



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNDEKİ ÇALIŞMALARIN
KANTİTATİF RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI: ERZİNCAN İLİ ŞANTIYE ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

İsmail ÜSTÜNDAĞ

Çorum-2024

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNDEKİ ÇALIŞMALARIN KANTİTATİF RİSK
DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI: ERZİNCAN
İLİ ŞANTIYE ÖRNEĞİ**

İsmail ÜSTÜNDAĞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Şenol YAVUZ

Çorum 2024

İsmail ÜSTÜNDAĞ tarafından hazırlanan “Tünel Kalıp Sistemlerindeki Çalışmaların Kantitatif Risk Değerlendirme Yöntemleri İle Karşılaştırılması: Erzincan İli Şantiye Örneği” adlı tez çalışması 26/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Naki ÇOLAK

.....

Doç.Dr. Mehmet PİŞKİN

.....

Dr. Öğr. Üyesi Şenol YAVUZ (Danışman)

.....

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile İsmail ÜSTÜNDAĞ'ın İş sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

(İmza)

Prof. Dr. Osman ÇUBUK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

(İmza)

İsmail ÜSTÜNDAĞ



TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNDEKİ ÇALIŞMALARIN KANTİTATİF RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI: ERZİNCAN İLİ ŞANTIYE ÖRNEĞİ

İsmail ÜSTÜNDAĞ

ORCID:0000-0001-5895-4016

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

Mayıs 2024

ÖZET

Tünel kalıp sistemleri, inşaat sektöründe hızlı ve verimli yapı inşaatı sağlayan önemli bir teknoloji olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, Erzincan ilinde yürütülen bir inşaat projesi kapsamında, tünel kalıp sistemlerinde karşılaşılan iş sağlığı ve güvenliği risklerini değerlendirmektedir. İnşaat faaliyetlerinde kullanılan tünel kalıp sistemlerinde yükseklikten düşme, sıkışma ve ezilme, gürültü ve titreşim, şaft boşluklarından düşme, elektrik çarpması, ağır malzemelerin altında elektrik kablolarının kalması, vinç operatör hataları, kimyasal maruziyet, ergonomik riskler, yetersiz aydınlatma ve yangın gibi tehlikeler tespit edilmiştir. Bu risklerin değerlendirilmesi için Fine Kinney ve hata türü ve etkileri analizi (HTEA) yöntemleri kullanılmıştır. Risk analizi sonuçlarına göre, yüksekte çalışma sırasında düşme riski HTEA yöntemine göre 189 risk öncelik sayısı (RPN), Fine-Kinney yöntemine göre 1440 risk skoru ile değerlendirilmiştir. Dar alanlarda sıkışma ve ezilme riski HTEA'da 192 RPN, Fine-Kinney'de 1440 risk skoru ile belirlenmiştir. Gürültü ve titreşim riski HTEA'da 224 RPN, Fine-Kinney'de 1680 risk skoru, şaft boşluklarından düşme riski ise HTEA'da 240 RPN, Fine-Kinney'de 1920 risk skoru ile analiz edilmiştir. Elektrik çarpma riski HTEA'da 189 RPN, Fine-Kinney'de 1680 risk skoru, ağır malzemelerin altında kalan kabloların çarpma riski ise HTEA'da 192 RPN, Fine-Kinney'de 1440 risk skoru olarak belirlenmiştir. Vinç operatör hataları, kimyasal maruziyet, ergonomik riskler, yetersiz aydınlatma ve yangın riskleri de benzer şekilde değerlendirilmiş ve her iki yöntemle de risklerin önemli ölçüde azaltıldığı gözlemlenmiştir. Alınan önlemler arasında eğitim programlarının artırılması, kişisel koruyucu donanımların kullanımı, düzenli denetimler ve acil durum planları gibi önlemler yer almaktadır.

Anahtar Kavramlar: Tünel kalıp sistemleri, İş sağlığı ve güvenliği, Risk analizi, Fine Kinney, Hata türleri ve etkileri analizi.

Bilim Kodu: 113512



**COMPARISON OF QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT METHODS IN TUNNEL FORMWORK
SYSTEMS: A CASE STUDY OF A CONSTRUCTION SITE IN ERZINCAN PROVINCE**

İsmail ÜSTÜNDAĞ

ORCID:0000-0001-5895-4016

HİTİT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science Thesis

May 2024

ABSTRACT

Tunnel formwork systems are used in the construction industry as an important technology that provides fast and efficient building construction. This study evaluates the occupational health and safety risks encountered in tunnel formwork systems within the scope of a construction project carried out in Erzincan province. In tunnel formwork systems used in construction activities, hazards such as falling from height, compression and crushing, noise and vibration, falling from shaft cavities, electric shock, electrical cables under heavy materials, crane operator errors, chemical exposure, ergonomic risks, insufficient lighting and fire were identified. Fine-Kinney and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) methods were used to assess these risks. According to the results of the risk analysis, the risk of falling during working at height was evaluated with 189 risk priority number (RPN) according to the FMEA method and 1440 risk score according to the Fine-Kinney method. The risk of pinching and crushing in confined spaces was determined with a risk score of 192 RPN in FMEA and 1440 in Fine-Kinney. Noise and vibration risk was analysed with a risk score of 224 RPN in FMEA and 1680 in Fine-Kinney, and the risk of falling through shaft gaps was analysed with a risk score of 240 RPN in FMEA and 1920 in Fine-Kinney. The risk of electric shock was 189 RPN in FMEA and 1680 risk score in Fine-Kinney, and the risk of cables under heavy materials was 192 RPN in FMEA and 1440 risk score in Fine-Kinney. Crane operator errors, chemical exposure, ergonomic risks, inadequate lighting and fire risks were similarly assessed and it was observed that the risks were significantly reduced by both methods. Measures taken include increased training programmes, use of personal protective equipment, regular inspections and emergency plans.

Key Terms: Tunnel formwork systems, Occupational health and safety, Risk analysis, Fine Kinney, HTEA.

Science Code:113512

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca, konu seçiminden yazım sürecine kadar değerli bilgi ve deneyimleriyle bana rehberlik eden ve destek olan sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi şenol YAVUZ'a, ilgisini ve tavsiyelerini esirgemeyen İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Baőkanı sayın Prof. Dr. Dursun Ali KÖSE'ye; çalıőmamın baőlangıcından itibaren desteğini hep hissettiğim sevgili eőim Dr. Hilal ÜSTÜNDAğ'a ve tüm aileme; bilgi ve belgeleri ile çalıőmama katkı sağlayan şantiye çalıőanlarına en içten teőekkürlerimi sunarım.

İSMAİL ÜSTÜNDAğ

İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1.1. İnşaat kalıbı ve çeşitleri	3
1.2. Tünel kalıp Sistemleri	4
1.2.1. Tünel Kalıp Sistemlerinin Tanımı ve Uygulama Alanları.....	5
1.2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Uygulanması ve Beton Dökümü	6
1.2.3. Donatıların Yerleştirilmesi.....	6
1.2.4. Beton Dökülmesi ve Kütleme İşlemi.....	6
1.2.5. Kalıpların Sökülmesi.....	7
1.2.6. Tünel Kalıp Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	7
1.2.7. Tünel Kalıp Sistemlerinde Risk Analizi.....	7
1.3. Ahşap Kalıp Sistemi	8
1.4. Tünel Kalıp ve Ahşap Kalıp Sisteminin Karşılaştırılması	8
1.5. Tünel Kalıp ve Ahşap Kalıp Ekipleri için Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri	9
1.6. Risk Değerlendirme Yöntemleri	10
1.6.1 Kantitatif Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	11
1.6.1.1 Fine Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi	11

1.6.1.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Risk Değerlendirme Yöntemi.....	11
1.7. Kalitatif Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	11
1.8. Karma (Yarı Kantitatif) Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	12
1.9. Diğer Yöntemler (Ergonomik Risk Değerlendirme).....	12
1.10. İş Sağlığı ve Güvenliği.....	12
1.10.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramları ve Önemi	12
1.10.2. İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği.....	13
1.10.3 İşverenin Sağladığı İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri	14
1.11. İlgili Yasa ve Standartlar.....	14
1.11.1. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	14
1.11.2. İnşaat Mühendisliği için Standartlar.....	15
1.11.3. İnternasyonal Standartlar.....	15
1.12. Önceki Çalışmalar	16

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Yöntemi	20
2.2. Veri Toplama Teknikleri.....	20
2.3. % Fine Kinney ve HTEA Yöntemlerinin Uygulanması	20
2.3.1. Fine Kinney Yöntemi.....	20
2.3.2. HTEA Yöntemi	22
2.4. Analiz ve Değerlendirme	23

3. BÖLÜM

ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. HTEA ve Fine Kinney ile Elde Edilen Sonuçlar	25
3.1.1. Tünel kalıp sistemlerinde kalıp montaj aşamasında beton ağırlık ve yükseklikten düşme riski.....	25
3.1.2. Tünel kalıp sistemlerinde dar alanlarda çalışma sıkışma ve ezilme riski.....	27
3.1.3. Tünel kalıp imalatlarında gürültü ve titreşim riski.....	28

3.1.4. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme kalıp döşemelerinde şaft boşluklardan düşme riski.....	30
3.1.5. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma riski.....	32
3.1.6. Tünel kalıp uygulamalarında demir donatı gibi ağır malzemelerin altında elektrik kablo kalınması çarpma riski.....	32
3.1.7. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı oluşabilecek hayati riskler.....	34
3.1.8. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kimyasal maruziyet atında kalma riski.....	34
3.1.9. Tünel kalıp sistemlerinde çalışan işçilerin ergonomik risk altında kalma ihtimali.....	36
3.1.10. Tünel kalıp sistemlerinde aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı riskler.....	36
3.1.11. Tünel kalıp sistemlerinde yangın riski.....	38
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
KAYNAKÇA	42
EKLER.....	45
EK-1. İŞYERİ İZİN BELGESİ.....	45

TABLULAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1. Olasılık, Frekans ve Şiddet	22
Tablo 2.2. Risk Değerine Göre Karar ve Eylem	23
Tablo 2.3. Hata Oluş Sıklığı (0) Ölçeği.....	34



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kalıpların Sınıflandırılması.....	3
Şekil 1.2 Tünel kalıp sistemi.....	4
Şekil 1.3. Tünel kalıp sistemi ve yapı elemanları donatıları.....	5
Şekil 3.1. Tünel kalıp sistemlerinde kalıp montaj aşamasında beton ağırlık ve yükseklikten düşme riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	26
Şekil 3.2. Tünel kalıp sistemlerinde dar alanlarda çalışma sıkışma ve ezilme riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması	27
Şekil 3.3. HTEA Risk Değerlendirme Metodu Uygulaması.....	29
Şekil 3.4. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme kalıp döşemelerinde şaft boşluklardan düşme riskine göre HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	31
Şekil 3.5. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma riskine göre HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması	32
Şekil 3.6. Tünel kalıp uygulamalarında demir donatı gibi ağır malzemelerin altında elektrik kablo kalınması çarpma riski HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	33
Şekil 3.7. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı oluşabilecek hayati riskler yönünden HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	34
Şekil 3.8. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kimyasal maruziyet atında kalma riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması	35
Şekil 3.9. Tünel kalıp sistemlerinde çalışan işçilerin ergonomik risk altında kalma ihtimaline yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	36
Şekil 3.10. Tünel kalıp sistemlerinde aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı risk ihtimaline yönelik Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması.....	37
Şekil 3.11. Tünel kalıp sistemlerinde yangın riski ihtimaline yönelik Fine Kinney Risk Değerlendirme Metodu Uygulaması.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

HTEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
O	Olasılık
Ş	Şiddet
F	Frekans
RPN	Risk Öncelik Sayısı
FTA	Fault Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi)
PHA	Preliminary Hazard Analysis (Ön Tehlike Analizi)
HAZOP	Hazard and Operability Studies (Tehlike ve İşletilebilme Çalışması)
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği

GİRİŞ

Dünya genelinde ve Türkiye’de, işletmelerin, özellikle inşaat sektörünün güvenli ve verimli bir şekilde faaliyet göstermesi, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarının önemini artırmaktadır. Teknoloji ve küreselleşme süreçlerinde yaşanan hızlı gelişmeler, iş güvenliği ve risk değerlendirmesinin işletmelerin faaliyetleri açısından hayati bir konuma gelmesini sağlamıştır.

