendirilmesi İlişkin Rapor”.
- [8] Bilim, A., Çelik, O.N., “Türkiye’deki İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Genel Değerlendirmesi”, Ömer Halis Demir Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, 725-731, (2018).
- [9] T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. <http://www.guvenliinsaat.gov.tr/images/istatistik/İstatistik2017.pdf> (erişim tarihi: Nisan 2019).
- [10] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği”, Resmi Gazete Sayı:28602, (2012).
- [11] International Labour Office (ILO), “16th International Conference Of Labour Statisticians, Geneva”, (1998).
- [12] Eurostat European Commission, (2013). “European Statistics On Accidents At Work (ESAW)- Summary Methodology”. Eurostat Methodologies&Working Paper, 2013 Edition.
- [13] Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK), “İstatistik Yıllıkları”, Ankara.
- [14] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, “Çalışma Hayatı İstatistikleri”, Ankara.
- [15] Eurostat - European Statistical Office, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics (erişim tarihi: Mayıs 2019).



Jant Sektöründe QEC ve REBA Yöntemleriyle Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Ergonomic Risk Assessment By Using QEC and REBA Methods in Rim Sector

Emin KAHYA, Sema SÖYLEMEZ

ÖZET

Jant sektörü fiziksel zorlanmaların yoğun olduğu ve bu nedenle de çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının olduğu sektörlerden biridir. Bu çalışmada, bir jant fabrikasının üretim atölyesinde 4 tezgahta işçilerin maruz kaldıkları fiziksel zorlanmaların tespiti ve azaltılması için iyileştirme önerileri geliştirilmesi amaçlanmıştır. İşletmenin üretim süreci incelenmiş, zorlanmaların en fazla olduğu yıkama, kıvrırma, torna ve pres tezgahlarında, REBA ve QEC yöntemleri ile ergonomik risk değerlendirmesi yapılmıştır. İki tezgah için riski azaltacak iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Yıkama, kıvrırma, torna ve presleme işlemleri için; REBA skorları, sırasıyla, 11, 6, 7 ve 11; QEC değerleri %85,22, %65,34, %68,18 ve %77,27 elde edilmiştir. Yapılan ergonomik iyileştirme önerileri sonucunda yıkama ve presleme işlemlerinin; REBA skorları 4 ve 5; QEC değerleri %57,95, %69,31 düzeye indirilebilmiştir. Çalışanlara daha sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için önerilerin finansal boyutunun yerine getirilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jant, Ergonomi, Risk değerlendirme, REBA, QEC

ABSTRACT

The rim industry is one of the sectors where physical exposures are intense and therefore workers have musculoskeletal disorders. In this study, it is aimed to develop improvement suggestions to determine and reduce the physical strains that workers are exposed to in four machines in manufacturing workshop of a rim factory. The production process of the plant is examined. In the washing, bending, lathe and press machines where transports and strains were much more and ergonomic risk assessments were made with REBA and QEC methods. The improvement proposals to reduce the risks were suggested for two operations. Risk scores were 11, 6, 7 and 11 for REBA, and %85.22, %65.34, %68.18 and %77.27 for QEC methods for washing, bending, lathe and press operations. As a result of the ergonomic improvement suggestion made, operation's risk score levels 4 and 5 for REBA; %57.95, %69.31 for QEC methods. It has been determined that the financial dimension of the suggestions can be fulfilled to provide a healthier work environment for the employees.

Keywords: Rim, Ergonomics, Risk assessment, REBA, QEC

Prof. Dr. Emin KAHYA – Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
Prof. Emin KAHYA—Eskişehir Osmangazi University, Department of Industrial Engineering, Eskişehir
ORCID ID: 0000-0001-9763-2714 ekahya@ogu.edu.tr
Sema SÖYLEMEZ – Proje Mühendisi, Kıraç Grup, Eskişehir
Sema SOYLEMEZ – Project Engineer, Kirac Group, Eskişehir
ORCID ID: 0000-0002-5099-8951 semasoylemezz@gmail.com

Received/Geliş Tarihi : 08.11.2019
Accepted/Kabul Tarihi: 20.12.2019

I. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler sayesinde işler kolay hale gelse de insanın fiziksel gücüne duyulan ihtiyaç hala birçok sektörde devam etmektedir. İnsan gücünün yoğun olarak kullanıldığı işlerde, çalışma duruşlarının uygun olmaması halinde kas iskelet sistemi rahatsızlıkları kaçınılmaz olmaktadır. Fiziksel güç kullanımı gereksinimi arttıkça, bu işi yapan çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarında artış görülmektedir [1].

Araştırmalara göre endüstriyel işlerin ortalama üçte biri; kaldırma, indirme, tutma, taşıma, itme veya çekme gibi elle taşıma işlerinden biri ile bağlantılı ve elle taşıma işlerinin bel rahatsızlıklarına sebep olduğu yönünde güçlü kanıtlar bulunmaktadır [2].

Kas iskelet sistemi hastalıklarının etiolojisinde genel olarak çalışma ortamında sıklıkla karşılaşılan tekrarlayıcı hareketlerin art arda yapılması, vücudun uygun olmayan pozisyonlarda uzun süre kalması ve vibrasyon maruziyeti ile ortaya çıkan birikimli travmaların etkisi söz konusudur [3]. İşe bağlı Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) fiziksel çaba ile ilişkili olup, dünyanın her tarafında en yaygın sağlık problemlerinden biridir [4]. KİSR, dünyanın birçok ülkesinde çarpıcı bir şekilde artmaktadır.

KİSR, kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır. İskelet ve kas sistemi sendromları eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme ve uzanma gibi sıradan vücut hareketlerinden meydana gelir [5]. Bu yaygın hareketler, günlük yaşamın olağan aktiviteleri içerisinde zararlı değildirler. Bu hareketleri zararlı yapan, hareketlerin aralıksız tekrarı, hızı ve toparlanma için iki hareket arasındaki zaman yetersizliğidir [6]. Bu tür zorlanmalara karşı gerekli iyileştirmelerin yapılmaması, so-

runların göz ardı edilmesi halinde, KİSR artması engellenemez. Bu artış, işgücünde verimsizlik, hatta kayıplar ortaya çıkarır ki bu da maliyet ve zaman kaybına neden olmaktadır. Bu önemi nedeniyle, son zamanlarda, KİSR minimum düzeye indirebilmek için ergonomik düzenlemeler oldukça önem kazanmıştır.

Çalışanların maruz kaldıkları fiziksel zorlanma düzeyleri, gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Bu kategoride, işlemin özelliğine bağlı olarak en yaygın kullanılan yöntemler;

- Yük kaldırma ve taşımada; NIOSH ve BAUA;
- Ofis işlemlerinde RULA ve ROSA
- Montaj işlemlerinde OCRA
- Üretim ve hizmet işlemlerinde QEC, REBA ve OWAS sayılabilir [1]. Bu yöntemler kullanılarak; metal, otomotiv, plastik, ormancılık, mobilya, tekstil, toprak ürünleri, maden, tarım gibi üretim sektörleri ile servis, sağlık, eğitim gibi hizmet sektörlerinde çok sayıda ulusal ve uluslararası yayın bulunmaktadır.

Gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak çalışanların maruz kaldıkları fiziksel zorlanma düzeylerinin belirlenmesi amacıyla metal sektöründe çeşitli işletmelerde çok sayıda yayın sunulmuştur. Özellikle ülkemizde son yıllarda yapılan bazı çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Sağiroğlu vd. [7], bir kompresör fabrikasında üretim hattındaki iş istasyonlarında REBA yöntemi ile risk analizi yapmışlardır. Çalışmada, 10 adet iş istasyonu değerlendirilmiş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. Atıcı vd. [8], otomotiv sektöründe kablo üretimi yapan bir işletmede uygun olmayan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi amacıyla REBA analizi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analiz ile çalışmada meydana gelen zorlanmalar belirlenmiş ve bu zorlanmaları azaltacak iyileştirmeler sunulmuştur. Duran ve Yeşi-

lova [9], operatörlerin, ortalama ağırlıkları 13 ile 18 kg arasında değişen yarı mamulleri indirme, kaldırma ve ara sıra da taşımaya elle gerçekleştirdiklerini gözlemlemişlerdir. Yapılan işin operatörü ergonomik olarak nasıl etkilediği NIOSH kaldırma eşitliği, REBA, RULA ve QEC metotları kullanılarak belirlenmiştir. Risk taşıyan faaliyetleri minimize edebilmek için tasarım ve iyileştirmeler önermişlerdir. Ulutaş ve Gündüz [10], kablo imalatı yapılan bir fabrikada belirlenen iki özel iş istasyonunda, QEC ve REBA metotlarını kullanarak, fiziksel risk etmenlerinin iyileştirilmesi için yeni uygulamalar geliştirmişlerdir. Yapılan düzenlemeler sonrası tekrar analizler yapılarak elde edilen sonuçların etkinliği değerlendirilmiş ve kas iskelet sistemi hastalıklarına maruz kalma riski azaltılmıştır. Gönen vd. [11], bir transformatör montaj hattı çalışanlarının KİSR'nı, Cornell anketinden esinlenilerek oluşturulan bir anket ile REBA ve OWAS yöntemleri kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, sırt, bel, ayaklar, boyun, sağ pazu ve omuzlar en riskli vücut bölümleri olarak belirlenmiş ve bu riskleri azaltmak üzere ayarlanabilir bir montaj sehpası tasarımı yapılmıştır.

Özoğul vd. [12], bir metal sanayi işletmesinde genişleme tankları üretim hattında 7 işlemde incelemeler yapmış; çalışanın maruz kaldığı ergonomik risk düzeylerini REBA ve OWAS yöntemleri ile tespit etmişlerdir. Önerilen iyileştirmeler sonucunda işlemlerin risk düzeylerinin ihmal edilebilir seviyelere çekilerek çalışanın kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının azaltılması sağlanmıştır. Aydın vd. [13], kabin üretimi yapan bir fabrikanın kaynaklar atölyesinde, kaynak gazı ve ışın zararları başta olmak üzere iş kazası ve meslek hastalıklarına neden olan her tehlike için Fine-Kinney ve matris yöntemleri ile iş sağlığı ve güvenliği risk ve REBA yöntemi ile de ergonomik risk değerlendirmesi yapmışlardır. Atölyede ergonomik riskin yüksek seviyelerde olduğu görülmüş olup; yapılan mekanizma ile risk skoru 9'dan 3'e

düşürülmüştür. Kahya ve Çiçek [1], bir seramik işletmesinin, taşımaların ve zorlanmaların en fazla olduğu basınçlı döküm, fırın yükleme ve fırın boşaltma işlemleri için, REBA ve BAUA yöntemleri ile ergonomik risk değerlendirmesi yapmışlar; her üç işlem için riski azaltacak iyileştirme önerileri geliştirmişlerdir.

Jant sektörü emek yoğun sektörler arasında yer almaktadır. Çalışma esnasında 50 kg'a varan ağırlıkta parçaları kaldırma, indirme, taşıma, itme gibi uygunsuz çalışma pozisyonlarına maruz kalındığından, işçilerde işe bağlı kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ile iş kazaları (yaralanma ve sakatlanma) olabilmektedir. Buna rağmen Türkiye'de bu sektörde ergonomik risk değerlendirme konusunda yapılmış çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, REBA ve QRC yöntemleri kullanılarak bir jant fabrikasında yıkama, kıvrırma, tornalama ve presleme işlemlerinde ergonomik risk değerlendirmeleri ele alınmış, çalışanların maruz kaldıkları zorlanmaları azaltacak iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

II. ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME

Uygun olmayan çalışma duruşlarının iyileştirilmesi, zorlanmaların azaltılması çalışanın sağlığı ve aynı zamanda iş performansı açısından oldukça önemlidir [14]. KİSR riskini değerlendirmek için kullanılan yöntemler;

- Kişisel anket yöntemleri,
- Sistematik gözlemlere dayalı yöntemler ve
- Direkt ölçüm yöntemleri

olarak sınıflandırılabilir [15,16].

Kişisel Anket Yöntemleri: KİSR riskinin değerlendirilmesi için kullanılan öznel anketler ve kontrol listeleridir. En yaygın kullanılanı Cornell KİSR Anketidir. Bu yöntem-

lerin en büyük üstünlüğü, maliyetinin düşük olması, etkili yöntemler olması ve büyük çaplı örneklere uygulanabilmesidir [17].

Sistemantik Gözlemlere Dayalı Yöntemler: KİSR riskinin nicel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan yöntemler de basit gözleme dayalı yöntemler ve gelişmiş gözleme dayalı yöntemler olarak aşağıdaki gibi iki grup altında incelenebilir [1] :

- Basit gözleme dayalı yöntemler; NIOSH, BAUA, RULA, SI, OCRA, QEC, REBA, OWAS
- Gelişmiş gözleme dayalı yöntemler; Ergo-Man, 3DSSPP, Jack, RAMSIS Model, AnyBody Modelleme Sistemi

Gözlemsel metotlar, uygulayıcılar tarafından hala en çok kullanılan yöntemlerdir. İş yerindeki iş sağlığı ve güvenliği yönetimi kapsamında, sıklıkla uygulayıcılar için geliştirilir ve KOBİ'nin gereksinimlerine göre uyarlanır. Alanda veri toplamak söz konusu olduğunda kullanımı daha kolay, maliyeti daha düşük ve daha esnek metotlardır [17].

Direkt ölçüm yöntemleri: İnsan hareketlerini ve duruşlarının analizi için direkt ölçümlerde elektromiyografi (EMG), açölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar kullanılmaktadır. Bu yöntemler, en doğru maruziyet seviyesi göstermekte; ancak, diğer yöntemlerle kıyaslandığında, maliyeti yüksektir.

A. REBA Yöntemi

Hignett ve McAtamney [18] tarafından duruşları analiz etmek üzere geliştirilen REBA yöntemi, elle yapılan işlemlerin risklerini hesaplamak için kullanışlı bir araçtır. REBA yöntemiyle dinamik hareketler analiz edilebildiği gibi sabit duruşlar da analiz edilebilmektedir [19]. Çalışanın vücut bölümleri duruşuna puanlar vererek çalışanın o işi yapar-

ken ne kadar zorlandığını analiz eder. Böylelikle çalışanın zorlandığı noktaları belirleyerek KİSR engellenebilmesi için nelere, hangi duruşlara dikkat edilmesinin gerektiğini tespitte yardımcı olur.

REBA yöntemi bir çalışma duruşu esnasında gövdede, boyunda, bacaklarda, üst kollarında, alt kollarında ve bileklerde ortaya çıkan esneme ve bükülme ve bu duruşlar esnasında çalışanın maruz kaldığı yüklerle bağlı olarak 1 ile 15 arasında değişen bir skor belirlenmektedir. Hesaplanan REBA skoru ile ele alınan çalışma duruşunun risk seviyesi "İhmal edilebilir", "Düşük", "Orta", "Yüksek" ve "Çok yüksek" risk olmak üzere derecelendirilmektedir. Risk seviyeleri ve her seviyeye göre alınması gereken önlem dereceleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1 : REBA Risk Dereceleri

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zamanda gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

B. Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi

Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi (QEC), Li ve Buckle [20] tarafından geliştirilmiş ve David vd. [21] tarafından yeniden gözden geçirilerek iyileştirilmiştir. Yaklaşık 200 sağlık ve güvenlik uygulayıcısının katılımcı yaklaşımıyla oluşturulan ölçeğin önemli özelliklerinden biri değerlendirme sürecinde çalışanın da katılımını sağlamaktır. Böylece ergonomik girişimlerde katılımcı yaklaşım cesaretlendirilmektedir. Çalışanların maruz kaldıkları risk düzeyini belirleyerek maruziyette değişimi değerlendiren QEC ölçeği, ergonomik girişim yapılması gereken öncelikli işlerin belirlenmesinde ve uygulanan ergonomik programının etkinliğinin değerlendirilmesinde yardımcıdır. Hem çalı-

şanlar, hem de değerlendiriciler için kılavuz özelliği taşır. Tekniğin öğrenilmesi kolaydır ve uygulama süresi yaklaşık 20 dakikadır [22].

İki bölümden oluşan ölçeğin (EK-1), gözlemciye ait bölümünde; çalışma esnasında bel, omuz/kol, el bileği/ el ve boyunda postür ve hareketler için 18 değerlendirme yapılır. Çalışana ait bölüm elle kaldırılan, taşınan en fazla ağırlık, iş süresi, bir elle uygulanan en yüksek kuvvet, işin gerektirdiği görsel dikkat, taşıt kullanma, titreşim, iş performansı ve iş stresi için 25 değerlendirmeden oluşur. Bunların birbirine etkileşiminden bir puanlama tablosu elde edilir. Puanlara göre maruziyet düzeyi düşük, orta ve yüksek olarak değerlendirilir [23].

Yöntem, elle kaldırma görevlerinin yapıldığı birçok işe rahatça uygulanabilmektedir. Uygulaması 5 adımdan oluşmaktadır [17] :

1. Adım: Eğitim : Öncelikle, gözlemcinin terminoloji ve değerlendirme kategorilerini anlaması için QEC yöntemi konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

2. Adım: Gözlemcinin Değerlendirme Kontrol Listesi : Gözlemci, risk değerlendirmesi için “Gözlemcinin Değerlendirmesi” kontrol listesini kullanır. Kontrol listesinin maddelerinin çoğu rahatlıkla anlaşılır. Eğer yapılan iş birden fazla görevi içeriyorsa, her görev ayrı ayrı değerlendirilebilir. Eğer yapılan iş kolaylıkla görevlere ayrılamıyorsa, yüklenmenin en çok yaşandığı en kötü pozisyon gözlemlenmelidir. Yapılan değerlendirme, direkt gözlem, fotoğraf veya video kamera ile yürütülebilmektedir.

3. Adım: Çalışanın Değerlendirmesi Kontrol Listesi : Değerlendirmeye alınan çalışan “Çalışanın Değerlendirmesi” kontrol listesini doldurmalıdır.

4. Adım: Maruziyet Puanlarının Hesaplanması : Maru-

ziyet puanlarının hesaplanması için “Puan Çizelgesi” kullanılmalı ve her görev için aşağıdaki değerlendirmeler yapılmalıdır:

1.“Gözlemcinin Değerlendirmesi” ve “Çalışanın Değerlendirmesi” bölümlerindeki ilgili sorulara uygun cevapları yuvarlak içine alarak işaretlenir.

2.“Puan Çizelgesi” kullanarak yuvarlak içine alınan her harf çiftinin kesiştiği puan işaretlenir ve her harf çifti için ayrılan kutucuğa işaretlenen puanı yazılır.

3.Sırt, omuz/kol, bilek/el, boyun, taşıt kullanma, titreşim, iş temposu ve stres bölümlerindeki puanlar toplanarak toplam maruziyet puanı hesaplanır.

5. Adım: Eylemlerin Değerlendirilmesi : QEC yöntemi sırt, omuz/kol, el/el bileği ve boyun için hızlı ve etkili bir yolla analiz yapmaktadır. Yöntem, ergonomik bir girişimin maruziyet seviyelerini etkili bir şekilde azaltıp azaltmadığını analiz etmektedir. QEC eylem seviyeleri Tablo-2’de verilmiştir.

Tablo 2: QEC Başlangıç Eylem Seviyeleri

QEC Puanı (Toplam Yüzde)	Eylem
≤40%	Kabul edilebilir
41–50%	Daha fazla incelenmeli
51–70%	Daha fazla incelenmeli ve kısa zamanda değişiklik yapılmalı
>70%	incelenmeli ve derhal değişiklik yapılmalı

Tablo-2’de yer alan QEC puanı (E), gerçek toplam maruziyet puanı X ve muhtemel en büyük toplam puanı X_{max}'in oranının yüzdesi ile hesaplanmaktadır. Elle taşıma görevleri için X_{max}=176, diğer görevler için X_{max} = 162 olarak alınır.

$$E (\%) = X/X_{\max} \times 100\% \quad (1)$$

III. YÖNTEM

Bu çalışmada, ticari taşıtlar (kamyonet, kamyon, TIR vb) ile tarım araçları (traktör, mibzer, biçer döver vb) jantları üreten orta ölçekli bir fabrikada, ergonomik risk değerlendirmesi ele alınmıştır. Araştırma için ilgili işletmeden izin alınmış, işletmenin tüm atölye ve üretim hatları incele-

nerek, işçilerin maruz kaldıkları fiziksel zorlanmaların en yüksek olduğu 4 işlem (yıkama, kıvrırma, tornalama ve presleme) için REBA ve QEC yöntemleri kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Yıkama İşlemi : İşçi, işlemi gerçekleştirebilmek için parçaya doğru eğilip, bacaklarını kırmadan, zaman zaman

Şekil 1: İşlemler esnasında çalışma duruşları



a. Yıkama



b. Kıvrırma



c. Tornalama



d. Presleme

jantı çevirerek çalışmaktadır. Yıkama işlemi gerçekleştirilirken hortumdan gelen basınçlı su ellerde titreşim oluşturmaktadır. İşçi çalışma esnasında uygun olmayan çalışma duruşları yapmaktadır (Şekil 1.a).

Kıvrırma İşlemi : Kıvrırma tezgahında çalışan işçi parçayı işlemek için parçaya doğru eğilmek zorunda kalmakta. fakat parçayı işlerken kollarda zorlanma olmaktadır (Şekil 1.b).

Tornalama İşlemi : Torna tezgahında çalışan işçi, iş esnasında üst kolunu belden yukarıya kaldırma zorunda kalmaz. Fakat operatörün çalışma sırasındaki bilek duruşları uygun olmayan çalışma duruşu yaratmaktadır (Şekil-1.c).

Presleme İşlemi : Hidrolik pres tezgahında çalışan işçi, parçaları kaldırıp prese yerleştirmek için eğilmesi gerekmektedir. Boyun, gövde ve bacak duruşları uygun değildir (Şekil 1.d).

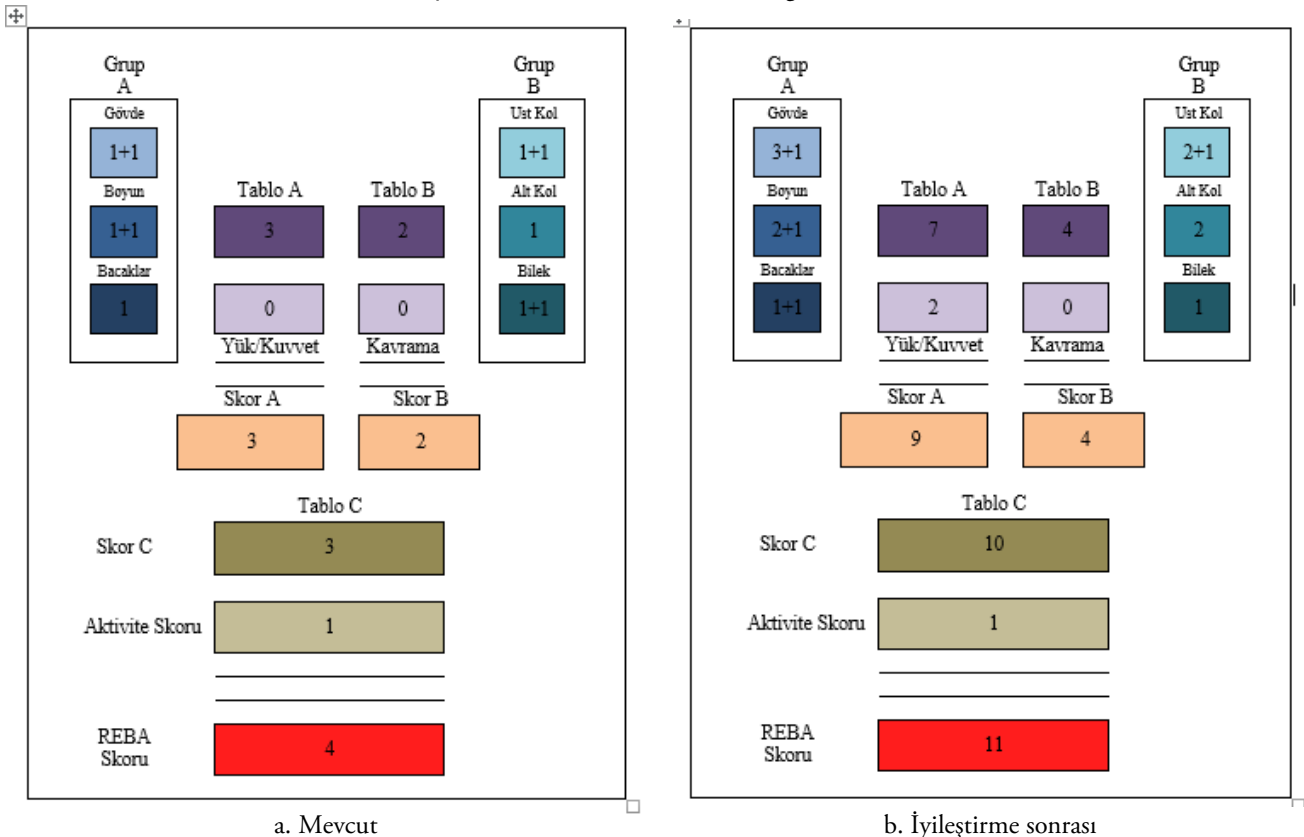
IV. BULGULAR

A. Yıkama İşlemi

Çalışan, REBA yönteminin ilk aşaması olan boyun, gövde ve bacak değerlendirmesine göre uygun olmayan çalışma duruşu sergilemektedir. Ayrıca A skoruna etki eden yük/kuvvet değeri de skoru arttırıcı şekilde etki etmektedir. Kol ve bilek analizlerinde üst kolda olan rotasyon B skorunu yükseltmektedir. Kavrama değeri, bu tezgah için iyi olduğundan, skora herhangi bir etki göstermemiştir. C skoru 10 çıkmıştır. Aktivite skoru, bu bölümde çalışan işçilerde +1 puan etkilediği için REBA skoru da 11 elde edilmiştir (Şekil 2.a). Tablo-1'den, REBA eylem seviyesi 4, risk seviyesi "çok yüksek" düzeyde olup işlemi düzeltici önlemlerin hemen alınması gerekmektedir.

Yıkama işlemi için QEC yönteminde, tezgahta çalışan

Şekil 2: Yıkama işlemi REBA değerlemesi



işçinin de katılımın sağlanmasıyla QEC değerlendirme formu doldurulmuştur. İşçi değerlendirmesine göre, işi yaparken bazen zorluk çektiği ve yaptığı işin stresli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Tüm değerlendirme kriterlerini içeren QEC değerlendirme sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Yıkama işlemi QEC değerlendirmesi

Değerlendirme	Mevcut	İyileştirme Sonrası
Sırt(statik)	-	-
Sırt(hareketli)	46	22
Omuz/kol	42	26
Bilek/el	28	22
Boyun	16	14
Taşıt kullanımı	4	4
Titreşim	9	9
İş Temposu	4	4
Stres	1	1
Toplam	150	102

Değerlendirme sonucunda yıkama işlemi için toplam puan 150 bulunmuş olup

$$\text{QEC Puanı} = 150/176 \% = \%85,22$$

elde edilmiştir.

Yıkama işlemi için yapılan analizler incelendiğinde, boyun, gövde ve bacak duruşları risk puanını arttırmaktadır. Aynı şekilde QEC puanını bel, omuz/kol bileşenleri arttırmaktadır. QEC yöntemi için ayrıca ağırlık ve çalışma süresi de önemli ölçüde puan üzerinde etkilidir. Bu özelliklerden hareketle, yıkama işlemi yapılan parçaların boyutlarına göre ayarlanabilen, çalışanın hem yük kaldırmasını engelleyen hem de çalışma duruşunu düzenleyen bir vinç tasarlanmıştır. İyileştirme amacıyla önerilen ve kaldırma özelliğine sahip olan vinç Şekil 3’de verilmiştir.

Şekil 3 : Önerilen kaldırma aracı



Önerilen vinç, parçaların yukarıya kaldırılmasında kullanılabilir. Vinçin kaldırma kancası parçaya zarar vermeyecek kadar sıkıştırma özelliğine sahiptir. Parçaları kavrayabilmesi ve parçaların ağırlığını taşıyabilmesi açısından kanca kısmının sertlik derecesi yüksek olan tolox44 olması geri kalan kısmında ise imalat çeliği kullanılması düşünülmüştür. Tasarlanan vinçin kaldırma işlemini gerçekleştirebilmesi için 3 kW’lık bir motor gerekir. Kumanda yardımıyla parça işçinin rahat çalışabileceği vücut duruşunu koruyabileceği seviyeye kadar çıkarılabilmektedir.

Kaldırma aracının önerilmesiyle yıkama işlemi için yeniden REBA yöntemi uygulanmıştır (Şekil 2.b). Öneri sonucu yük/kuvvet değerinin, A skorunu 2 puan arttırıcı etkisi engellenmiştir. İşçinin çalışma duruşu da nötral çalışma duruşu haline geldiği için Tablo A’da 4 puan düşmesi sağlanmış ve REBA skoru 4 elde edilmiştir. Önerilen iyileştirme ile REBA risk eylem derecesi 4’ten 2’ye, risk seviyesi çok yüksekte ortaya düşmüştür.

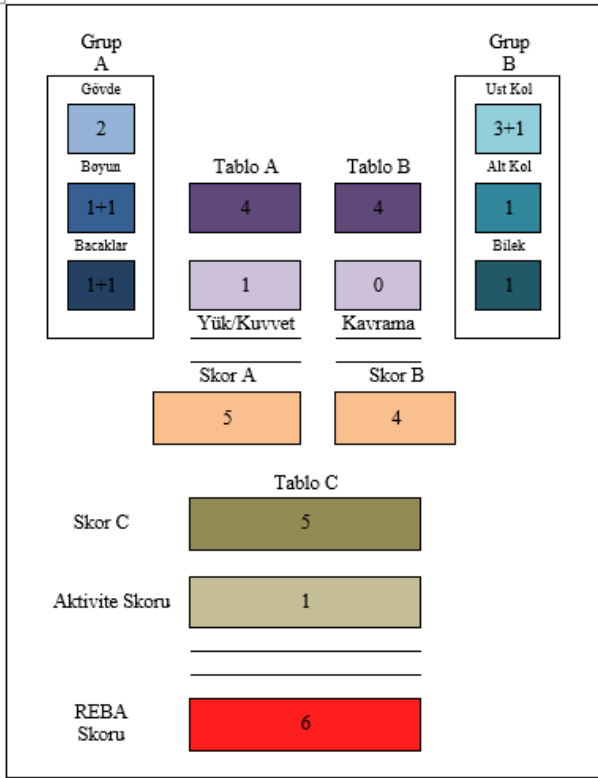
Önerilen kaldırma aracı sonrası QEC değerlendirmesine göre, sırt ve omuz/kol duruşlarında puanların azaldığı görülmektedir. Toplam puan 102, QEC puanı ise %57,95 olarak hesaplanmış olup QEC için de risk düzeyi çok yüksekte ortaya indirilmiştir.

B. Kıvrma İşlemi

Tezgah başında çalışma duruşundan yola çıkarak, üst kol duruşu REBA skorunun yükselmesine neden olmakta-

dır. Boyun, gövde ve bacak duruşları da ayrı olarak skoru arttırmaktadır. REBA yöntemin kıvrıma tezgahına uygulanması sonucu değerler Şekil 4'de gösterilmektedir. C skoru 5 olup aktivite skoru bu tezgah için 1 dakikada 4 kereden fazla tekrar eden iş olduğu için +1 olarak belirlenmiş ve REBA skoru 6 elde edilmiştir. REBA eylem seviyesi 2, risk seviyesi ortadır.

Şekil 4: Kıvrıma işlemi REBA değerlendirme



Kıvrıma tezgahı için QEC değerlendirme Tablo 4'de verilmiştir. Çalışan operatör değerlendirmesine göre iş gereği ince ayrıntıları görmek gerekli olduğu için yüksek dikkat gerektiği belirtilmiştir. Görevi yaparken zorluk çekmediği ve yapılan işin orta derece stresli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. QEC Puanı = $115/176 \% = \%65,34$ dir.