İş sağlığı ve güvenliği, temelde bir insan hakkı meselesi olup, çalışanların sosyal haklarını elde edebilmesi ve imalat süreçlerinin istikrarlı ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi bakımından önem taşır. Bu bağlamda, özellikle inşaat sektöründe kullanılan tünel kalıp sistemleri, yapıların hızlı ve etkin bir şekilde inşa edilmesini sağlayan bir tekniktir. Bu sistem, temelde bir "tünel" şeklindeki kalıbın, yapı elemanlarını oluşturmak üzere kullanılması prensibine dayanır. Tünel kalıp sistemlerinin kullanımı, işçilik maliyetlerini azaltır ve inşaat süreçlerini hızlandırır. Ancak, bu sistemlerin kullanılmasıyla birlikte, iş güvenliği açısından çeşitli riskler de ortaya çıkar. Bu riskler, çalışanların sağlığını tehdit edebilir ve iş kazalarına yol açabilir.

İş sağlığı ve güvenliği açısından risk değerlendirme, bu tür risklerin belirlenmesi ve yönetilmesi için hayati bir süreçtir. Risk değerlendirme, genelde, bir işletmenin veya bir iş sahasının genel durumunun incelenmesi ve potansiyel tehlikelerin belirlenmesi süreçlerini içerir. Bu çalışmada, risk değerlendirme sürecinde kullanılan iki önemli yöntem, Fine Kinney ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) üzerinde durulmuştur.

Fine Kinney metodu, bir riskin şiddetini, olasılığını ve sıklığını değerlendiren bir tekniktir. Bu metod, riskin genel düzeyini belirlemeye yardımcı olur ve işletmelerin bu risklerle başa çıkmak için hangi önlemleri alması gerektiğine karar vermesine yardımcı olur (Fine, Kinney ve Haupt, 1977).

HTEA ise, bir ürün veya sürecin potansiyel hatalarını (veya başarısızlıklarını) ve bu hataların olası etkilerini değerlendiren bir metottur. HTEA, bu hataların ne sıklıkta ve hangi sebeplerle ortaya çıkabileceğini, bu hataların ne tür sonuçlara yol açabileceğini ve bu hataların belirlenmesi ve önlenmesi için hangi kontrollerin kullanılabileceğini belirler (Stamatis, 2003).

Bu çalışmada, tünel kalıp sistemlerinin kullanımında ortaya çıkan risklerin, Fine Kinney ve HTEA risk değerlendirme yöntemleri ile analizi hedeflenmiştir. Bu yöntemlerin kullanımı, tünel kalıp sistemlerinde karşılaşılan potansiyel tehlikelerin belirlenmesine ve bu tehlikelerin sebep olabileceği sonuçların değerlendirilmesine yardımcı olur. Bu durum, çalışma ortamının daha güvenli hale getirilmesi ve olası iş kazalarının önlenmesi açısından büyük önem taşır.

İnşaat sektöründe kullanılan tünel kalıp sistemlerinin, iş sağlığı ve güvenliği açısından getirdiği riskler, bu çalışmanın temel konusunu oluşturmaktadır. Söz konusu sistemler, hızlı ve verimli inşaat süreçleri sağlamakla birlikte belirli riskleri de beraberinde getirir. Bu çalışmada, Fine Kinney ve HTEA risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılarak, tünel kalıp sistemlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından potansiyel risklerinin belirlenmesi ve bu risklerin yönetilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, tünel kalıp sistemlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından oluşturduğu risklerin, Fine Kinney ve HTEA risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenmesi ve bu risklerin yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesidir. Bu sayede, inşaat sektöründe tünel kalıp sistemlerinin kullanımının daha güvenli ve verimli hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği, her türlü sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de büyük önem taşır. Özellikle tünel kalıp sistemlerinin kullanımı, belirli riskleri beraberinde getirir. Bu alışma, bu risklerin belirlenmesi ve yönetilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşır. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, inşaat sektöründe tünel kalıp sistemlerinin daha güvenli ve verimli bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayabilir.

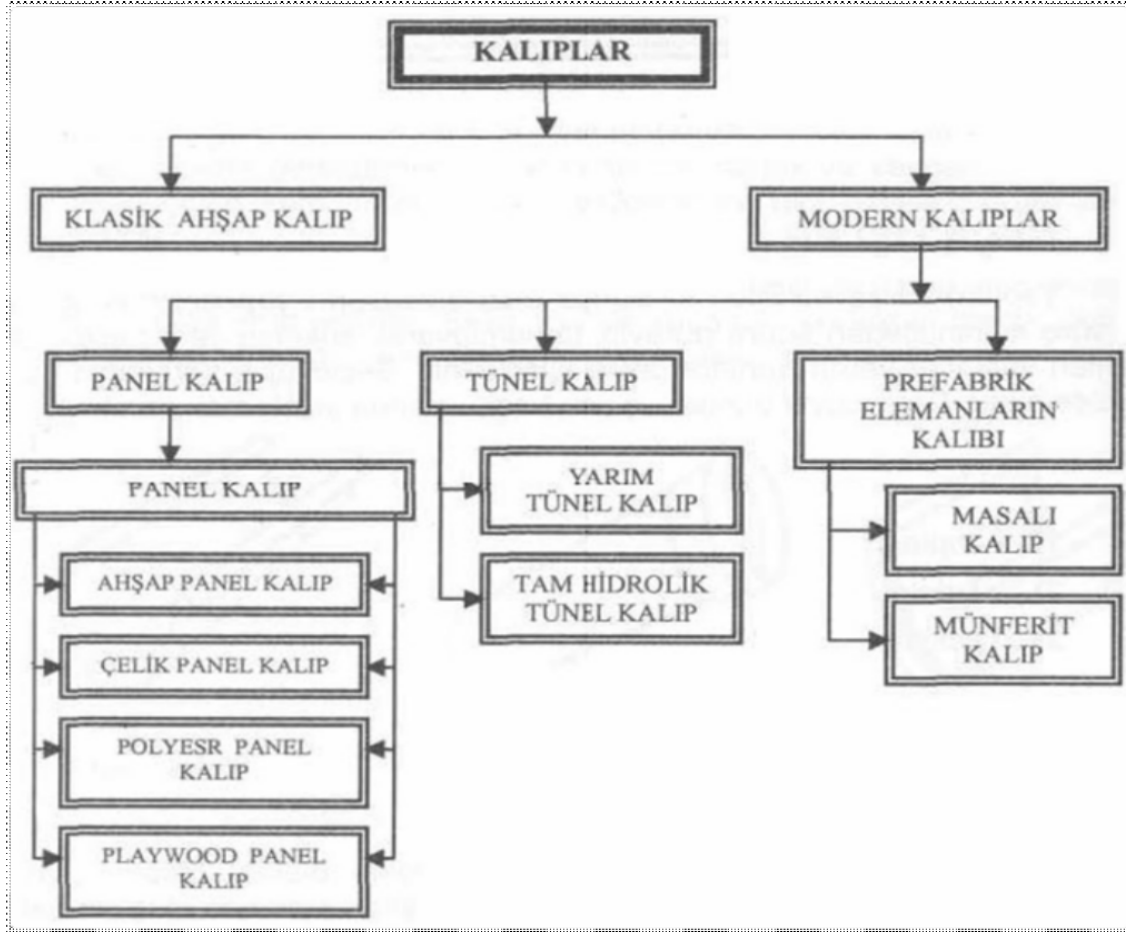


1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. İnşaat Kalıbı ve Çeşitleri

Betonarme yapı elemanlarında kalıp sistemleri, oluş şekillerine, taşınma yöntemlerine, boyutlarına ve kullanılan malzeme türlerine bağlı olarak farklı yöntemlerle sınıflandırılırlar (Li vd., 2022) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Kalıpların Sınıflandırılması (MEGEP, 2016).

Betonarme kalıplar, betonun kendi mukavemetini kazanıp yapıyı destekleyebilecek seviyeye gelene kadar, yapı elemanlarının şekil ve yapısını korumak amacıyla geçici olarak kurulan sistemlerdir. Bu sistemler, betonun dökümünden önce ve döküm sırasında şekillendirilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda betonun mekanik etkilerden korunmasını, ısı ve nem dengesinin sağlanmasını da temin eder. Ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeylerine göre farklılık gösteren kalıp sistemleri, yapısal maliyetlerin önemli bir kısmını oluşturur ve doğru kalıp seçimi ile önemli maliyet tasarrufları sağlanabilir. Kalıplar, geleneksel ve endüstriyel olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılır. Geleneksel kalıplar, genellikle ahşap malzemelerden yapılmış olup, beton sertleştikten sonra sökülerek tekrar kullanılabilir. Endüstriyel kalıplar ise metal veya ahşap malzemelerden imal edilmiş olup, panolar ve dikmeler gibi elemanların ön montajı sayesinde hızlı

kurulum imkanı sunar. Kalıp seçimi yapılırken zaman, proje gereksinimleri, üretim hızı ve yatırım maliyeti gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Her projenin özgün gereksinimleri doğrultusunda, en uygun kalıp sisteminin belirlenmesi, yapı kalitesini ve inşaat verimliliğini doğrudan etkileyen kritik bir süreçtir. (Terzioğlu vd., 2022)

1.2 . Tünel Kalıp Sistemleri

Tünel kalıp sistemleri (Şekil 1.2), monolitik betonarme bina inşa ederken kullanılan bir teknolojidir ve kendi kendine yürüyen, hızlı ve tekrarlanabilir bir inşaat sürecini mümkün kılar (Ilıcak, 2014). Betonarme taşıyıcı duvar ve döşemeler, aynı anda dökülerek yapıyı oluşturur. Bu, duvar ve döşemelerin tek bir monolitik birim olarak hareket etmesini sağlar, bu da genel yapısal dayanıklılığı ve deprem direncini artırır (Bilgin vd., 2008). Yapıların hızlı bir şekilde inşa edilmesi gerektiğinde, özellikle de konut, otel, hastane veya büro binaları gibi tekrar eden düzenleri olan binalarda, tünel kalıp sistemleri sıklıkla tercih edilir.



Şekil 1.2. Tünel kalıp sistemi.