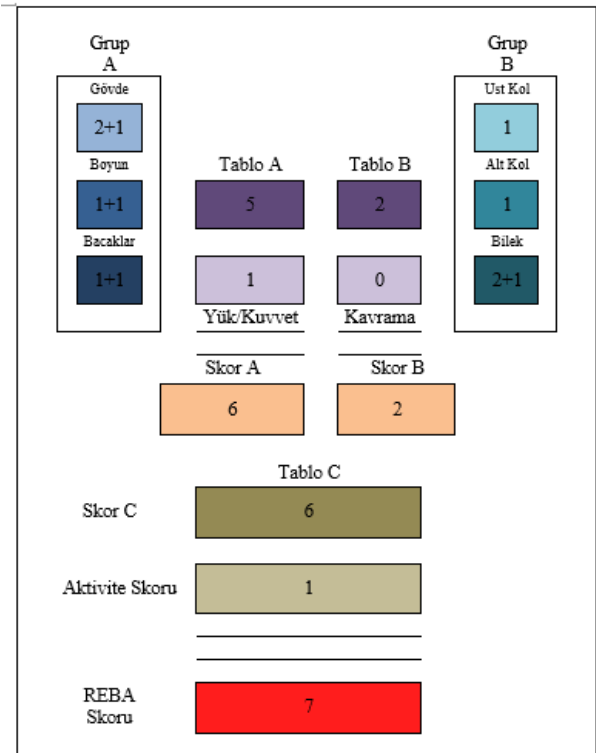
Tablo 4: Kıvrıma işlemi QEC değerlendirme

Değerlendirme	Mevcut
Sırt(statik)	-
Sırt(hareketli)	28
Omuz/kol	36
Bilek/el	28
Boyun	16
Taşıtlı kullanımı	1
Titreşim	1
İş Temposu	1
Stres	4
Toplam	115

C. Tornalama İşlemi

Torna tezgahında çalışan işçinin çalışma duruşu göz önünde bulundurularak uygulanan REBA yöntemine göre, boyun ve bacak duruşlarının puanlanması normal çalışma duruşuna uygun niteliktedir. Fakat buralardaki rotasyonlar puanı arttırıcı yönde etki etmektedir. Bu tezgahta bilek duruşu ve rotasyonları REBA skorunun yükselmesine neden olmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5 : Tornalama işlemi REBA değerlendirme



Tablo 5: Tornalama işlemi QEC değerlendirmesi

Değerlendirme	Mevcut
Sirt(statik)	-
Sirt(hareketli)	32
Omuz/kol	28
Bilek/el	32
Boyun	18
Taşıtlı kullanımı	1
Titreşim	4
İş Tempusu	1
Stres	4
Toplam	120

C skoru 6, işin gereği 1 dakikadan uzun süre tutma gerektirdiği için aktive skoru +1 olarak belirlenmiş ve REBA skoru 7 bulunmuştur. REBA risk eylem seviyesi 2, risk seviyesi ortadır.

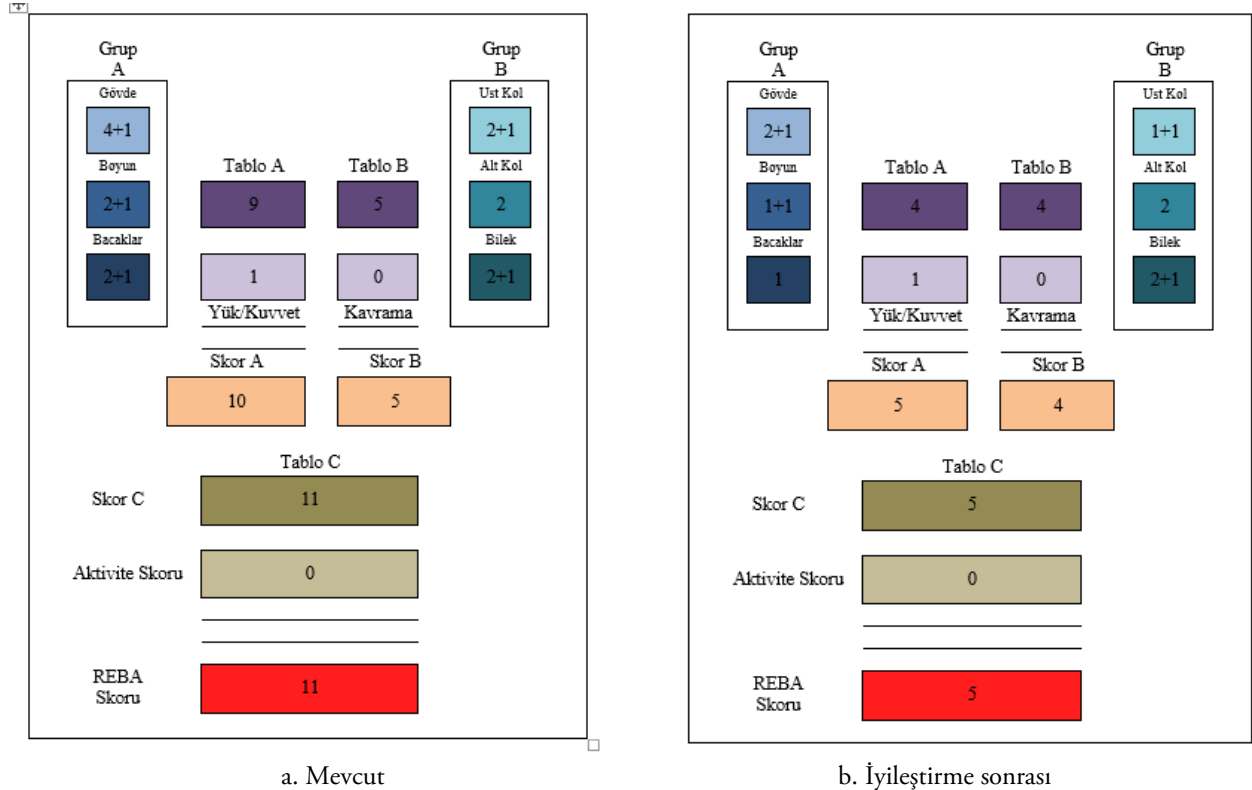
QEC değerlendirmesinde, tezgahta çalışan işçi, yaptığı işte zorluk çekmediğini ve işin biraz stresli olduğunu belirtmiştir. Görev için gerek görsel dikkatin ince ayrıntıları

görebilmesi için yüksek olmaktadır. Torna tezgahında uygulanan QEC yönteminin değerlendirilmesi Tablo 5'de verilmiştir.

QEC Puanı = $120/176 \% = \%68,18'$ dir. QEC eylem seviyelerine göre torna tezgahında yapılan işin daha fazla incelenmesi gerektiği ve tezgah için düzeltici önlemlerin kısa zaman içinde alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

D. Presleme İşlemi

REBA değerlendirmesinin ilk aşaması olan boyun, gövde ve bacak duruşlarına bakıldığında, çalışanın boyun, gövde ve bacak duruşu uygun olmayan bir çalışma duruşu yansıtmaktadır. Yük/kuvvet değeri de A skorunu artırıcı yönde etki etmektedir. Değerlendirmenin ikinci aşaması olan kol/bilek analizleri rotasyonlarıyla REBA skorunu yükseltmektedir. Uygulama sonuçları Şekil 6.a'da gösteril-

Şekil 6: Presleme işlemi REBA Değerlemesi

meğdir.

Hidrolik pres tezgahı için C skoru 11, yapılan iş gereği aktivite skoru etkilemediği için REBA skoru 11 hesaplanmıştır. REBA eylem seviyesi 4, risk seviyesi çok yüksektir. Bu tezgah için gereken önlemlerin hemen alınması gerektiği görülmektedir.

Hidrolik pres tezgahı için tezgahta çalışan operatörün de katılımıyla doldurulan QEC değerlendirmesi Tablo 5'de gösterilmektedir. Operatör değerlendirmesine göre yapılan iş için yüksek görsel dikkat gerektirmemektedir. Ayrıca yapılan işin biraz stresli olduğu ve iş yapılırken bazen zorluk çekildiği belirtilmiştir.

Tablo 5: Presleme işlemleri QEC değerlendirmesi

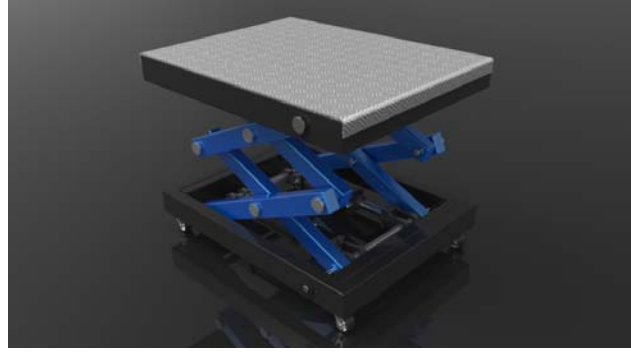
Değerlendirme	Mevcut	İyileştirme Sonrası
Sirt(statik)	-	-
Sirt(hareketli)	44	36
Omuz/kol	36	32
Bilek/el	32	32
Boyun	14	12
Taşıtlı kullanımı	1	1
Titreşim	1	1
İş Temposu	4	4
Stres	4	4
Toplam	129	122

QEC Puanı = $129/176 \% = \%77,27'$ dir. Tezgahta yapılan işin kas-iskelet sistemi üzerindeki etkileri araştırılmalı ve tezgah için acilen düzeltici önlemler alınmalıdır sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan analizlere göre hidrolik pres tezgahı için, REBA puanını; boyun, gövde ve bacak duruşlarından gelen puanlar ile yük/kuvvet faktörü yükseltmektedir. QEC değerlendirmesine göre de sırt kriteri puanı arttırmaktadır. Her iki yöntemde de ağırlık faktörünün etkisi görülmektedir. Bu durumu engellemek için hidrolik pres tezgahında çalışan işçinin gövde boyun ve bacak duruşunu uygun çalışma

koşuluna getirecek bir hareketli masa tasarlanmıştır (Şekil-7).

Şekil 7: Önerilen hareketli masa



Önerilen masa parçaların tezgaha kaldırılmasında kullanılabilir. Parçaların rahat yerleşebilmesi için 600*1000 mm ölçülerinde 40*40 profilden yapılması gerektiğini düşünülmüştür. Kaldırma işlemi, 50*500 mm ölçüsünde 2 adet yastıklı kare piston yardımıyla hava ile yapılmaktadır. Pistonlar sayesinde parçalar, tezgahın boyutuna kadar çıkarılabilir. Bu araç sayesinde değerlendirme yöntemlerine göre risk puanını arttıran gövde, boyun ve bacak duruşunun daha uygun olması amaçlanmıştır.

Hidrolik pres tezgahı için iyileştirme sonrası yeni REBA değerleri Şekil 6.b'de verilmiştir. Öneri sonucu gövde, boyun ve bacak skorlarının Puan A'yı arttırıcı yönde etki etmesi engellenmiş, ve böylece REBA puanı 5 olarak hesaplanmıştır. Önerilen iyileştirmeye eylem derecesi 4'ten 2'ye, risk seviyesi çok yüksekten ortaya düşürülmüştür.

Önerilen hareketli masa ile QEC değerlendirme formu tekrar doldurulmuş ve sırt ve omuz/kol duruşlarında puanların azaldığı görülmüştür. QEC Puanı = $122/176 \% = \%69,31'$ dir. Risk düzeyi çok yüksekten yükseğe indirilmiştir. Fakat tezgah tekrar incelenerek düzeltici önlemler sunulmalıdır. Omuz/kol ve bilek/el duruşları için iyileştirmeler önerilerek daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde insana verilen değer ve değişen koşullara uyum sağlama yeteneği, işletmelerin rekabet ortamında öne çıkabilmeleri için gerekli olan kavramlardır. Yalnızca sayısal oranlardaki artış, üretkenlikte ya da verimlilikte artış anlamına gelmemekte; aynı zamanda en değerli kaynak olan işgücünü etkin kullanabilmek de önemli hale gelmektedir. İşe bağlı KİSR giderek arttığı iş ortamlarında, atölye çalışanlarının sağlık problemlerini ortaya çıkmadan önlemek, hem maddi hem manevi açıdan büyük bir kazanımdır.

Bu çalışmada KİSR vakalarının azaltılması amacıyla, metal sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir jant fabrikasında ergonomik risk değerlendirme metotlarından olan REBA ve QEC yöntemleri dört işlem (tezgah) için uygulanmıştır. Ergonomik risk değerlendirme metotlarının uygulanması ile her bir işlem için risk puanı elde edilmiştir. Yıkama ve hidrolik pres tezgahlarındaki işlemlerin REBA risk puanları çok yüksek (eylem seviyesi 4) bulunmuştur. Bu tezgahlar için düzeltici önlemlerin acilen alınması gerekmektedir. Kıvrırma ve torna tezgahları için REBA eylem seviyesi 2, risk seviyesi orta olmakla birlikte, bu tezgahlar için de inceleme yapılarak, düzeltici önlemlerin alınması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. QEC risk puanları göre ise yıkama ve presleme işlemleri için risk seviyesi çok yüksektir. Bu tezgahlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan etkenler incelenmeli ve iyileştirme faaliyetleri geliştirilmelidir. Kıvrırma ve tornalama işlemleri için risk seviyesi yüksek olmakla beraber, tezgahlarda yapılan işler incelenerek kısa zaman içinde önlemlerin alınması gerekmektedir.

Yapılan analizler incelendiğinde tezgahlar üzerinde risk puanlarını arttıran etmenlerin, tezgahlarda yapılan işlemlerin gereğine göre çalışma duruşlarının uygun olmamasından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. QEC yönteminin

bileşenlerinden olan günlük çalışma süresi ve elle kaldırılan en fazla ağırlık etmenleri, risk puanlarını oldukça arttırmaktadır.

Tezgahların risk puanları göz önünde bulundurularak yıkama işlemindeki parçaların boyutlarına göre ayarlanabilen, çalışanların parça kaldırmasına yardım etmek üzere bir araç önerilmektedir. Kaldırma aracın yaptırma maliyeti 8000₺'dir. Bu araç sayesinde REBA ve QEC puanlarını arttıran ağırlık faktörü üzerinde iyileştirme amaçlanmıştır. Presleme işleminde her iki yöntemde göre de risk puanını diğer bileşenlere göre daha çok arttıran etmen boyun, gövde ve bacak duruşudur. Parçaların, operatöre göre alçakta bulunmasından dolayı bu durum uygun olmayan çalışma duruşuna neden olmaktadır. Çalışan operatörün vücut duruşunu bozmadan, boyun, gövde ve bacak duruşunu uygun çalışma duruşuna getirebilmek amacıyla bir hareketli masa önerilmektedir. Bu masanın yapım maliyeti 4000₺'dir. Bu sayede çalışan vücut duruşunu bozmadan parçaları tezgaha yerleştirebilecek ve boyun, gövde ve baktan gelen risk puanlarının etkisinin azaltılması amaçlanmıştır.

İyileştirme önerilerinin getirilmesiyle, uygulamaların etkinliğini gözlemlemek amacıyla yöntemler yeniden uygulanmıştır. REBA yöntemine göre mevcut eylem dereceleri 4 olan yıkama ve presleme işlemlerinin eylem dereceleri 2'e düşürülmüştür. Risk seviyeleri ise çok yüksekten ortaya indirilmiştir. QEC yöntemi uygulamasına göre de yıkama bölümü ve hidrolik pres tezgahının eylem seviyeleri çok yüksekten yükseğe düşürülmüştür. QEC yöntemine göre iyileştirmelerin etkinliğinin az olması nedeni operatörlerin çalışma saatlerinin çok yüksek olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

Mevcut durum ve iyileştirme sonrası durum karşılaştırılmasına göre tezgahlar için risk düzeylerinde anlamlı azal-

malar görülmektedir. İşe bağlı KİSR risk oluşturabilecek faktörlerin azalmasında iyileştirmeler yararlı olmuştur. Her tezgahta çalışma duruşları tekrar incelenerek zorlanmanın en çok olduğu duruşlar için çeşitli iyileştirme önerileri getirilerek risk puanları daha kabul edilebilir seviyelere çekilmelidir. Ayrıca tezgahlarda çalışan operatörlerin iş rotasyonu sağlanarak, aynı işte devamlı olarak çalışmalarının önüne geçilebilir.

KİSR oluşumunda çalışma duruşları çok önemlidir. Uygun olmayan çalışma duruşları, bu rahatsızlıklarının oluşumuna zemin hazırlamaktadır. İş esnasındaki duruşlarda nötral pozisyonun sağlanması, hem çalışanın rahat etmesi hem de işle ilgili olarak oluşabilecek KİSR korunmak açısından önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle çalışma ortamının ergonomik kurallara göre düzenlenmesi işle ilgili KİSR korunmak için gereklidir.

Çalışanların sağlık yönünden rahat etmesi ve güvenliklerinin korunması adına yapılan bu ergonomik iyileştirmeler çalışan verimliliği üzerinde de iyileştirici etki yapmaktadır. Çalışanların sağlığı ve güvenliği ile verimliliği arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan ergonomik risk değerlendirmeleri ile KİSR ve yaralanmalardan önemli derecede koruma sağlanarak, sağlık ve güvenlik yönünden daha iyi bir çalışma ortamı sağlanmış olacaktır. Bunlara ek olarak çalışan performansı ve üretim kalitesi artacak, iş gücü kayıplarıyla beraber ekonomik kayıpların önüne geçilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kahya, E., Çiçek, E. (2019). Seramik sektöründe taşıma işlemlerinde ergonomik risk değerlendirmesi - Bir pilot çalışma. Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 7 (1), 47-58.
- [2] Akay, D., Toksari, M. D. (2009). Ant Colony Optimization Approach for Classification of Occupational Low Back Disorder Risks. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 19 (1), 1-14.
- [3] Bilir, N. (2011). Meslek Hastalıkları Tanı, Tedavi ve Korunma İlkeleri. Hacettepe Tıp Dergisi, 42(4), 142-157.
- [4] İçağasıoğlu, A., Yumuşakhuylu, Y., Ketenci, A., Toraman, N.F., Maymak Karataş G., Kuru, Ö. & et al. (2015). Burden of Chronic Low Back Pain in the Turkish Population. Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 61, 58-64.
- [5] Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M. (2003). Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(3), 73-84.
- [6] Esen, H. & Fırlı, N., (2013). Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(1), 41-51.
- [7] Sağıroğlu, H., Coşkun, M.B. & Erginel, N. (2015). REBA ile Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), ÖS:Ergonomi2015, 339-345.
- [8] Atıcı, H., Gönen, D., Oral, A., (2015). Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 239-244.
- [9] Duran, F. M., Yeşilova, T., 2015, Manuel Yükleme Yapılan Bir İstasyonda Ergonomik İyileştirme. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 507-510.
- [10] Ulutaş. İ. & Gündüz T. (2017). Otomotiv Kablo İmalatında Ergonomik Risk Analizi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(2), 107-119.
- [11] Gönen, D., Oral, A.D., Ocaktan, M.A.B., Karaoğlu, A., & Cicibaş, A. (2017). Bir Transformator İşletmesinde Montaj Ünitesinin Ergonomik Analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(5), 1067-1080.
- [12] Özoğul, B., Çimen, B., Kahya, E. (2018). Bir metal sanayi işletmesinde ergonomik risk analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(ÖS: Ergonomi2017), 159 – 175.
- [13] Aydın, F. , Çidem, Ç. , Kahya, E . (2018). Kabin Üretimi Yapan Bir İşletmenin Kaynak Atölyesinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi. Ergonomi, 1 (3) , 137-147.
- [14] David, C. G. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, Occupational Medicine, 55, 190

- 199.
- [15] Chiasson, M.E., Imbeau, D., Major, J., Aubry, K. & Delisle A. (2012). Comparing the Results of Eight Methods Used to Evaluate Risk Factors Associated With Musculoskeletal Disorders, *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 42, 478-488.
- [16] Mert, E. A. (2014). Ergonomik Risk Değerlendirme yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [17] Koç, S. & Testik, Ö.M. (2016). Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları İle İncelenmesi Ve Minimizasyonu. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 27(2), 2-27.
- [18] Hignett, S. & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- [19] Kocabaş, M. (2009). Ağır ve Tehlikeli İşlerde Çalışan İş Görenlerde Zorlanmaya Neden Olan Çalışma Duruşlarının Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- [20] Li, G., Buckle, P., 1999, Evaluating Change in Exposure to Risk for Musculoskeletal Disorders – A Practical Tool. University of Surrey for the Health and Safety Executive.
- [21] David, G., Woods, V., Buckle, P. (2003). Musculoskeletal Risk: Assessment Methodologies. Launch Of A New Version Of The Quick Exposure Check. Institute of Chemical Engineers, Human Factors in the Process Industry, March 20th 2003, The Dennison Centre, University of Hull, Cottingham Road, Hull.
- [22] Kesiktaş, N., Özcan, E. (2007). Mesleki kas iskelet risklerinin değerlendirilmesinde güncel teknikler ve quick exposure check (QEC). *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Ocak, Şubat-Mart, 33-38.
- [23] Özcan, E., Kesiktaş Sakar, N., Alptekin, H. K., Özcan E. E., 2007, Mesleki Kas-İskelet Risklerinin Değerlendirilmesinde QEC Ölçeğinin Türkçe Uyarlamasının Güvenilirliği. *İstanbul Tıp Fakültesi*, 70,4, 98-102.

Bir Tekstil İşletmesinde Risk Değerlendirme Uygulaması: 5x5 Matris ve HAZOP

Risk Assessment Application in a Textile Company: 5x5 Matrix and HAZOP

Tuba KABAKULAK

ÖZET

Ülkemizde ön planda bulunan sektörlerden biri olan tekstilde , gelişen teknoloji ve makineleşmenin artması ile üretim birçok tehlikeye daha açık hale gelmiş, iş kazalarının yoğun yaşandığı ve risklerin arttığı bir sektör olmuştur. Bu sebeple tehlikelerin tespitinin yapılması ve bu tehlikelerin oluşturacağı risklerin doğru derecelendirilmesi alınacak önlemlerin belirlenip kazaları en aza indirmek veya kazaların oluşumunu engellemek için yapılması gereken en önemli iş sağlığı ve güvenliği adımıdır. Bu adımı gerçekleştirmek içinde işletmeye en uygun olan risk değerlendirme metodunu seçmek gerekmektedir. Bu çalışmada örme kumaş imalatı yapan bir firmada HAZOP ve 5x5 matris yöntemi uygulamaları gerçekleştirilmiş , farklı iki risk değerlendirmesi yöntemlerinin sektör için uygulanabilirliği, avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği , Risk Değerlendirmesi , HAZOP , 5x5 matris yöntemi, tekstil , örme

ABSTRACT

Occupational accidents and risk have increased in the textile sector, one of leading sectors of our country and the sector became vulnerable in terms of danger with the advanced technology and mechanization. Therefore, occupational health and safety is the most important steps to be taken in order to prevent incidents and minimize them by detecting dangers, grading the risks of these dangers accurately and setting out measures. The selection of most appropriate risk assessment method for the business is necessary in order to take this step. In this research HAZOP and 5x5 matrix methods are implemented in a knit fabric manufacturer company and the applicability, advantages and disadvantages of two risk assessment methods for the sector are determined.

Keywords: Occupational health and safety, Risk Assessment, HAZOP , 5x5 matrix method, textile, knitting

I. GİRİŞ

Kısaltılmış hali İSG olarak kullanılan iş sağlığı ve güvenliği kavramı her sektör için gelişen teknoloji ile birlikte daha çok gündeme gelmekte ve her geçen gün verilmesi gereken önemin farkındalığı artmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği henüz bir tehlike veya aksaklık oluşmadan ortaya çıkması muhtemel tehlike ve bunlara bağlı oluşacak riskleri önceden tespit edip bunların kabul edilebilir seviyede olup olmadığını belirleyip gerekli tedbirleri proaktif yaklaşım biçimiyle öngören ve bu sayede çalışanların tam bir iyilik hali içinde iş yaşamında bulunmalarını hedef alan bir sistematik çalışma faaliyetidir. Bu çalışma faaliyetinin ilk önceliği çalışanın korunması olmakla birlikte bunun gerçekleşmesi dahilinde üretim güvenliği ve işletme güvenliği de sağlanmaktadır.[1]

Bilindiği üzere üretim iş yeri ortamı, üretim araçları ve çalışan insanları kapsayan bir döngü içinde gerçekleştirilen bir süreçtir. Üretimin kaliteli olması için döngü içinde yer alan üçlünün iş sağlığı ve güvenliği kapsamında iyi yönetilmesi gerekmektedir. Bu noktada da devlet, işveren ve çalışan üçgeninin koordineli bir şekilde çalışıp işbirliğini sağlaması gerekmektedir. Devlet iş sağlığı ve güvenliği açısından yapılması gereken uygulamaların takibini sıkı ve düzenli bir şekilde gerçekleştirmeli ve uymayanlara gerekli uyarı ve süreler verildikten sonra takip neticesinde hala devam eden uygunsuzluklara karşı gerekli cezai yaptırımları sürece dahil ederek bu noktadaki net tutumun anlaşılmasını sağlamalıdır. İşveren kanunlar gereği kendisinin bu döngüde yapması gerekenleri aksatmadan gerçekleştirmeli, gerekli sağlık ve güvenlik koşullarını yerine getirerek iş yeri ortamı ve üretim araçlarının sahip olduğu güvensiz şartlar ile çalışanlarda mevcut olabilecek güvensiz hareketleri en aza indirmelidir. Çalışanlar ise iş yeri ortamında veya üretim araçlarında fark ettikleri güvensiz durumları işverene bildirerek gerekli ön-

lemlerin alınmasını sağlamalı ve çalışma şartlarını başta kendileri için ve sonra da üretim süreci için sağlıklı ve güvenli hale getirilmesine katkıda bulunmalıdır.

Türkiye'nin lokomotif sektörlerinden biri olan tekstilde de yukarıda bahsedilen üretim sürecinin iyi yönetilmesi önem arz etmektedir. [2] Tekstil sektörü ülkemizde hem çalışan yoğunluğunun fazla olması açısından hem de üretim aşamasında ciddi tehlikeler barındırması noktasından riskli bir sektördür. Son dört yılın SGK istatistiklerine göre; 2014 yılında 221 366 iş kazasının 12 128'i , 2015 yılında toplam 241 547 iş kazasının 12 041'i , 2016 yılı istatistiklerine göre 286 068 iş kazalarının 13 446'sı ve 2017 yılında ise 359 653 iş kazasının 16 520'si tekstil ürünleri imalatı sektöründe meydana gelmiştir. [3] Bu rakamlar tekstil sektörünün ne kadar riskli bir sektör olduğunu sayısal verilerle de göstermek noktasında önemlidir. Bu kadar riskli bir sektörün iş sağlığı ve güvenliği açısından gerekli faaliyetleri uygulayıp tehlikelerin önüne geçebilmesi yapılacak işe uygun ve doğru bir risk değerlendirme metodunun seçilip uygulanmasıyla önlenabilir.

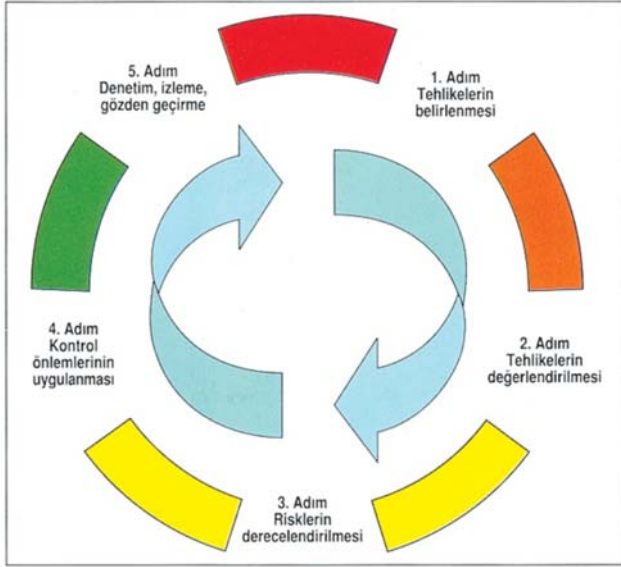
Risk değerlendirmesi işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarını tanımlamaktadır. Tehlike; İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek olan canı, malı ve çevreyi etkileyecek zarar ve hasar verme potansiyelidir. Risk; Bir tehlike sebebiyle oluşacak olayın gerçekleşme olasılığı ile bu olay sonucu meydana gelecek zarar, hasar, kayıp ve yaralanmanın şiddetinin bileşimini ifade etmektedir [4].

Risk değerlendirmesi iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının bir nevi mihenk taşıdır. İyi yönetilmiş bir risk değerlendirmesi tehlikelerin farkına varılmasını sağlamak ve

gerekli güvenlik önlemleri alınarak risklerin oluşmasını engellemekte bu sayede kazalardan korunmayı sağlamaktadır. 2012 yılında çıkarılmış olan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile önceden kaza olduktan sonra araştırılan reaktif yaklaşım yerini kaza olmadan önce tehlikelerin belirlenip risklerin oluşmasını bertaraf eden proaktif yaklaşıma bırakmıştır. Bu yaklaşım İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun işverene risk değerlendirme yapma veya yaptırma zorunluluğu getirmesiyle sağlanmaktadır. [5]

Risk değerlendirmesinin nasıl yapılması gerektiği ile ilgili detaylar İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde belirtilmektedir. Her risk değerlendirmesi aşağıdaki Şekil 1'de görülen aşamalar doğrultusunda oluşturulmaktadır.

Şekil 1: Risk değerlendirme aşamaları[6]



Risk değerlendirme aşamasının ilk bölümü olan tehlikelerin belirlenmesi aşamasında önemli olan öncesinde işletmeye uygun olan risk analizi metodunu doğru seçmektir. Tehlikelerin belirlenmesi aşamasında ise kaza oluşumunda önemli bir faktör olan güvensiz davranış ve güvensiz koşullara dikkat edilmesi gerekmektedir. Her işletmenin

içinde çalışanların veya işyeri ortamını paylaşan kişilerin bilinçli veya bilinçsizce meydana getirdiği güvensiz hareketler ve güvensiz durumlar mevcuttur. Bunların net bir şekilde tespit edilip gerekli tedbir ve kontrollerin sağlanması ancak çok dikkatli oluşturulmuş bir risk analizinin doğru ve etkili bir şekilde uygulanmasıyla mümkündür.

Dünya üzerinde yüzü aşkın risk değerlendirme yöntemi bulunmakla birlikte bu yöntemler kalitatif, kantitatif ve karma yöntemler olarak kategorize edilmiştir. Bu çeşitliliğin sebebi her iş yerinin farklı türde tehlikelere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Doğru ve uygun risk analizi tekniği seçiminde risk değerlendirmesi uygulanacak çalışma yerinin tehlikelerini ve oluşabilecek riskleri dikkatli incelemek gerekmektedir. Ayrıca hiç daha önce risk değerlendirmesi yapılmamış bir iş yeri sayısal veya istatistiksel verilere sahip olmadığı için öncelikli olarak kalitatif risk değerlendirme yöntemi seçmesi doğru olacaktır. Bu doğrultuda elde edilen sayısal veri ve detaylı bilgilere sahip olduktan sonra işletme yapısı kantitatif metoda uygunsuzsa risk değerlendirme yöntemini kantitatif metotlar arasından uygun olan tekniği seçerek değiştirilebilir. Yöntem seçiminin uygunluğunda metodu seçecek olan iş güvenliği uzmanının tecrübesinin ve bilgi birikiminin de önemli olduğunu vurgulamak gerekmektedir. İş güvenliği uzmanının tecrübe ve yüksek bilgi birikimi ile başarılı bir şekilde gerçekleştireceği basit bir metodun, düşük düzeyde teknolojiye sahip olan ve karmaşık olmayan sisteme sahip işletmeler için, değerlendirmenin kapsam ve hedeflerini karşıladığı taktirde yetersiz oluşturulmuş karmaşık bir tekniğe göre daha iyi sonuçlar vermesi de mümkün olmaktadır. Seçilecek risk analizi metodunun işletmenin tehlike kaynaklarını ve risk seviyelerini tespit edebilecek, riskin niteliği ve riske nasıl müdahale edilebileceği konusunda algıları geliştirecek sonuçlar sunacak, izlenebilir, yinelenebilir ve doğrulanabilir şekilde kullanılmaya uygun olacak bir yöntem olması gerekmektedir.

Bazı durumlar çeşitli yönetim standartları gereği veya işyerine ait risklerin türü ve kapsamı gereği o sektöre ait risk değerlendirme metodlarının kullanılmasını zorunlu kılabilir (kimya endüstrisi tarafından sektöre özel geliştirilmiş bir risk analizi tekniği olan HAZOP gibi)[7]. Birçok risk analizi olmasına rağmen temelde hepsinin ortak araştırdığı ve çözüm aradığı noktalar aynıdır: İşyerinin mevcut tehlikelerinin belirlenmesi, bu tehlikelerin sonucunda oluşabilecek risklerin neler olduğu ve bu risklerin meydana gelme olasılıklarını, tehlikeler tamamıyla yok edilemediği bir durum söz konusuysa oluşacak riskin kabul edilebilir seviyeye getirilmesi için uygulanacak kontrol ve koruma çalışmalarının yapılmasıdır.

A. 5x5 Matris Yöntemi

Genel olarak 5x5 Matris yöntemi olarak bilinen bu metod L tipi matris olarak da adlandırılmaktadır. Sebep-sonuç ilişkilerinde kullanılmaktadır. Bir olayın gerçekleşme olasılığı ile gerçekleşmesi neticesinde zararın şiddetinin değerlendirilmesi şeklinde ifade edilmektedir.

Ülkemizde en çok tercih edilen risk değerlendirme metodolojisidir. L tipi matris metodu basit ve kolay anlaşılabilir ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı tek başına bir analistin rahatlıkla uygulayabileceği küçük işletmeler için ideal olan bir tekniktir. Ancak farklı iş akışı şemaları içeren daha büyük işletmeler için tek başına yetersiz olan bir analiz metodudur. [8]

Yöntem uygulanırken öncelikle risk değerlendirmesinin yapılacağı işyerinde tüm iş akışı ve işletme dikkatlice gözden geçirilerek risk oluşturabilecek tüm tehlike kaynakları önemli-önemsiz, küçük-büyük demeden belirlenip bir tehlike listesi oluşturulur. Tehlikelerin tespiti için makine üreticilerinin talimatları, malzeme güvenlik bilgi formları, geçmişe ait kayıtlı, kayıtsız tüm iş kazaları ve ramak kaza

olaylar incelenir, bu sayede gözden kaçan tehlike olmuşsa onlarda listeye eklenir. Ardından bulunan her tehlike için risk skoru olasılık ve şiddet değerlerinin belirlenip çarpılmasıyla elde edilir. Belirlenen tehlikenin meydana gelme olasılığı değerini belirlemede uygulanmakta olan kontrol önlemlerinin yeterliliği, tehlikeye maruz kalan çalışan sayısı, tehlikeye maruziyetin süresi ve sıklığı, kişisel koruyucu donanımların sağladığı koruma ve kullanılma durumları ve çalışanların güvensiz davranışları da dikkate alınır. Tehlikenin oluşturduğu risk meydana geldiğinde sonucu (şiddeti) hakkında değer vermek için de Tablo 2'ye göre bir değer belirleme yapılır. Bu kriterlerle oluşturulan olasılık ve şiddet çarpımlarının sonucu olarak bulunan risk skoruna riskin önem derecesi Tablo 3'e göre bulunur. En yüksek risk skorları öncelikli olarak yapılacak eylemler, alınması gereken tedbirler ve bunların hangi süre aralığında (termin süresi) gerçekleştirilmesi gerektiği Tablo 4'e göre belirlenir.

$$\text{Risk Skoru} = \text{İhtimal} \times \text{Zarar Derecesi}$$

Tablo 1: Bir olayın gerçekleşme ihtimali

İHTİMAL	PUAN	ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI İÇİN DERECELENDİRME BASAMAKLARI
ÇOK KÜÇÜK	1	Hemen hemen hiç
KÜÇÜK	2	Çok az (yılıda bir kez), sadece anormal durumlarda
ORTA	3	Az (yılıda birkaç kez)
YÜKSEK	4	Sıklıkla (ayda bir)
ÇOK YÜKSEK	5	Çok sıklıkla (haftada bir, hergün), normal çalışma şartlarında

Tablo 2: Bir olayın gerçekleştiği takdirde şiddeti

ŞİDDET	PUAN	ŞİDDET İÇİN DERECELENDİRME BASAMAKLARI
ÇOK HAFİF	1	İş saati kaybı yok ancak ilkyardım gerektiren
HAFİF	2	İş saati kaybı var ancak iş günü kaybı yok, ayakta tedavi ilkyardım gerektiren
ORTA	3	Hafif yaralanma ve yatarak tedavi gerektiren
CİDDİ	4	Ölüm, ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
ÇOK CİDDİ	5	Birden çok ölüm, sürekli iş görememezlik

Tablo 3: Risk skor (derecelendirme) matrisi
(L tipi matris) [8]

İHTİMAL	ŞİDDET				
	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Derece)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
1 (Çok Küçük)	Anımsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2 (Küçük)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3 (Orta Derece)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
4 (Yüksek)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5 (Çok Yüksek)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

Tablo 4: Sonucun kabul edilebilirlik değerleri

SONUÇ	YAPILACAK ÇALIŞMALAR
TOLERE EDİLEMEZ RİSK (25)	Risk kabul edilebilir seviyeye çekilene kadar çalışmaya başlanmaz, çalışma yapılıyorsa durdurulur. Yapılan çalışmalara rağmen risk düşürülemediyse, faaliyet engellenmelidir.
KABUL EDİLEMEZ RİSKLER (15, 16, 20)	Belirlenen risk azalınca kadar iş başlatılmamalı, acil önlem alınmalı, alınan önlemler dahilinde risk kabul edilebilir seviyeye getirilirse faaliyetin devamına karar verilmelidir.
DIKKATE DEĞER RİSK (8, 9, 10, 12)	Riski azaltıcı faaliyetler başlatılır. Oluşacak maliyetler, dikkatle ölçülür ve sınıflandırılır. Risk azaltma önlemleri için belirli zamanlar ve periyotlar belirlenir.
KABUL EDİLEBİLİR RİSK (2, 3, 4, 5, 6)	Mevcut kontrollere devam edilir. Mevcut kontrollerin, uygulanıp uygulanmadığı denetlenmelidir. İlave faaliyete ihtiyaç yoktur.
ÖNEMSİZ RİSK (1)	Herhangi bir tedbir veya faaliyet gerektirmez

B. Hazop Metodu

HAZOP ilk olarak kimyasal proses tesislerinin güvenliğini değerlendirmek için 1970'li yılların başında İngiltere de Kimyasal Endüstri Enstitüsü (Institute of Chemical Industry, ICI) tarafından geliştirilerek bir risk analizi tekniği haline gelmiştir. İngiltere'de ise 1977 yılında Kimyasal

Endüstrileri Birliği (Chemical Industries Association, CIA) tarafından HAZOP rehberi yayımlanarak HAZOP analizi yıllar içerisinde geliştirilmiş ve iyileştirilmiştir [9].

Prosesteki sapmaların etkilerinin belirlenip prosesin normal akışıyla mukayese edilip sorunlara çözüm bulmaya yönelik yapılan beyin fırtınası yöntemidir. "Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışmaları" olarak adlandırılan bu teknik ilk olarak kimya sanayinin özel tehlike potansiyelleri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Daha sonraları bu metod teknolojik kazalar ile karşılaşan veya acil durum planı geliştirmek isteyen firmalar tarafından kullanılabilir hale gelmiştir. HAZOP çevresel risk değerlendirmelerinde ve basit teknolojilerin yer aldığı şirketlerde de kullanılabilir [8].

HAZOP analizi farklı tecrübeleri olan uzmanların bir araya gelip beyin fırtınası yapıp sistematik olarak dizayndan sapmaları, bu sapmaların sonuçlarını ve alınması gereken önlemleri belirlemeleri ilkesine dayanmaktadır. Bu analizi yapacak kişilerin tecrübeleri analizin başarısını etkileyecektir. HAZOP takım lideri olarak tecrübeli bir İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanının seçilmesi gerekmektedir

HAZOP ekip üyeleri şu kişilerden oluşur:

- Fabrikanın İşveren Vekili
- Fabrika Müdürü
- İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı
- Proses Mühendisi
- Sistem ve Otomasyon Mühendisi
- Elektrik Mühendisi
- İnşaat Mühendisi (Gerekli ise)

HAZOP analizinde kullanılan bazı parametreler diğer bir ifadeyle anahtar kelimeler (akış, basınç, sıcaklık, zaman, konsantrasyon gibi) vardır. Bu kelimeler yapılan prosese göre farklılık göstermektedir. Anahtar kelimelerin karşılığında da onları nitelemek ve tehlikeli sapmaları normal değerlerle karşılaştırmak amacıyla kullanılan kılavuz keli-

meler bulunmaktadır. Kılavuz kelimelerinin anahtar kelimelerle ile birleştirilmesi suretiyle dizayn sapmalarının belirlenmesi HAZOP çalışmalarının esasını oluşturmaktadır [10]. Kılavuz kelimelerinde yorumlanması yapıldığı endüstriye göre farklılık gösterecektir. Kılavuz kelimeler kısadır ve aşağıdaki Tablo 5’te belirtilmiştir.

Tablo 5: Bazı kılavuz kelimeler ve anlamları [9]

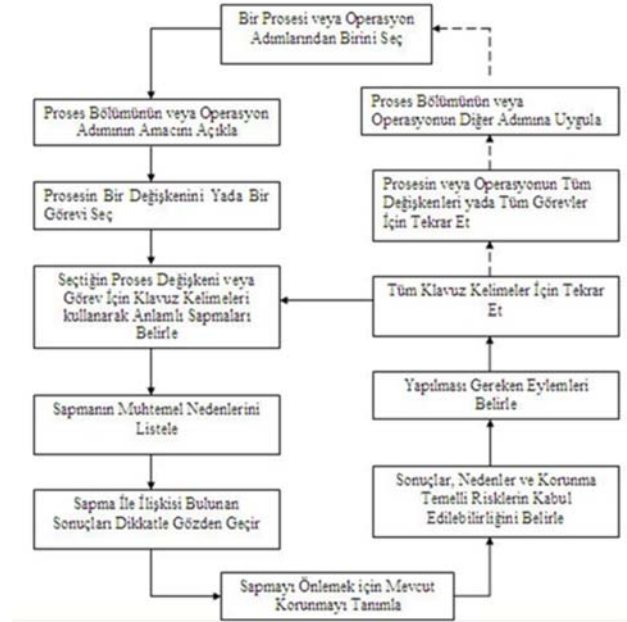
Kılavuz Kelime	Anlamı
Hiç (None/Not)	Dizayn amacının başarıya ulaşmaması (ileri ya da geri yönde akışın olmaması, ısı aktarımının gerçekleşmemesi, reaksiyonun olmaması vb.
Az (Less)	İşletme parametresindeki azalma (sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Fazla (More)	İşletme parametresindeki artma (sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Ters (Reverse)	Dizayn amacının tersi gerçekleşmesi (ters yönde akış, ısı aktarımının ters yönde gerçekleşmesi) Amaca ilave bir takım olayların ve aynı zamanda diğer ilgili faaliyetlerin mevcut olması
Yanı sıra (As well as)	(istenmeyen maddeler, kirleticiler, hava, buhar, korozif ürünler, ekstra faz vb.)
Diğer (...den başka) (Other than)	İstenilen durumun aksine bir işlemin gerçekleşmesi (Akışın istenmeyen bir hatta yönlendiği, ya da istenilmeyen bir ürünün elde edilmesi)
Kısmen (Part of)	İstenilen durumun tam gerçekleşmemesi (Bileşimin istenen durumdan farklı olması, istenen bileşimin bulunmaması)
Erken (Early)	İstenilen zamanlamanın dizayndan farklı bir şekilde meydana gelmesi (Sıralı proseslerde bir işlemin diğerinden önce veya sonra başlaması)
Geç (Late)	Erken kelimesinin aynısı.

HAZOP ekibi, ilk olarak prosesin veya operasyon bir bölümünü seçer ve anahtar kelimeyle birlikte kılavuz kelimeyi de kullanarak tehlikeli sapmayı belirler. Tanımlanan tehlikeli sapma için neden araştırması ve nedene bağlı olarak sonuç araştırması yapılır.

Aşağıda Şekil 2’de HAZOP takımının risk değerlendirme yaparken izleyeceği yol yer almaktadır.

HAZOP ekibi oluşturulduktan sonra bütün proses ve amaç belirtilir. Sonra proses parçalara ayrılır, bir parça seçilerek onunla ilgili parametreler (anahtar kelimeler) ve onlara karşılık gelebilecek kılavuz kelimelerle tehlikeli sapma tespit edilir. Prosesteki sapmanın nedenleri ekip tarafından

Şekil 2: HAZOP takımının izleyeceği aşamalar [8]



araştırılır ve nedenlerin listesi hazırlanır, bu aşamada takımın tecrübesi ve liderin önderliği önemlidir. Sapmanın nedenlerinin belirlenmesinin akabinde bu tehlikeli sapmanın olası sonuçları üzerine bir beyin fırtınası gerçekleştirilip tespiti yapılır. Eldeki veriler dahilinde tehlikeli sapmaya yönelik daha önceden işletme içinde alınmış mevcut bir kontrolün olup olmadığı gözden geçirilir. Eğer daha önceden alınmış bir önlem varsa onun yanı sıra alınması gereken önlemler sıralanır, mevcut bir kontrol yoksa tüm alınması gereken önlemler ve termin süresi de risk değerlendirme formunda belirtilip uygulamaya konur.

HAZOP çalışmasının temel amaçları şu şekilde sıralanabilir [11]:

- Tasarımdan kaynaklanan bütün sapmaların sebebini belirlemek,
- Bu sapmalardan kaynaklanan bütün önemli tehlike ve işletilebilirlik problemlerini (riskleri) saptamak,
- Bu tehlike veya işletilebilirlik problemlerini kontrol etmek için gerekli önlemlere (eylemlere) karar vermek,
- Alınan önlem kararlarının uygulandığını ve kayıt altına alındığını denetlemek.

Çalışmada kullanılan her iki metodun avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. 5x5 matris yöntemi genel olarak basit ve uygulanabilirliği kolay olması ve kısa zamanda gerçekleştirilebilmesi açısından birçok alanda tercih edilmektedir. Ayrıca bu metod tek bir kişi tarafından rahatlıkla uygulanabilmektedir. Bu metodun dezavantajı uygulayan kişinin tecrübesinin yüksek olmasını gerektirmektedir. Yöntemde kullanılan olasılık ve şiddet parametrelerine verilen yanlış puanlama değerleri önemli bir riskin önceliğini yanlış puanlama yapılan riske tanınmasına neden olabilirken tam tersi bir durumda meydana gelebilmektedir. Bu durum risklerin doğru değerlendirilmemesi sebebiyle kontrollerinin gerektiği gibi yapılamamasına sebep olacaktır. Diğer teknik HAZOP metodu ise güvenilirliği yüksek bir metottur. Bir prosesteki sapmaların etkilerinin tespit edilmesini ve normal koşullar altındaki prosesle karşılaştırma yapılma imkânı sağladığı için geniş kabul görmüş bir yöntemdir[12]. Takım çalışmasıyla yapılan bu metodun detaylı ve yüksek bilgi birikimi gerektiriyor olması yöntemin daha net ve güvenilir olmasını sağlamaktadır. Çalışmanın fazla detaylandırılmayla yapıyor olması risk değerlendirmesi sürecinin tamamlanmasının uzun sürmesine sebep olmaktadır.

Bu çalışmada amaç örme kumaş imalatı yapan bir firmada 5x5 matris ve HAZOP risk değerlendirme yöntemini uygulayarak bu metodların karşılaştırılması ve elde edilen sonuçların yorumlanmasıyla bu iki risk değerlendirme tekniğinin tekstil sektörüne iş sağlığı ve güvenliği yönünden uygulanabilirliğini ölçmek, yöntemlerin olumlu ve olumsuz taraflarını gösterebilmektir.

II. TEKSTİLDE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Türkiye'nin gelişmiş ve hala gelişmekte olan sektörlerinden tekstil tehlike potansiyeli yüksek olan bir sanayi koludur. Ayrıca çalışan sayısı yoğunluğu fazla olan bir sek-

tördür. Bu durumlar düşünüldüğünde iş sağlığı ve güvenliği anlamında gerekli tüm tedbirlerin üst seviyede tutulması gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Tekstil sektöründe de her sektör dalının sahip olduğu gibi kendine özgü tehlikeleri mevcuttur. Bu tehlikeler risk değerlendirmesinde sektörün alt kolları için her birinde ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Genel olarak sektöre ait tehlikeler altı başlık altında toplanmaktadır : [13]

1. İş Ekipmanlarından Kaynaklanan Tehlikeler
2. Yangın
3. Gürültü
4. Tozlardan Kaynaklı Tehlikeler
5. Kimyasal Tehlikeler
6. Ergonomik Tehlikeler

Bu tehlikelerin kontrolünün iyi bir şekilde gerçekleştirilmesi için bir işletmenin ne tür bir risk değerlendirmesine ihtiyacı olduğunun doğru belirlenmesi gerekmektedir. Kimyasallarla ilgili tehlikelerin çoğunlukta olduğu boyahanelerde 5x5 matris yönteminin kullanılması yetersiz olacaktır. Böyle bir işletmenin HAZOP metodunu kullanarak risk değerlendirmesi yapması daha doğru bir tercih olacaktır. Sektörün alt kollarındaki her işletmede bulunan yetkili kişi ve/veya kişiler mevcut bulunan tehlikeleri tespit edip ne tür bir risk değerlendirmesinin daha iyi sonuç verebileceğine karar verip yeterli olabilecek risk değerlendirme metoduyla risk analizini gerçekleştirmelidir.

Çalışma sırasında ulaşılan literatür taramasında genel olarak sektöre ve sektörle ilgili olan hazır giyim sektörüne ait çalışmalarda genel olarak 5x5 matris, Fine-Kinney metodu ve Hata Türü ve Etkileri analizi yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapıldığı gözlemlenmiştir. Tekstil sektöründe meydana gelen iş kazaları ve sebeplerinin araştırılması ile alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemleri adlı çalışmada 5x5 matris yöntemi, İş sağlığı ve güvenliği

açısından kot üretimi yapan bir işletmede risk değerlendirilmesi adlı çalışmada Fine-Kinney metodu, bir hazır giyim işletmesinde iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yapılan risk analizi çalışmasında hata türü ve etkileri analizi kullanılmıştır. [14, 15, 16] Bu örneklerden de görüldüğü üzere bir işletmeye biri kantitatif biri kalitatif olmak üzere iki farklı risk değerlendirme metodu kullanılarak bir çalışma yapılmamıştır. Böyle bir çalışma olmaması sebebiyle 5x5 matris ve HAZOP metotları kullanılarak metotların olumlu-olumsuz taraflarının karşılaştırılması ve uygulanabilirliklerinin gösterilmesi amacıyla vurgu yapılmak istenmiştir.

III. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Çalışma tekstil sektörünün uygulama alanlarından biri olan kumaş üretimi kategorisinde örme kumaş üretimi yapan İstanbul – Yenibosna’da bulunan 650 metrekare alana sahip küçük ölçekli bir işletmede uygulanmıştır.

Örme kumaş imalatı için yuvarlak örme makineleri kullanılmaktadır. Makinelerin çalışma esnasında ortamda oluşturduğu gürültü 85 dB in üzerindedir. Bu gürültü düzeyinin çalışana verdiği zararı azaltmak amacıyla kişisel koruyucu donanım olarak kulak koruyucu her çalışan için işveren tarafından temin edilmiştir. Üretilen kumaşların kontrolünün gerçekleştirildiği bir adet kalite kontrol makinesi bulunmaktadır. İşletme beş katlı binanın son katında olduğu için yük taşıma işlemi firmada bulunan caraskal ile yapılmaktadır. Caraskal kullanımı sırasında çalışanın güvenliği için emniyet kemeri işveren tarafından temin edilen bir diğer kişisel koruyucu olarak sağlanmıştır. Ayrıca mal taşıma işlemini gerçekleştirmek için iki adet rulman tekerlekli yük taşıma sepetleri bulunmaktadır. Bunların dışında üretim bölümünde birde forklift vardır. İşletmenin bulunduğu katın son kat olmasından dolayı çatıda bulunan kapalı alana kompresörünü yerleştirmişlerdir. İşletme içerisinde havalandırma, bulunan küçük pencerelerdeki havalandırma

pervaneleri ve caraskal için ayrılan yerden sağlanmaktadır.

İşletmede yapılan üretim dışarıdan alınan iplik bobinlerinin çağlık sistemine dizilip yuvarlak örme makinesinde kumaş haline getirilmesi şeklindedir. Yapılan üretim göz önüne alındığında örme kumaş makinesi risk değerlendirmesinde dikkat edilmesi gereken bir unsur haline gelmektedir. Dışarıdan alınan iplik bobinleri firmaya karton kutulanmış şekilde ulaşmaktadır. Gelen iplik kutuları veya üretilen kumaş topları için oluşturulmuş ayrı bir depolama alanı bulunmamakta üretim yapılan alan ayrıca depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Depolama alanında üretim yerinde olması bu alanı yangın bakımından bir kat daha tehlikeli hale getirmektedir. Ayrıca üretimde kullanılan yuvarlak örgü makinelerindeki gürültü işletmede dikkat çeken diğer önemli unsurlardan bir tanesidir.

Bu çalışma işletme içinde yer alan belirli tehlikeler için kantitatif yöntem olan 5x5 matris yöntemi ve kalitatif bir yöntem olan HAZOP risk değerlendirme metotları kullanılarak yapılmıştır.

A. 5x5 Matris Yöntemiyle Risk Değerlendirmesi

Bu uygulama yapılırken HAZOP ile karşılaştırabilmek için HAZOP çalışmasında dikkat edilen noktalar puanlanıp Tablo 6 da risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Tehlikeler belirlenip listelenmiştir ardından oluşturulan bu listeye göre her tehlike için L tipi matris metodunda yer alan olasılık yani olayın gerçekleşme ihtimaline göre metotta belirlenmiş 1 den 5 e kadar 5 te dahil olmak üzere olan puanlamaya göre uygun sayısal değer tespitine metotta yer alan tablolardan bakılarak karar verilmiştir. Metotta olasılık ve şiddet olarak risk derecesini belirleyen iki parametre yer almaktadır. Olasılık parametresinin değeri belirlendikten sonra olayın gerçekleşmesi durumunda bu tehlikenin etkisi yani şiddeti belirlenerek ikinci parametre olan şiddete de 1 ile 5 arasında 5’te dahil olmak üzere puanlama

Tablo 6: 5x5 matris risk değerlendirme metodu uygulaması

RİSK ANALİZ VE DEĞERLENDİRME FORMU												
Firma adı:								Hazırladığı Tarih:				
Adres:								Geçerlilik Tarihi:				
E-mail:								İş Güvenliği Uzmanı:				
Tel:		Faaliyet Alanı: Örme Kumaş				Grup: Az Tehlikeli		Tehlike				
ALINMADAN ÖNCE			ÖNLEM			ALINDIKTAN SONRA			ÖNLEM			
Sıra No	Muhtemel Tehlike	Durum/Yer	Etkileri	OLASILIK	ŞİDDET	RİSK BÜYÜKLÜĞÜ	Risk Derecesi	Riski Azaltmak İçin Önerilen Faaliyet	OLASILIK	ŞİDDET	RİSK BÜYÜKLÜĞÜ	Bakiye Risk
1	Gaz sızıntısının fark edilememesi nedeniyle zehirlenmeler ve patlama tehlikeleri	Bütün Bölümler	Yaralanma/ Ölüm	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Tüp, doğalgaz bulunan bölümlerde gaz dedektörü ve duman dedektörü bulunmalı ve devrede olup olmadığı sık sık kontrol edilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
2	Gaz dedektörünün olmaması	Bütün Bölümler	Yaralanma/ Ölüm	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Gaz dedektörleri bulunmalı, kontrol ve bakımları düzenli yapılmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
3	Depolama	Bütün Bölümler	Yangın	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Depo alanları belirtilmeli, yetkiliden başkası giremez uyarı işareti kapıya görünür yere konulmalı, kapalı alanda sigara içilmemeli, yeterli sayıda yangın söndürücü bulundurulmalı, duman sensörü bulundurulmalı, depo alanlarına atıklar konulmamalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
4	İklimlendirme(Klima..) cihazlarının kontrollerinin düzenli yapılmaması	Bütün Bölümler	Mikrop/Mantar Üremesi	2	4	8	DİKKATE DEĞER RİSK	Klimanın iç ve dış ünitelerinin temizliği yapılmalı, filtreleri düzenli aralıklarla kontrol edilmeli ve klimanın bakımı düzenli bir şekilde yetkili servise yaptırılmalıdır. Klimanın hava üfleme kanatlarının direk çalışana gelmemesi sağlanmalı, kullanma talimatına uygun kullanılmalı ve uygun biçimde duvara montajı yapılmış olmalıdır. Elektrik çarpmalarına karşı topraklaması olmalıdır. Çalışılan ortamın sıcaklığı çalışma şekline ve çalışanların harcadıkları güce uygun olmalı, çok sıcak(yaz) ve çok soğuk(kış) olmamalı, çalışma ortamının lokal, genel aspirasyonları ve hava akım hızları düzenli olarak ölçülmeli, ölçüm sonuçlarına uygun düzenlemeler yapılmalı, termal konfor ölçümleri akredite laboratuvarlara yaptırılmalı; sıcaklık, nem, hava akım hızı ve radyant sıcaklık ölçüm sonuçları dosyalandırılmalı ve saklanmalıdır.	1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
5	Sıcaklığın çalışma şartlarına uygun olmaması	Bütün Bölümler	Biyolojik etkiler	3	4	12	DİKKATE DEĞER RİSK	İşyerinde nem ölçümü ISGGM yetki verdiği kurum ve kişilerce ortam ölçümleri yapılmalı ve sonuçlar dosyalandırılmalıdır. Nem oluşan alanlarda ısı yalıtımı yapılmalı, nemli havayı çekici makineler olmalı, ortam iyi havalandırılmalıdır. Havalandırma sistemi kurulmalı ve uygun hijyen şartları sağlanacak şekilde düzenli aralıklarla temizlenmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Çalışma ortamının lokal, genel aspirasyonları ve hava akım hızları düzenli olarak ölçülmeli, ölçüm sonuçlarına uygun düzenlemeler yapılmalı, suni havalandırma sistemlerinde hava akımı, çalışanları rahatsız etmeyecek şekilde olmalı, çalışma ortam havasını kirleterek çalışanların sağlığına zarar verebilecek artık ve pislikleri derhal dışarı atabilecek teknik özelliklere sahip olmalıdır.	1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
6	Nem	Bütün Bölümler	Astım, Romatizma.. Sağlık Problemleri	3	4	12	DİKKATE DEĞER RİSK	Açılır camlar, klimalar vb havalandırma sistemleri ile ortam havasının düzenli olarak yenilenmesi sağlanmalıdır.	1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
7	Havalandırmanın olmaması	Bütün Bölümler	Yetersiz havalandırma sonucu iş gücü kaybı ve enfeksiyonların ortaya çıkma tehlikesi	3	4	12	DİKKATE DEĞER RİSK	Toz ölçümleri ISGGM yetki verdiği kurum ve kişilerce ortam ölçümleri yapılmalı ve dosyalandırılmalıdır. Ortam sık aralıklarla havalandırılmalı, hava sirkülasyonu sağlanmalı, gerekli ise havalandırma tertibatı kurulmalı, personel KKD alınmalı, zimmet tutanağı ile teslim edilmeli, eğitim verilmeli ve kullanması sağlanmalıdır.	1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
8	Ortam havası	Bütün Bölümler	Zihni ve beden yorgunluğu	3	4	12	DİKKATE DEĞER RİSK		1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
9	Toza Maruz Kalma	Bütün Bölümler	Akciğer rahatsızlıkları	3	4	12	DİKKATE DEĞER RİSK		1	4	4	KABUL EDİLEBİLİR RİSK

Tablo 6 (devamı): 5x5 matris risk değerlendirme metodu uygulaması

10	Elektrik şoku can kaybı, yaralanma	Bütün Bölümler	Yaralanma, Ölüm	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Elektrik işlerinde çalışan kişilere elektrik tehlikesine karşı hazırlanmış iş ayakkabısı, giysi, eldiven, paraşürcü tipi emniyet kemeri ve iş ekipmanı verilmelidir. Tüm çalışanlara elektrik ve tehlikeleri konusunda eğitim verilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
11	Florasan armatür kafeslerinin olmayışı nedeniyle ampul düşme tehlikesi	Bütün Bölümler	Yaralanma	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RISK	Tüm florasan armatürleri ampulün düşmesini engelleyecek şekilde kafesli olmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
12	Uzatma kablosu ile birden fazla makine ve ekipmanın çalıştırılması	Bütün Bölümler	Takılıp düşme, Elektrik çarpması, Yangın	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Üretimde uzatma kablosu kullanılmamalı, aşırı yüklenme yapılmamalı, kablolar kanal sistemi içerisinden yalıtım yapılarak geçirilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
13	Ekli kablo kullanılması	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması, Ölüm	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Kablolar eklemeye yapılmamalı, ekli kablolar değiştirilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
14	Açık uçlu, hasarlı, yıpranmış elektrik kablo kullanılması	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması, Ölüm	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Açık uçlu, hasarlı, yıpranmış elektrik kablosu kullanılmamalı, derhal yenilenmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
15	Elektrikle ilgili bağlantıların kontrol edilmemesi	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması, Ölüm	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Elektrik bağlantıları sürekli yetkili kişiler tarafından kontrol edilmeli, aksilik durumunda çalışma derhal durdurulup, problem giderilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
16	Elektrik Kabloları	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Ekipmanların topraklamaları tam yapılmalı, kablolar hasarsız olmalı, kablolar keskin, sıcak yüzeylerden ve zeminden uzak tutulmalı, kablolar kanallardan geçirilerek izole edilmeli, periyodik olarak elektrik donanımı kontrol edilmeli, ekli kablo kullanılmamalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
17	Kablolu aletlerde takılma ve düşme	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Tüm kablolu aletlerin kabloları kanal içinden geçirilmeli açıkta kablo bulunmamalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
18	Tesisatlardan kaynaklanan elektrik tehlikesi	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması sonucu yaralanma/ölüm	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	İzolasyonu sınırlı kablo bulunmamalı, kablolar ek yapmaktan kaçınılmalı, elektrik kaçaklarını önlemek için kablo, fiş, priz vb. tesisat elemanlarında yalıtımı bozulmuş yerlerin bant ile kapatılmamalı, yenileri ile değiştirilmeli, kablolar kanal içinden geçirilmeli, yeni kablo çekilmelidir. Kullanım dışı olmuş tesisat ve kablolar derhal sökülmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
19	Elektrik tesisatında oluşan deformasyonlar	Bütün Bölümler	Akıma kapılma ve Yangın	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Elektrik tesisatı yangın veya patlama tehlikesi yaratmayacak şekilde projelendirilip tesis edilecek ve çalışanlar doğrudan veya dolaylı temas sonucu kaza riskine karşı korunacaktır. Tesisatın projelendirilmesi, kurulması, malzemesinin ve koruyucu cihazların seçimi, kullanılacak voltaja ve ortamsartlarına uygun olacak, yürürlükteki mevzuatta belirtilen yetkili kişiler tarafından işletilecektir. Panolar kontrol edilmeli, eskimiş kablo ve devre elemanları yenileri ile değiştirilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
20	Elektrik çarpması	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması/ Yangın	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Elektrik ile ilgili TEMEL İSG eğitimi verilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
21	Korumasız ve kapaksız prizlerin bulunması	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Bütün prizler korumalı ve kapaklı olmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
22	Seyyar Priz	Bütün Bölümler	Elektrik Çarpması	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Seyyar prizler duvara sabitlenmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
23	Kırık priz bulunması	Bütün Bölümler	Elektrik çarpması	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Kırık prizler yenisiyle değiştirilmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
24	Vantilatör	Bütün Bölümler	Yaralanma	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Tüm vantilatörler yüksek bölümlere sabitlenmeli, kabloları zemin yüzeyinde bulunmamalı, dönen pervane koruyucu içine alınmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
25	Herkesin Çalışma yerinin sabit olmaması	Bütün Bölümler	Bilmediği makineyi kullanma sonucu iş kazası	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Bütün çalışanların görev tanımları yapılmalı, görevi dışında başka iş yapmamalıdır. İşveren, ustabaşı, bant sefleri gözetiminde çalışan işyerinde görev tanımı yapılan yerde çalışmalı, harici iş verilmemeli, kullanmayı bilmediği makineyi kullanması engellenmelidir.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK
26	Kontrol Makinesi	Üretim	Yaralanma, uzuv kaybı	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RISK	Sadece bilgi sahibi olan çalışan tarafından kullanılmalıdır. Çalışma alanı kırmızı çizgi ile çevrilmeli, çalışanların kırmızı çizgiyi geçmesi engellenmeli, Türkçe kullanma talimatları görünür yere asılmalı, uyarıcı levhalar görünür yere asılmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RISK