Türkiye gibi deprem bölgesi olan ülkelerde, nitelikli konut ihtiyacının artışı nedeniyle toplu konut üretiminde endüstriyel yapım teknikleri kullanılmaktadır. İnşaat süreçlerinde en önemli unsurlardan biri kalıp sistemleridir. Geleneksel kalıp sistemleri ile yapılar inşa edilebilmekte, ancak bu yöntemler maliyet ve zaman tasarrufu konusunda yetersiz kalmaktadır. Yapı genişliklerinin ve kat yüksekliklerinin artması ile birlikte, toplu konutların inşasında endüstriyel yapım tekniklerinden en popülerleri tünel kalıp sistemi olmuştur.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkesi dikkate alındığında, mühendislik yapılarında güvenlik, ekonomiklik ve estetik sıralamasında güvenlik öncelikli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Ülkemiz Türkiye, İstanbul başta olmak üzere Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almakta olup, büyük depremler sonrasında tünel kalıp sistemi ile toplu konutlar inşa edilmiştir. Tünel kalıp sistemi, betonarme yapılarda bir katın taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon/perde-kiriş-döşeme) beton dökümlerinin tek seferde ve çok kısa bir sürede yapılmasını sağlayan endüstriyel bir kalıp sistemidir. Başka bir deyişle, bu sistem betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarının beton dökümünün tek seferde ve kısa sürede gerçekleştirilmesine olanak tanır.



Şekil 1.3. Tünel kalıp sistemi ve yapı elemanları donatıları (Akbaş, 2023)

Tünel kalıp sisteminde genellikle standart ölçülerde üretilen sac levhalar ve çelik profillerden oluşan kalıplar kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de örnek bir tünel kalıp sistemi ve Şekil 1.3'de tünel kalıp sistemi ile üretilen bir yapının taşıyıcı elemanlarının donatı görseli sunulmuştur (Akbaş, 2023; Türkel, 2016).

1.2.1 Tünel Kalıp Sistemlerinin Tanımı ve Uygulama Alanları

Tünel kalıp sistemleri, genellikle çelikten yapılmış bir dizi kalıptan oluşur ve bu kalıplar bir tüneli andırır, bu da teknolojiye adını verir (Ilıcak, 2014). Bu kalıplar, taşıyıcı duvar ve döşemeleri oluşturmak için aynı anda beton dökme yeteneği ile öne çıkar. Kalıp, beton sertleştikten sonra ilerletilir ve bir sonraki döşeme ve duvar dökme işlemi için hazırlanır. Bu döngü, bina tamamlanana kadar devam eder.

Bu teknoloji, özellikle çok katlı bina inşaatında ve tekrar eden düzenleri olan binalarda etkili olmuştur (Bilgin vd., 2008). Ayrıca, tünel kalıp sistemleri genellikle deprem bölgelerinde tercih edilir çünkü monolitik yapısı sayesinde yapılar daha fazla deprem direncine sahip olur (İlıcak, 2014).

1.2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Uygulanması ve Beton Dökümü

Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde, tünel kalıp sistemi kullanılarak yapılan çok katlı konutlar, mevcut yönetmeliklere uygun olarak depreme dayanıklı bir şekilde tasarlanmaktadır. Projenin büyüklüğüne göre gerekli ekipmanlar ve kalifiye personel temin edilmektedir. Genellikle projelerde çalışan personel sayısı yedi kişiyi geçmez. Tünel kalıp sistemleri, betonun kürlenmesi ile kısa sürede gerekli mukavemeti kazanmasını sağlayarak hızlı kurulum ve söküm imkanı sunar. Bu sistemde taşıyıcı hazır beton kullanıldığı için beton santralleri ve vinçler de önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Tünel kalıp sistemlerinde, fabrikalarda imal edilen ve sahaya getirilen sistem donatı elemanlarının büyük kısmı hasır çelikten yapılmıştır, bu da sistemin düzenli çalışmasına olanak tanır. Şekil 4 ve Şekil 5'te tünel kalıp sisteminin üst katlarda kurulumu ve uygulaması gösterilmiştir. Kalıpların yağlanması işlemi tamamlandıktan sonra, iki yarım elemandan oluşan tünel kalıp, bir önceki döşeme üzerinde oluşturulan aks betonundan yararlanarak yerine yerleştirilir. Aks betonları için özel kalıp elemanları kullanılır. Mimari proje esas alındığında, kapı ve pencere boşlukları için özel boşluk kalıpları, çelik tünel kalıpların düşey yüzlerine monte edilirken, merdiven kovası ve servis bacaları gibi boşluklar çelik tünel kalıpların yatay yüzlerine monte edilmektedir (Güler, 2009).

1.2.3. Donatıların Yerleştirilmesi

Tünel kalıp sistemlerinde donatılar yerleştirilirken, döşemeler ve duvarlarda çelik hasır levhalar kullanılır. Bu levhalar, proje tasarımına göre çelik tünel kalıplara dikkatle yerleştirilir. Planlanan boşlukların montajında tünel kalıplara uygulanan rezervasyon kalıpları kullanılır. Elektrik tesisatları mıknatıslı tutucular kullanılarak donatıya bağlanır ve kalıbın içine yerleştirilir. Çelik hasır levhalar yüksek vasıflı ve özel nervürlü yapı çelikleridir. Bu levhalar, soğuk haddeleme ile üretilir ve istenilen boyutlarda kesilerek uygulama alanına gönderilmeye hazır hale getirilir (Güler, 2009).

1.2.4. Beton Dökülmesi ve Kürleme İşlemi

Tünel kalıp sistemleri ile inşa edilen yapıların beton döküm aşamasında genellikle hazır beton santralleri tarafından üretilen beton kullanılır. Beton döküm işleminin ardından özel kürleme yöntemleri uygulanır. Bu kürleme yöntemleri sayesinde beton, 24 saat içinde istenilen dayanıma ulaşır ve kalıp söküm süresi kısalır. Beton kürleme işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlar arasında yüksek sıcaklık faktörü yer alır. Betonda rötre oluşmaması veya içsel dayanımın etkilenmemesi için sıcaklığın belirli bir süre boyunca kontrol altında tutulması gereklidir (Güler, 2009).

1.2.5. Kalıpların Sökülmesi

Beton döküm işleminin tamamlanmasından yaklaşık 16-24 saat sonra kalıplar sökülmeye hazır hale gelir. İlk olarak, tünel kalıp sisteminin dış kalıplarla olan bağlantıları sökülür ve kalıplar tekerlekleri aracılığıyla dışarıya itilir. Üst katlarda kullanılacak kalıplar, vinçler aracılığıyla yeni yerlerine taşınır. Boşluklar için montajlanan çelik kalıplar da tünel kalıpların söküm işlemlerinin ardından yerlerinden çıkarılır (Güler, 2009; Harmankaya 2011).

1.2.6. Tünel Kalıp Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Tünel kalıp sistemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, hızlı inşaat süreci ve düşük işçilik maliyetleri nedeniyle ekonomik olarak faydalıdır (Bilgin vd., 2008). Ayrıca, çevresel etkilerini azaltmaları ve daha az atık üretmeleri nedeniyle sürdürülebilir bir inşaat seçeneği sunarlar (Ilıcak, 2014). Bununla birlikte, tünel kalıp sistemlerinin de bazı dezavantajları vardır. Yüksek başlangıç yatırım maliyeti ve sınırlı tasarım esnekliği bu sistemlerin kullanımını sınırlayabilir (Bilgin vd., 2008). Ancak, bu başlangıç maliyetleri genellikle projenin hızlandırılmış süresi ve düşük işgücü maliyetleri ile dengelenir.

Tünel kalıp sistemlerinin iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ve risk değerlendirme teknikleri ile birleştirilmesi, inşaat projelerini daha güvenli ve daha az riskli hale getirebilir. Bununla birlikte, bu sistemlerin uygulanması, iyi planlama, uygun eğitim ve dikkatli yönetim gerektirir (Ilıcak, 2014; Harmankaya vd., 2011).

1.2.7. Tünel Kalıp Sistemlerinde Risk Analizi

Tünel Kalıp Sistemlerinde Ön Hazırlık ve Tasarım: İnşaatın ilk aşamasında, tünel kalıp sisteminin uygulanabilirliği değerlendirilir. Mimarlar ve mühendisler, tünel kalıp sisteminin uygulanabilir olup olmadığına, tasarımın tekrarlanabilirliğine ve düzlüğüne bakarak karar verirler. Ayrıca bu aşamada, bina yüksekliği, kat adedi ve bina geometrisi de hesaba katılır. Tasarım aşaması tamamlandıktan sonra, proje tünel kalıp sistemine uygun olarak finalleştirilir.

Kalıpların Üretimi ve Montajı: Tünel kalıp sistemi, genellikle çelikten yapılan kalıpları içerir. Bu kalıplar genellikle proje özelliklerine göre özel olarak üretilir ve ardından inşaat sahasına sevk edilir. Kalıplar genellikle çelikten yapılır ve sahada montajı gerçekleştirilir. Kalıpların boyutları ve tasarımları, projeye bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir.

Beton Dökme Süreci: Kalıplar kurulduktan ve denetlendikten sonra, beton dökme işlemi başlar. Beton, genellikle hem duvarları hem de döşemeyi aynı anda oluşturacak şekilde dökülür. Betonun karışımı, projenin gereksinimlerine ve hava koşullarına bağlı olarak değişebilir. Dökme işlemi tamamlandıktan sonra, betonun sertleşmesi için beklenir.

Kalıp Sökme ve Taşıma: Beton sertleştiğinde, kalıplar sökülür ve yeni döküm alanına taşınır. Kalıplar, yeni bölgenin inşaatına uygun hale getirilmek üzere yeniden monte edilir. Bu işlem, tüm bina tamamlanana kadar tekrar edilir.

Betonun Bakımı ve Kürleme: Beton döküldükten ve sertleştikten sonra, betonun düzgün bir şekilde kürlenmesi için uygun bakım ve koruma sağlanmalıdır. Bu, genellikle betonun yüzeyini nemli tutmayı ve hava koşullarından korumayı içerir.

Bitirme İşlemleri ve İnşaatin Tamamlanması: Tünel kalıp sistemiyle beton dökme tamamlandıktan sonra, bitirme işlemleri başlar. Bu, genellikle iç ve dış yüzeylerin düzleştirilmesi, kapı ve pencerelerin montajı, elektrik ve su tesisatının yerleştirilmesi ve son katmanların uygulanmasını içerir.

Tüm bu adımların tamamlanmasının ardından, inşaat süreci tamamlanmış olur. Bu süreçte, proje süresince iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının sıkı bir şekilde takip edilmesi çok önemlidir. Bu, hem işçi sağlığını ve güvenliğini korumak hem de olası kazaları ve gecikmeleri önlemek için gereklidir (Chaudhary, 2017).

1.3. Ahşap Kalıp Sistemi

Ham maddesi tamamen ahşap olan kalıp sistemlerine ahşap kalıp denmektedir. Bu kalıplarda dikmesinden döşemesine kadar her yerde kereste malzeme kullanılır. Ahşap kalıp malzemesi olarak çoğunlukla çam, göknar, ladin, kavak keresteleri kullanılır. Kalıp malzemesi olarak kullanılan kereste çevresel faktörlere (güneşe, suya ve yüke) karşı dayanıklı olmalı, malzemeler fiziksel değişime ve deformasyona uğramamalıdır. Betonun istenilen formu alması için kullanılan keresteler, mimari tasarımın isteğine uygun olarak, yerinde kesilmesi ve çivilenmesiyle kurulur. Kalıpların yapılması ve sökülmesi şantiyelerde yapılır, bu sebeple kalıbın yapım süresi uzundur. Kalıp yapımlarında, ahşap ya da teleskopik metal dikmeler kullanılabilir (Hayashi vd, 2021; Shah vd, 2018).