Tablo 6 (devamı): 5x5 matris risk değerlendirme metodu uygulaması

5 Caraskal	Bütün Bölümler	Yaralanma/ Ölüm	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Caraskalın düzenli olarak bakımı ve ISGGM yetki verdiği kurum ve kişilerce yılda 1 periyodik kontrolleri yapılmalı, kayıt altına alınmalı ve saklanmalıdır. Arıza durumunda ilgili firmaya hemen haber verilmelidir. Caraskala yükleme kapasitesi görünür yere asılmalı ve gereğinden fazla yüklenmemeli, kullanıcılar bilgilendirilmelidir. Kullanılan kişiye zimmet tutanağı karşılığında emniyet kemeri verilmeli ve kullanılmalıdır. Emniyet kemeri güvenli bir noktaya monte edilmeli, kemersiz kullanım yasaklanmalıdır. Caraskalın etrafı sarı çizgi ile çizilmelidir. Caraskalın bulunduğu kat boşluğu en az 90 cm. yüksekliğinde korkuluk yapılmalıdır. Caraskalın indiği yerin etrafı 90 cm. korkuluk ile çevrilmelidir. Uyarı levhaları görünür yere asılmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
İnsanlardan, makine veya donanımlardan 97 kaynaklanabilecek veya dış ortam kaynaklı gürültü fazlalığı	Bütün Bölümler	Gürültü fazlalığı sonucunda işleme yetersizliği, çalışma verimsizliği	3	5	15	KABUL EDİLEMEZ RİSK	İşyerinde gürültü ölçümü ISGGM yetki verdiği kurum ve kişilerce yılda 1 yapılmalı ve sonuçlar dosyalanmalıdır. Gürültülü makineler değiştirilmelidir. Değiştirilmesi mümkün değil ise kapalı bir bölüme alınmalı, ses emici izolasyon yapılmalı, çalışanlara ses yüksekliğine uygun KKD alınmalı, zimmet tutanağı ile teslim edilmeli, eğitim verilmeli ve kullanması sağlanmalıdır. 80dB'de kulak koruyucu bulundurulmalı, 85dB'de kulak koruyucu takılmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
Kişisel koruyucu 154 donanımın düzenli kullanılmaması	Bütün Bölümler	KKD eksikliği veya kullanılmaması durumunda iş kazaları	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Yapılan işe uygun şekilde kişisel koruyucu donanımlar çalışanlara zimmet karşılığı temin edilmelidir. Bu ekipmanların kullanılması konusunda iş disiplini sağlanmalıdır. Deformasyona uğrayan KKD eskisini geri getirmek koşuluyla işveren tarafından alınmalı ve çalışanlara yenisi verilmelidir. CE belgeli, Türkçe kullanım kılavuzu olan KKD kullanılmalıdır. CE belgeleri ve kullanma kılavuzları dosyalanmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK
156 Örme Makinesi	Üretim	Yaralanma, uzuv kaybı	4	5	20	KABUL EDİLEMEZ RİSK	Sadece bilgi sahibi olan çalışan tarafından kullanılmalıdır. Çalışma alanı kırmızı çizgi ile çevrilmeli, çalışanların kırmızı çizgiyi geçmesi engellenmeli, Türkçe kullanma talimatları görünür yere asılmalı, uyarıcı levhalar görünür yere asılmalıdır. Örme makinesinin üzerinde bulunan küçük vantilatör koruma içinde olmalıdır.	1	5	5	KABUL EDİLEBİLİR RİSK

yaparak uygun değer bulunması sağlanmıştır. Tehlikenin şiddet değeri tespit edilirken sadece çalışanın iş sağlığı ve güvenliğine yönelik tespit yapılmamıştır. Ayrıca olası tehlikenin çevreye ve işletmeye olan etkisi de göz önüne alınarak uygun değer tespit edilmiştir. Olasılık ve şiddet değerlerine karar verildikten sonra her bir tehlike için risk skoru olasılık ve şiddetin çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Her bir tehlike için öncelikli olan amaç tehlikeyi ortadan kaldırmaktır fakat bazı durumlarda bu mümkün olmamaktadır. Tehlikenin ortadan kaldırılmasının imkanı olmadığına daha az tehlikeli olanla değiştirmek gerekmektedir. Düzeltici ve önleyici faaliyetleri sürece ekledikten sonra kontrollerinin düzenli olarak yapıp çalışanların bilgilendirilmesi adına eğitimlere gerekli önem verilmesi sağ-

lanmalıdır ve risk skorunun alınan önlemlerden sonra kabul edilebilir düzeye inip inmediğini belirleyebilmek için tekrardan bir risk değerlendirmesi yapılarak alınan önlemlerin tehlike üzerinde ne kadar etkili olduğu gözden geçirilmelidir. Tablo 6'da 5x5 matris yöntemiyle risk değerlendirme sonuçları yer almaktadır.

B. Hazop Metoduyla Risk Değerlendirmesi

Bu risk değerlendirmesi için depolama, kontrol makinesi, örme makinesi, tesisatlardan kaynaklı elektrikle ilgili tehlikeler ve kişisel koruyucu donanım olmak üzere beş farklı tehlike kaynağı belirlenmiştir. Belirlenen bu tehlike kaynakları için uygun olan anahtar kelimeler, kılavuz kelimeler saptanmıştır. Anahtar kelimelere ve kılavuz kelimele-

Tablo 7: Kişisel koruyucu donanım için HAZOP uygulaması

TEHLİKE ve İŞLETİLEBİRLİK ÇALIŞMA RAPORU								
Sistem/Proses: Çalışma Alanı: Malzeme Kaynağı: Açıklamalar:	Üretim:	Revizyon Tarihi:			HAZOP no: Sayfa No: HAZOP Bitiş Tarihi: HAZOP Ekibi:			
No	Anahtar Kelimeler	Kılavuz Kelimeler	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Tehlikeli Sapmanın Sonuçları	Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller	Alınacak Önlemler	Termin
1	Kulak koruyucu	Hiç	Çalışan Hatası	Çalışanlar tarafından rahat etmeme hissi uyandırması, fazlalık gibi görülmesi	Psikolojik etkiler (yorgunluk, sinir bozukluğu gibi) / İşitme kaybı / İşitme eşliğinin kayması	Kulak koruyucusunun işyeri tarafından temin edilmiş olması Her bir çalışana zimmetlenmiş olması	Kişisel koruyucuya alıştırma programı uygulamak, Konuyla ilgili çalışanları bilinçlendirmek ve dikkat çekebilmek için animasyonlu eğitim verilmelidir. Kulak koruyucu kullanmayanlara para cezası yaptırım uygulanmalıdır. Casaskal kullanımı sırasında çalışanın kendisini tehlikeye sokacak bu davranışı tekrarlamaması için eğitim verilmeli, uyarılmalı, uyarılara uyulmadığı takdirde cezalandırma uygulanmalıdır.	Hemen
2	Emniyet Kemer	Hiç	İş yerinde casaskal kullanımı sırasında çalışan için temin edilmiş emniyet kemertinin kullanılmaması	Çalışanın kendini rahat hissetmediği düşüncesi	Yaralanma Ölüm	İşveren tarafından temin edilmiş olması		Hemen

Tablo 8: Kontrol makinesi için HAZOP uygulaması

TEHLİKE ve İŞLETİLEBİRLİK ÇALIŞMA RAPORU								
Sistem/Proses: Çalışma Alanı: Malzeme Kaynağı: Açıklamalar:	Üretim:	Revizyon Tarihi:			HAZOP no: Sayfa No: HAZOP Bitiş Tarihi: HAZOP Ekibi:			
No	Anahtar Kelimeler	Kılavuz Kelimeler	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Tehlikeli Sapmanın Sonuçları	Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller	Alınacak Önlemler	Termin
1	Güvenlik	Kısmen	Elin sıkışmasını önleyen lazer sisteminin devre dışı bırakılması	Çalışanların kontrolsüzlüğü işletme hatası	Yaralanma Uzuv kaybı	Güvenlik butonunun mevcut olması	Lazer sistemi devreye sokulmalı ve kontrolünü sağlanmalıdır. Çalışanın devre dışı bırakılması durumunda maddi yaptırım uygulanmalıdır.	Hemen
2	Plastik paspas	Hiç	Plastik paspasın kullanılmaması	İşletme hatası	Elektrik çarpması sonucu yaralanma /ölüm	Elektrik panosundan kapatma	Plastik paspas makine şalterinin olduğu yere sabitlenmeli ve makine şalterinin böylelikle güvenli açılıp kapanması sağlanmalıdır.	Hemen
3	Uyarıcı levha	Kısmen	Her çalışanın kontrol makinesini kullanması Uyarı levhasının dikkate alınmaması	Çalışanlara verilen taviz Makineden sorumlu belirli bir kişinin olmaması	Yaralanma	Yok	Çalışanların uyarı levhalarını dikkate almaları sağlanmalıdır. Kontrol makinesinden sorumlu yetkili bir çalışan belirlenmelidir.	Hemen

Tablo 9: Örgü makinesi için HAZOP uygulaması

TEHLİKE ve İŞLETİLEBİRLİK ÇALIŞMA RAPORU								
Sistem/Proses: Üretim: Çalışma Alanı: Malzeme Kaynağı: Açıklamalar:		Revizyon Tarihi:		HAZOP no: Sayfa No: HAZOP Bitiş Tarihi: HAZOP Ekibi:				
No	Anahtar Kelimeler	Kılavuz Kelimeler	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Tehlikeli Sapmanın Sonuçları	Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller	Alınacak Önlemler	Termin
1	Çalışma Alanı	Hiç	Kırmızı çizgiyle belirlenmemiş çalışma alanı	İşletme hatası	Bilgi sahibi olmayan çalışanı makineye müdahalesi sonucu uzuv kaybı / yaralanma/ ölüm	Yok	Çalışma alanı kırmızı çizgi ile çevrilmeli Yetkili çalışan harici çalışanların sınır belirlenmiş alana girmesi yasaklanmalıdır.	Hemen
2	Küçük Pervane	Kısmen	Pervanenin koruma içinde olmaması	Makinenin tepesinde olduğu için bir sorun teşkil etmeyeceği düşüncesi	Yaralanma uzuv kaybı	Pervanenin kendine air sensörünün bulunması	Pervane koruma içine alınmalı ve bu şekilde kullanılması sağlanmalıdır.	Hemen
3	Dağınıklık	Yanı sıra	Makine üzerinde gereksiz alet bırakılması veya unutulması	Çalışanların dikkatsizliği ve düzensizliği	Makine bozulması sebebiyle iş akışında aksaklık	Yok	Makineden sorumlu kişi belirlenmeli ve düzenli çalışma konusunda bilinçlendirilmelidir.	Hemen
4	Güvenlik Kafesi Korumucusu	Ters	Güvenlik kafesi devre dışı bırakılması	Çalışanların güvenlik konusundaki ihmalkarlığı Çalışanların kumaş topunun her birisinde tekrar kafesi açıp kapatmayı istememesi	Ağır Yaralanma / Ölüm	Yok	Güvenlik kafesinin devre dışı bırakılmasının önlenmesi için uyarı yapılmalı, dikkat edilmemesi dahilinde gerekli cezalar verilmelidir.	Hemen

Tablo 10: Tesisatlardan kaynaklanan elektrik tehlikesi için HAZOP uygulaması

TEHLİKE ve İŞLETİLEBİRLİK ÇALIŞMA RAPORU								
Sistem/Proses: Üretim:		Revizyon Tarihi:		HAZOP no: Sayfa No: HAZOP Bitiş Tarihi: HAZOP Ekibi:				
No	Anahtar Kelimeler	Kılavuz Kelimeler	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Tehlikeli Sapmanın Sonuçları	Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller	Alınacak Önlemler	Termin
1	Açık Priz	Hiç	Kapaklı korumalı priz olmaması	İşletme Hatası	Elektriğe Çarpılma	Elektrik yangınlarında kullanılacak yangın tüpünün mevcut olması Topraklamanın olması	Açık prizler kapaklı korumalı olarak değiştirilmelidir.	Hemen
2	Uzatma Kablosu	Kısmen	Birden fazla makine ve ekipmanın uzatma kablosu ile çalıştırılması	İşletme Hatası	Elektriğe Çarpılma / yangın	Elektrik yangınlarında kullanılacak yangın tüpünün mevcut olması Topraklamanın olması	Üretimde uzatma kablosu kullanılmamalıdır. Aşırı yüklenme yapılmamalı. Güvenlik anahtarına sahip uzatma kabloları kullanılmalı. Uzatma kabloları duvara monte edilmelidir. Dağınık olan kablolar uygun biçimde düzenlenmelidir	Hemen
3	Takılma	Fazla	Kabloların açıkta olması	Kabloların kanal sisteminden geçirilmeyişi	Düşme Yaralanma	Yok	Kablolar mümkün oldukça kanal sistemi içerisinden geçirilmeli ve yürütme- çalışma alanından uzaklaştırılmalıdır.	Hemen

re uygun anlamlı tehlikeli sapmalar oluşturulmuştur. Her bir tehlikeli sapmanın olası nedenleri üzerine beyin fırtınası yapılarak bu nedenler listelenmiştir. Tehlikeli sapmanın meydana gelmesi durumunda sonuçlarının neler olabileceği dair değerlendirmeler yapılmıştır. İşyeri içinde var olan tehlikeli sapma için durumu hafifletici veya önleyici kontrollerin mevcut olup olmadığı gözden geçirilmiştir. Bazı

tehlikeli sapmalar için hiçbir önleyici kontrolün olmadığı gözlemlenmiştir.

Her bir tehlikeli sapma için alınması gereken önlemler belirlenip kontrolleri sağlanmıştır.

Tablo 7, 8, 9, 10 ve 11'de beş farklı tehlike kaynağı için uygulanan HAZOP çalışma formları yer almaktadır.

Tablo 11: Depolama için HAZOP uygulaması

TEHLİKE ve İŞLETİLEBİRLİK ÇALIŞMA RAPORU								
Sistem/Proses: Çalışma Alanı: Malzeme Kaynağı: Açıklamalar:	Üretim:	Revizyon Tarihi:			HAZOP no: Sayfa No: HAZOP Bitiş Tarihi: HAZOP Ekibi: Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller			
No	Anahtar Kelimeler	Kılavuz Kelimeler	Tehlikeli Sapma	Olası Nedenler	Tehlikeli Sapmanın Sonuçları	Hafifletici ve Önleyici Mevcut Kontroller	Alınacak Önlemler	Termin
1	Sigara	Kısmen	Çalışanların depolama alanında sigara içmesi veya sigara ile ortama girmesi	Çalışanların daha önce hiçbir kaza yaşanmamış olması sebebiyle gösterdikleri ihmalkârlık İşverenin daha önce bir kaza yaşanmamış olmasından kaynaklı gösterdiği ihmalkârlık	Yangın	Sigara içme alanının oluşturulması Sigara içilmez ve para cezası yazılı olan levhanın bulunması	Depolama alanında duman sensörü bulunmalıdır. Çalışanların daha da bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır. Levhada yazan para cezası kurala uymayan çalışana caydırıcı olması açısından kesinlikle uygulanmalıdır.	Hemen
2	Duman dedektörü	Hiç	Duman dedektörünün bulunmaması	Kumaş depo rafının olmaması	Yangın	Yangın tüplerinin bulunması	Duman dedektörü sisteminin oluşturulması ve çalışanlara bu konuda yeterli bilgilendirme nin yapılması	Hemen
3	İstifleme	Kısmen	Tehlikeli ve yüksek istifleme	Üst üste çok fazla top kumaş dizilmesi	Yaralanma	Yok	Demir konstrüksiyondan yapılmış raflar kullanılmalıdır. Her rafın sağ veya sol üstüne konulan giriş ve stok formuyla da kumaşa ait bilgiler yazılmalıdır. Düşme tehlikesine karşı düzenli istifleme yapılmalı, istifi malzemenin takibinden bir kişi sorumlu olmalı. Kumaş ruloları ortamın, aydınlatmasını engelleyecek şekilde istiflenmelidir. Havalandırma sistemi kurulmalı ve uygun hijyen şartları sağlanarak düzenli olarak temizlenmelidir. Havalandırma sisteminde oluşan hava akımının çalışanları rahatsız etmeyecek şekilde olması sağlanmalıdır. Çalışma ortamının lokal, genel aspirasyonları, hava akım hızları düzenli olarak ölçülmelidir.	Hemen
4	Havalandırma	Hiç	Havalandırmanın olmaması ve bazı pencerelerde var olan havalandırma pervanelerinin içinin doldurulup kapatılması	Caraskalın indiği yerdeki açıklıkla ve depolama bölümünde ki camlarla yerinilmesi	İş gücü kaybı Enfeksiyonların ortaya çıkma tehlikesi Yüksek sıcaklık nedeniyle kumaşta kararma veya solma meydana gelmesi	Camların sürekli açık olması		Hemen

IV. SONUÇ

Tekstil sektörü çok ciddi tehlikelere sahiptir. Bu sebeple sektörde yer alan firmaların risk değerlendirmesi yaparken kullanacakları metodun doğru seçilmesi bu tehlikelerin sebep olacağı risklerin oluşmasına engel olmak açısından çok önemlidir.

Uygulanan iki yöntemde sektöre uygun olmakla birlikte her iki yöntemde olumlu ve olumsuz bulunan durumları tespit edilmiştir. 5x5 matris yöntemiyle yapılan değerlendirme daha kısa sürede tamamlanmaktadır. HAZOP

teknikinde ise daha detaylı bir değerlendirme söz konusu olduğu için analiz daha uzun sürmektedir. 5x5 matris metodunda analizi gerçekleştiren iş güvenliği uzmanının tecrübesi ve dikkati risk skorunun doğru belirlenmesi açısından çok önemlidir. Olasılık veya şiddet değeri tespitinde yapılacak küçük bir hata daha az önemli bir tehlikeyi daha önemli bir tehlikeden daha çok ön plana çıkartıp gereken önlemin zamanında alınmamasına neden olabilir. Oysa HAZOP ayrıntılı analiz sunuşu ile tehlike ve sonuçlarını kişisel yanığı payını minimum düzeye çekerek göstermektedir.

Daha az tehlikeli tekstil alanlarında her iki yöntemin uygulanmasının mümkün olduğu sonucuna varılmakla birlikte çok tehlikeli tekstil alanlarında detaylı olarak her tehlikeyle ilgili olası neden veya nedenler, her tehlike sapmanın sonuçları, hafifletici ve önleyici mevcut kontroller ve alınması gereken önlemler çok açık bir şekilde risk değerlendirmesinde belirtilmesi sebebiyle HAZOP tekniğinin kullanılması daha uygun bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNİN ÖNEMİ Hafize AKILLI ve Önder AYDOĞDU http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_16/245.pdf
- [2] https://birim.ailevecalisma.gov.tr/media/6009/2011_52.pdf
- [3] http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari
- [4] İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=7.5.16925&MevzuatIliski=0>
- [5] 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf>
- [6] <http://www.burakergun.com.tr/6331-sayili-is-sagligi-ve-guvenligi-kanununu-hakkinda/>
- [7] ÖZKILIÇ, Ö. “ Risk Değerlendirmesi – Atex Direktifleri – Patlayıcı Ortamlar Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması – Kantitatif Risk Değerlendirme” TİSK,2014 https://www.tisk.org.tr/tr/e-yayinlar/338_risk_degerlendirmesi__ozl/pdf_338_risk_degerlendirmesi__ozl.pdf
- [8] ÖZKILIÇ Ö., “İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemleri Ve Risk Değerlendirme Metodolojileri”, TİSK, 2005
- [9] AKMAN, A., Kimya Sektöründe Tehlike Ve İşletilebilirlik (HAZOP) Analizi, Çalışma Dünyası Dergisi, Labour World, 2015, 3(2) s.66,69
- [10] KLETZ, Trevor Hazop and Hazan, Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K.,1999
- [11] NOLAN, P.D., Application of Hazop and What-If Safety Review to the Petroleum, Petrochemical and Chemical Industries (Birinci Baskı), Noyes Publications, New Jersey, 1994
- [12] Akpınar, T., Çakmakkaya, B.,Y., İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İşverenlerin Risk Değerlendirme Yükümlülüğü, s.278 <http://calismatoplum.org/sayi40/akpinar.pdf>
- [13] UĞURLU, F. Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Tef-tiş Kurulu Başkanlığı İş Müfettiş Yardımcılığı Etüdü, 2011, Adana
- [14] UĞURLU, F. Tekstil Sektöründe Meydana Gelen İş Kazaları ve Sebeplerinin Araştırılması ile Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ekim,2014
- [15] AY, S. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Kot Üretimi Yapan Bir İşletmede Risk Değerlendirme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Haziran,2014
- [16] Milli, A. Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis) Yöntemi İle Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Giyim Endüstrisi Ve Moda Tasarımı Eğitim Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ocak, 2015



Yerüstü Patlatmasında İş Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemi: Kirnati - Gürcistan Hidroelektrik Santrali Projesi Mühendislik Uygulamaları

Occupational Safety Risk Analysis Method in Surface Blasting: Kirnati - Georgia Hydroelectric Power Plant Project Engineering Applications

Gökçen Eray ATAKOL, Ali KAHRİMAN, Sadettin BAĞDATLI, Baki Ömer FURAT

ÖZET

Ülkemizde yapılarda mühendislik çözümleri, 1999 yılında gerçekleşen depremden sonra ciddi bir ivme kazanmıştır. Bu mühendislik disiplininin, pratik ve güvenilir olması her şekilde iş sağlığı ve güvenliği önlemleri ile bağlantılıdır. İş sağlığı ve güvenliğinin önemi yadsınamaz derecede fazladır. Ülkenin iş sahasında ki dünya konumunu, çalışan personellerin eğitimi olması ayrıca teknik personelin de üretim ve güvenlik konusunda bilgi ve becerisi belirlemektedir. Ülkemizde 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile iş sahalarında sağlık ve güvenlik yaptırımları artmıştır. Kanun'un getirdiği gerekliliklerin yanında dünya literatüründe de teknik personelin yararlanabileceği kaynak ve uygulamalar görülmektedir. Ayrıca belirtmelidir ki dünyada ve ülkemizde bu denli hızlı ilerleyen nüfus artışı, yapı sektörüne rağbeti arttırmaktadır. Temel kazıları, baraj, metro-tünel, taş ocakları gibi alanlarda karşılaşılan sert kayalarda ilerleme ancak patlatmalı kazı ile olabilmektedir. Patlatmalarda buluşların 19. yüzyıldan itibaren hızlanması mühendislik anlamda gelişimine yol açarken tehlikeli olan bu uygulamanın daha emniyetli halde yapılması sektörün birinci önceliği olduğu görülmektedir. Son bölümde işlenen ekip arkadaşlarıyla yapılan iş güvenliği toplantılarının iş kazası riskinin azaltılmasına olumlu etkisi tartışılmıştır. Bu da patlatma mühendisliğinde iş güvenliği uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, Baraj, Yerüstü Patlatması, Risk Değerlendirme Yöntemi, Eğitim

ABSTRACT

Since the devastating earthquake that occurred in Turkey in the year 1999, engineering solutions in construction have gained considerable momentum in our country. This engineering discipline, practical and reliable, is linked to occupational health and safety measures in many ways. The importance of occupational health and safety has become undeniably higher. The country's global position also determines the training of working staff and technical personnel the knowledge and skills in the field of production and safety. Health and safety sanctions have increased in the field of occupational health and safety since law numbered 6331 came into force in 2012 in our country. Besides the requirements of the law, resources and applications from world literature which technical personnel can benefit from are seen. It should also be noted that due to a rapid increase in population growth in the world and in our country has led to a higher demand in the building sector. The hard rock encountered for the foundations of dams, subway-tunnels, quarries areas such as can only be excavated by blasting. The increased use of blasting in engineering since the 19th century has led to the discussions of the dangers involved in the engineering sector and ways to reduce these risks. The positive impact of the work safety meetings held with the teammates that were committed to the reduction of the work accident risk was discussed. This demonstrates the importance of occupational safety practices in blasting engineering.

Keywords: Occupational Health and Safety, Dam, Surface Blasting, Risk Assessment Method, Education

Gökçen Eray Atakol – Jeoloji Mühendisi

ORCID ID: 0000-0001-9563-1718 eray.atakol@gmail.com

Prof.Dr. Ali Kahrıman – İstanbul Okan Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İstanbul

ORCID ID: 0000-0001-8651-6697 ali.kahrıman@okan.edu.tr

Öğr. Gör. Sadettin Bağdatlı – İstanbul Okan Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İstanbul

ORCID ID: 0000-0003-8489-7745 sadettin.bagdatli@okan.edu.tr

Baki Ömer Furat – Jeoloji Mühendisi

ORCID ID: 0000-0002-3734-5630 bamerfu@gmail.com

Received/Geliş Tarihi : 25.12.2018

Accepted/Kabul Tarihi: 29.05.2019

I. GİRİŞ

Batum, Gürcistan'ın Özerk Cumhuriyeti olan Acara'nın Karadeniz kıyısındaki başkentidir. Nüfusu 190 000 (2013 sayımı) olan Batum, önemli bir liman ve ticaret merkezi olarak hizmet vermektedir.

Çalışma alanı olan Kirnati köyü ise Acara Özerk Cumhuriyetine bağlı Batum ilinin yerleşkesidir ve Batum'a 30km mesafededir (Şekil 1). Köyler 100 ile 200 arasında nüfusa sahiplik eder. Halk geçimini genelde hayvancılık, tarım ile Batum ilinin olanaklarına bağlı esnafılık, bölgedeki atölye, fabrikalar, inşaat ve tersanelerden sağlamaktadır. Ayrıca Batum ili ve çevresindeki en önemli akarsu Çoruh nehridir [1].

Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası



İnsanların hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan hammaddenin ekonomik ve hızlı olarak üretilmesi; enerji, ulaşım, barınma, yaşam alanı gibi mühendislik yapılarının kazı işlerinin hızlı ve ekonomik şekilde sürdürülmesi; ömrünü tamamlamış yapıların güvenli ve ekonomik olarak yıkılması patlatma mühendisliğinin başlıca konularıdır [2]. Patlatma uygulaması insanlık tarihi gelişiminde önemli bir rol almaktadır ve oldukça tehlikeli olan bu uygulama iş güvenliği önlemleri ile bir bütünlük teşkil etmektedir.

Ayrıca belirtmelidir ki “Yerüstü Patlatmada İş Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemi: Kirnati - Gürcistan

Hidroelektrik Santrali Projesi Mühendislik Uygulamaları” konu alan makale çalışması, birçok kaynaktan yararlanılmış derleme raporu niteliğinde olup saha çalışması da içermektedir.

II. PROJENİN İŞLEYİŞİ VE TEKNİK VERİLER

Gürcistan Hes (Hidroelektrik Santrali) projeleri için büyük bir su kaynağı potansiyeli barındırmaktadır. Bu kaynak ortalama yıllık 88.5 milyar kWh enerjiye karşılık gelmektedir. Kirnati-Khelvachauri I Hes Barajı (Şekil 2) 3 bölümlü Hes projesinden biri olup Gürcistan enerji kaynaklarını geliştirme çalışmasıdır.

Şekil 2: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi ön yüz fotoğrafı



Gürcistan Batum mevkiinde Hidroelektrik santralleri 3 bölümlü olarak projelendirilmiştir. Bu 3 bölümlü projeden bir tanesi olan Kirnati-Khelvachauri I Hes projesi (Şekil 3), Erge köyüne yakın nehir kotundan 31 m yüksekliktedir. Mühendislik hesaplamaları 500 yıl yetecek yenilenebilir enerji üretecek şekilde yapılmıştır ve bu Hes projesinde 6 türbinin tam kapasite çalışması hedeflenmiştir. Optimum seviyede jeneratör kapasitesi 500 kVA'dır. Kirnati-Khelvachauri I Hes projesinde diyafram duvar, fore kazık, su tahliye kuyuları ve enjeksiyondan oluşan alt yapı çalışmaları geliştirilerek mühendislik çözümleri sunulmuştur.

Şekil 3: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi bir görünüm



Kirnati-Khelvachauri I Hes projesi'nin kurulacağı Çoruh nehrinde enerji üretimi için gerekli olan debi ölçümleri yapılmıştır ve değeri 458.9 m³/sn'dir. Ayrıca Kirnati-Khelvachauri I Hes projesi'nin tüm teknik detayları paylaşılmıştır (Tablo 1), [3-5].

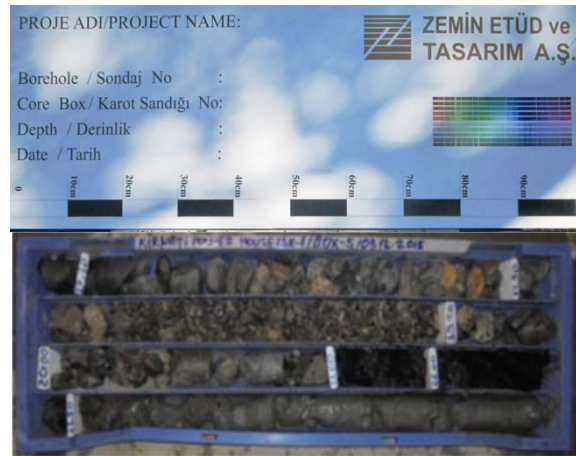
Tablo 1: Kirnati-Khelvachauri I Hes projesi teknik veriler (Achar Energy CED revize edilmiştir.)

Jeneratör		
Tip		3 parça senkronlu, AC
Toplam kapasite	kVA	43,121
Her bir kapasite	kVA	9,658 x 4+2,074 x 1
Sayı		5+1
Güç oranı		0.85
Voltaj çıkış	kW	6.3
Frekans	Hz	50
Senkron hızı	Rotasyon hızı/dk	142.9 + 300
İkaz sistemi		Statik
Etkinlik katsayısı		0.98
Transformatör		
Tip		3 phase oily
Nominal kapasite	MVA	44
Sayı		1
Nominal voltaj (birincil, ikincil)	kW	6.3/34.5
Soğutucu sistem		ONAF
Etkinlik katsayısı		0.99
34.5/154 Transformatör		
Tip		3 phase oily
Nominal kapasite	MVA	44
Sayı		1
Nominal voltaj	kW	34.5/154
Bağlı grup		Ynd 11
Soğutucu sistem		ONAF
Etkinlik katsayısı		0.99
Yardımcı transformatör		
Tip		3 phase oily
Nominal kapasite	kVA	500
Nominal voltaj	kW	6.3/0.4
Bağlı grup		Ynd 11
Soğutucu sistem		ONAF
Dizel-Jeneratör		
Nominal kapasite	kVA	350
Sayı		1
Tip		vertical, 4 cycle
Nominal voltaj	v	400/231
Frekans	Hz	50
Hz	Rotation speed/min	1,500
Soğutucu sistem		Kapalı devre soğutucu
İkaz sistemi		Kırmızı baş alarmı
Güç oranı		0.8
Enerji Çıkış		
Toplam enerji çıkışı (geçerli durum/gelecek durum)	GW/h	208.098 / 205.36
İletim hattı		200,000,000 kW/h ortalama
Tip	kW	34.5
Karakteristik		795 MCM
Uzunluk	km	4.5

Hidroelektrik santrali kurulurken önce bölgenin genel jeolojisi sondaj çalışmaları ile belirlenmiştir. Bölge; jeolojik olarak yeni sayılabilecek yapıya ev sahipliği yapmaktadır. Orojenik hareketlilik oldukça fazladır. Alanın jeolojisi, içerdiği Paleozoyik, Kretase ve Eosen kayalarıyla oldukça karmaşık bir yapıya (melanj yapısı) sahiptir. Karot sandıklarının incelenmesi sonucu görülen melanj yapısı Çoruh Nehri kotundaki çalışmalarda da gözlemlenmiştir. Kayaçlar arasında yer yer bazalt kayalar yer almakla birlikte çoğunlukla andezit, lav, tüf ve aglomera gibi volkanik kaynaklı kayalar arasında geçiş saptanmıştır. Ayrıca vadide daha lokal olarak yer alan diğer kayalar arasında kalkerli marn, serpantin, kuvarsit ve şist kayalar sayılabilir [6].

Arazide yapılan sondaj çalışmaları sonucu açıkça plütonik kayaçlar ile sedimanter materyaller arasında melanj yapısı gözlemlenmektedir. Nehir kotunda bulunan sondaj çalışmalarının örnek kutu fotoğraflarından 5 numaralı olan (Şekil 4) yorumlandığında, nehir kotundan 20 m'ye kadar olan derinlikte alüvyonel malzeme elde edilirken 20 m'den olan sonraki kısımlarda andezit kayacı ile alüvyonel malzeme karışımı gözlemlenmektedir.

Şekil 4: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi 17.20 m-23.40 m sondaj örnek kutusu



Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesinde elde edilen log verilerine göre projenin imalat planı oluşturulmuş olup uygulanan iksa sistemleri; çelik borular ile desteklenmiş 1 m kalınlığında diyafram duvar (geçirimsizlik perdesi), fore kazık diyafram duvarı destekleyen enjeksiyon işlemleri ile barajın memba ve mansap kısımlarındaki su aşındırmasına karşın nehir çeperini kayalarla desteklemektedir (Şekil 5).

Nehir kotunun ortalama 20 m - 30 m üstlerinde bulunan orta-sert kayac olan andezit'te kazı işlemlerinin iş makineleri yardımı ile yapılması maliyet açısından yüksek kayba sebebiyet verebileceği için kontrollü patlatma tercih edilmiştir. Patlatma ile elde edilen kayalar ekskavatör (kepçe-iş makinesi) ve kamyon yardımı ile taşınmaktadır. Taşınan bu malzeme nehir çeperinin aşınmaması ve olası nehir taşmasına karşın destek amacıyla nehir kotundan itibaren yukarı doğru kabadan inceye serilmektedir.

Şekil 5: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi 30.03.2016 tarihli imalat planı, SK-1 (sondaj kuyusu-1)



A. Diyafram Duvar Uygulaması

Diyafram duvar mühendislik çözümlerinden yeni sayılabilecek işlemlerdendir. Bu iksa sistemi yeraltına uygulanan demir donatı ve betonlama süreçlerini kapsamakta olup etkin yeraltı su tablasını engellemek, yatay kuvvetlere ve üst yapıları taşıyabilecek dikey kuvvetlere mukavemet amacıyla uygulanmaktadır. Diyafram duvar uygulama yöntemleri sürekli gelişim halindedir ve bu yöntemler sırasıyla; kazı işlemleri, gidaj (kılavuz hattı belirleme), bentonit ile kuyu yıkaması ve betonlama işlemidir (Şekil 6).

Şekil 6: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi diyafram duvar uygulamasından bir görünüm



Şekil 6'da görüldüğü üzere kazı aleti mekanik grab ve solda görünen tırpan aletidir. Grab yumuşak zeminde kepçe görevi görürken tırpan sert zeminlerde kayaları çatlatarak kazı işlemini hızlandırmaya yaramaktadır. Gidaj ile belirlenmiş sırada kazı işlemi projenin ön görülen derinliğine göre yapıldıktan sonra açılan kuyunun iç stabilitesi, kazı çukuru içinde seviyesi sabit tutulan bir bulamaç (bentonite çamuru veya polimer) kullanılarak sağlanmaktadır. Kum oranında istenilen seviye (genelde %4'ten az) elde edilince yıkama işlemi sonlandırılmaktadır. Sertifikalı demir donatılar kuyu içerisine zarar görmeyecek şekilde indirilerek betonlama işlemi yapılmaktadır. Diyafram duvar işlemleri sırasında betonlanan kuyu ile yeni açılan kuyu arasında düşey stabiliteyi sağlayan stop-end çelikleri (geçici çelik) ile

istenilen geçirimsiz şekil sağlanmaktadır. Bu işlem geçici çelikleri için belirlenen geri çekme kuvvetini sağlayan extractor makinesi (geçici çelikleri dikey kuvvet ile yukarı çeken makine) ile 3 saatlik kısa bir süre içinde yapılmaktadır. Diyafram duvar kalınlıkları ise 60 cm'den 150 cm'e değişmekte ve genelde 100 cm ile 120 cm aralığında uygulanmaktadır. Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi'nde uygulanan kuyu açma çalışmaları ortalama 25 m – 35 m derinliğinde olup 100 - 120 adet aralığında diyafram duvar yapılmıştır. Diyafram duvar uygulamalarını takiben enjeksiyon işlemlerine başlanmıştır.

B. Enjeksiyon İşlemleri

Sedimanter zemin içine, enjeksiyon sıvısının gönderilmesi ve bu sıvının taneler arasındaki boşluklara yerleşerek stabiliteyi artırması zeminin sağlamlaştırılması olarak adlandırılmaktadır. Bu işlem silt ve kil dışındaki zeminler için uygundur. Enjeksiyonla, zeminin; taşıma gücü artırılır, geçirimsizliği ve olası oturmaları azaltılır. Uygulama alanları olarak, mevcut temel altında sağlam bir kitle oluşturmak, baraj gövdesi altında geçirimsizlik oluşturmak, taneli zeminlerdeki tünel inşaatlarında, geçilecek bölgede, kendini tutabilen bir zemin kitlesi oluşturmak, ankraj çevresini doldurmak, vb. örnekler verilebilir (Şekil 7).

Şekil 7: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi enjeksiyon işleri görünümü



Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi'nde iş boyunca çalışılan panellerin ilk enjeksiyon kuyularında karotlu sondajlar ve basınçlı su testleri yapılmış, daha sonraki enjeksi-

yon kuyuları karotsuz delinerek enjeksiyonları tamamlanmıştır. İlk defa çalışılacak olan kuyular arasında 6 m – 12 m mesafe bırakılarak delgi ve enjeksiyon çalışmalarına başlanmış, 1 veya 2 gün priz süresi geçtikten sonra enjeksiyonu yapılmış olan kuyuların ortasına düşen kuyuların enjeksiyonu yapılmıştır. Oluşturulan 6m-12 m uzunluğundaki anolarda priz süresini takiben orta kuyunun enjeksiyon işlemi takip edilerek imalatları tamamlanmıştır.

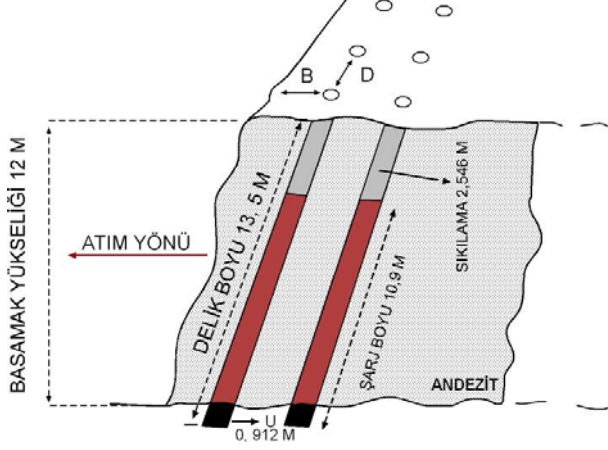
C. Nehir Çeper Desteği

Patlatma; kolay kazılabilir olmayan kaya kütlelerini patlayıcı kullanarak kontrollü bir biçimde ana kaya kütlelerinden ayırma prensibine dayanan bir kazı ve üretim yöntemidir. Bir patlatmanın amacı, minimum delme, patlatma ve yükleme maliyeti ile güvenli bir şekilde, istenilen şartlarda maksimum malzemenin elde edilmesidir.

Verimli bir patlatma verileri; ikinci bir patlatmaya gerek kalmayacak ve iş akışını etkilemeyecek bir kırma, yükleyici makinaların önünde bol ve uygun malzeme olması için iyi bir öteleme, geride örselenmemiş bir ayna kalması ki bu da deliklerin kolay delinmesini ve emniyeti sağlar, patlatma sırasında oluşacak, vibrasyon ve hava şokunun kabul edilebilir sınırlarda olması, ayrıca patlatma operasyonunda en iyi sonucu alabilmek için önceliklerden kayacın özelliğinin iyi tayin edilmesi, patlayıcı maddenin şartlara uygun seçilmesi ve patlatma düzeninin (dizayn) belirlenmesi şarttır.

Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi Çoruh nehri üzerine kurulacak olan Hes projesinin iksa sistemlerini oluşturulması amaçlı kurulmuştur. Bu iksa sistemlerinin korunması ve baraj su kanalının yitimini engellemek için nehir çeperi andezit kayalarla desteklenmiştir. Bu kayalar çevre uzak ve yüksek kotlardan kontrollü patlatma yöntemiyle elde edilmiş olup nakliyesi ekskavatörlerin yardımı ile kamyonlara yüklenerek yapılmıştır.

Şekil 8: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi patlatma alanı patern çalışması



Proje alanında rakımı nehir kotundan ortalama 20m-30m yükseklikte bulunan andezit kayaların kontrollü patlatma uygulaması toplamda 47 defa yapılmış olup, bu çalışmalara ait hesaplamaları paylaşmıştır (Şekil 8, Tablo 2 ve Tablo 3).

Tablo 2: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi kontrollü patlatma hesaplama için gereken formüller

$B_{max} = 1,36 \times \sqrt{lb} \times r_1 \times r_2$ (Anfo için)	(1)
$U = 0,3 \times B_{max}$	(2)
$H = 1,05 \times (K + U)$	(3)
$E = d \div 1000 + 0,03 \times H$	(4)
$B = B_{max} - E$	(5)
$S(D) = 1,25 \times B$	(6)
$delik\ sayısı(n) = (W \div S) + 1$	(7)
$b = n \times H \div (B \times K \times W)$	(8)
$q_0 = H - h_0(B)$ $qt = q_0 \times lb$	(9)
$q = (qt \times n) \div (B \times K \times W)$	(10)

Kontrollü patlatmanın yapılmış olduğu basamak andezit kayadır. Uygulama sırasıyla; kontrollü patlatma yapılmış olan basamağın şerit metre ile genişliği $W = 22$ m ve lazer metre ile yüksekliği $K = 12$ m belirlenmiş olup ortasert kayalar (andezit) için Olofsson (1988)'un tanımladığı kaya sabiti $c = 0,4$ ve basamak eğimi 3:1 alınmıştır [7-13].

Simgeler; B_{max} (m): Maksimum Dilim Kalınlığı, r_1 : Delik Eğimi, r_2 : Kaya Sabiti, lb : Şarj Yoğunluğu, U (m): Dip Delgi, H (m): Delik Boyu, K (m): Basamak Yüksekliği, E (m): Delik Hatası, d (mm): Delik Çapı, B (m): Dilim Kalınlığı, S (m): Delik Mesafesi, W (m): Basamak Genişliği, b (m^3/m^3): Özgül Delme, h_0 (m): Sıkılama (Dilim kalınlığına eşittir.), q_0 (m): Patlayıcı Konulan Delgi Metresi, qt ($kg \cdot m$): Patlayıcı Miktarı, q (kg/m^3): Özgül Şarj'dır.

$r_1 = 1$, $r_2 = 1$ ve $lb = 5$ kg değerleri Oloffson (1988)'un

Tablo 3: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi kontrollü patlatma hesaplama verileri

$B_{max} = 1,36 \times \sqrt{5} \times 1 \times 1 = 3,04$ m	(1)
$U = 0,3 \times B_{max} = 0,3 \times 3,04 = 0,912$ m	(2)
$H = 1,05 \times (K + U)$ $= 1,05 \times (12 + 0,912)$ $= 13,5$ m	(3)
$E = d \div 1000 + 0,03 \times H$ $= 89 \div 1000 + 0,03 \times 13,5$ $= 0,494$ m	(4)
$B = B_{max} - E = 3,04 - 0,494$ m = 2,546 m	(5)
$S(D) = 1,25 \times B = 3,18$ m	(6)
$W = 22 \div 3,18 = 7$ boşluk = 8 delik(n)	(7)
$b = n \times H \div (B \times K \times W)$ $= 8 \times 13,5 \div (2,5 \times 12 \times 22)$ $= 0,16$ m^3/m^3	(8)
$q_0 = 13,5 - h_0 = 10,9$ m $qt = 10,9$ m \times 5 kg = 54,5 kg.m	(9)
$q = (54,5$ kg \times n) \div (B \times K \times W) $= 0,65$ kg/m^3	(10)

çalışmasında tanımladığı sabitlerdir. Bir metreküp kaya elde edilmesi için gereken ilerleme miktarı özgül delmenin tanımıdır. Özgül şarj ise 1 metreküp kayacı patlatma için gerekli patlayıcı miktarını bulmaya yarayan asıl veri olmuştur.

III. ARAZİ ÇALIŞMASININ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

A. Mühendislik Çözümleri Değerlendirmesi

Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi 2015 - 2016 yılı arasında birçok mühendislik işlemlerini ve disiplinlerini içeren çalışmalara ev sahipliği yapmıştır. Bu işlemlerden bazıları; diyafraim duvar imalatı, fore kazık kuyu imalatı, kontrollü patlatma ve iş sağlığı ve güvenliği takibidir. Ayrıca bu süreç, kontrollü patlatma ile ilgili uygulamaların ülkemiz dışındaki farklı yöntem ve işlemlerinin yakından takip edilmesi fırsatını doğurmuştur. Belirtilmesi zorunlu olan hususlar şudur ki şantiyenin yerleşim yerlerine uzaklığı, kontrollü patlatma ile ilgili personellerin yeterli mesleki eğitime sahip olmayışı, kullanılan patlayıcı sistemlerinin değişken olması, maliyet girdilerinin bilinmemesi ve en önemlisi personelin iş sağlığı ve güvenliği temel eğitim toplantılarına iştirak etmemeleri sorunların temelini oluşturmuştur. Karşılaşılan mühendislik işlemlerindeki sorunlar, alanlarında uzman mühendisler tarafından yerinde ve zamanında hızlı çözümlerle sonuçlandırılmıştır. Diyafraim duvar imalatında nehir kotunda çalışılması ve yeraltı suyunun etkisi emniyet katsayılarını etkilemiş olup çalışmaları belirlenen zamandan 2 ay daha fazla gecikmeye uğratmıştır.

B. İş Sağlığı ve Güvenliği Değerlendirmesi

Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi'nde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında ilk çalışma mevcut risklerin değerlendirilmesi olup Fine-Kinney metodu ile raporlanmış ve tehlike potansiyelleri önem sırasına göre belirlenmiştir.


W. T. Fine tarafından geliştirilen "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards" metodu, Kinney ve Wirth tarafından 1976'de revize edilerek "Practical Risk Analysis for Safety Management" adı altında yayınlanmış ve günümüzde Fine-Kinney metodu olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fine-Kinney metodu risklerin derecelendirilmesi sonuçlarına göre hangi işlere öncelik verilmesi ve kaynakların öncelikli olarak nereye aktarılması gerektiğini gösteren bir yöntemdir. Risklerin ağırlık oranlarını hesaplayarak derecelendirme yapılmakta olup önlemlerin alınıp alınmamasına karar verilmektedir. Yöntem işyerlerinin risk istatistiklerini kullanma imkânı sağlaması doğrultusunda daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi; $R = \dot{I} \times F \times \mathcal{S}$ olarak hesaplanır. Burada; \dot{I} = İhtimal, F = Frekans, \mathcal{S} = Şiddet derecesi, R = risk derecesidir (Tablo 4), [14].

Tablo 4: Fine-Kinney Metodu'nda kullanılan değerler

R: Risk	O: Olasılık	S: Zarar verme derecesi (Şiddet)	F: Frekans		
OLASILIK DEĞERİ	ŞANS (OLASILIK) zarar görme olasılığı	ŞİDDET DEĞERİ	ŞİDDET İnsan ve/veya çevre üzerinde yaratacağı tahmini zarar	FREKANS DEĞERİ	FREKANS tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrarı
10	beklenir kesin	100	birden fazla ölümlü kaza / çevresel felaket	10	her yıl her saniye (bir saate birkaç defa)
6	yüksek / oldukça mümkün	40	ölünücü kaza / ciddi çevresel zarar	6	sık (günde bir veya birkaç defa)
3	olası	15	küçük hasar/yanarlama, iş kaybı / çevresel engel oluşturma, yakın çevreden jikayet	3	ara sıra (haftada bir veya birkaç defa)
1	mümkün fakat düşük	7	önemli hasar/yanarlama, dış ilk yardım ihtiyacı / arazi sınırları dışında çevresel zarar	2	sık değil (ayda bir veya birkaç defa)
0,5	beklenmez fakat mümkün	3	kuçük hasar/yanarlama, dahili ilk yardım / arazi içinde sınırlı çevresel zarar	1	seyrek (yılda birkaç defa)
0,2	beklenmez	1	uzun süreli / çevresel zarar yok	0,5	çok seyrek (yılda bir veya daha seyrek)
RİSK DEĞERİ	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU (R = O X S X F)				
400 < R	Tolerans gösterilemez risk hemen gerekli önlemler alınmalı / veya işin durdurulması, tesisin, binanın kapatılması vb. düşünülmelidir.				
200 < R < 400	Esaslı risk kısa dönemde iyileştirilmelidir "birkaç ay içerisinde"				
70 < R < 200	Önemli risk uzun dönemde iyileştirilmelidir "yıl içerisinde"				
20 < R < 70	Olası risk Gözetim altında uygulanmalıdır				
R < 20	Önemsiz risk önlem öncelikli değildir.				

Fine-Kinney metodu ile düzenlenen risk değerlendirme raporunda belirlenen risk etmenlerinin temel başlıkları; yangın söndürme ekipmanının eksikliği, ilk yardım ekipma-

Şekil 9: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi Fine-Kinney-Metodu ile belirlenmiş risklerden-Elektrik Panosu

RİSK DEĞERLENDİRME FİNE-KINNEY YÖNTEMİ				Tarih	Geçerlilik Süresi	No				
İşyeri Adı KIRNATI HES PROJESİ DİAFRAM DUVAR	Adres: Kirnati Hepp Powerhouse Diaphragm Wall Project Maradid Köyü Batum / Gürcistan		Bölüm ŞANTİYE	1.12.2015	2 YIL (T.C. 6331) ve Yenilenebilir	3				
Faaliyetler	Tehlike kaynağı: Elektrik panosu/Sigorta/Elektirik Trafo Odası		Risk: Elektirik Çarpması		SORUMLU: İşveren/Bireysel					
Sahayla ilgili fotoğraf	Etkilenecek Kişiler	Sonuç	Olasılık	Frekans	Şiddet	Skor				
	ÇALIŞANLAR	ÖLÜM/YARALANMA	3	3	40	360				
Mevcut Durum ve Bilgi:						TERMIN SÜRESİ: Gözetim				
<ul style="list-style-type: none"> -Elektrik panolarının ve sigorta panolarının kapaklarının daima kapalı ve kilitleli olması, anahtarların yetkili elektrikçiye bulunması, -Elektrik panosunun üzerine yetkili haricindeki kişilerin müdahale etmemesi ve elektrik yangınlarında su ile değil kuru kimyevi tozlu cihazlar ile müdahale edilmesi gerektiğine dair ikaz levhası asılması, -Panoların metal gövdelerinin topraklanması, -Elektrik ve topraklama tesisatının yetkili elektrikçi tarafından periyodik olarak yılda bir defa muayene edilmesi, -Elektrik panolarının devrilmeye, yağmura, suya, çarpmaya karşı korunması sağlanmalıdır. -Elektrikçi müdahale edecek olan sorumlu, yalıtkan iş güvenliği ayakkabısı giymelidir. -Elektrik trafo odası'na YETKİLİ KİŞİLER dışında kimsenin girmesini izin verilmemeli ve uygun uyarıcı levhalarla belirtilmelidir. 										
İlgili yasal düzenleme: İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Ek-1, Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, Occupational Safety and Health in the Republic of Georgia										
Önlem Alındıktan Sonra	Alınması Gerekli İlave Tedbirler ve Yapılanlar:									
<ul style="list-style-type: none"> -Topraklama direnç testleri için gerekli iletişime geçilmiştir. -Elektirik panolarına yetkili personel dışında kimsenin müdahale etmemesi gerektiği belirtilmiştir. 										
Kullanılması Gereken Kişisel Koruyucular	EMNİYET KEMERİ	BARET	İSG AYAKKABISI	KULAKLIK	KORUYUCU GÖZLÜK	ÇAPAK GÖZLÜK	TOZ/SIS MASKESİ	GAZ MASKESİ	REFLEKTİF YELEK	İŞ ELBİSESİ
	STERİL EL DİVEN	LASTİK ÇIZME	BOYACI TULLUMU	KULAK TIKACI	MEKANİK EL DİVEN	KAYNAKÇI EL DİVEN	FİLTRELİ MASKE	KİMYASAL EL DİVEN	KAYNAKÇI SİPERİ	YALITKAN EL DİVEN
Onaylar	İşveren/Vekili	İSG Uzmanı		Sağlık Personeli		Çalışan temsilcisi		Destek Elemanı		

nının yetersizliği, işin niteliğine bağlı kullanılan iş ekipmanlarının periyodik bakımları, acil durum tahliye planı, KKD'lerin (kişisel koruyucu donanım) eksikliği ve yüksekte çalışmalar olmuştur.

Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi'nde Fine-Kinney Metodu risk değerlendirmesi Tablo 4'te verilmiş olan değerler ile yapılmıştır. Bu risk değerlendirmesinden 2 örnek paylaşılmıştır (Şekil 9, Şekil 10).


Personellere iş sağlığı ve güvenliği kültürünü aşlamak amacıyla temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimi ve günlük iş başı eğitimleri verilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin içerikleri ülkemizde 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na ve Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik'e dayalıdır. Mühendislik çalışmaları sırasında iş sağlığı ve güvenliği açısından düzenli eğitimler

verilmiş olup birebir proaktif yaklaşım sergilenmiştir. Şantiyede düzeltici önleyici faaliyeti niteliğinde raporlar tutulmuştur. OHSAS 18001 iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi kapsamında belirlenen konular sürekli işlenmiş olup şantiye şefi, formen ve ustabaşları ile aylık düzenli toplantılar yapılmıştır.

Ayrıca Saha içerisinde kontrollü patlatmaların takibini yapabilmek için "Pratik Kontrollü Patlatma Kontrol Listesi" oluşturulmuştur (Şekil 11, 12).

Önceden bilinmeyen, çoğu kez kişisel yaralanmalara, araç ve gereçlerin, makinelerin, zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan olay dizisine iş kazası denmektedir. İş kazası maddi ve manevi zararın temel adıdır. Ramak kala olayı ise iş yerinde meydana gelen, çalışan, işyeri ya da ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmayan olay bütünüdür [15]. İş kazası ve

Şekil 10: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi Fine-Kinney-Metodu ile belirlenmiş risklerden-Patlama Alanı

RİSK DEĞERLENDİRME FİNE-KINNEY YÖNTEMİ						Tarih	Geçerlilik Süresi	No			
İşyeri Adı KIRNATI HES PROJESİ DİAHRAM DUVAR		Adres: Kirnati Hepp Powerhouse Diaphragm Wall Project Maradid Köyü Batum / Gürcistan		Bölüm ŞANTIYE		1.12.2015	2 YIL (T.C. 6331) ve Yenilenebilir	16			
Faaliyetler		Tehlike kaynağı: Patlama Alanı		Risk: Çalışanların üstüne malzeme devrilmesi		SORUMLU: İşveren					
Sahayla ilgili fotoğraf		Etkilenecek Kişiler	Sonuç	Olasılık	Frekans	Şiddet	Skor	Riskin Tanımı			
		ÇALIŞANLAR	YARALANMA	3	6	40	720	Toleransız Risk			
Mevcut Durum ve Bilgi:						TERMİN SÜRESİ: Gözetim					
<ul style="list-style-type: none"> - Alan mutlak surette düzenli olarak yetkililer tarafından kontrol edilmektedir. - Teknik unsurlardan siren sisteminin düzenli kontrolleri yaptırılmaktadır. - Patlatma alanının çalışanları dışında kimse yaklaştırılmamalıdır. - Patlayıcı maddeler açıkta bulundurulmamalı, belirlenen alanlarda istiflenmelidir. - Patlatma yapılmadan önce sözlü olarak çalışma alanındaki personeller ikaz edilmelidir. - Personel başına taşınabilecek max patlayıcı miktarı 10 kg'ı geçmemelidir. 											
İlgili yasal düzenleme: Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği											
Alınması Gerekli İlave Tedbirler ve Yapılanlar:											
-Elektrikle ateşlemede en az 5dk, fitilli veya benzeri ateşlemede 1 saat geçmeden bölgeye yaklaşılmamalıdır. Patlamamış lağım deliğinin en az 30 cm yakınında, ona paralel başka bir delik delinip doldurularak ateşlenir.											
Kullanılması Gereken Kişisel Koruyucular		EMNİYET KEMERİ	BARET	İSG AYAKKABISI	KULAKLIK	KORUYUCU GÖZLÜK	ÇAPAK GÖZLÜK	TOZ/SIS MASKESİ	GAZ MASKESİ	REFLEKTİF YELEK	İŞ ELBİSESİ
		STERİL ELDİVEN	LASTİK ÇİZME	BOYACI TULUMU	KULAK TIKACI	MEKANİK ELDİVEN	KAYNAKÇI ELDİVEN	FİLTRELİ MASKE	KİMYASAL ELDİVEN	KAYNAKÇI SİPERİ	YALITKAN ELDİVEN
Onaylar		İşveren/Vekili		İSG Uzmanı		Sağlık Personeli		Çalışan temsilcisi		Destek Elemanı	

Şekil 11: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi "Pratik Kontrollü Patlatma Kontrol Listesi-1"

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KONTROLLÜ PATLATMA UYGULAMASI KONTROL LİSTESİ CHECK / İST			
YÜKLENCİ / CONTRACTOR	TARİH / DATE	ÇALIŞILAN BÖLGE / WORK FIELD	KONTROL NO. / INSPECTION NO.
SÖZLEŞME / CONTRACT			PATLATMA SORUMLUSU / BLASTING SUPERVISOR
KONTROLÜ YAPAN / INSPECTOR / ENGINEER			
ŞANTIYE SORUMLUSU / SITE MANAGER			
KONU / SUBJECT	E	S	A
	U	W	
	AÇIKLAMA / EXPLANATION		
1. Patlayıcı Lojistiği / Explosive Logistics			
1.1 Patlayıcı sevki uygun araçlarla yapılıyor mu?			
1.2 Sevk sırasında resmi kurumlardan gerekli belgeler alındı mı?			
1.3 Araç kullanan personel ehliyet sahibi mi?			
1.4 Araç kullanan personel iş güvenliği talimatlarına riayet ediyor mu?			
1.5 Sevk edilen patlayıcıların iş niteliğine bağlı olduğu kontrol edildi mi?			
1.6 Patlayıcılar araç içerisinde korunaklı ve düzenli şekilde konumlandırıldı mı?			
1.7 Diğer.			
2. Patlatma Ekibi / Blasting Team			
2.1 İşin niteliğine bağlı yeterli eğitime sahip mi?			
2.2 İş öncesi toplantı düzenlendi mi?			
2.3 Temel iş güvenliği konusunda eğitilmiş mi?			
2.4 Temel ilk yardım konusunda eğitilmiş mi? İlk yardımcı sertifikası var mı?			
2.5 Statik elektriği önleyecek KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) Atım sahasının (Kontrollü Patlatma Sahası) mühendislik bilgilerine hakim mi?			
2.6 Patlatma ekibinin sorumlulukları ve görev alanları belirlendi mi?			
2.7 Diğer.			



Şekil 12: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi "Pratik Kontrollü Patlatma Kontrol Listesi-2"

s	Kontrollü Patlatma Sahası Bilgileri / Information of Controlled Blasting Area				
3.1	Emniyet şeritleri ile belirlendi mi?				
3.2	İşaret levhaları ile belirlendi mi?				
3.3	Her iş için doğru alet ve ekipman kullanılıyor mu?				
3.4	Kontrollü patlatma sahası'na yetkili kişi dışında giriş için izin formu.				
3.5	Kontrollü patlatma sahası ulaşım hatları emniyet kuralına uygun				
3.6	Patlatma koruma ağı sistemi mevcut mu?				
3.7	Resmi kurumlardan izin alındı mı?				
3.8	Gerekli jeolojik çalışmalar yapıldı mı?				
3.9	Patlayıcı maddeler saha için yapılan mühendislik çalışmalarına uygun				
3.10	Delik boyları ölçülüp uygun şarj yapılıyor mu?				
3.11	Patlayıcı maddelerin deliklere dağıtımına uygun mu?				
3.12	Ateşleyici sistemler kontrol edildi mi? (Emniyetli durumda mı?)				
3.13	Sikilama çubuğu anti statik özellikte ve sahaya uygun mu?				
3.14	Patlayıcı maddeler ve araçlar atım öncesi- sonrası sayılıp kontrol edildi mi?				
3.15	Diğer				

ramak kala örnekleri aylık olarak tutulmuştur (Şekil 13).

İş başı eğitim uygulamalarında iş sağlığı ve güvenliği riayeti için son derece olumlu sonuçlar almıştır. Nisan

Şekil 13: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi iş sağlığı ve güvenliği 2015 Kasım ayı rapor formu örnek



**SOLETANÇHE FREYSSINET (SF)
AYLIK İSGÇ RAPOR FORMATI**

***Yıl - Ay: 30.11.2015 (Kasım 2015)**

***Ülke- Şehir: Kirnati Batum / Gürcistan**

***Proje (Şantiye) İsmi: Kirnati Hes Diyafram Duvar Projesi**

Toplam Çalışan Sayısı	52
Toplam Çalışma Saati	17.472
Kazalar (A)	
*Kazaların Sayısı	0
(İş Günü Kayıplı ve Kayıpsız)	0
*Kazalar nedeniyle Toplam Kayıplı İş Günü	0
Ramak Kaza ve Malzeme-Ekipman Hasarları	
*Ramak-kaza sayısı (NNM)	0
*Malzeme-Ekipman Hasar sayısı (ED)	0
Güvenli Olmayan Durumlar (SAR)	
*Güvenli Olmayan Durum/Hareket sayısı	2
Çevresel Olaylar (ED)	
*Çevresel olayların sayısı	0
Vardiyabaşı Toplantıları	
*Vardiyabaşı toplantılarının sayısı	3
Kalite - İSGÇ Eğitimleri	
*Kalite-ISGC Eğitimlerinin toplam saati	1
ISGC Denetimleri	
*Yönetim tarafından yapılan ISGC Denetimlerinin sayısı	1

Diğer raporlar ekleme mevcuttur:

GÖKÇEN ERAY ATAKOL
GEOLOGICAL AND HSE ENGINEER

2016 tarihinde Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi'nde ciddi iş kazası sayılan bir olay gerçekleşmiştir. Bu olay kontrollü patlatma alanında çalışan kaya delme makinesinin (Şekil 14) patlatma alanından işlem sonrasında uzaklaştırılmaması sonucu yapılan bir patlatma işlemi sonrasında andezit kayaçlarının altında kalmasıdır. Bu kaza ciddi maddi hasara neden olmuş, yaralanma veya ölüm gerçekleşmiştir (Şekil 15).