Ahşap kalıp sistemleri, geleneksel kalıp sistemleri arasında yer alır ve genellikle küçük ölçekli inşaat projelerinde yaygın olarak kullanılır. Bu sistemler, ahşap malzemelerin kolay işlenebilirliği ve düşük maliyeti nedeniyle tercih edilir. Proje inşaat sürecinde tasarım ve statik açıdan devamlılık ve verim açısından kalıp sistemi seçilmelidir. Proje devamlılığında ivme kazanmak istenirken kazaya sebebiyet verme ihtimali ahşap kalıplarda kalıp sistemine aşırı yüklenme, kalıp ve iskele sistemlerinde erken söküm, ahşap malzemelerde kalıp yanıl desteklerin yetersiz kalma gibi durumları açığa çıkabileceğinden proje gereksinimlerine ve koşullarına göre doğru kalıp sisteminin seçilmesi, inşaat projelerinin başarısı açısından kritik öneme sahiptir (Terzioglu vd, 2019).

1.4. Tünel Kalıp ve Ahşap Kalıp Sisteminin Karşılaştırılması

Nüfusun hızlı bir şekilde artması ve teknolojinin gelişmesi, günümüzde konut üretiminde çeşitli kalıp sistemlerinin benimsenmesine yol açmıştır. Kalıp sistemlerinin gelişimi, ülkelerin teknolojik ilerleme seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Tek bir kalıp sistemiyle tüm gereksinimleri karşılamak mümkün değildir. Bu sebeple, kapsamlı ve kaliteli konutlar inşa edebilmek ve ihtiyaçlara en uygun kalıp sistemini belirlemek için birçok önemli faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Kalıp malzemesinin seçimi de, uygulanacak projeye ve kalıbın kullanım sıklığına bağlı olarak değişir. (Bamyacı, 2017).

Tünel kalıp sistemlerinde proje süreci maliyet eğrisi göz önüne alınarak betonarme kalıp sistemi kullanım alanları, maliyet, dayanım durumları, malzeme ve ekipman gereksinimleri göz önünde bulundurularak dezavantaj ve avantajları belirlenmelidir. Tünel kalıp sistemlerinde zaman ve yüksek mukavemet durumlarını göz önünde bulundurulmalıdır. Malzeme ve ekipman sağlamak inşaatın ilk süreçlerinde daha fazla maliyet gerektirir. Tekrar eden bir imalat türü olduğundan daha hızlı imalat süreci ile ekonomik avantajı elde edilebilir. Ahşap kalıplar, özel tasarım gerektiren projelere uygun olacak şekilde kolayca uyarlanabilir ve başlangıçta düşük maliyetli oldukları için küçük ölçekli projelerde ekonomik bir çözüm sunar. Ancak, ahşap kalıplar zamanla deformasyona uğrayarak sık yenileme gerektirir ve uzun vadede maliyetleri artırabilir. Metal veya plastik kalıplara kıyasla daha az dayanıklı olan ahşap kalıplar, büyük ve ağır yapı elemanları için uygun değildir ve kurulumu daha fazla işçilik gerektirir, bu da işçilik maliyetlerini yükseltir. Tünel kalıp sistemleri büyük ve hızlı inşaat projelerinde tercih edilirken, ahşap kalıplar küçük ölçekli ve esnek projeler için kullanılır. Bu nedenle, projelerin ihtiyaçlarına göre en uygun kalıp sisteminin seçilmesi önemlidir (Aktaş, 2024).

1.5. Tünel Kalıp ve Ahşap Kalıp Ekipleri için Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri

İnşaat projelerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemleri, kazaları önlemek ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için hayati önem taşır. Tünel ve ahşap kalıp sistemlerinde çalışan ekipler için temel iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri şunlardır:

- Bütün çalışanlar, iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterli eğitimi almalıdır. Özellikle kalıp kurulum, söküm ve beton döküm işlemlerinde dikkat edilmesi gereken güvenlik önlemleri hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.
- Çalışanların kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanmaları zorunlu kılınmalıdır. Bu donanımlar arasında baret, koruyucu gözlük, eldiven, iş ayakkabısı ve emniyet kemeri gibi ekipmanlar bulunmaktadır. Bu ekipmanların düzenli olarak kontrol edilmesi, hasar görmüş veya kullanım ömrünü doldurmuş olanların yenilenmesi büyük önem taşır. Uygun KKD kullanımı, iş kazalarını önlemek ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için kritik bir role sahiptir. Bu nedenle, çalışanların bu donanımları doğru ve eksiksiz şekilde kullanmaları sürekli olarak denetlenmelidir.
- Her inşaat projesi için spesifik bir risk değerlendirmesi yapılması ve tespit edilen risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Risk değerlendirmesi süreci, potansiyel tehlikeleri tanımlamayı, bu tehlikelerin neden olabileceği risk seviyelerini belirlemeyi ve bu riskleri en aza indirmek için gerekli önlemleri belirlemeyi içermelidir. Özellikle tünel kalıp sistemleri kullanılırken, yüksekten düşme, malzeme düşmesi ve ekipman arızaları gibi riskler dikkatlice değerlendirilmelidir. Bu risklerin belirlenmesi ve kontrol altına alınması, iş güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, her proje için özgün bir risk değerlendirmesi yapılmalı ve belirlenen risklerin minimize edilmesi için uygun tedbirler alınmalıdır.
- İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanmasını sağlamak amacıyla düzenli denetimler gerçekleştirilmelidir. Bu denetimler, hem şirket içi denetim ekipleri hem de

bağımsız denetçiler tarafından yapılmalıdır. Denetim sürecinde, güvenlik protokollerine ne derece uyulduğu, KKD doğru kullanımı ve işyerinin genel güvenlik durumu titizlikle incelenmelidir. Denetimlerin düzenli aralıklarla yapılması, iş güvenliğini artırmak ve olası riskleri minimize etmek için büyük önem taşır. Bu kontroller, iş yerinde güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için hayati bir rol oynar.

- Olası iş kazalarına karşı kapsamlı acil durum planları geliştirilerek, çalışanların bu planlar hakkında bilgilendirilmesi gerekmektedir. Acil durum planları, yangın, patlama, yüksekten düşme ve diğer acil durumlar için ayrıntılı tahliye ve ilk yardım prosedürlerini içermelidir. Çalışanların bu planları tam olarak anlamalarını sağlamak için eğitimler düzenlenmeli ve düzenli aralıklarla acil durum tatbikatları yapılmalıdır. Bu tatbikatlar, çalışanların acil durumlarda nasıl hareket etmeleri gerektiğini bilmelerini ve olası tehlikelere karşı hazırlıklı olmalarını sağlar. Böylece, işyerinde güvenli bir çalışma ortamı oluşturulabilir ve acil durumlar sırasında hızlı ve etkili bir şekilde müdahale edilebilir.
- Tüm ekipmanların düzenli bakımının yapılması ve güvenli çalışıklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Özellikle tünel kalıp sistemlerinde kullanılan vinçler, kalıp bileşenleri ve diğer ağır makineler periyodik olarak bakım görmelidir. Bu bakım işlemleri, ekipmanların sorunsuz ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Ahşap kalıplar ise deformasyon ve hasar açısından düzenli olarak denetlenmelidir. Bu kontroller, ahşap kalıpların güvenli kullanımını ve uzun ömürlü olmalarını sağlamak için yapılmalıdır. Böylece, inşaat sürecinde ekipman kaynaklı kazaların önüne geçilebilir ve iş güvenliği artırılabilir.
- Çalışma alanının düzenli ve temiz tutulması, iş güvenliği açısından son derece önemlidir. İnşaat sahasında gereksiz malzeme ve atıkların birikmesinin önüne geçilmeli ve alanlar düzenli olarak temizlenmelidir. Düzenli temizlik, olası kazaların önlenmesine katkıda bulunur ve çalışma ortamının güvenliğini artırır. Ayrıca, çalışanların rahatça hareket edebilmeleri için yeterli boş alan bırakılmalıdır. Bu durum, iş süreçlerinin daha verimli ilerlemesine ve iş kazalarının azalmasına yardımcı olur.
- İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için güçlü bir iletişim ve koordinasyon sağlanmalıdır. Çalışanlar arasında sürekli iletişim sağlanmalı ve herhangi bir güvenlik sorunu veya öneri hızla ilgili birimlere iletilmelidir. Bu önlemler, tünel ve ahşap kalıp ekiplerinin güvenli bir ortamda çalışmasını destekleyerek iş kazalarını en aza indirir. İş sağlığı ve güvenliği, inşaat projelerinin başarısı için vazgeçilmezdir ve tüm çalışanların bu konuda bilinçli ve özenli olmaları gerekmektedir (Aktaş, 2024).

1.6. Risk Değerlendirme Yöntemleri

Risk değerlendirme, iş sağlığı ve güvenliği ile mühendislik çalışmalarının temel bir bileşenidir. İnşaat sektöründe, risk değerlendirme yöntemleri, çalışma alanlarının güvenliğini sağlamak ve işçilerin sağlığını korumak açısından büyük önem taşır. Şirketin büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak çeşitli risk değerlendirme yöntemleri uygulanır ve bu yöntemler genellikle kantitatif, kalitatif ve yarı kantitatif olarak kategorize edilir. (Özkılıç, 2014).

1.6.1. Kantitatif Risk Değerlendirme Yöntemleri

Kantitatif risk değerlendirme yöntemleri, genellikle niceliksel verileri ve istatistiksel analizleri kullanır. Örneğin, İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis - JSA), Fine-Kinney Analiz Metodu, Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi (HTEA/FMECA), Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi ve Hızlı Derecelendirme Metodu (Rapid Ranking, Material Factor) gibi yöntemler kantitatif yöntemlere örnektir (Özkılıç, 2005; Ceylan vd., 2019).

1.6.1.1. Fine Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi

Fine Kinney metodu, risk analizi ve değerlendirme alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, riskin üç temel unsurunu ele alır: tehlike ciddiyeti, oluşma olasılığı ve tehlikenin belirlenme/bulunma sıklığı (Ocak & Avşaroğlu, 2020).

- Bir tehlikenin yaratabileceği zarar veya yaralanma düzeyini ifade eder.
- Bir tehlikenin gerçekleşme ihtimalini ifade eder.
- Bir tehlikenin belirlenme veya bulunma sıklığını ifade eder.

Bu üç unsur, risk değerlendirme sürecinde birleştirilerek, belirli bir riskin toplam değerini belirlemek için kullanılır. Fine Kinney metodu, risk değerlendirmeyi kolaylaştıran ve inşaat projelerinde karşılaşılan riskleri yönetmeye yardımcı olan basit ve etkili bir araçtır (Ocak & Avşaroğlu, 2020).