Şekil 14: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi kaya delme makinesi delik açarken bir görünüm



Şekil 15: Kirnati-Khelvechauri I Hes şantiyesi iş sağlığı ve güvenliği Nisan 2016 emniyet kurallarına uyulmaması sonucu meydana gelen iş kazası



İş kazasının kök nedenleri irdelenmiştir.

IV. HATA AĞACI ANALİZİ (FTA)

Hata ağacı analizi (FTA) 1960'lerden beri kullanılan güvenlik analizi metodudur. Çalışma prensibi, istenmeyen bir durumun-hatanın nedenlerini mantıksal çıkarımlarla grafiksel gösterimidir. Asıl olarak kalitatif (niteliksel) bir metot olan FTA analizi genellikle kantitatif (niceliksel) çıkarımlara da olanak sağlamaktadır. Metot üzerine geniş literatür vardır, ayrıca hata ağacının tasarımına yardım etmek ve hesaplamalar yapmak için ise birkaç bilgisayar programı mevcuttur.








Hata ağacı analizinin grafiksel gösteriminde kullanılan sembollerin anlamları Şekil 16'da verilmektedir.

Hata ağacı analizinde kantitatif çıkarımların temelini Boolean matematiği oluşturmaktadır. Kombinasyonları sağlayan en az sayıda elemanların hata yapması sonucu oluşan tepe olayının küme kesişimi ise MSC (Minimal Cut Set)-Minimum Kesişim Seti olarak adlandırılmaktadır. Eğer bu kombinasyonların içinde istenmeyen bir durum oluşmaz ise tepe olay oluşmamaktadır [16, 17].

$$T = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_k \quad (T = \text{Tepe olay, } M = \text{MCS'lerdir.})$$

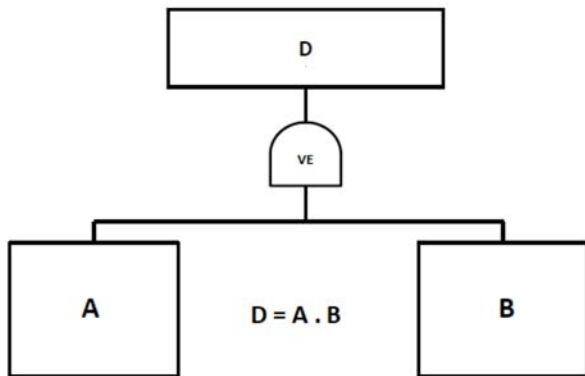
$$M = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad (X = \text{Hata yapan elemanlardır.})$$

Şekil 16: Hata ağacı analizinde kullanılan semboller

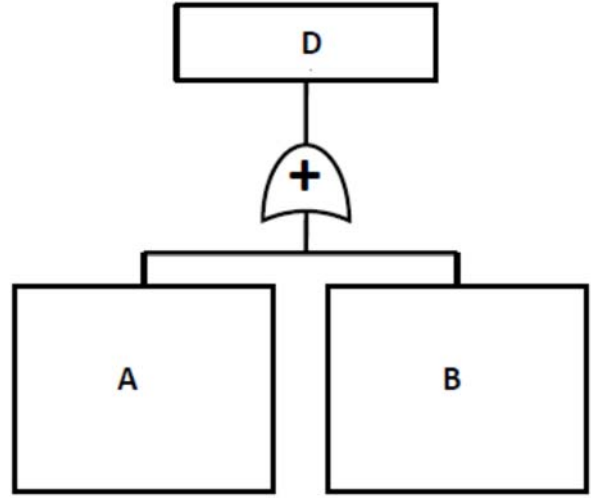
Sembol	İşaret edilen	İşlev
	Temel olay	Temel olay veya hata.
	Gelişmemiş olay	Gelişmemiş durum.
	Olay	Daha temel olaylardan oluşan olay
	Durumsal olay	Normal şekilde oluşabilecek olay
	VE kapısı	C çıktı olayı eğer bütün girdi olayları (A ve B) aynı anda oluşuyorsa oluşur.
	VEYA kapısı	C çıktı olayı eğer herhangi bir girdi olayı oluşursa meydana gelir.
	Transfer sembolü	Ağacın başka bir yerde daha ileri noktaya geliştiğini gösterir.

FTA analizinde başlıca kullanılan iki bağlaç bulunmaktadır. Bu iki bağlaç ve/veya olarak tanımlanmaktadır. “Ve” bağlacı A hatası ile B hatasının çarpımına eşit iken, “Veya” bağlacı A hatası ile B hatasının toplamına eşittir (Şekil 17, Şekil 18). Diğer bir ifadeyle; “ve” bağlacında ilgili olayların aynı anda gerçekleşmesi gerekirken, “veya” bağlacında ilgili olaylardan herhangi birinin gerçekleşmesi yeterlidir.

Şekil 17: Hata ağacı analizinde “Ve” bağlacı işlevi



Şekil 18: Hata ağacı analizinde “Veya” bağlacı işlevi



Kirnatı-Khelvechauri I Hes şantiyesi'nde 2015 Eylül - 2016 Haziran tarihleri arasında temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine katılan personellerin sayısı ve kontrollü patlatmada yapılan yanlış uygulamaların (güvenli olmayan hata puanları) istatistiksel verileri tutularak tablo oluşturulmuştur. Toplam personel sayısı 52, kontrollü patlatma atım sayısında 47'dir. Eğitim katılım tablosunda ki izlenim 2015 Eylül ayında eğitim katılımın en yüksek olduğu ve zamanla katılımlarda düşüşün gözlemlendiği olmuştur. 2016 Nisan ayına gelindiğinde ise katılımın en az seviyelerde, güvenli olmayan durumlarda ise artışın olduğu ve bu tarihte kontrollü patlatma alanında bulunan kaya delme makinesinin işlem sonrasında uzaklaştırılmamasından kaynaklı iş kazasının gerçekleştiği saptanmıştır (Tablo 5).

Bu tablo incelendiğinde 2015 Eylül ayında temel eğitime katılım oranı %99 iken 2016 Nisan ayına gelindiğinde bu oran %48'e kadar gerilemiştir. Eğitim katılımında azalma neticesinde güvenli olmayan durumlarda artış gözlemlenmiş ve aralarında ters orantının olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca Kirnatı-Khelvechauri I Hes şantiyesi'nde toplamda 47 kontrollü patlatma yapılmış olup bu veriler FTA

Tablo 5: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi iş sağlığı ve güvenliği 2015 Eylül-2016 Haziran temel eğitim katılım tablosu

Kirnati-Khelvachauri I HES Şantiyesi Eğitim Katılım				
ZAMAN	KİŞİ SAYISI	ARİTMETİK ORTALAMASI	GÜVENLİ OLMAYAN DURUM	
2015 EYLÜL	22.09.2015	52	52	1
	9.09.2015	51		
2015 EKİM	7.10.2015	44	42	3
	21.10.2015	40		
2015 KASIM	11.11.2015	48	46	2
	24.11.2015	44		
2015 ARALIK	13.12.2015	40	43	6
	24.12.2015	46		
2016 OCAK	14.01.2016	42	41	8
	28.01.2016	40		
2016 ŞUBAT	3.02.2016	38	39	8
	17.02.2016	40		
2016 MART	10.03.2016	38	37	10
	30.03.2016	36		
2016 NİSAN	14.04.2016	28	25	16
	27.09.2016	22		
2016 MAYIS	12.05.2016	48	47	5
	26.05.2016	46		
2016 HAZİRAN	8.06.2016	44	46	3
	28.06.2016	48		

Tablo 6: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi kontrollü patlatma 2015 Eylül-2016 Haziran güvenli olmayan hata puan tablosu

KÖK NEDENLER (McS)	AÇIKLAMA	GÜVENLİ OLMAYAN DURUM-HATA PUANI (p)	q (unavailabiliti y: kullanılmazlık oranı) (p/f)	10 5 1 TEN DÜŞÜK HATA
TEMEL EĞİTİM	Personelin (Operatör) temel eğitimlere katılmaması	9	0,18	↑ 10 5 1 TEN DÜŞÜK HATA
DENEYİM-1	Op. Mesleki anlamda yeterli donanma sahip olmaması	6	0,12	
ÇALIŞAN HATASI-2	Personelin (Operatör) dikkat dağınıklığı	3	0,06	
DENEYİM-2	Mük. mesleki anlamda yeterli donanma sahip olmaması	6	0,12	
TEMEL EĞİTİM-2	İşverenin temel iş güvenliği anlamında yeterli donanma sahip olmaması	7	0,14	
TEKNİK HATA	Siren sisteminin kontrol edilmemesi	1	0,02	
PLANLAMA	Şantiye alanında çalışma planının yapılmaması	8	0,16	
DENEYİM-3	İşv. Mesleki anlamda yeterli donanma sahip olmaması	4	0,08	
TEKNİK HATA-2	Siren sisteminin çalışmayan aksesuarların düzeltilmemesi	1	0,02	

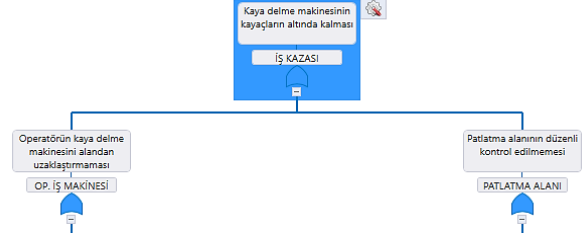
NOT: Kök nedenlerin kullanılabilirlik toplam değeri 0,9 (%90) olarak belirlenmiştir. Geriye kalan 0,1 (%10)'lük oran ise kök nedenler içinde belirlenemeyen diğer nedenlerin oranıdır (kaçınılmazlık oranı).

analizinin temel verilerini oluşturmuştur (Tablo 6).

Hata ağacı analizinde “TopEvent FTA” paket programı kullanılmıştır [18]. Programda gerçekleşen iş kazası tepe olay olarak belirlenmiş ve kök nedenler (temel olaylar) mantıksal olarak birbirine bağlanmıştır (Şekil 19).

Bu paket programda kök nedenlerin iş kazasına sebebiyet verme olasılıkları eğitim katılım tablosunda açıkça gözlenen eğitim katılım yüzdelerindeki düşüşten kaynaklı “Operatörün Temel Eğitim” kök nedeni yüksek tutulmuş, diğer kök nedenlerin olasılıkları şantiye içerisindeki gözlem ve aylık raporlar ile belirlenmiştir. Ayrıca Dizdar’ın sistem güvenilirliği için hata ağacı analizi modelinde kullandığı olasılık skalasından da yararlanılmıştır [19], (Şekil 20).

Şekil 19: TopEvent FTA paket programı hata ağacı analizi tepe olay ve neden bağıntıları



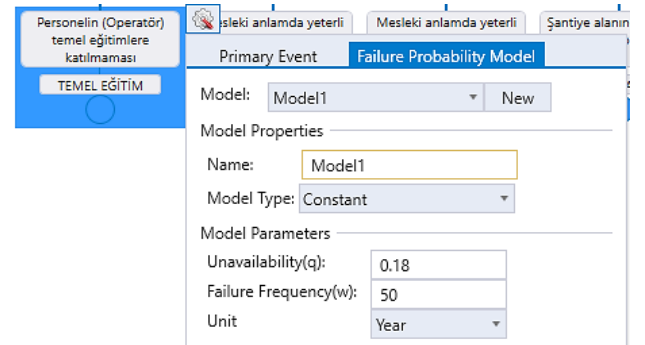
Şekil 20: Sistem güvenilirliği için kullanılan olasılık skalası (Dizdar, 2003)

Olasılık Skalası

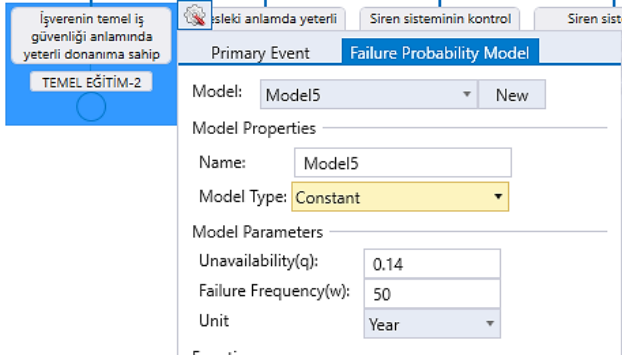
10'da 1	Sık (frequent)
100'de 1	Olası (probable)
1000'de 1	Ara Sıra (occasional)
10000'de 1	Uzak (remote)
100000'de 1	Olası Olmayan (improbable)
1M'da 1	Son Derece Uzak (extremely remote)

“TopEvent FTA” paket programında olasılık girdi modeli “constant” olarak seçilmiş ve “unavailability” (kullanılmazlık değeri; bir öğenin-olgunun belirli bir zamanda ve belirtilen şartlar altında doğru çalışmayacağına olasılığı) alanına önceden belirtilen kök neden çalışmalarının (Dizdar olasılık skalası, temel eğitim tablosu verileri, kontrollü patlatma güvenli olmayan durum – hata puan tablosu) olasılıkları sırayla girilmiştir (Şekil 21, Şekil 22).

Şekil 21: TopEvent FTA paket programı olasılık girdi görünümü-1



Şekil 22: TopEvent FTA paket programı olasılık girdi görünümü-2



Ayrıca Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi'nde toplanan temel iş sağlığı ve güvenliği eğitim katılım verilerinin, güvenli olmayan durumlarla karşılaştırmasını sağlayan grafikler ile "TopEvent FTA" paket programında kök nedenlerinin olasılık girdileri yapıldıktan sonra otomatik olarak oluşturulan analiz sonucu Şekil 23 ve Şekil 24 verilmektedir.

V. SONUÇ

"TopEvent FTA" paket programında oluşturulan iş kazası analizinin sonucunda kök nedenlerinin önem sırası saptanmıştır (Tablo 7). Önem sırası – katkı payı, çalışma sahasında oluşabilecek başka iş kazalarının önlenmesinde bizlere fikir vermiştir.

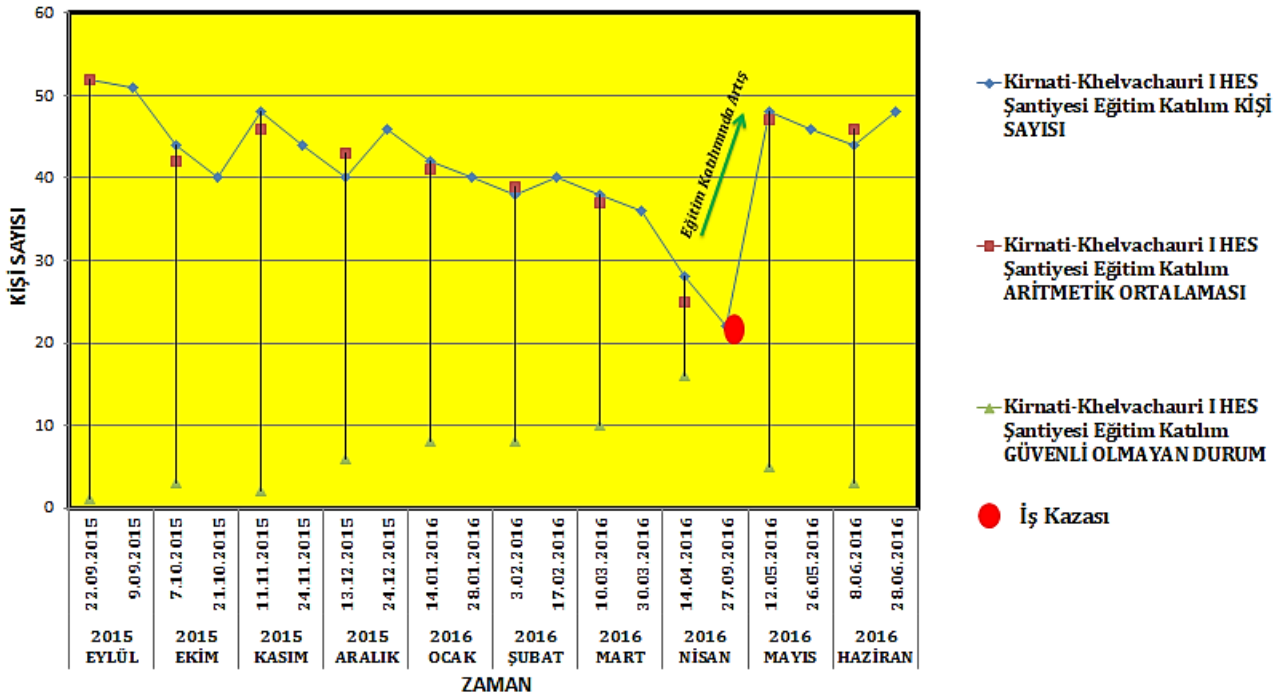
Tablo 7: TopEvent FTA paket programında otomatik oluşturulan iş kazası analizinin önem sıralaması

İŞ KAZASI - Kök Nedenler (Mc5) Önem Sırası			
Minimal Cut Set - Kök Nedenler	Order - Sıra	Unavailability - Kullanılmazlık (q)	Contribution - Katkı Payı
OP. TEMEL EĞİTİM	1	0.18	0.2092
PLANLAMA	2	0.16	0.1859
İŞV. TEMEL EĞİTİM-2	3	0.14	0.1627
OP. DENEYİM-1	4	0.12	0.1394
MÜH. DENEYİM-2	5	0.12	0.1394
İŞV. DENEYİM-3	6	0.08	0.0929
ÇALIŞAN HATASI-2	7	0.06	0.0697
TEKNİK HATA.TEKNİK HATA-2	8	0.0004	0.0004

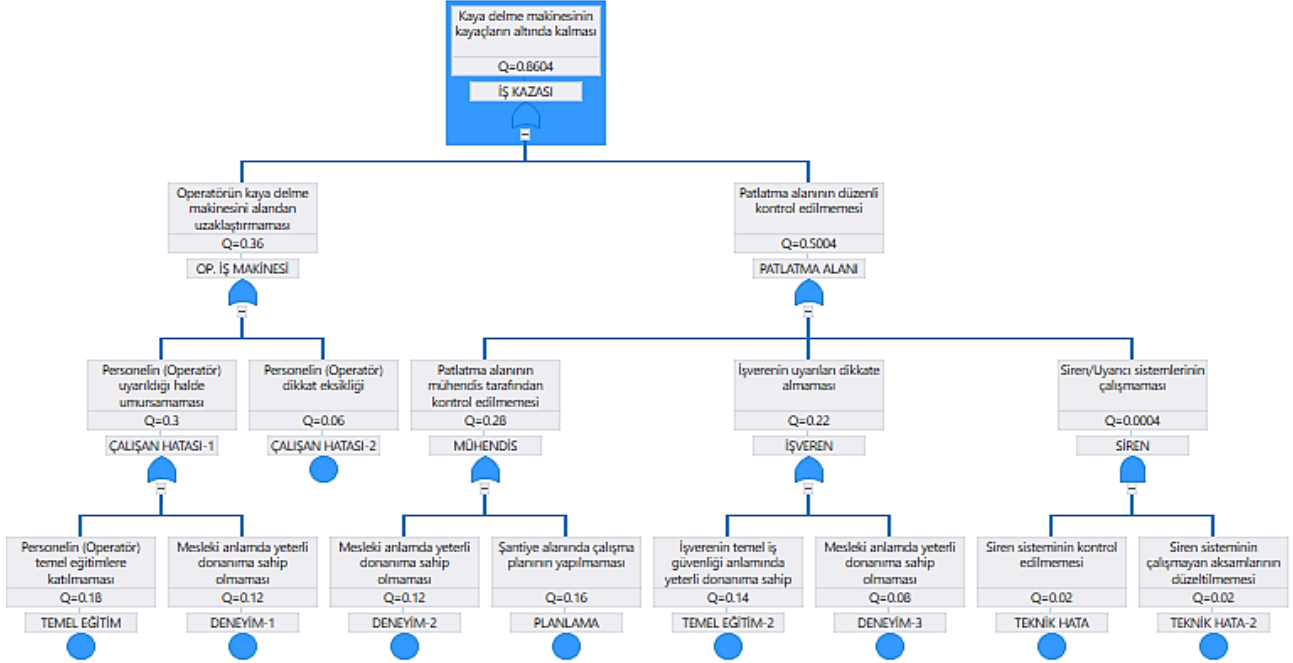
İş kazasına neden olan faktörlerden (kök neden-temel olay) en yüksek iki değer; operatörün temel eğitiminin katkı payı % 20.92, şantiyede düzgün çalışma planının yapılmamasının katkı payı da % 18.59 olarak belirlenmiştir. Grafik ve analizlerden elde edilen sonuçlara dayanarak,

Şekil 23: Kirnati-Khelvachauri I Hes şantiyesi temel iş sağlığı ve güvenliği eğitim katılım güvenli olmayan durum grafiği

Grafik Kirnati-Khelvachauri I HES Şantiyesi Eğitim Katılım ve Güvenli Olmayan Durum Grafiği



Şekil 24: TopEvent FTA paket programında otomatik oluşturulan iş kazası analizi



işyerleri yada şantiyelerde temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine mutlak surette ekip elemanlarının riayet etmesi ve ekip elemanlarının işin niteliğine bağlı mesleki yeterliliğinin sorgulanması gerekmektedir. Ayrıca çalışma planlarının düzgün yapılarak iş yükümlülüklerin dengeli şekilde dağıtılması, ekip elemanları ile sürekli koordinasyon içinde çalışmanın yürütülmesi olası başka iş kazalarının engellenmesinde fayda sağlayacaktır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, sahadaki çalışmalarını tecrübelerini detaylıca aktaran İnş. Yük. Müh. Doğan Günay'a ile Jeo. Yük. Müh. Doğan Koç'a ve makalenin inceleme sürecinde titiz, detaylı ve katkı sağlayıcı eleştiri ve önerilerinden dolayı Hakemlere teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] Google Inc. (2016). "Georgia, Batumi, Kirnati HPP ProjectView.https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/California, USA.
- [2] Arslantürk, A. (2017). Küçük Çamlıca Tv-Radyo Kulesi Projesi Patlatmalı Temel Kazıları Titreşim Analizine Bağlı Delme-Patlatma Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Okan Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [3] Günay, D. (2015). Kirnati-Khvelvachauri I Hes Projesi Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş. Şantiye Şefi, Kişisel Görüşme. Batum, Gürcistan.
- [4] Akçakal, Ö. (2015). Zetaş Diyafram Duvar Yapım Yöntemi ve Proje Ekleri. Mühendislik İşlemleri, İstanbul, Türkiye.
- [5] Gvakharia, V. (2011). Project on Construction and Operation of HPP Cascades on the river Chorokhi, Batumi, Georgia. Environmental and Social Impact Assessment Report.
- [6] Yıldırım, S. (2013). Çoruh Nehri Üzerinde Tamamlanan, İnşası Devam Eden ve Planlanan Büyük Barajların Neden Olduğu ve Olacağı Arazi Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye.

- [7] Erkoç, Ö. Y. (1990). Kaya Patlatma Tekniği. Birinci Baskı, İstanbul, Türkiye, Orica - Nitro Patlayıcı Mad. San. Tic. A.Ş.
- [8] Özer, U., Kahriman, A., Adıgüzel, D., Karadoğan, A., Aksoy, M. (2007). The Analysis Of Ground Vibration Induced By Blasting At Different Rock Units On Istanbul Kadıköy-Kartal Subway Tunnel Route. 7th International Conference: Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection, 11-15 June, Albena Resort, Varna, Bulgaria.
- [9] Konya, CJ, Walter, EJ. (1990). Surface Blast Design. New Jersey, USA.
- [10] Langefors, U. Kihlström, B. (1963). The Modern Technique of Rock Blasting. 405 pages. New York, USA, John-Wileyand Sons.
- [11] Gustaffson, R. (1973). Swedish Blasting Technique. Gothenburg, Sweden, SPI.
- [12] Ceylanoğlu, A., Kahriman, A., Demirci, A., (1993). Delme-Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği ile İlgisi. 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- [13] Oloffson Stig O. (1988). Applied Explosives Technology for Construction and Mining, 65-89.
- [14] Erzurumluoğlu, K., Köksal, K. N., Gerek, İ. H. (2015). İnşaat Sektöründe Fine-Kinney Metodu Kullanılarak Risk Analizi Yapılması. 5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- [15] T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf> (20.06.2012).
- [16] Bağan, M. (2015). Olay Frekanslarının Hesaplanması. 2. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, Türkiye
- [17] Erdoğan, A. (2015). Hata Ağacı Analizi, Literatür Araştırması ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulama T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Çalışma Dünyası Dergisi, Cilt: 3, Sayı:1
- [18] Reliotech TopEvent Fta Inc. (2019). <https://www.fault-tree-analysis.com/>
- [19] Dizdar, E. N. (2003). Fault Tree Analysis for System Reliability, Teknoloji, Sayı:3-4, 35-40. Türkiye.



Kömür Madenlerinde Radon Ölçümleri

Radon Measurements in Coal Mines

Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU, Havva AKGÖNÜL, Alaidin YILMAZ

ÖZET

Radon doğal bir radyasyon kaynağıdır. Kaçınılmaz olarak maruz kaldığımız doğal radyasyonun yarısından doğrudan sorumludur. Radon, A-sınıfı bir kanserojendir. İyonize radyasyon nedeniyle, kapalı mekânlarda meydana gelebilecek en büyük risklerden birisi, akciğer kanseri oluşumuyla ilişkilendirilen radon ve radon bozunma ürünlerinin solunması sonucu ortaya çıkar. Madenlerdeki radyolojik risk diğer işyerlerine göre daha büyüktür. Bu nedenle, atmosferik radon konsantrasyonunun belirlenmesine yönelik madenlerde yapılan ölçümler, maden çalışanlarının sağlığını yakından ilgilendiren önemli bir konudur. Bu çalışmada, madencilik sektöründe radon ölçümlerinin gelişimi özetlenmekte, kömür madenleri özelinde dünya ve ülkemizdeki literatür incelenerek değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Radon, kömür madeni, radyolojik risk, madenci sağlığı.

ABSTRACT

Radon is a natural radiation source. It is directly responsible for half of the natural radiation that we are inevitably taken. Radon is a Class-A carcinogen. Inhalation of radon and radon decay products, which is related to the aetiology of lung cancer, is one of the greatest risk from ionizing radiation that taken indoor environments. In general, the radiological risks in mines are greater than the risks in the other workplaces. Therefore, the subject concerning the measurement of atmospheric radon concentration in mines has a great importance and it is closely related to the health of mineworkers. In the present study, the development of radon measurements in the mining industry has been summarized. Then the radon measurements have been specifically investigated for coal mines and the related literature regarding Turkey and the other countries in the world have been evaluated.

Keywords: Radon, coal mine, radiological risk, miner health.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU — Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Isparta, Türkiye
Assistant Prof. Mehmet Ertan KURKCUOGLU — Suleyman Demirel University, Faculty of Arts and Sciences, Isparta, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-4694-1880 ertankurkuoglu@sdu.edu.tr

Havva AKGÖNÜL — Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye
Havva AKGONUL — Suleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-7624-324X havvahepkarsi@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Alaidin YILMAZ — Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Zonguldak, Türkiye
Assistant Prof. Alaidin YILMAZ — Zonguldak Bulent Ecevit University, Faculty of Arts and Sciences, Zonguldak, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-2595-0681 ayilmaz@beun.edu.tr

Received/Geliş Tarihi : 24.09.2019
Accepted/Kabul Tarihi: 20.11.2019

I. GİRİŞ

86 atom numarası ile periyodik cetvelde 8A grubunun en son elementi olan radon, radyoaktif bir soy gazdır. Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi'nin (UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 2000 yılındaki verilerine göre, doğal kaynaklı radyasyonlar nedeniyle dünya genelinde kişi başı maruz kalınan yıllık doz düzeyi ortalaması 2,4 mSv civarındadır ve bunun yaklaşık yarısını radon (^{222}Rn) ve radonun bozunma ürünleri oluşturmaktadır [1].

Doğal olarak her yerde bulunan ve renksiz, kokusuz, tatsız bir gaz olan radon, bozunma ürünü olarak yayınladığı alfa parçacığı sayesinde keşfedilmiştir. Radon; havadan yaklaşık 8 kat, hidrojenden ise 100 kat daha ağırdır. -71°C 'de donarken 1 atm basınçtaki kaynama noktası -62°C 'dir [2]. Radon'un atomik yarıçapı $1,3 \times 10^{-10}\text{ m}$ ve atomik kesitinin alanı $0,72 \times 10^{-10}\text{ cm}^2$ 'dir. Yoğunluğu, 1 atmosfer basınçta 9,73 g/L ve 273 K'deki molar hacmi $50,5\text{ cm}^3/\text{mol}$ dür. Elektriksel iletkenliği yoktur, ısı iletkenliği ise $0,0000364\text{ W/cmK}$ değerinde olup çok düşüktür. Radonun öz ısısı $0,091\text{ J/gK}$ dir [3].

Radon, ^{228}U , ^{232}Th ve ^{235}U bozunma serilerinden gelen üç doğal radyoizotopa sahiptir (Tablo 1). ^{219}Rn (aktinon), aktinyum serisinin, ^{220}Rn (toron), toryum serisinin ve ^{222}Rn ise uranyum bozunma serisinin bir ürünüdür. ^{222}Rn ve ^{220}Rn , doğada genellikle birlikte bulunur. Bolluk ve yarı-ömürlerine göre değerlendirildiğinde, insanların radyasyona maruz kalmaları açısından bu üç doğal radyoizotop

içerisinde en tehlikelisi, 1600 yıl yarı-ömüre sahip radyum-226 radyoçekirdeğinin bozunma ürünü olan ^{222}Rn 'dir. 3,82 günlük yarı-ömürü sonucunda 5,48 MeV enerjili bir alfa-parçacığı (α -parçacığı) yayınlayan radon, polonyum-218 radyoçekirdeğine bozunarak kısa yarı ömürlü radon ürünlerinin (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi ve ^{214}Po) oluşumuna yol açar.

Uranyum ve toryum radyonüklidlerinin ana kaynağı yer kabuğunu oluşturan kayalar ve topraktır. Farklı coğrafik bölgelere göre değişiklik göstermekle birlikte, yer kabuğundaki ^{238}U konsantrasyonu ortalamasının yaklaşık 2 ppm olduğu tahmin edilmektedir [5]. Bu doğal radyoaktif elementlerin bozunması sonucu oluşan radon, kaya katmanları arasından sızarak atmosfere ulaşır. Toprakten gelen radyum emanasyonunun yılda 2 milyar Curie ve yeraltı sularındaki potansiyelin yıllık 500 milyon Curie civarında olduğu düşünülmektedir [6]. Radon seviyelerinin; toprak gazında 18-180 kBq/m³, bina içi atmosferinde 11-300 Bq/m³, okyanuslar üzerindeki hava tabakasında 0,02-0,2 Bq/m³, mağaralarda 0,37-11 kBq/m³ ve havalandırması olmayan uranyum madenlerinde 37-3700 kBq/m³ aralığında değiştiği bildirilmiştir [3]. Toprakta bulunan ve yeraltı sularıyla taşınan radon gazı, difüzyon mekanizmaları vasıtasıyla bina içi ve bina dışındaki havaya karışır. Havadan daha ağır olan radon gazı, havalandırmanın zayıf olduğu kapalı mekânlarda zemine çökerek zamanla birikebilir [5].

Radon ölçümlerine yönelik ilk araştırmalar, madencilik sektöründeki gelişmelerle birlikte başlamıştır. Zamanla madenlerde, özellikle de uranyum madenlerinde çalışan işçilerde erken yaşta ölümlerin gözlenmesi dikkati çeken bir

Tablo 1: Radonun doğal radyoizotopları [4]

Bozunma Serisi	Ana Çekirdek	Yarı-ömür (yıl)	Kararlı Çekirdek	Radyoizotop Yarı-Ömrü (s)
Toryum	^{232}Th	$1,4 \times 10^{10}$	^{208}Pb	^{220}Rn (~56)
Uranyum	^{238}U	$4,5 \times 10^9$	^{206}Pb	^{222}Rn (~330000)
Aktinyum	^{235}U	$7,1 \times 10^8$	^{207}Pb	^{219}Rn (~4)

durum olmuştur. Bu hastalık, madenciler arasında “Dağ Hastalığı” olarak nitelendirilmiş olsa da 1879’da yapılan klinik araştırmalar bu rahatsızlığın asıl sebebinin akciğer tümörleri olduğunu göstermiştir. Bu gelişmelerin yanı sıra, 1896 yılında radyoaktivite fark edilmiş ve takiben 1899 yılında Ernest Rutherford tarafından radon-220 radyoizotopu [7] ve 1900 yılında Friedrich Ernest Dorn tarafından radon-222 radyoizotopu keşfedilmiştir [8]. 1901’de Elster ve Geitel tarafından atmosferde radyonüklidlerin varlığı gösterilmiştir [9]. Günümüzde, atmosferde bulunan radyonüklidlerin büyük çoğunluğunun radon ve bozunma ürünleri olduğu bilinmektedir [10]. Radyoaktif radon elementinin keşfedilmesi ile çeşitli madenlerde radon yoğunlukları ölçülmeye başlanmış ve 1924 yılında Ludwig ve Lorenser tarafından, maden ocaklarında rastlanan akciğer kanserine, ocaklarda biriken radon gazının solunmasının neden olduğu ileri sürülmüştür [11]. 1930’lara dek madenlerde yapılan ölçümlerle radon düzeylerinin yüksek olduğu belirlenmiş ve çalışmalar, akciğer kanseri oluşumuyla madenlerdeki radon seviyesi arasındaki ilişki üzerine yoğunlaşmıştır. 1950’lere kadar radonun akciğer kanserine neden olduğu görüşü yaygın bir biçimde kabul edilirken, 1951 yılında Rochester Üniversitesi’nden araştırmacılar akciğer kanseri tehlikesinin daha çok radon ürünlerinin yayınladığı alfa radyasyonuna maruz kalınmasından kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir [12]. Bu görüş daha sonra yapılan çalışmalarla [13] da desteklenmiştir.

İyonlaştırıcı radyasyon canlı dokularla doğrudan etkileştiğinde, gözardı edilemeyecek büyüklükte bir enerji hücrelere aktarılır. Bunun sonucunda dokularda; ölüm, nesilden nesile geçen genetik değişiklikler ya da kanser gibi daha sonra ortaya çıkan etkiler gözlemlenebilmektedir. Radyasyonun biyolojik yapılar üzerinde meydana getirdiği en belirgin etkilerden biri hücre büyümesini baskılamasıdır. Ürünleri arasında α -parçacığı bulunan radyoaktif element-

ler solunum ve sindirim yoluyla vücuda alındığında, akciğer ve mide dokularını yüksek dozda radyasyona maruz bırakabilir [14]. Kimyasal olarak inert bir gaz olan radonun dokulardaki çözünürlüğü düşüktür. Akciğerlere alınan radonun bir kısmı solunum yoluyla dışarı atılabilir fakat kimyasal bakımdan aktif halde bulunan ve radyoaktif olan radon ürünleri, havadaki partiküllere tutunarak solunumla akciğer bronşlarına yerleşip bozunmaya devam edebilirler. Bu süreçte ortaya çıkan radyasyon, hücrelerin DNA yapısını değiştirebilir ve akciğer kanserine neden olabilir [15]. 150 yıl öncesine kadar nadir olarak rastlanan akciğer kanseri günümüzde, dünyada en sık görülen kanser türü haline gelmiştir [16]. Akciğer kanseri ve radon arasındaki ilişki üzerine yapılmış epidemiyolojik çalışmaların topluca analiz edildiği Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP: International Commission on Radiological Protection) raporu, radon ve bozunma ürünlerinin akciğer kanserine neden olduğunu kesin olarak ortaya koymuştur [17]. A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (EPA: Environmental Protection Agency) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO: World Health Organisation) tarafından “A sınıfı kanserojen madde” olarak derecelendirilen radon gazı, akciğer kanserine neden olan en tehlikeli maddeler listesinde sigaradan sonra ikinci sırada yer almaktadır [18, 19]. EPA, Amerika Birleşik Devletleri’nde bir yılda akciğer kanseri nedeniyle meydana gelen ölümlerin (157400 kişi) yaklaşık %13,4’ünün (21100 kişi) radon gazı solunması nedeniyle olduğunu bildirmektedir [20]. Dünya Sağlık Örgütü’ne göre ise bu oranın yaşanılan bölgenin radon düzeyine bağlı olarak %3 ile %14 arasında değiştiği bildirmektedir [19].

Kapalı mekânlardaki radon kaynaklı sağlık risklerinin azaltılabilmesi amacıyla ülkeler (çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar vasıtasıyla) atmosferik radon düzeyleri için bazı limit değerler belirlemişlerdir. Ülkemizdeki radyasyon güvenliği konusundaki resmi çalışmalar, yasa ile yetkilendir-

Tablo 2: Çeşitli kuruluşlar tarafından kabul edilen bina içi atmosferik radon limitleri

Organizasyon	Tavsiye Edilen Limitler (Bq/m ³)		Kaynak
	Ev	İş yeri	
ICRP	≤300	≤1000	[21]
WHO	≤100		[19]
AB*	≤300	≤1000	[22]
TAEK	≤400	≤1000	[23]

*AB: Avrupa Birliği Komisyonu

len Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından yürütülmektedir. TAEK ve küresel ölçekte referans alınan bazı organizasyonların ev ve iş yerleri için kabul ettiği limitler Tablo 2’de verilmektedir. Limit seviyesinin aşıldığı durumlarda, bina içi radon yoğunluğunu düşürücü önlemlerin alınması tavsiye edilmektedir. ICRP 2014 yılında yayınladığı 126 nolu raporla birlikte kapalı mekânlar için tavsiye ettiği limit düzeylerini yeniden düzenlemiş ve işletmeler için de yeni bir sınıflandırmaya gitmiştir. Buna göre, madenler, mağaralar, metro istasyonları, tüneller v.b. gibi yer altındaki iş yerleri için 1000 Bq/m³’lük limit benimserken toprak seviyesinin üstündeki kamu binaları, hastaneler, okullar, sinemalar, fabrikalar, dükkânlar, ofisler v.b. gibi halkın ortak kullandığı iş yerleri için meskenlerdeki limitin (300 Bq/m³) baz alınması tavsiye edilmektedir [21]. TAEK ise iş yerlerini ayırmaksızın tüm iş yerlerindeki atmosferik radon limitini 1000 Bq/m³ olarak kabul etmektedir [23].

Sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılmasıyla birlikte, meskenler ve iş yerleri için yürütülen radon ölçümlerinin sayısı günden güne artarak sürdürülmektedir. Sadece Kuzey Amerika’da yılda bir milyon civarında bina içi radon konsantrasyonu ölçümünün gerçekleştirildiği bildirilmektedir [6]. Dünya genelinde, meskenlerdeki atmosferik radon seviyesi 40 Bq/m³ civarındadır. Ancak yer altı işletmeleri, yüksek radon birikiminin meydana gelebile-

ceği alanlardır. Çek Cumhuriyeti’nde tünellerde yapılan bir çalışmada, 3,3 kBq/m³ düzeyine varan atmosferik radon yoğunlukları rapor edilmiştir [24]. Turizme açık mağaralar için İrlanda’da gerçekleştirilen bir araştırma, 260 Bq/m³ ile 19,06 kBq/m³ arasında değişen radon konsantrasyonlarının ölçüldüğünü bildirmektedir [25]. Diğer bir çalışmada, Macaristan’daki turist mağaraları için 21,1 kBq/m³ değerine ulaşan radon seviyeleri tespit edilmiştir [26]. Uranyum madenlerinde yapılan epidemiyolojik araştırmalar ise radon nedeniyle, en yüksek kanser riskine sahip meslek grubunun uranyum madencileri olduğunu göstermektedir [15]. Genelde, kömür madenlerindeki radon konsantrasyonları, diğer madenlere göre daha düşüktür. Radonun solunması sonucu maruz kalınacak yıllık etkin doz eşdeğeri (YEDE) ortalamasının; kömür madenleri için 0,7 mSv/yıl ve uranyum haricindeki diğer madenler için ise 2,7 mSv/yıl olduğu kabul edilmektedir [1]. Buna rağmen, kömür madenleri için radyolojik olarak önemli seviyelerin saptandığı bazı çalışmalar da mevcuttur [27-29]. Kömür madenlerinde radon ölçümleri üzerine odaklanan çalışmamızda, dünyada günümüze dek yapılmış araştırmaların önemli bir kısmıyla birlikte ülkemizdeki ölçümlerin tamamı incelenerek derlenmiş ve atmosferik radon düzeyi için elde edilen sonuçlar tartışılarak değerlendirilmiştir.

II. RADON ÖLÇÜMLERİ

Kapalı bir ortam atmosferindeki radon konsantrasyonunun ölçülmesi, ^{222}Rn 'nin doğal bozunma süreciyle ortaya çıkan α -parçacıklarının (belirli bir hacim için) sayılması prensibine dayanmaktadır. Radon gazının varlığı ve miktarı, özel olarak geliştirilmiş cihazlar kullanılarak ortam havasından numune alma yoluyla veya yerinde ölçümlerle belirlenmektedir. Radon ölçümleri çalışmanın amacına göre; anlık olarak yapılabilir veya belirli bir dönemi kapsayan kümülatif ölçümler (kısa veya uzun-dönem ölçümler) şeklinde gerçekleştirilebilir. Maden ocaklarındaki genel durumun anlaşılabilmesi için mevsimsel uzun-dönem ölçümler yapmak daha uygundur. Kesintisiz veya belirli aralıklarla yerinde alınan ölçümler, uygun dedektörlerin ölçüm noktalarına yerleştirilerek belirli bir süre boyunca burada bırakılması ve daha sonra analiz işlemlerinin ardından sonuçların belirlenmesi aşamalarını içerir [5].

A. Dünyada Genelinde Kömür Madenlerinde Radon Ölçümleri

Bu bölümde, dünya genelindeki kömür madenlerinde farklı ölçüm teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiş radon ölçümlerinden bazıları tarihsel süreç dikkate alınarak sunulmakta ve ulaşılan sonuçlar toplu olarak Tablo 3 ile özetlenmektedir.

İngiltere'deki 12 kömür madeni için çalışma seviyesi (WL) değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırma kapsamında, radon konsantrasyonları ölçülmüş maksimum radon konsantrasyonunun 518 Bq/m^3 ve ortalama radon konsantrasyonunun ise 74 Bq/m^3 olduğu bildirilmiştir [30]. Yugoslavya'nın Slovenya şehrinde bulunan 6 kömür madeninde Ekim 1985 ile Haziran 1986 tarihleri arasında, sintilasyon hücresi yöntemiyle yapılan radon ölçümlerini içeren diğer bir çalışmada en yüksek radon kon-

santrasyonu 655 Bq/m^3 olarak ve en düşük düzey ise 30 Bq/m^3 olarak kayıt edilmiştir [31].

Hindistan Godavarikhanı'de eğimli 7 kömür madeni için atmosferik radon ölçümleri LR-115 tipi katihal nükleer iz dedektörleri kullanılarak ölçülmüştür. Bu çalışmada, Mart 1995 ile Şubat 1996 tarihleri arasında incelenen 2 madende mevsimsel radon ölçümleri gerçekleştirilmiş, diğer 5 madende ise sadece kış dönemi ölçümleri (Aralık 1995-Şubat 1996) yapılmıştır. Yüksek radon seviyelerine; aktif madencilik operasyonlarının yapıldığı alanlarla birlikte hava dönüş galerilerinde ve madencilik faaliyetlerinin bulunmadığı bir bölgede rastlanmıştır. Çalışmada, mevsimsel ölçümlerin yapıldığı iki kömür madeni için ortalama radon konsantrasyonu $144 \pm 61 \text{ Bq/m}^3$ ve çalışma seviyesi değeri $20 \pm 11 \text{ mWL}$ olarak elde edilmiştir. Beş maden için ön görülen ortalama radon seviyesi $315 \pm 71 \text{ Bq/m}^3$ ve WL değeri de $30 \pm 9 \text{ mWL}$ olarak bildirilmiştir. Hint kömür ocaklarında yapılan bu çalışma ile daha önce İngiliz kömür madenlerinde yapılan çalışmanın sonuçları [30] karşılaştırıldığında, benzer radon konsantrasyonlarının ölçüldüğü öne sürülmüştür [32]. Bu çalışmada ayrıca radon düzeyinin ocak derinliğine bağlı değişimi de incelenmiş, Schery ve arkadaşlarının 1984 yılında yaptıkları çalışmadaki yeryüzü seviyesinden derinlere inildikçe radon düzeyinin artmasına [33] benzer bir durum gözlemlenmek istenmiş, fakat radon düzeyi ile derinlik arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Araştırmacılar toprağın porozitesi, sıcaklık, nem, havalandırma oranı ve diğer fiziksel parametrelerin, tek başına derinlik parametresinden daha baskın bir rol oynayabileceğini ileri sürmüşlerdir [32].

Başka bir çalışmada Pakistan'ın Baluchistan şehrindeki 6 kömür madeninde radon konsantrasyonları, CN-85 katihal nükleer iz dedektörlerinin kullanıldığı kutu tipi dozimetrelerle ölçülmüştür. Her bir madenden 6 ölçüm alınmıştır. 36 ölçümün 121 ile 408 Bq/m^3 arasında değiştiği

bildirilmiştir. Madenlerdeki ortalama radon düzeylerinin ise 143 ile 261 Bq/m³ aralığında olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada da maden işçilerinin maruz kalacakları etkin dozlar (Godavarihani çalışmasında [32] olduğu gibi), denge faktörü 0,5 alınarak hesaplanmış ve yıllık etkin dozun 2,19±0,5 mSv olduğu (1,38-4,67 mSv) tespit edilmiştir [9]. Pakistan'daki bu çalışma için dozimetreler, madenlerde 30 günü aşan bir süre boyunca radona maruz bırakılmıştır. Baluchistan kömür madenlerindeki maksimum radon düzeyinin Almanya'daki kömür madenlerinde 1976 yılına kadar gözlemlenen maksimum ölçümlerle (400 Bq/m³) karşılaştırılabilir olduğu ve Birleşik Krallık'taki kömür madenleri için 1968 yılında rapor edilen maksimum değerden (-500 Bq/m³) daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bilindiği gibi, kömür madeni havzalarının ana litalojisi, jurasik çağın kireç taşları, killi kaya ve çakıl formlarıdır [9]. Pakistan'daki bu formasyondaki kayaçların yüksek düzeyde uranyum içeriği barındırmadığı için yüksek düzeyde bir radon salınımı beklenmediği belirtilmiştir. Pakistan'daki Baluchistan kömür ocaklarında tespit edilen radon yoğunluklarının başlıca nedeninin iyi havalandırılmayan kapalı ortam olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışma sonunda, Baluchistan kömür madenlerinde çalışan madencilerin radon nedeniyle aldıkları yıllık etkin doz eşdeğerlerinin o dönem için geçerli olan ICRP'nin 65 nolu raporundaki müdahale limitinden [34] daha düşük olduğu bildirilmiştir [9].

Veiga ve arkadaşları 2004'te yayımladıkları çalışmalarında, Brezilyanın güneyinde bulunan ve yüksek radon konsantrasyonuna sahip olduğu bilinen bir kömür madeni-ne ait sahalardaki radyolojik durumu, Aralık 1999 (saha 1'deki 1. ölçümler), Mayıs 2000 (saha 1'deki 2. ölçümler) ve Nisan 2003 (saha 7'deki 3. ölçümler) tarihlerinde yaptıkları ölçümlerle belirlemişler ve işçilerin maruz kalacakları yıllık dozları hesaplamışlardır. Araştırmacılar o tarihte, Brezilya'daki aktif olan 33 madenden 8 tanesinin kömür

madeni olduğunu ve inceledikleri kömür havzasının bir uranyum maden yatağının yanında konumlandığını bildirmişlerdir. Bu nedenle yüksek radon konsantrasyonları gözlemlenmiş ve inceleme altındaki sahada çalışan işçilerin maruz kalacakları yıllık etkin doz ortalamasının dünya kömür madenlerindeki ortalama neredeyse 30 kat daha fazla olduğu bulunmuştur [35]. Her 3 ölçümde de işletmelerdeki atmosferik radon seviyeleri Alpha Guard (Gentron Instruments) taşınabilir radon monitörü kullanılarak belirlenmiş ve kişisel radon ölçümleri, işçilerin kasklarına konumlandırılan iz kazıma dozimetreleri ile ölçülmüştür. Ayrıca 1. ve 2. ölçümlerde, çalışma seviyesi değerleri doğrudan WLM-200 plus dedektörü kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, Alpha Guard ile yapılan anlık atmosferik radon seviyelerinin 0,78 ile 7,2 kBq/m³ aralığında gözlemlendiği ve kişisel radon konsantrasyonu ölçümlerinin 1650 Bq/m³'lük bir ortalama (170-6100 Bq/m³) sahip olduğu bulunmuştur. Bireysel ölçümlerin %92'sinin 500 Bq/m³ değerinden büyük olduğu ve %40'ının ise ICRP'nin o tarihteki 1500 Bq/m³'lük üst sınır değerini [34] aştığı bildirilmiştir [35]. Brezilya kömür madeninde çalışan işçiler için (bireysel radon ölçümleri dikkate alınarak) yıllık çalışma düzeyi ortalamasının 2,1 WLM ve yıllık etkin doz eşdeğeri ortalamasının 10,7 mSv/yıl olduğu rapor edilmiştir [35].

Diğer bir çalışmada, İran'daki yedi kömür madeninde (ve üç metal madeninde) ²²²Rn konsantrasyon seviyeleri, aktif karbon ve sintilasyon hücresi tekniğine dayalı iki aktif yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Eshkeli kömür madeninde 12 radon ölçümü yapılmış diğer altı kömür madeninde ise 10'ar ölçüm alınmıştır. Sonuçlar, kömür madenlerinin üçünün 200 Bq/m³'ten daha düşük bir radon düzeyine sahip olduğunu ve en yüksek ortalamanın Pabdana kömür madeninde gözlemlendiğini göstermiştir (520±68 Bq/m³). Araştırmacılar genel olarak, çalıştıkları kömür madenlerin-

deki radon konsantrasyon düzeylerini Tayvan, Slovenya ve Birleşik Krallık'taki ölçümler ile karşılaştırmışlar, Tayvan kömür madenlerindeki 88,5 Bq/m³ lük ortalamadan [36] daha yüksek ve Slovenya (<500 Bq/m³) [31] ile Birleşik Krallık'ta kömür madenlerinde gözlemlenen düzeyden (<620 Bq/m³) [37] daha düşük bir seviyede, yaklaşık 320 Bq/m³ lük bir ortalama tespit ettiklerini bildirmişlerdir [38]. Buna ek olarak, kömür madenlerindeki işçilerin maruz kalacakları yıllık etkin doz eşdeğerlerinin ICRP tarafından tavsiye edilen limit değerleri aşmadığı bulunmuştur. Diğer taraftan yedi kömür madeni için hesaplanan yıllık doz eşdeğerinin (-2 mSv), UNSCEAR tarafından kömür madenleri için bildirilen 0,7 mSv'lik ortalama değerden daha büyük olduğu rapor edilmiştir [38].

Veiga ve arkadaşları, 2006 yılında Brezilya'daki maden ocaklarında radona maruz kalan işçilerin ölüm oranlarını geçmişi de kapsayacak biçimde (1942 yılından başlatarak) çalışmışlardır. 2004 yılında çalışılan kömür madenine ait verileri [35] baz alarak tahmini yıllık radon ürünlerine maruz kalma düzeyinin 0,2-7,2 WLM arasında değiştiğini kabul etmişlerdir. Yıllık ortalama radon ürünlerine maruz kalma düzeyi 2,1 WLM olarak alınmıştır. Buradan hareketle, hem yeraltı hem de yerüstü çalışanları için istatistiksel olarak standart ölüm oranı (SMR) analizi yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda yerüstü ve yeraltı işletmeleri için istatistiksel açıdan önemli ölüm oranları gözlenmiştir. Yeraltı madencileri için gözlenen artan akciğer kanseri mortalitesinin, radon maruziyeti ile ilişkili olduğu tespit edilmiş, ancak maruz kalma süresine bağlı ilişki ortaya konulamamıştır [39]. 2018 yılında Brezilya yeraltı madenleri için yayımlanan diğer bir çalışmada, Brezilya'da 40 maden için yapılan ölçümler incelenmiş ve daha önce kömür madenleri için yapılan radon ölçümleri de [35, 39] bu çalışma içerisinde yeniden değerlendirilmiştir [40].

2007 yılında yayımlanan bir çalışmada, Çin'deki yeraltı

kömür madenlerinde çalışanların sayısı ve bu madencilerin maruz kaldıkları yıllık dozun tahmin edilmesi üzerine bir yöntem sunulmuştur [41]. Maruz kalınan mesleki radyasyonun değerlendirilmesinde, yıllık üretim ve havalandırma durumu dikkate alınarak kömür madenleri üç kategoride incelenmiştir. Bunlardan birincisi, yüksek üretim yapan ve doğrudan merkezi hükümet tarafından kontrol edilen iyi havalandırma koşullarına sahip ana kömür madenleridir (NKCM). İkincisi, nispeten yüksek üretimli ve doğrudan yerel yönetimler tarafından kontrol edilen kısmen iyi havalandırma koşullarına sahip, yerel kömür madenlerini (SLCM) kapsamaktadır. Üçüncüsü, düşük üretimli ve havalandırmanın yetersiz olduğu, ilçe ve özel mülkiyetli kömür madenleridir (TPCM). Radon konsantrasyonlarının belirlenmesinde, kümülatif ölçüm tekniği (belirli bir ölçüm periyodu içerisinde radon ölçümleri için ortalama düzeyin tespit edildiği yöntem) ve anlık ölçüm tekniği kullanılmıştır. Kümülatif ölçümlerde, Çin'de üretilen KF606 dedektörleriyle birlikte Çin menşeli termoluminesans dozimetreleri ve Japonya'da üretilen CR-39 nükleer iz dedektörlerinden yararlanılmıştır. Anlık radon konsantrasyonu ölçümlerinde ise sürekli ölçüm yapabilen elektronik radon monitörü RAD7 kullanılmıştır (218 noktada anlık ölçüm yapılmıştır). Kümülatif ölçümlerde kullanılan dedektörlerden % 67'si geri toplanabilmiştir (1415 dedektör dağıtılmış ve 943'ü geri toplanabilmiştir). Çalışma kapsamında 50000 madencinin çalıştığı 50 kömür madeni incelenmiş ve Çin'deki kömür madenleri için daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar da kullanılarak toplamda 84 kömür madeni değerlendirilmiştir. Radon düzeyleri, NKCM madenleri için (30 maden) 18-202 Bq/m³ aralığında ve ortalama 77 Bq/m³ olarak, SLCM madenleri için (27 maden) 22-1963 Bq/m³ aralığında ve ortalama 189 Bq/m³ olarak, TPCM madenleri için (19 maden) 14-3115 Bq/m³ aralığında ve ortalama 536 Bq/m³ olarak ve kemik kömürü

(bone-coal) işletmeleri için (8 maden) 136-23976 Bq/m³ aralığında ve ortalama 5997 Bq/m³ olarak tespit edilmiştir [41].

Vietnam Nui Beo bölgesinde, kömür madenciliği yapılan sahadaki meskenler için bina içi ve bina dışı radon konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışmada, 37 mekanda LR-115 pasif nükleer iz dedektörleri kullanılarak 2010 yılının Haziran ve Temmuz ayları arasında atmosferik radon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bina içi radon düzeylerinin 145 Bq/m³ değerine kadar ulaştığı ve ortalamanın 46±26 Bq/m³ olduğu bulunmuştur. Bina dışı radon ortalaması ise 43±19 Bq/m³ (n=10) olarak tespit edilmiştir. Bir kıyı kasabası olan bu bölgede limana yakın bir kömür deposunda yapılan 3 ölçüm sonucunda ortalama radon düzeyinin 67±4 Bq/m³ olduğu görülmüştür. Yapılan tüm çalışmalarla birlikte, kömür madenciliği sahası dışındaki yakın bir yerleşim birimindeki (Ha Noi şehri) bina içi radon düzeyi 30 Bq/m³ olarak belirlenmiştir. Madencilik yapılan bölgedeki bina içi radon düzeyinin yaklaşık 1,7 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu fazlalığın kömür üretiminden kaynaklanabileceği (kömür deposundaki yüksek düzey göz önüne alınarak) iddia edilmiştir. Kömürcülük faaliyetlerinin yapıldığı bu bölgede, kömürdeki radonun atmosfere karıştığı öne sürülmüş, bina içi ve bina dışı radon düzeylerinin bu yüzden birbiri ile oldukça benzer olduğu bildirilmiştir [42]. Bu çalışmadaki radon ölçümleri SPSS programı ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bina içi radon ölçümlerinin normal dağılıma sahip olduğu rapor edilmiştir. Fakat pek çok araştırmacı tarafından da gösterildiği gibi bina içi radon konsantrasyonu ölçümleri genellikle lognormal dağılım sergilerler [43]. Bu çalışmanın sonuçları, bölgede yüksek bir ²²²Rn düzeyinin olmadığını dolayısı ile kömür madenciliği faaliyetlerinin radona maruz kalma açısından önemli bir halk sağlığı riski taşımadığını, sadece bina içi ve bina dışı radon düzeylerinin neredeyse aynı sevi-

yeye gelmesine neden olduğunu göstermektedir [42].

Portola ve arkadaşları, Rusya, Kuzbass bölgesi kömür madenlerinde, gama spektrometrik ölçümler ile radyum aktivitelerini belirlemişlerdir. Tespit ettikleri radyum aktivitelerinden yola çıkarak maden atmosferindeki radon hacim aktivitelerini belirlemişlerdir. Çalışma, Kuzbass bölgesinde aktif olarak işletilen 10 maden yatağındaki 25 ölçüm noktasında ve yine bu bölgede madencilik faaliyeti yapılmayan 25 galeride gerçekleştirilmiştir. Faal olan kömür madenleri için radon hacim aktiviteleri 15-288 Bq/kg arasında değişirken madencilik dışında kalmış (uzun bir süreden beri izole edilmiş) galerilerin atmosferindeki radon aktivitelerinin 74-5636 Bq/kg aralığında (25 ölçümün 9 tanesi 1000 Bq/kg değerinden yüksektir) gözlemlendiği bildirilmiştir. Maden atmosferindeki radon konsantrasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden birinin ventilasyon miktarı olduğu sonucuna varmışlardır [44].

Trzeciakiewicz ve Parkitny 2015 yılında yayımladıkları çalışmalarında, Polonya'da "Kömür Madeni" olarak bilinen yeraltı turist rotasında radon konsantrasyonlarını aktif ve pasif ölçüm teknikleri kullanarak incelemişlerdir. Pasif ölçümler 2004-2007 yılları arasında 4 ölçüm noktasında ve 2011 yılında 21 ölçüm noktasında, LR115 katı-hal nükleer iz dedektörleri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve dedektörler her mevsim başlangıcında yenisiyle değiştirilmiştir. Böylelikle radon yoğunluğunun mevsimsel değişimleri incelenmiş, en yüksek radon düzeylerinin yaz mevsimlerinde ve en düşük radon seviyelerinin ise kış mevsimlerinde gözlemlendiği bildirilmiştir. Mevsimsel radon değişimindeki ana dış etkenin hava sıcaklığındaki değişimden kaynaklandığı öne sürülmüştür. Mevsimsel atmosferik basınçtaki (hava basıncındaki) değişim ile radon düzeyi arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu tesisteki ortalama radon düzeyi 799 Bq/m³ olarak bildirilmiş ve bu değer Polonya'daki kömür madenlerinde gözlemlenen radon konsantrasyonları

ile tutarlı olduğu belirtilmiştir [45]. Radon konsantrasyonundaki günlük değişimler Mayıs 2012 de RadStar RS-230 cihazı kullanılarak kayıt edilmiştir. Radon seviyelerinin genel olarak, sabah 8-9 saatleri ile akşam 7-8 saatleri arasında en yüksek değerlere ulaştığı ve gece saatleride de en dü-

şük seviyelere indiği belirlenmiştir. Radon düzeylerindeki saatlik değişimlerin hava sıcaklığındaki saatlik değişimler ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Basınç, hava hızı yada yağış gibi diğer meteorolojik parametreler ile saatlik radon değişimleri arasında bir korelasyon bulunamamıştır.

Tablo 3: Dünyada kömür madenlerinde yapılmış bazı radon ölçümleri

Ülke	Metot	Maden sayısı	C_{Rn} (Bq/m ³)	YEDE (mSv/yıl)	Kaynak
Birleşik Krallık	Alfa aktivitesi tayini	12	74 (22-518)		[30]
Birleşik Krallık	Lucas hücresi	5	574* (151-1244)*		[37]
Tayvan	CN filmleri	2	88,5±9,5		[36]
Hindistan (Godavarihani)	LR-115	2	145 (46-354)		[32] (Ö.Y:1995-1996)
Yugoslavya (Slovenya)	Sintilyasyon hücresi	6	(30-655)		[31]
İran	Aktif karbon, Sintilyasyon hücresi	7	320 (146-520)	3	[38]
Çin	K606, RAD7, CR39	30 (NKCM)	77 (18-202)	10	[41]
		27 (SLCM)	189 (22-1963)		
		19 (TPCM)	536 (14-3115)		
		8 (Kemik kömürü)	5997 (136-23976)		
Polonya		71	740 (0-7000)		[28]
Polonya	RS-230, LR-115	1	799 (94-1301)	3,5-5,8	[45] (Ö.Y:2011)
Çin	CR-39	1	(65-189)	0,8-1,49	[46] (Ö.Y:2012-2013)
Brezilya	Alpha Guard	1	1650** (170-6100)	10,7	[35] (Ö.Y:1999-2000)
Pakistan (Baluchistan)	CN-85	6	192 (121-408)	1,38-4,67	[9]

Birleşik Krallık için verilen radon seviyeleri, 5 maden için elde edilen maksimum değerlerin ortalamasını ve maksimum değerlerin değişimini göstermektedir.

**Bu veriler, Brezilya kömür madenlerindeki bireysel radon konsantrasyonu ölçümlerine aittir. Ö.Y: Ölçüm yılını göstermektedir.

Araştırmacılar yaptıkları radon ölçümleri sonucunda, mekanik havalandırma sistemine sahip olmayan yeraltı işletmeleri için radon düzeylerindeki değişimin hava hareketlerini takip etmesi bakımından mükemmel bir belirleyici olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu araştırmada ayrıca, işletmede çalışanların radon nedeni ile alacakları dozların 3,5 ile 5,8 mSv/yıl arasında değiştiği saptanmış ve radyasyon düzeylerinin sürekli olarak izlenmesi tavsiye edilmiştir [45].