1.6.1.2. Hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) Risk Değerlendirme Yöntemi

HTEA, bir sistem, ürün veya sürecin olası başarısızlık modlarını (hatalarını) ve bu hataların olası etkilerini belirlemek için kullanılan bir analiz metodudur. HTEA, hataların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi, hataların potansiyel etkilerinin anlaşılması ve hataların nedenlerinin bulunması için kullanılır (Vaidya, Ambad, & Bhosle, 2018).

HTEA genellikle üç temel öge üzerinde durur: hata ciddiyeti, hata oluşum olasılığı ve hata tespit edilebilirliği.

Hata ciddiyeti; Bir hata veya başarısızlık durumunun potansiyel etkilerinin ciddiyetini ifade eder.

Hata oluşum olasılığı; Bir hata veya başarısızlık durumunun gerçekleşme olasılığını ifade eder.

Hata tespit edilebilirliği; Bir hata veya başarısızlık durumunun tespit edilebilirliğini ifade eder.

HTEA, inşaat projelerinde karşılaşılan riskleri anlamak, değerlendirmek ve yönetmek için kullanılan etkili bir risk değerlendirme aracıdır (Vaidya, Ambad, & Bhosle, 2018).

1.7. Kalitatif Risk Değerlendirme Yöntemleri

Kalitatif risk değerlendirme yöntemleri, genellikle niceliksel verilere dayanmayan ve genellikle gözlem, deneyim ve uzman görüşlerine dayanan analizleri kullanır. Örneğin, Markov Analizi, Monte Carlo Simülasyonu, Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis - PHA), Tehlike ve

İşletilebilirlik Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Studies - HAZOP), Bayes Ağları ve Karar Ağacı gibi yöntemler kalitatif yöntemlere örnektir (Doğan, 2019).

1.8. Karma (Yarı Kantitatif) Risk Değerlendirme Yöntemleri

Karma risk değerlendirme yöntemleri, genellikle hem niceliksel hem de niteliksel verileri ve analizleri kullanır. Örneğin, Hata Ağacı Analizi Metodolojisi (Fault Tree Analysis - FTA), Neden – Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis) ve Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis - ETA) gibi yöntemler karma yöntemlere örnektir.

Bu risk değerlendirme yöntemleri, inşaat sektöründe ve özellikle tünel kalıp sistemlerinin kullanımında karşılaşılan potansiyel riskleri değerlendirmek, anlamak ve yönetmek için etkili araçlar sağlar (Choudhry vd., 2016; Özkılıç, 2014; Ceylan vd., 2019; Doğan, 2019).

1.9. Diğer Yöntemler (Ergonomik Risk Değerlendirme)

Ergonomik risk değerlendirme, işyerindeki ergonomik riskleri belirlemek, ölçmek ve kontrol etmek için kullanılan bir yöntemdir. Ergonomi, işin insan üzerindeki etkilerini inceler ve işi insanın yeteneklerine, sınırlamalarına ve ihtiyaçlarına uygun hale getirmeye çalışır. Bu da işçilerin sağlığını ve güvenliğini korumak, iş memnuniyetini artırmak ve genel iş performansını geliştirmek için gereklidir (Dul & Neumann, 2009).

Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri genellikle aşağıdaki süreçleri içerir:

- İlk adım, işyerindeki potansiyel ergonomik tehlikeleri belirlemektir. Bu tehlikeler genellikle fiziksel tehditler (ağır kaldırma, zorlu duruşlar, tekrarlanan hareketler vb.), psikososyal tehditler (stres, yüksek iş talepleri, düşük iş kontrolü vb.) ve çevresel tehditler (gürültü, sıcaklık, aydınlatma vb.) şeklinde ortaya çıkar (Hignett & McAtamney, 2000).
- Tehlikeler belirlendikten sonra, her birinin işçiler üzerindeki potansiyel etkisini ve oluşma olasılığını değerlendirmek gerekir. Bu genellikle, tehlikenin ciddiyeti ve sıklığı, tehlikeye maruz kalma süresi ve etkilenen işçi sayısı gibi faktörleri içerir (Keyserling, 2000).
- Risk değerlendirildikten sonra, işverenler bu riskleri kontrol etmek için uygun önlemler almalıdır. Bu önlemler genellikle, iş tasarımındaki değişiklikler (örneğin, iş istasyonunun yeniden tasarımı veya daha iyi aletlerin kullanılması), iş organizasyonundaki değişiklikler (örneğin, iş rotasyonu veya daha fazla dinlenme molası) ve işçi eğitimini içerir (Dul & Neumann, 2009).

Ergonomik risk değerlendirme, iş sağlığı ve güvenliği için kritik bir önem taşır. İyi bir ergonomik tasarım ve uygulama, iş kazalarını ve mesleki hastalıkları önleyebilir, işçi memnuniyetini ve verimliliği artırabilir ve işyerinde genel bir güvenlik kültürü oluşturabilir.

1.10. İş Sağlığı ve Güvenliği

1.10.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramları ve Önemi

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), işyerlerinde ve işle ilgili durumlarda çalışanların sağlık ve güvenlik durumlarının korunması ve iyileştirilmesi için tasarlanmış politikalar, prosedürler ve faaliyetler

topluluğunu ifade eder. İSG, insanın en temel haklarından biri olan yaşama hakkının korunmasında önemli bir role sahiptir ve bu nedenle ulusal ve uluslararası düzeyde ciddiye alınması gereken bir konudur (Kahraman, 2009).

Risk ve tehlike kavramları, İSG'nin anlaşılmasında ve uygulanmasında önemli rol oynar. Risk, belirli bir tehlikenin gerçekleşme olasılığını ifade ederken, tehlike, belirli bir olayın veya durumun potansiyel olarak zarar verme yeteneğini ifade eder. İSG, çalışma ortamındaki riskleri yönetmek ve azaltmak için kritik bir araçtır ve bu nedenle teknolojik gelişmeler ve endüstrileşme ile birlikte gelişen yeni tehlikeler ve risklerle başa çıkmak için önemlidir (Serin ve Çuhadar, 2015).

İSG'nin işverenler ve çalışanlar açısından bir dizi faydası vardır. İşverenler için, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları iş gücündeki verimliliği ve üretkenliği artırabilir, iş kazalarını ve hastalıklarını azaltabilir, iş gücü devamsızlığını düşürebilir ve genel iş memnuniyetini ve moralini artırabilir. Çalışanlar açısından, iyi İSG uygulamaları işyerinde daha güvenli ve sağlıklı bir çevre oluşturur, işle ilgili hastalıkların ve yaralanmaların riskini azaltır ve genel yaşam kalitesini ve refahını artırır (Mammadli, 2020).

Özellikle endüstriyel işletmelerde ve inşaat sektöründe, İSG uygulamaları can ve mal kayıplarını önlemek için hayati önem taşır. İSG ilkelerinin düzgün bir şekilde uygulanması, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeye yardımcı olabilir, bu da hem işletmelerin operasyonel verimliliğini artırabilir hem de işyerindeki çalışma koşullarını iyileştirebilir (Kanat, 2015).

1.10.2. İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği

İnşaat sektörü, özellikle yüksek risk faktörleri ve tehlike seviyeleri nedeniyle İSG uygulamalarının hayati önem taşıdığı sektörlerden biridir. İnşaat işçileri, potansiyel olarak yaşamı tehdit eden bir dizi tehlikeye maruz kalabilirler. Bunlar arasında düşmeler, cisimlerin düşmesi, makine ile sıkışma veya ezilme, patlama veya yangın, elektrik çarpması ve aşırı ısı veya soğuk maruziyeti gibi riskler bulunmaktadır. İnşaat alanlarının genellikle açık hava ortamları olduğu ve dolayısıyla hava koşullarına maruz kaldığı göz önüne alındığında, inşaat işçileri ayrıca aşırı ısınma veya soğuk yanığı gibi hava koşullarından kaynaklanan tehlikelere de maruz kalabilirler (Hinze, Pedersen, & Fredley, 1998).

İnşaat sektöründe İSG'nin uygulanması, çalışanların yaşamını korumak ve işle ilgili yaralanma ve hastalıkları önlemek için bir dizi özel önlem içerir. İlk adım genellikle potansiyel tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi olan risk değerlendirmesidir. Bu, inşaat projesinin farklı aşamalarında ortaya çıkabilecek tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesini içerir. Risk değerlendirme, iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri, inşaat mühendisleri ve diğer ilgili taraflar tarafından gerçekleştirilir. Bu süreç, tehlikelerin ve risklerin kaynaklarını belirlemeye, olası sonuçlarına ve bu sonuçların etkilerine bakmaya ve risklerin nasıl yönetileceğine karar vermeye yardımcı olur (Hallowell & Gambatese, 2009).

Risk değerlendirmesinin ardından, belirlenen tehlikelerin önlenmesi ve kontrol edilmesi için stratejiler geliştirilir ve uygulanır. Bu stratejiler genellikle tehlikelerin kaynağında ele alınmasını, mühendislik kontrollerinin uygulanmasını, yönetmeliklere uygun çalışma prosedürlerinin

geliştirilmesini ve uygulanmasını, kişisel koruyucu ekipmanların kullanılmasını ve acil durum prosedürlerinin oluşturulmasını içerir (Gambatese, Hinze, & Haas, 1997).

İnşaat işçilerinin İSG konularında düzgün bir şekilde eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi, inşaat sektöründe İSG'nin etkili bir şekilde uygulanmasının önemli bir parçasıdır. İnşaat işçileri, güvenli çalışma uygulamaları, kişisel koruyucu ekipmanların düzgün bir şekilde kullanılması, acil durum prosedürleri ve diğer ilgili konularda düzenli olarak eğitim almalıdır (Sawacha, Naoum, & Fong, 1999).

Son olarak, inşaat sektöründe İSG'nin uygulanmasında önemli bir unsur, İSG'nin işverenler, yöneticiler, inşaat mühendisleri ve işçiler arasında bir ortak sorumluluk olarak görülmesidir. İSG'nin her düzeydeki inşaat profesyonelleri tarafından benimsenmesi ve uygulanması, iş yerinde daha güvenli ve sağlıklı bir ortam oluşturur (Gibb, Lingard, Behm, & Cooke, 2014).

1.10.3. İşverenin Sağladığı İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri

- İşverenler, çalışanların sağlığını ve güvenliğini sağlamak için bir dizi İSG hizmeti sağlarlar. Bu hizmetler genellikle risk değerlendirme, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, ilk yardım hizmetleri ve sağlık izleme hizmetlerini içerir (Hughes & Ferrett, 2016). Bu hizmetler şunlardır:
- İşverenler, iş yerindeki potansiyel tehlikeleri ve riskleri belirlemek ve değerlendirmek için risk değerlendirme süreçlerini uygulamalıdır. Bu, işyerinde hangi tehlikelerin bulunduğunu, bu tehlikelerin kimleri ve nasıl etkileyebileceğini ve bu riskleri yönetmek için hangi kontrollerin gerektiğini belirlemeyi içerir (Health and Safety Executive, 2019).
- İşverenler, işçilere iş yerindeki potansiyel tehlikeler hakkında bilgi vermek ve onlara iş sağlığı ve güvenliği konusunda gereken becerileri kazandırmak için eğitim programları sunmalıdır. Bu eğitim genellikle iş yerindeki tehlikeler, güvenli çalışma prosedürleri, acil durum prosedürleri ve kişisel koruyucu ekipmanın kullanımını içerir (Health and Safety Executive, 2019).
- İşverenler, iş kazalarında ve acil durumlarda hızlı ve etkili bir yanıt vermek için uygun ilk yardım hizmetleri sağlamalıdır. Bu genellikle bir ilk yardım kutusu, eğitimli ilk yardımcılar ve bir acil durum eylem planını içerir (Occupational Safety and Health Administration, 2015).
- İşverenler, iş yerindeki sağlık risklerinin çalışanların sağlığı üzerindeki etkisini izlemek için sağlık izleme hizmetleri sunmalıdır. Bu genellikle periyodik sağlık kontrolü ve sağlık kayıtlarının tutulmasını içerir (World Health Organization, 1999).