Çin'de 3 farklı maden için yapılan bir çalışmada, 2012-2013 tarihleri arasında birbirini takip eden 4 mevsim boyunca CR-39 dedektörleriyle eş zamanlı saha ölçümleri ve 120 maden çalışanı üzerinde de aynı tip pasif monitörler kullanılarak kişisel ölçümler gerçekleştirilmiştir [46]. Saha ölçümlerine göre atmosferik radon düzeylerinin; kömür madeni için 65 Bq/m³ ile 189 Bq/m³ arasında, demir madeni için 183 Bq/m³ ile 826 Bq/m³ arasında ve bakır madeni için 452 Bq/m³ ile 1930 Bq/m³ değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek radon konsantrasyonları bakır madeninde, en düşük radon konsantrasyonları ise kömür madeninde gözlemlenmiştir. Patlayıcı ve diğer zararlı gazların maden atmosferinden uzaklaştırılabilmesi için kömür madenlerindeki ventilasyon düzeyinin daha yüksek oluşuna vurgu yapılmış ve bu durumun kömür madenindeki radon ölçümlerinin düşük çıkmasının nedeni olabileceği belirtilmiştir [46]. Ek olarak, bu madenlerdeki kişisel monitörleme ve saha ölçümlerine ait veriler kullanılarak radon nedeniyle maruz kalınacak yıllık dozlar hesaplanmıştır. Kişisel monitörleme verilerine göre yıllık etkin doz düzeyleri bakır, demir ve kömür madenleri için sırasıyla 6,61 mSv, 2,70 mSv ve 0,80 mSv olarak bulunmuştur. Saha ölçümlerinden elde edilen radon konsantrasyonları dikkate alındığında yıllık dozların; bakır madeni için 10,76 mSv, demir madeni için 4,48 mSv ve kömür madeni için 1,49 mSv olarak hesaplandığı bildirilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle, sadece saha ölçümleri ile (çevresel monitör-

leme ile) yapılacak yıllık doz tahminlerinin gerçek durumu olduğundan daha büyük gösterebileceği vurgulanmıştır [46].

Bu bölümde incelenen kömür madenlerindeki atmosferik radon ölçümlerine ait bulgular, incelenen kömür madeni sayısı ve kullanılan radon ölçüm yöntemleriyle birlikte topluca Tablo 3 ile özetlenmektedir. Araştırmacıların madenler için bulduğu ortalama radon konsantrasyonu (CRn) değerleri Bq/m³ cinsinden verilmekte, bildirilen minimum ve maksimum ölçüm değerleri parantez içerisinde gösterilmektedir. Yıllık etkin doz eşdeğerlerinin (YEDE'nin) hesaplandığı çalışmalar için maruz kalınacak yıllık dozlar, mSv/yıl cinsinden rapor edildiği şekliyle sunulmaktadır.

B. Ülkemizdeki Kömür Madenlerinde Radon Ölçümleri

Türkiye'de madenlerle ilgili yapılan ilk radon gazı ölçümleri, Ege Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü tarafından yeraltı maden ocakları çalışanlarının maruz kaldığı radyasyon dozlarının belirlenmesi amacıyla Ege Bölgesi'nde, Ekim 1994 ile Ekim 1995 tarihleri arasında, bor, krom ve kömür (linyit) madenlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Lucas hücresi ve CR-39 nükleer iz dedektörleri kullanılmıştır. Ocaklardaki radon konsantrasyonlarının, bor için 29-197 Bq/m³, krom için 10-35 Bq/m³ ve linyit madenleri için 26-166 Bq/m³ arasında değiştiği bulunmuştur [47]. Ölçümlerin yapıldığı dönemlerde, ocakların yeterli hava değişimini sağlayacak havalandırma sistemlerine sahip oldukları bildirilmiştir [47, 48].

Türkiye'deki taşkömürü üretimi sadece, Zonguldak ili ve çevresindeki bitümlü kömür havzasında (Karbonifer Penceresi'nde), TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu) işletmelerinde gerçekleştirilmektedir. Zonguldak bitümlü kömür havzasında bulunan maden işletmelerindeki radon ölçümlerinde, genelde pasif nükleer iz dedektörleri kulla-

nılmıştır. Ocak 2002 ile Mart 2002 tarihleri arasında, Kozlu, Karadon ve Üzülmaz işletmeleri için yapılan ölçümlerde ortalama radon konsantrasyonları, sırasıyla 656 Bq/m³, 705 Bq/m³ ve 672 Bq/m³ olarak belirlenmiştir [49-51]. Daha sonraki bir çalışmada, Amasra taşkömürü ocağındaki atmosferik radon düzeyleri ölçülmüş ve ortalama düzeyin 117 Bq/m³ olduğu bildirilmiştir [52]. Armutçuk işletmesine ait yeraltı kömür madenindeki radon seviyelerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise ölçümler iki mevsim boyunca tekrarlanmıştır. Ortalama radon konsantrasyonlarının bahar mevsiminde 238 Bq/m³ ve yaz mevsiminde 161 Bq/m³ olduğu tespit edilmiştir [53]. Bu çalışmalardan elde edilen tüm ortalamalar, TAEK'in iş yerleri için belirlediği sınır değer olan 1000 Bq/m³ değerlerinden düşüktür. Bu çalışmalarda, müesseselerde çalışanlar için etkin doz eşdeğerleri de hesaplanmıştır. 2017 yılında, TTK'ya bağlı 5 madende daha önceden yapılan radon ölçümleri (Kozlu, Karadon ve Üzülmaz işletmeleri için yapılan çalışma [51], Amasra işletmesindeki ölçümler [52] ve Armutçuk taşkömürü ocağındaki çalışma [53]) Baldık ve Aytekin tarafından bir araya getirilerek maden çalışanlarının radon nedeniyle maruz kalacakları doz değerleri ve yaşam boyu ölüm riskleri karşılaştırılmıştır [54]. Bu çalışmada, Kozlu işletmesi için saptanan en yüksek yıllık etkin doz eşdeğeri dışındaki doz değerlerinin ICRP'nin 10 mSv/yıllık müdahale limitinin [34] altında olduğu bildirilmiştir. Kozlu, Karadon ve Üzülmaz ocaklarında 2002 yılında yapılan ölçümlere ait bulguların [51], 2005 yılından sonra Amasra [52] ve Armutçuk işletmelerinden [53] elde edilen sonuçlara göre daha yüksek olması, havalandırmanın yetersizliğiyle ilişkilendirilmiş ve Fişne ve arkadaşlarının dedektörler üzerindeki alfa izlerini manuel olarak okumalarının da sonuçlar üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir. Daha sağlıklı bir değerlendirme için Kozlu, Karadon ve Üzülmaz işletmeleri için ölçümlerin tekrarlanması tavsiye edilmiştir [54]. Kar-

bonifer Penceresi için gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nden (eski Zonguldak Karaelmas Üniversitesi'nden) bir araştırma grubu, TTK'ya bağlı 5 işletmenin hava dönüş galerilerindeki 66 ölçüm noktasında, Aralık 2007 ile Kasım 2008 tarihleri arasında eşzamanlı olarak mevsimsel atmosferik radon konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Hava dönüş galerilerinin seçilmesinin nedeni, farklı kotlarda bulunan tüm ocaklara ait havanın bu galerilerde bir araya gelmesinden dolayı yeraltı kömür ocaklarındaki genel radon düzeyi hakkında bir fikir sahibi olunabileceği düşüncesidir. Her ölçüm noktasına, biri hava akımına dik diğeri ise paralel olarak konumlandırılan uzun-dönem CR-39 pasif nükleer iz dedektörleri yerleştirilmiştir. Dedektörlerin analizleri, TAEK'e bağlı Sarayköy Nükleer Eğitim ve Araştırma Merkezi'nin Sağlık Fiziki biriminde yapılmıştır. Ölçümlerin işletme bazında yıllık radon düzeyi ortalamaları ele alındığında, hava akımına dik olarak yerleştirilen dedektörlerin yatay konumdakilere göre biraz daha fazla radon yoğunluğu kaydettiği söylenebilir [55]. Ancak bu 5 işletmeden elde edilen ölçümler istatistiksel olarak incelendiğinde, muhtemelen analiz aşamasındaki teknik bir hatadan dolayı anormal biçimde düşük çıkan güz mevsimi verilerinin değerlendirilmeden çıkarılması gerektiği ve dedektör pozisyonlarının ölçülen radon yoğunluğu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür [56]. Bu istatistiksel çalışmada, kış, bahar ve yaz mevsimleri için ölçüm noktalarındaki ortalama radon düzeyleri veri olarak kabul edilmiş ve genel olarak, radon konsantrasyonlarının hem mevsime hem de işletme konumuna bağlı değişiminin istatistiksel olarak önemli olduğu gösterilmiştir (p<0,01) [56]. Armutçuk, Kozlu, Karadon, Amasra ve Üzülmaz işletmeleri için Akgönül tarafından saptanan ortalama radon düzeyleri [56]; 2005 sonrası ölçüm yapan araştırmacıların Amasra [52] ve Armutçuk [53] ocakları için bildirdikleri sonuçlarla

Tablo 4: Türkiye'deki kömür madenlerinde yapılmış radon ölçümleri

Maden	Metot	D.S.	Ö.S.	C _{Rn} (Bq/m ³)			YEDE (mSv/yıl)	WLM (WLM/yıl)	Kaynak
				Min	Maks	Ort.			
Zonguldak (Kozlu)		34	42	359	1470	656	4,72	0,83	
Zonguldak (Karadon)	CR-39	34	39	253	1213	705	5,08	0,90	[49-51]
Zonguldak (Üzülmöz)		16	39	428	1098	672	4,84	0,85	
Zonguldak (Amasra)	CR-39	14	40	49	223	117,4	3,4µSv/gün	0,15	[52] [54]
Zonguldak (Armutçuk)	CR-39	20×2	60	B:63 Y:37	B: 706 Y:426	B:238 Y:161 199,5	B:4,6µSv/gün Y:6,9µSv/gün	0,25	[53] [54]
Zonguldak (Armutçuk)		24×3	42	21	178	91	0,57	0,12	
Zonguldak (Kozlu)		44×3	42	16	421	81	0,39	0,10	
Zonguldak (Üzülmöz)	CR-39	16×3	42	26	465	114	0,72	0,14	[56]
Zonguldak (Karadon)		38×3	42	25	478	101	0,64	0,13	
Zonguldak (Amasra)		10×3	42	10	502	125	0,79	0,16	
Zonguldak (Üzülmöz)		10	4	< 15	19	< 19			
Zonguldak (Kozlu)	Sıvı sintilasyon	3	4	37	78	53			[57]
Zonguldak (Karadon)		1	4	22	22	22			
Ege Bölgesi (Maden 1)			1 yıl	51	96			0,21-0,67	
Ege Bölgesi (Maden 2)			1 yıl	42	185			0,13-0,86	
Ege Bölgesi (Maden 3)	Lucas hücresi ve CR-39		1 yıl	33	74			0,22-0,55	[48]
Ege Bölgesi (Maden 4)			1 yıl	31	156			0,20-0,95	
Ege Bölgesi (Maden 5)			1 yıl	74	96			0,49-0,62	
Kütahya (Tunçbilek)		50	~60	50	272	172	1,23	0,25	
Kütahya (Ömerler)	CR-39	50	~60	109	587	340	2,44	0,49	[59]
Kütahya (Eynez)		50	~60	75	442	205	1,47	0,29	
Çorum (Maden 1)		28	42-60	~100	948	325	2,30		
Çorum (Maden 2)	CR-39	29	42-60	~90	505	216	1,60		[60]
Çorum (Maden 3)		33	42-60	~60	549	286	2,00		
Manisa (Soma)	LR-115		10ay	32,5	321,2				[61]

(D:S: Dedektör sayısını (adet), Ö.S: Ölçüm süresini (aksi belirtilmediği durumlar için gün olarak),
Y: Yaz, B: Bahar mevsimini, ×2 ve ×3 ise ölçümlerin 2 ve 3 mevsim için tekrarlandığını göstermektedir)

uyumlu, ancak diğer 3 müessese için (2002 yılı ölçümleriyle) elde edilen radon düzeylerinden [49-51] daha düşüktür. TTK, 2002 yılından sonra işletmelerindeki havalandırma koşullarını iyileştirmiştir. Bu iyileştirmenin madenlerdeki atmosferik radon seviyelerini azaltıcı yönde bir etkisinin olduğu, söz konusu ölçüm sonuçlarıyla tutarlı bir biçimde açıklanabilir. Başka bir çalışmada, Kozlu, Karadon ve Üzülmaz yeraltı maden ocaklarındaki 15 ölçüm noktasında kısa-dönem radon ölçümü ile beraber doğal ^{226}Ra , ^{232}Th ve 40K radyonüklidlerine ait aktivite konsantrasyonu tayinleri, yüksek çözünürlüklü bir gama-ışını spektrometresi kullanılarak yapılmıştır [57]. Aytekin ve arkadaşları da 2009 yılında, Üzülmaz işletmesine ait ^{226}Ra , ^{232}Th ve 40K aktivite konsantrasyonlarının araştırıldığı bir radyolojik çalışma gerçekleştirmişlerdir [58].

Kütahya linyit madenlerinin incelendiği bir çalışmada, Tunçbilek, Ömerler ve Eyzet işletmelerinde gerçekleştirilen radon konsantrasyon ölçümlerinden elde edilen sonuçlar ICRP ve TAEK'in eylem seviyelerine göre değerlendirilmiş ve sonuçların eylem seviyelerinin çok altında olduğu rapor edilmiştir [59]. Diğer bir çalışmada, Çorum ilinin iki farklı ilçesinde faaliyet gösteren 3 farklı yeraltı kömür ocağında radon yoğunluk ölçümleri yapılmış ve her bir madene 30 civarında CR-39 iz dedektörü yerleştirilerek 42 ile 60 gün arasında ölçümler alınmıştır. Elde edilmiş olan değerlerin, TAEK tarafından belirlenmiş olan sınır değerinin altında olduğu sonucuna varılmıştır [60].

Manisa Soma maden ocaklarında Haziran 2013 ile Nisan 2014 arasında yapılan bir çalışmada ise, radon ölçümü için LR-115 Tip II nükleer iz kazıma dedektörleri kullanılarak 9 istasyon için ölçümler gerçekleştirilmiş ve çalışma boyunca dedektörler periyodik olarak yenileri ile değiştirilmiştir. Maden ocaklarında, $32,5 \text{ Bq/m}^3$ değerinden $321,2 \text{ Bq/m}^3$ e kadar değişen radon konsantrasyonları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları için TAEK tarafından belirle-

nen limitin aşılmadığı sonucuna ulaşılmıştır [61].

Tablo 4'de Türkiye'deki kömür madenleri için günümüze kadar yapılan radon ölçümleri ve elde edilen sonuçlar özetlenmektedir. Ölçüm yapılan yer, kullanılan yöntem, ölçüm için kullanılan dedektör sayıları, en düşük ve en yüksek radon ölçümleri ve ölçümlerden elde edilen ortalama değerler, maruz kalınacak yıllık doz düzeyleri ile bilgiler, söz konusu çalışmalarda rapor edildiği şekliyle Tablo 4'de bir araya getirilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye kömür madenlerindeki radon düzeylerinin dünya ölçeğinde kömür madenleri için verilen ortalamalarla uyumlu olduğu ve atmosferik radon konsantrasyonu ortalamalarının TAEK'in iş yerleri için belirlediği 1000 Bq/m^3 lük limiti [23] aşmadığı söylenebilir.

III. TARTIŞMA VE SONUÇ

Radonun akciğer kanserine yol açabilmesi bakımından taşıdığı yüksek risk, ocaklarda bu gazla maruz kalan maden çalışanları için göz ardı edilemeyecek bir problemdir. Maden işletmelerindeki radon seviyeleri bilinmelidir. Madenci sağlığıyla yakından ilişkili olan bu önemli konu, 20. yüzyılın başlarından beri yürütülen atmosferik radon konsantrasyonu ölçümleriyle birlikte yoğun olarak çalışılmaktadır.

Kömür madenlerindeki atmosferik radon düzeyleri, jeolojik yapı, ocak ortam parametreleri ve madencilik faaliyetlerine bağlı olarak işletmeden işletmeye değişiklik gösterebilir. Diğer madenlerle kıyaslandığında, kömür madenlerindeki radon konsantrasyonları genellikle çok daha düşük seviyelerdedir (102 Bq/m^3 mertebesindedir). Radon solunması nedeniyle alınacak yıllık etkin dozun kömür madenlerinde çalışanlar için $0,7 \text{ mSv/yıl}$ düzeyinde ve uranyum madeni haricinde çalışan diğer madenciler için $2,7 \text{ mSv/yıl}$ civarında olduğu 2000 yılı UNSCEAR raporuyla ortaya konmuştur. Radona maruziyet nedeniyle müsaade edilebilecek doz düzeylerine ait limitler, ICRP tarafından 3-10

mSv/yıl olarak belirlenmiştir. 3 mSv/yıl'lık alt sınırın aşılması halinde müdahalede bulunulabileceği, ancak 10 mSv/yıl'lık üst sınırın aşıldığı durumlarda müdahalenin zorunlu olduğu öngörülmüştür. Kömür madenleri için kabul edilen 0,7 mSv/yıl'lık ortalama değer, ICRP'nin tavsiye ettiği alt müdahale limitinden oldukça düşüktür.

Türkiye kömür madenlerindeki radon araştırmaları nispeten daha yeni tarihlidir (saha ölçümleri 1990'lı yıllarda başlamıştır). Günümüze dek gerçekleştirilmiş sınırlı sayıda çalışmalardan, ülkemiz kömür madenlerindeki atmosferik radon seviyelerinin TAEK'in belirlediği limitin (1000 Bq/m^3) altında olduğu sonucu rahatlıkla çıkarılabilir. Mevcut araştırmaların büyük bir kısmı TTK taşkömürü işletmelerine odaklanmıştır. En yüksek radon düzeyleri; 2005 yılından önce TTK'ya ait Kozlu, Karadon ve Üzülmüş işletmelerinde gözlemlenmişse de; aynı havza için daha sonraki tarihlerde yapılan diğer çalışmalar, işletmelere ait havalandırma koşullarının iyileştirilmesiyle karbonifer penceresindeki madenlerde radon düzeylerinin düştüğüne işaret etmektedir. Kömür madencilerimizin radon nedeniyle maruz kaldıkları yıllık etkin dozların (2002 yılında Kozlu, Karadon ve Üzülmüş işletmeleri için yapılan ölçümler hariç) dünya geneli için verilen ortalamaya yakın düzeylerde değiştiği ve ICRP'nin 3 mSv/yıl'lık alt müdahale limitinden daha düşük olduğu görülmektedir. Türkiye'deki kömür madenlerinde çalışanlar için radon nedeniyle karşı karşıya kalınan radyolojik riskin kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir. Ancak kömür madenlerindeki bu riskin mümkün olduğunca aşağıya çekilmesi gerekmektedir. Alınabilecek en etkin önlemlerin belirlenip uygulanabilmesi için madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda sürekli atmosferik radon ölçümlerinin yapılması, radon ile ocağın ortam parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması ve ayrıca maden çalışanlarının kişisel radon dozimetreleri ile takip edilerek konu hakkında bilgilendirilmeleri son

derece yararlı olacaktır.

AÇIKLAMALAR

Bu çalışma, Havva Akgönül'ün yüksek lisans tezinin bir parçasıdır. Yazarlar; bu çalışmanın gerçekleştirilmesi adına, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne ait 2006-70-01-01 nolu projeden elde ettikleri ölçüm verilerini ve konu hakkındaki bilgilerini paylaşan proje ekibine, proje desteği sağlayan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne, saha çalışmalarındaki katkılarından dolayı TTK personeline ve ayrıca dedektör analizleri için SANAEM Sağlık Fiziki çalışanlarına teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Exposures from Natural Radiation Sources Annex B, 117-118, New York, USA, 2000.
- [2] Sabol, J., & Weng, P.S. Introduction to Radiation Protection Dosimetry: World Scientific Publishing, 300, Singapore, 1995.
- [3] NCRP, Report. Measurements of Radon and Radon Daughters in Air, No.97, p.174, 1988.
- [4] Olsson, M., & Tengström, J., Radon Presence and Remedial Measures in Europe and the USA. Thesis for the Degree of Master of Science. Physics and Engineering Physics Subatomic Physics Göteborg University Chalmers University of Technology Göteborg, 2004, Sweden.
- [5] Durrani, S.A., & Iliç, R., Radon Measurements by Etched Track Detectors: Applications in Radiation Protection, Earth Sciences and the Environment, World Scientific Publishing, New Jersey, U.S.A., p.387, 1997.
- [6] İnternet: George, A. C., World History of Radon Research and Measurement from the Early 1900's to Today. Historical Evolution of Radon Measure-

- ments, 2007. https://www.researchgate.net/publication/234912804_World_History_Of_Radon_Research_And_Measurement_From_The_Early_1900's_To_Today adresinden 14.06.2017 tarihinde erişildi.
- [7] Rutherford, E., A Radio-Active Substance Emitted from Thorium Compounds. *Philos. Mag.*, 49, 1-14, 1900.
- [8] Dorn, E., Die Von Radioaktiven Substanzen Ausgesandte Emanation. *Abhandlungen Der Naturforschenden Gesellschaft (Halle)*, 23, 1-15, 1900.
- [9] Elster, V. J., & Geitel, H. Electric Leakage in Enclosed Volume of Air. *Physikalische Zeitscher*, 2, 590-593, 1901.
- [10] Qureshi, A. A., Kakar, D. M., Akram, M., Khattak, N. U., Tufail, M., Mehmood, K., & Khan, H. A., Radon Concentrations in Coal Mines of Baluchistan, Pakistan. *Journal of Environmental Radioactivity*, 48 (2), 203-209, 2000.
- [11] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly, with annexes. United Nations Sales Publication No.E.77.IX. I. New York, 1977.
- [12] Bale, W.F., Hazards Associated with Radon and Thoron. Memorandum to the Files March 14, 1951. *Health Phys* 38, 1062-1066, 1980.
- [13] BEIR VI, Health Effects of Exposure to Radon. National Academy Press. Washington, D.C., 1999.
- [14] IAEA, International Atomic Energy Agency. Radiation, People and the Environment. IAEA/PI/A.75/04-00391, 15-17, 2004.
- [15] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly, with annexes: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Sales Publication No: E.88.IX.7. New York, 1988.
- [16] Ding, L., Getz, G., Wheeler, D. A., Mardis, E. R., McLellan, M. D., Cibulskis, K., & Fulton, L., Somatic Mutations Affect Key Pathways in Lung Adenocarcinoma. *Nature*, 455(7216): 1069-75, 2008.
- [17] ICRP, International Commission on Radiological Protection, Lung Cancer Risk From Radon and Progeny, ICRP Publication No:115, Annual ICRP 40 (1), 2010.
- [18] EPA, Environmental Protection Agency. Citizen's Guide to Radon, U.S. EPA, 402-K02-006, 11-16, 2005.
- [19] WHO, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.
- [20] İnternet: EPA, EPA Assessment of Risks from Radon in Homes, EPA Document EPA 402-R-03-003, 2003. <http://www.epa.gov/Radon/pdfs/402-r-03-003.pdf>. adresinden 8.03.2009 tarihinde erişildi.
- [21] ICRP, International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection Against Radon Exposure, ICRP Publication No:126. Annual ICRP 43(3), 2014.
- [22] European Commission (EC), Laying Down Basic Safety Standards for Protection Against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation, Brussels, 593, 2011.
- [23] Resmi Gazete, (24.03.2000 Tarihli ve 23999 Sayılı Resmi Gazetede Yayımlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin, 29 Eylül 2004 Tarih ve 25598 Sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile Değişik 37. maddesi), 2004.
- [24] Sabol, A., Berka, Z., & Vognar, M., Study of Radon Concentration Behaviour in Tunnel Complex Under Vitkov Hill in Prague, in: Proceedings of European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Part II, pp. 203-207, 1997.
- [25] Madden, J.S., Personal Monitoring of Tour Guides in Irish Show Caves, in: Proceedings of European Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Part II, Prague, pp. 123-128, 1997.
- [26] Szerbin, P., Radon and Exposure Levels in Hungarian Caves, *Health Physics*, 71(3), 362-369, 1996.
- [27] Eicker, H. & Zimmermayer, G., Radon Measurements and Valuation in German Hard Coal Un-

- derground Mines. In: Proc. Int. Conf. on Radiation Hazards in Mining. Soc. Min. Eng. Golden, Colorado, October 1981 (New York) 636-641, 1981.
- [28] Chruscielewski, W., Zorawski, A., Olszewski, J., & Dormanski, T., Radon Concentrations in Air of Polish Underground Coal Mines. In: Proc Int. Conf. on Occupational Radiation Safety in Mining, Toronto. October 1984 297-301, 1985.
- [29] Edlin, D. W., Crawford, N. P. & Dodgson, J., Radon and Thoron Daughter Working Levels in British Coal Mines. Ann. Occup. Hyg. 28 (3), 315-320, 1984.
- [30] Duggan, M.J., Howell, D.M., & Soilleux, P.J., Concentration of Radon-222 in Coal Mines in England and Scotland Nature 219, 1149, 1968.
- [31] Kobal, I., Vaupotič, J., Udovč, H., Burger, J., & Stropnik, B., Radon Concentrations in the Air of Slovene (Yugoslavia) Underground Mines. Environment International, 16(2), 171-173, 1990.
- [32] Vishnuprasad Rao, K., Linga Reddy, B., Yadagiri Reddy, P., Ramchander, R.B., & Rama Reddy, K., Airborne Radon and its Progeny Levels in the Coal Mines of Godavarikhani, Andhra Pradesh, India. Journal of Radiological Protection, 21(3): 259-68, 2001.
- [33] Schery, S. D., Gaeddert, D. H., Wilkening, M. H., Factors Effecting Exhalation of Radon from Gravelly Sandy Loam J. Geophys. Res. 89(D5): 7299-7309, 1984.
- [34] ICRP, International Commission on Radiological Protection. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication No:65, Annual ICRP 23(2), 1993.
- [35] Veiga, L. H. S., Melo, V., Koifman, S., & Amaral, E. C. S., High Radon Exposure in a Brazilian Underground Coal Mine. Journal of Radiological Protection, 24(3), 295, 2004.
- [36] Chen, C. C., Weng, P. S., Chu T. C. J., & Radiat Res., Radon Concentration in Two Largest Cities in Semitropical Taiwan. Jun; 33(2): 133-40, 1992.
- [37] Page, D., & Smith, D. M., The Distribution of Radon and its Decay Products in Some UK Coal Mines, Radiation Protection Dosimetry, 45(1-4), 163-166, <https://doi.org/10.1093/rpd/45.1-4.163>, 1992.
- [38] Ghiassi-Nejad, M., M. Beitollahi, M., Fathabadi, N., & Nasiree, P. Exposure to ²²²Rn in Ten Underground Mines in Iran. Radiation protection Dosimetry, 98(2), 223-225, 2002.
- [39] Veiga, L. H., Amaral, E. C., Colin, D., & Koifman, S., A Retrospective Mortality Study of Workers Exposed to Radon in a Brazilian Underground Coal Mine. Radiation and Environmental Biophysics, 45 (2), 125-134, 2006.
- [40] Da Silva, A. L. M. A., de Eston, S. M., Iramina, W. S., & Francisca, D. D., Radon in Brazilian Underground Mines. Journal of Radiological Protection, 38(2), 607, 2018.
- [41] Liu, F.D., Pan, Z.Q., Liu, S.L., Chen, L., Ma, J.Z., Yang, M.L., & Wang, N.P., The Estimation of the Number of Underground Coal Miners and the Annual Dose to Coal Miners in China. Health Physics, 93(2), 127-132, 2007.
- [42] Nhan, D. D., Fernando, C. P., Ha, N. T. T., Long, N. Q., Thuan, D. D., & Fonseca, H. Radon (²²²Rn) Concentration in Indoor Air Near the Coal Mining Area of Nui Beo, North of Vietnam. Journal of Environmental Radioactivity, 110: 98-103, 2012.
- [43] Bossew, P., Radon: Exploring the Log-Normal Mystery. Journal of Environmental Radioactivity, 101 (10), 826-834, 2010.
- [44] Portola, V. A., Torosyan, E. S., & Antufeyev, V. K., Radon Emission from Coal Mines of Kuzbass Region. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 127(1), p.012021. IOP Publishing, 2016.
- [45] Tchorz-Trzeciakiewicz, D. E., & Parkitny, T. Radon As a Tracer of Daily, Seasonal and Spatial Air Movements in the Underground Tourist Route "Coal Mine" (SW Poland). Journal of Environmental Radioactivity, 149: 90-98, 2015.
- [46] Fan, D., Zhuo, W., ve Zhang, Y., Occupational

- Exposure to Radon in Different Kinds of Non-Uranium Mines. *Radiation Protection Dosimetry*, 170(1-4), 311-314, 2016.
- [47] Küçüktaş, E., Maden Ocaklarındaki Radyonüklid Konsantrasyonlarının Birikimi Etkileyen Parametrelerle Bağlı Olarak Ölçülmesi, Maruz Kalınan Dozların Analitik Bir Yöntem Geliştirilerek Hesaplanması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü, 1996, İzmir.
- [48] Yener, G., Küçüktaş, E., Concentrations of Radon and Decay Products in Various Underground Mines in Western Turkey and Total Effective Dose Equivalents, *Analyst*, 123(1): 31-34, 1998.
- [49] Fişne, A., Yeraltı Madenlerinde Radon Gazı Konsantrasyon Seviyelerinin Belirlenmesi ve İşçi Sağlığı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002, İstanbul.
- [50] Fişne, A., Ökten, G., & Çelebi, N., Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Yeraltı Maden Ocaklarında Radon Gazı Yayılımının İncelenmesi, Türkiye 14 Kömür Kongresi, Zonguldak, Türkiye, Bildiri Kitabı, 193-202, 2004.
- [51] Fişne, A., Ökten, G., & Çelebi, N., Radon Concentration Measurements in Bituminous Coal Mines. *Radiation Protection Dosimetry*, 113(2): 173-177, 2005.
- [52] Baldık, R., Aytekin, H., Çelebi, N., Ataksor, B., & Taşdelen, M., Radon Concentration Measurements in the Amasra Coal Mine, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 118(1): 122-125, 2006.
- [53] Baldık, R., Aytekin, H., & Çelebi, N., Radon Fluctuations in the Armutçuk Coal Mine, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(1): 87-91, 2009.
- [54] Baldık, R., & Aytekin, H., Zonguldak Taş Kömürü Havzasında Yapılmış Radon Gazı Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 1(1): 1-7, 2017.
- [55] Yılmaz, A., Kürkçüoğlu, M.E., Haner, B., Nükleer İz Dedektörlerinin Konumlarının Radon Konsantrasyonu Ölçümleri Üzerine Etkisi. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, Muğla, Türkiye, 06-09 Ekim 2009, Bildiri Tam Metinleri Kitabı Cilt II, 256-262, 2009.
- [56] Akgönül, H., Türkiye Batı Karadeniz Bölgesi Karbonifer Penceresi Taşkömürü Ocaklarında Yıllık Atmosferik Radon Konsantrasyonu Ölçümleri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2019, Isparta.
- [57] Emirhan, M.E., & Özben C.S., Assessment of Radiological Risk Factors in the Zonguldak Coal Mines. *Journal of Radiological Protection*, 29(4): 527-534, 2009.
- [58] Aytekin, H., Baldık, R., An Investigation on the Radiological Influence of an Underground Coal Mine in Zonguldak Basin, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(4): 468-473, 2009.
- [59] Çile, S., Altunsoy, N., & Çelebi, N., Radon Concentrations in Three Underground Lignite Mines in Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 138(1): 78-82, 2009.
- [60] Uzbey, S., Tel, E., Aytekin, H., & Albayrak, N., Çorum İli Yeraltı Kömür Ocaklarında Radon Yoğunluğu Ölçümü. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 1-5, 2013.
- [61] Bölükbaş, M., Manisa Soma Bölgesi Maden Ocakları ve Çevre Binalarında Radon Konsantrasyonunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2015, İzmir.