1.11. İlgili Yasa ve Standartlar

İş sağlığı ve güvenliği, ayrıca inşaat mühendisliği uygulamaları, çeşitli yasalar ve standartlar tarafından düzenlenir. Türkiye'deki temel yasal düzenlemeler ve standartlar aşağıda belirtilmiştir.

1.11.1. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30 Haziran 2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir ve Türkiye'deki işyerlerindeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının çerçevesini çizer. Kanun, iş

sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin organizasyonunu ve işverenlerin, işçilerin ve diğer ilgili tarafların sorumluluklarını detaylandırır.

Bu kanunun amacı, iş yerinde sağlık ve güvenlik koşullarını iyileştirmek ve korumaktır. Bu, çalışma koşullarının sürekli iyileştirilmesi, işçilerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgilendirilmesi ve eğitilmesi, iş yerlerinde risk değerlendirme ve yönetim uygulamalarının kullanılması ve işverenlerin işçilere sağlıklı ve güvenli bir iş ortamı sağlama sorumluluklarını yerine getirmesi yoluyla gerçekleştirilir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bir dizi yükümlülüğünü tanımlar. Bunlar arasında; iş yerinde risk değerlendirme ve yönetim uygulamalarını kullanma, işçilere iş sağlığı ve güvenliği eğitimi verme, iş yerinde acil durum prosedürlerini oluşturma ve uygulama ve iş kazalarını ve meslek hastalıklarını bildirme ve araştırma bulunmaktadır.

Ayrıca, bu kanun işçilere iş sağlığı ve güvenliği konusunda çeşitli haklar verir. Bunlar arasında; iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma, işyerinde sağlık ve güvenlik risklerini bildirme, işyerinde sağlığı ve güvenliği tehdit eden durumlarla ilgili bilgi alma ve bu durumları yetkililere bildirme hakkı bulunmaktadır.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Türkiye'deki işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği standartlarının sürekli iyileştirilmesini ve korunmasını teşvik eder. Bu kanun, işyerlerinin iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur ve Türkiye'deki işyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir iş ortamı oluşturur (Alpagut, 2014).

1.11.2. İnşaat Mühendisliği için Standartlar

İnşaat mühendisliği uygulamaları, genel olarak ulusal ve uluslararası standartlara tabidir. Türkiye'deki inşaat mühendisliği uygulamaları özelinde ise Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen ve yayınlanan standartlara uyulması beklenir. TSE'nin belirlediği standartlar geniş bir yelpazeyi kapsar. Bu standartlar, inşaat malzemelerinin özellikleri, inşaat yöntemleri ve süreçleri, inşaat mühendisliği tasarımı ve inşaat güvenliği gibi birçok farklı konuyu içerir.

Türk Standartları Enstitüsü, inşaat sektörüne yönelik belirli standartları oluşturur ve bunları düzenli olarak günceller. Bu standartların temel amacı, inşaat projelerinin güvenli, sürdürülebilir ve kaliteli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. TSE tarafından belirlenen standartlar, hem iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının hem de genel inşaat mühendisliği uygulamalarının rehberi olarak kabul edilir.

Özellikle inşaat mühendisliği için belirlediği önemli standartlardan biri "TS 498 - İnşaat Yükleri Hesap Değerleri"dir. Bu standardın amacı, inşaat mühendisliği projelerinin tasarımı ve inşasında kullanılacak yüklerin hesap değerlerini belirlemektir. Bu standart, inşaat projelerinde karşılaşılabilecek çeşitli yük tipleri (örneğin; canlı yükler, ölü yükler, kar yükleri, rüzgar yükleri, deprem yükleri vb.) için hesap değerlerini belirler ve bunların projede nasıl hesaba katılması gerektiğini açıklar (Türk Standartları Enstitüsü, 1997).

Ayrıca, TSE'nin inşaat mühendisliği alanında belirlediği bir diğer önemli standart "TS EN 1997-1 - Eurocode 7: Geotechnical Design - Part 1: General Rules"dir. Bu standart, inşaat mühendisliği projelerinde jeoteknik tasarım konularını ele alır. Projenin zemin ve temel koşullarının değerlendirilmesi, zemin mekaniği problemlerinin çözümü ve temel tasarımı gibi konular bu standartla düzenlenir.

Bu standartlar, inşaat mühendisliği uygulamalarını yönlendiren ve kontrol eden temel araçlardır. İnşaat mühendisleri, projelerinin tasarımı ve uygulanmasında bu standartlara uygun hareket etmeli ve böylece iş sağlığı ve güvenliği konularında minimum standartları sağlamalıdır.

1.11.3 İnternasyonal Standartlar

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Avrupa Birliği (AB) gibi uluslararası kuruluşlar da iş sağlığı ve güvenliği ve inşaat mühendisliği uygulamaları için standartlar ve yönergeler belirler. Bu standartlar ve yönergeler, Türkiye'deki uygulamaların yanı sıra, uluslararası projelerde ve çok uluslu işbirliklerinde de kullanılır.

1.12. Önceki Çalışmalar

Literatürde tünel kalıp sistemleri ve kantitatif risk değerlendirme yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar, inşaat sektöründe güvenlik ve verimlilik konularında önemli katkılar sağlamaktadır.

Çilek (2013), inşaat sektöründe iş kazalarını önlemek amacıyla yaptığı çalışmada, sektörde çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterli eğitim almadığını vurgulamıştır. İnşaat sektöründe yaşanan kazaların bilimsel ve sistematik olarak incelenmesi gerektiğini, her işyeri için özgün risk değerlendirmesi yapılmasının önemini ve mevzuat düzenlemelerinin tamamlanarak, denetleyici bir devlet denetim sistemi oluşturulmasının gerekliliğini savunmuştur. Ayrıca, caydırıcı cezaların uygulanmasının önemini belirtmiştir.

Öztürk (2019) çalışmasında, iş kazalarına etki eden faktörler çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler arasında ki-kare, frekans analizi ve lojistik regresyon bulunmaktadır. Kaza modelinin açıklayıcılığını artırmak amacıyla bağımlı değişken olarak kaza şiddeti iki farklı kategori şeklinde ele alınmıştır. İkili lojistik regresyon analizleri, iki kategoriden oluşan kaza şiddetini tahmin etmek için kullanılmıştır. Kaza şiddeti ile deneyim süresi arasında anlamlı bir farkın bulunduğu ve kaza şiddeti ile düşme yüksekliği arasında anlamlı bir ilişki olduğu ki-kare yöntemiyle tespit edilmiştir. İşçilerin tecrübesi arttıkça meydana gelen kazaların şiddetinin de arttığı gözlemlenmiştir. Düşey düşme sonucu oluşan kazaların ve aynı veya eğimli zeminde düşme sonucu meydana gelen kazaların, diğer kaza türlerine kıyasla daha şiddetli olduğu belirlenmiştir.

Günay ve Onat (2020) çalışmasında, dünya genelinde inşaat sektörünün sürekli büyümesi ve bu sektörde çalışanların önemli bir istihdam kaynağı oluşturması vurgulanmıştır. Sektörün çok tehlikeli sınıfta yer alması ve çalışan sayısının fazla olması, iş kazalarının sık görülmesine neden olmaktadır. İnşaat sektörü, işçi sağlığı ve güvenliği açısından değişken riskler barındırmaktadır. Bu risklerin başında, kalıp sistemlerinde meydana gelen kazalar gelmektedir. Kazaların önlenmesi için kalıp sistemlerinin iyi analiz edilerek tehlikelerin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan ahşap kalıp montaj ve söküm işlerinde gözlemlenen riskler incelenmiş ve alınması gereken önlemler Fine-Kinney metodu ile tablo halinde sunulmuştur. Yapılan risk analizi sonucunda, kalıp montaj ve söküm sırasında muhtemel tehlikeler önceden belirlenerek, risklerin kabul edilebilir olup olmadığını değerlendirmek ve riskleri kontrol altında tutmak için gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetler belirlenmiş ve bazı öneriler sunulmuştur.

Günay (2020), inşaat sektöründeki riskli uygulamalardan ahşap ve tünel kalıp sistemlerini incelemiş ve ekiplerin yaptığı işlerden kaynaklanan tehlikeleri tespit etmiştir. Bu çalışma, sadece kalıp işinden kaynaklı tehlike kaynaklarını ve alınması gereken tedbirleri inceleyerek, Fine-Kinney risk analizi yöntemi ile değerlendirme yapmıştır. Günay, risklerin kontrol altında tutulması için düzeltici ve önleyici faaliyetler önermiştir. Tünel kalıptaki ısıtma yöntemlerinin ve kule vinç kullanım zorunluluğunun iş güvenliği açısından tehlikeyi artırdığını gözlemlemiştir (Günay, 2020).

Bekdemir (2019), bina inşaatında Fine-Kinney ve 5X5 Matris risk analizi yöntemlerini uygulamıştır. İş kazalarının temel sebebinin genç ve tecrübesiz işçi çalıştırılması, bilinçsiz ve dikkatsiz davranışlar olduğunu savunmuştur. Bu durumu azaltmak için küçük dönemlerden başlayarak bilinçlendirme sağlanması gerektiğini belirtmiştir. 5X5 Matris yöntemi basit ve kullanışlı bir yöntemdir, ancak Fine-Kinney risk analizine dahil edilen frekans değeri ile daha yüksek risk skoru elde edilmiştir. İnşaat alanında tek başına 5X5 yönteminin yeterli gelmediğini ve her iki yöntemin birlikte kullanılmasının daha sağlıklı olacağını savunmuştur.

Eser (2015) çalışmasında, bazı değişkenler kullanılarak kazaların sonuçları incelenmiştir. Çalışma alanındaki bölümler ve kaza zamanlaması sonucunda oluşan geçici iş görememezlik ve ölüm sayıları ele alınmıştır. Bu araştırmada, zaman yoğunluğu ve kazaya göre iş kazalarının zamanla modeli ortaya konulmuştur. Kaza ve zaman modeli doğrultusunda, işçilerin yaz aylarında iş kazalarıyla karşılaşma nedeninin dikkat eksikliği ve bu dönemde mühendislik çalışmalarının yoğun olması olduğu belirtilmektedir. İş kazalarının en sık karşılaşıldığı alanın mühendislik çalışmaları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, iş kazalarından kaynaklanan ölümler ile yıllar arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon analizi kullanılarak analiz edilmiştir.

Olçay ve Parlak (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli olan "denetim" kavramı Türkiye ve İngiltere örnekleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Çeşitli ülkeler için örnek teşkil edebilecek hukuki düzenlemeler, tarihsel perspektifte incelenmiştir. İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının temel amacı olarak; çalışanları iş kazalarına karşı korumak, verimli üretimi sağlamak ve rahat bir çalışma ortamı temin etmek gösterilmiştir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için en önemli adımın denetim olduğu vurgulanmıştır.

Bamyacı (2017), teknolojik gelişmelerle birlikte tünel kalıp, konvansiyonel kalıp ve geleneksel kalıp sistemlerini imalat teknikleri, ilk yatırım maliyetleri, faydalı kullanım metrekaireleri, işçilik ve servis ömürleri gibi kriterler açısından kıyaslamıştır. Tünel kalıpların daha çok hız gerektiren toplu konut projelerinde kullanıldığını belirtmiştir (Bamyacı, 2017).

Kaya (2023), proaktif yaklaşıma dayalı iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında, işyerlerindeki mevcut tehlikelerin ve bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin belirlenmesi ve derecelendirilmesinin

kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Risk değerlendirme çalışmaları, çalışanları koruma, üretim güvenliğini sağlama ve işletme güvenliğini temin etme amacını taşımaktadır. İşyerleri için büyük risk oluşturan yangınlar, hem maddi hem de manevi zararlar verebilecek afetler arasındadır. Yangınlar hızla yayılabilir ve doğru şekilde müdahale edilmediğinde ciddi sonuçlara yol açabilir; bu nedenle yangınla mücadele son derece önemlidir. Yangın ekipmanlarının üretimi, bu bağlamda kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, yangın ekipmanları üretimi yapan bir işyerinde kullanılan makineler ve çalışma ortam koşullarından kaynaklanan tehlike ve riskler belirlenmiştir. Risk analizi sonucunda 8 adet "Tolerans Gösterilemez Risk", 18 adet "Esaslı Risk", 24 adet "Önemli Risk", 13 adet "Olası Risk" ve 2 adet "Önemsiz Risk" olmak üzere toplamda 65 risk tespit edilmiştir. Bu risklerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi için gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetler belirlenmiştir

Kaya (2021), toplu konut projelerinde artan tünel kalıp uygulamalarını bir inşaat firmasında inceleyerek, Fine-Kinney risk analizi ile belirlenen risklere alınması gereken önlemler için önerilerde bulunmuştur. En yüksek risk değerlerinin tünel kalıp kurulum, sökülme, ısıtma işlemleri ve düzensiz çalışma ortamlarıyla ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Çalışma, tünel kalıp uygulamalarında proaktif önlemler alınması için tavsiyelerde bulunmuştur (Kaya, 2021).

Ülger (2019), konut inşaatlarında iş kazalarını önlemek amacıyla uzman görüşlerine başvurarak temel risk faktörlerini belirlemeye çalışmış ve uygulamalardaki hataların giderilmesi için önerilerde bulunmuştur. İş sağlığı ve güvenliği konusunda bilinçlenme ve bu kültürün benimsenmesinin önemini vurgulamıştır (Ülger, 2019).

Tepebaş (2010), tünel kalıp sistemi ile geleneksel kalıp sistemi hakkında bilgi vermiş ve modern sistemlere geçiş gerekçelerini açıklamıştır. Tünel kalıp ile yapılan yapılar ile benzer özelliklerde geleneksel kalıplarla yapılan yapıları maliyet ve diğer etkenler açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirmiştir. Sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını belirtmiş ve kalıp seçiminde zaman, maliyet, tekrar kullanılabilirlik, işçilik ve yapı özellikleri gibi koşulların göz önüne alınması gerektiğini savunmuştur (Tepebaş, 2010).

Bayram vd. (2022), çalışmada, dünyada ve ülkemizde karayolu, havayolu, demiryolu ve denizyolu gibi çeşitli taşıma yöntemlerinin kullanıldığını belirtmiştir. Uluslararası ticaretin %80-90'ının deniz taşımacılığı ile yapıldığını vurgulayan çalışma, denizyolu taşımacılığının ağır yükler, tehlikeli kimyasallar ve yüksek hacimli yüklerin daha ucuz ve güvenli bir şekilde taşınmasını sağladığını ifade etmektedir. Dünyada deniz taşımacılığının yaygın kullanımı, limanların önemini artırmaktadır. Ülkemizde ise limanlar, tehlikeli işyerleri olarak sınıflandırılmaktadır. Yüklenen ve taşınan tehlikeli kimyasallar, çeşitli makine ve araçların bulunması gibi faktörler, liman operasyonlarından kaynaklanan çeşitli riskler içermektedir. Bu tehlike ve risklerin ortadan kaldırılması için sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Limanlarda teknik personel eksikliği, çeşitli risk ve tehlikelerin varlığı, makinelerin, araçların ve özel ekipmanların çeşitlilik göstermesi, yabancı personellerin bulunması ve liman sahasının genişliği gibi faktörler, limanlarda önleyici ve düzenleyici çalışmaların yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, Trabzon Limanı'ndaki tehlike kaynakları ve riskler belirlenmiş ve Fine-Kinney yöntemi kullanılarak risk analizi yapılmıştır. Trabzon Limanı'na yönelik risk analizinde 13 tane "Tolerans

Gösterilemez Risk", 19 tane "Esaslı Risk" ve 40 tane "Önemli Risk" olmak üzere toplamda 72 risk tespit edilmiştir.

Tezgelgen ve Karaman tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, tünel kalıp sistemlerinin uzun süreli kullanımında işçiler üzerinde belirgin fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklara yol açtığı bulunmuştur. Kullanıcı konforunun değerlendirilmesi, tünel kalıp sistemlerinin ergonomik iyileştirmeler gerektirdiğini ortaya koymuştur (Tezgelgen&Karaman, 2014).

Bu çalışmalar, tünel kalıp sistemlerinin hem güvenlik hem de maliyet açısından sağladığı faydaları ortaya koymakta ve bu alandaki risk değerlendirme çalışmalarının önemini vurgulamaktadır.



2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Erzincan ilinde devam eden3 inşaat projesinde kullanılan tünel kalıp sistemlerinin faaliyetleri analiz edilerek risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Kaba işler olarak nitelendirilen binaların kabasının yapım aşamasında tünel kalıp ve ahşap kalıp sistemleri kullanılmıştır. Kaba inşaatı yapılan binalar tip olarak A, B ve C bloklarıdır. Yapılan binaların genişliği A blokta 450 m², B blokta 560 m², C blokta ise 550 m²'dir. Katların yüksekliği döşemeden döşemeye 3 m'dir ve kat sayıları 5 dir. 56 bloktan oluşan şantiyede iş akışı ve ekip sayısı oldukça fazladır. Tünel ekibi 4 tanedir ve ekipte çalışan sayısı demirci ekibiyle birlikte ortalama 120 kişidir. Tünel kalıp ekibini kalıp yağcısı, işaretçi, sıvacı, kule vinç operatörü ve kurulum ekibi oluşturmaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen tünel kalıp sistemleri uygulamalarının risk değerlendirmesine odaklanmaktadır. Çalışmada Fine Kinney ve HTEA risk değerlendirme yöntemlerinin uygulamasıyla elde edilen bulgular, iş sağlığı ve güvenliği açısından potansiyel riskleri belirlemek ve yönetmek için kullanılmıştır.

2.1. Araştırma Yöntemi

Çalışma, nitel bir araştırma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İnşaat şantiyesinde tünel kalıp sistemleri kullanılarak gerçekleştirilen farklı işler ve iş grupları incelenmiş, yerinde gözlemler, röportajlar ve belge incelemeleri yapılarak iş sağlığı ve güvenliği açısından potansiyel riskler belirlenmiştir. Bu süreçte, inşaat işleri başlamadan önce, Fine Kinney ve HTEA risk analiz yöntemlerinin uygulanması ile olası kazaların önlenmesi amaçlanmıştır. Bu iki yöntemle faaliyetleri belirlenmiş, bu alanlarda oluşabilecek tehlikeler, risklerin sonuçları ve etkileri saptanmıştır. Tehlike seviyesine göre olasılık, frekans ve şiddet değerleri belirlenmiş ve bu değerlerin çarpımı ile risk skorları elde edilmiştir. Elde edilen risk skorlarına göre riskler derecelendirilmiş, analiz tablolarında hangi riskin daha öncelikli olduğu ve hangi tehlikeye öncelik verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, Fine Kinney analizinde önleyici faaliyetler belirlenerek, risk değerleri düşürülmeye çalışılmıştır. Bu önleyici faaliyetlerin belirlenmesi, olasılık değerini düşürürken, frekans ve şiddet değerlerinin sabit kalmasını sağlar ve bu sayede riskin genel derecesini düşürmeye yardımcı olur.

2.2. Veri Toplama Teknikleri

Veri toplama teknikleri olarak yerinde gözlemler, mülakatlar ve belge incelemeleri kullanılmıştır. Yerinde gözlemlerle, inşaat şantiyesindeki iş süreçleri, kullanılan ekipmanlar, çalışanların çalışma koşulları ve iş güvenliği uygulamaları hakkında bilgi toplanmıştır. Mülakatlar, inşaat mühendisleri, iş sağlığı ve güvenliği uzmanları ve işçilerle gerçekleştirilmiştir. Belge incelemeleri ile inşaat projesinin teknik detayları, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili prosedürler ve geçmişte yaşanmış iş kazaları hakkında bilgi toplanmıştır.

2.3. Fine Kinney ve HTEA Yöntemlerinin Uygulanması

Toplanan verilerin analizinde Fine Kinney ve HTEA risk değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Fine Kinney yöntemi, risklerin ortaya çıkma olasılığı, tehlikeye maruz kalma sıklığı ve oluşturduğu etkinin çarpımı ile riskleri derecelendirir (Zhang vd., 2013). HTEA yöntemi ise, potansiyel hata modlarını, bu hataların potansiyel etkilerini ve sebep olan nedenleri analiz etmek için kullanılır. Her hata modu için bir risk öncelik sayısı (RPN) hesaplanır ve bu sayı, hata modunun önemini belirlemek için kullanılır (Stamatis, 2014).

2.3.1. Fine Kinney Yöntemi

"Matematiksel Değerlendirmeler ile Tehlikelerin Kontrolü" anlamına gelen "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards" yöntemi, ilk olarak 1971'de William T. Fine tarafından önerilmiştir. Günümüzde "Kinney Metodu" veya "Fine-Kinney Metodu" olarak da bilinmektedir. Bu yöntem, risklerin önem sırasına göre değerlendirilmesinde ve sonuçlara göre öncelik verilmesi gereken işlemlerin belirlenmesinde kullanılır. Sayısal olması ve daha önce yaşanmış kaza istatistiklerinin kullanılabilmesi sayesinde, gerçekçi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur.

Fine-Kinney yöntemine göre, risk seviyesi üç faktörle hesaplanır:

- Olasılık (O): Belirli bir zaman diliminde bir tehlikenin gerçekleşme ihtimalidir.
- Şiddet (Ş): Tehlikenin çalışanlar veya çevre üzerinde yaratabileceği zararın boyutudur.
- Frekans (F): Zaman içinde tekrarlanan tehlike durumlarının sıklığıdır.

Risk, $R = O \times F \times \text{Ş}$ formülüyle hesaplanır.

Tablo 2.1. Olasılık, Frekans ve Şiddet (Kinney ve Wiruth, 1976).

OLASILIK		FREKANS		ŞİDDET	
DEĞER	KATEGORİ	DEĞER	KATEGORİ	DEĞER	KATEGORİ
0,2	Pratik olarak imkansız	0,5	Yılda bir veya daha az	1	Hafif, zararsız veya önemsiz
0,5	Zayıf ihtimal	1	Yılda bir veya birkaç kez	3	Düşük iş kaybı, küçük hasar, ilkyardım
1	Oldukça düşük ihtimal	2	Ayda bir veya birkaç kez	7	İşgücü kaybı, Önemli zarar, Dış tedavi
3	Nadir fakat olabilir	3	Haftada bir veya birkaç kez	15	Sakatlık, Uzun kayıp, çevresel etki
6	Muhtemel	6	Her gün	40	Ölüm, tam maluliyet, ağır çevresel etki
10	Çok kuvvetli ihtimal	10	Sürekli veya saatte birkaç kez	100	Toplu ölüm, önemli çevre felaketi

Yukarıda yer alan işlemler ve tablolar incelendiğinde, risk değerlendirmesi olasılık, şiddet ve frekans değerlerinin çarpımıyla hesaplanmaktadır. Hesaplanan risk skorları, risk durumlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Tablo 1.10'da yüksek risk skorlarına sahip durumlar için uygun olan risk yönetimi işlemleri gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Risk Değerine Göre Karar ve Eylem (Kinney ve Wiruth, 1976).

Öncelik Sırası	Risk Değeri	Karar	Eylem
1	400<R	Tolerans Gösterilemez Risk	Hemen gerekli önlemler alınmalı/ veya işin durdurulması, tesisin, binanın kapatılması vb. düşünülmelidir.
2	200<R<400	Esaslı Risk	Kısa dönemde iyileştirilmelidir " birkaç ay içerisinde "
3	70<R<200	Önemli Risk	Uzun dönemde iyileştirilmelidir " yıl içerisinde "
4	20<R<70	Olası Risk	Gözetim altında uygulanmalıdır
5	R<20	Önemsiz Risk	Önemli öncelikli değildir.

2.3.2 HTEA Yöntemi

HTEA yöntemi, her bir hata modu için Risk Öncelik Sayısı (RPN) hesaplar. RPN, aşağıdaki üç faktörün çarpımıdır:

Hata Oluş Sıklığı (O): Bir hata modunun ne sıklıkta oluştuğunu gösterir.

Hata Etki Şiddeti (S): Bir hata modunun ne kadar ciddi sonuçlara yol açabileceğini gösterir.

Hata Tespit Edilme Olasılığı (D): Bir hata modunun tespit edilme olasılığını gösterir.

$$RPN = O \times S \times D$$

Her bir faktör genellikle 1 (düşük) ila 10 (yüksek) arasında bir ölçek üzerinden değerlendirilir.

Elde edilen RPN değerleri, risk önceliklerini belirlemek için kullanılır:

Düşük Risk (1-100)

Orta Risk (101-500)

Yüksek Risk (501-1000)

Tablo 2.3. Hata Oluş Sıklığı (O) Ölçeği

Derece	Açıklama
1	Çok düşük
2	Düşük
3	Orta düşük
4	Orta
5	Orta yüksek
6	Yüksek
7	Çok yüksek
8	Aşırı yüksek
9	Çok aşırı yüksek
10	Kesinlikle aşırı yüksek

2.4. Analiz ve Değerlendirme

Elde edilen bulgular, Fine Kinney ve HTEA yöntemlerine göre analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu analiz ve değerlendirme sonucunda, tünel kalıp sistemlerinde karşılaşılan potansiyel tehlikeler belirlenmiş ve bu tehlikelerin sebep olabileceği olası sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu analizler, çalışma ortamının daha güvenli hale getirilmesi ve olası iş kazalarının önlenmesi açısından önem taşımaktadır.

3. BÖLÜM



ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. HTEA ve Fine Kinney ile Elde Edilen Sonuçlar

Yapılan değerlendirme sonucunda, HTEA ve Fine-Kinney isimli iki risk değerlendirme tekniği ele alındı. HTEA tekniği, her bir risk ve tehlikeyi bağımsız bir şekilde inceleyerek analiz ederken, Fine-Kinney tekniği, montaj sürecindeki adımlara bağlı olarak risk ve tehlikeleri gruplandırır. Bu iki tekniğin kullanıldığı risk değerlendirme uygulamaları örneklendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

3.1.1. Tünel kalıp sistemlerinde kalıp montaj aşamasında beton ağırlık ve yükseklikten düşme riski


Şekil 3.1'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde kalıp montaj aşamasında karşılaşılan yükseklikten düşme riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. HTEA yöntemine göre, yüksekte çalışma sırasında düşme riski için Olasılık (7), Şiddet (9) ve Fark Edilebilirlik (3) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 189 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, önlem alınması gereken risk grubunda yer almaktadır. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1440 olarak hesaplanmıştır ve bu değer, önemli risk grubunda yer alıp 3 ay içinde önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Her iki yöntemle de yapılan değerlendirmeler sonucunda, yüksekte çalışma sırasında düşme riskine karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Güvenlik ağları ve korkulukların monte edilmesi, çalışanlara yüksekte çalışma eğitimi verilmesi ve KKD kullanılması önerilmiştir. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmede, her iki yöntemle de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indirildiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 42'ye, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 80'e düşmüştür.

HTEA											Fine Kinney					
No	Bölüm	Yapılan İş	Risk	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Faah Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (ROS)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şekil	Gerçekleştirme Tarihi	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
1	İnşaat	Kalıp Yüzey Kurulumu	Beton dökümü sırasında oluşan riskler	Mevcut İşçiler	7	9	3	189	Yüksek	Kalıp yüzey kurulumu için profesyonel ekipman kullanımı, eğitim verilmesi, KKD sağlanması ve düzenli kontroller yapılması		Sürekli	2	2	20	80
2	Tünel Kalıp	Kalıp Kurulumu	Yüksekten düşme riski	Çalışanlar	6	9	3	162	Yüksek	Güvenlik ağıları ve düşüş durdurma sistemleri kullanılması, eğitim verilmesi, KKD kullanılması		Sürekli	2	2	20	80
	Faaliyet	Tehlikeler	Risk	Şans	Frekans	Şiddet	Risk Değeri	Risk Kontrol Yöntemi	Sorumluluk							
	Kule Vinç Kurulumu	Kurulum aşamasında vinç devrilmesi/beton dökme riski	Kurulum aşamasında vinç devrilmesi/beton dökme riski	6	6	40	1440	Güvenli zemin üzerinde montaj yapılması, vinç temeli ve beton zeminin stabilize edilmesi, ağırlıkların dengeli kontrol edilmesi	Alt yüklenici Proje Müh.							
	Tünel Kalıp	Yüksekten çalışma sırasında düşme riski	Yüksekten çalışma sırasında düşme riski	6	6	40	1440	Güvenlik ağıları ve korkuluklar monte edilmeli, çalışanlara yüksekte çalışma eğitimi verilmeli, KKD kullanılmalı	Alt yüklenici Proje Müh.							

Şekil 3.1. Tünel kalıp sistemlerinde kalıp montaj aşamasında beton ağırlık ve yükseklikten düşme riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.2. Tünel kalıp sistemlerinde dar alanlarda çalışma sıkışma ve ezilme riski;

Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, tünel kalıp sistemlerinde dar alanlarda çalışma sırasında karşılaşılan sıkışma ve ezilme riski, HTEA ve Fine Kinney yöntemleri ile analiz edilmiştir.



HTEA										Fine Kinney						
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler		Risk Değeri (Sonrası)	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Öncesi)
1	Tünel Kalıp	Dar Alanlarda Çalışma	Sıkışma ve ezilme riski	Çalışanlar	6	40	6	1440	Çok Yüksek	Çalışma alanının düzenlenmesi, tehlikeli bölgelerin işaretlenmesi ve çalışanlara eğitim verilmesi	20	2	5	20		

Şekil 3.2. Tünel kalıp sistemlerinde dar alanlarda çalışma sıkışma ve ezilme riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

HTEA yöntemine göre, dar alanlarda çalışma esnasında sıkışma ve ezilme riski için Olasılık (6), Şiddet (8) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri saptanmış ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 192 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, önlem alınması gereken risk grubunda yer almaktadır. Fine Kinney yönteminde ise, benzer bir risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1440 olarak hesaplanmış ve bu skor, önemli risk kategorisinde olup hemen müdahale edilmesi gerektiğini göstermektedir. Her iki yöntemde de yapılan değerlendirmeler sonucunda, dar alanlarda çalışma esnasında sıkışma ve ezilme riskini azaltmak için alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Bu önlemler arasında çalışma alanının düzenlenmesi, tehlikeli bölgelerin işaretlenmesi ve çalışanlara gerekli eğitimlerin verilmesi bulunmaktadır. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği görülmüştür. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 36'ya, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

3.1.3. Tünel kalıp imalatlarında gürültü ve titreşim riski

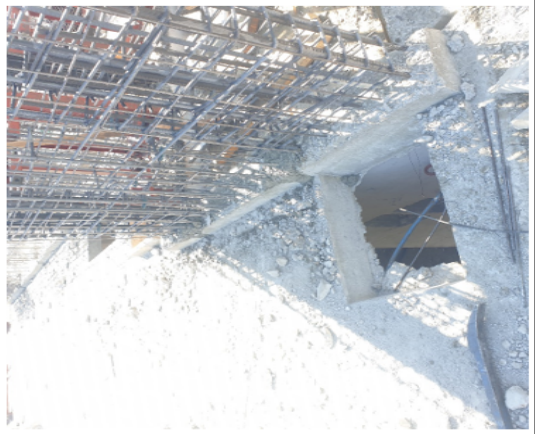
Şekil 3.3'de gösterildiği üzere, tünel kalıp imalatlarında karşılaşılan gürültü ve titreşim riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, gürültü ve titreşim riski için Olasılık (7), Şiddet (8) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 224 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk grubuna işaret etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (7), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1680 olarak hesaplanmış ve bu değer, acil önlem alınması gerektiğini belirtmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, gürültü ve titreşim riskine karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Gürültü kaynaklarının izole edilmesi, titreşim önleyici ekipmanların kullanılması ve çalışanlara (KKD sağlanması) önerilmiştir. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmede, her iki yöntemle de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indirildiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 36'ya, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

HTEA										Fine Kinney																
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler		Risk Değeri (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şans (Sonrası)	Alınması Gereken Önlemler	Önem Seviyesi	Risk Skoru	Frekans (F)	Şiddet (S)	Olasılık (O)	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Yapılan İş	Bölüm	No
1	Tünel Kalıp	İmalat	Gürültü ve titreşim riski	Çalışanlar	7	8	4	224	Yüksek	Gürültü kaynaklarının izole edilmesi, titreşim önleyici ekipmanların kullanılmasında ve çalışanlara KKD sağlanması		20	5	2	2	Gürültü kaynaklarının izole edilmesi, titreşim önleyici ekipmanların kullanılmasında ve çalışanlara KKD sağlanması	Çok Yüksek	1680	6	40	7	Gürültü ve titreşim riski	Çalışanlar	İmalat	Tünel Kalıp	1

Şekil 3.3. HTEA ve Fine Kinney Risk Değerlendirme Metodu Uygulaması

3.1.4. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme kalıp döşemelerinde şaft boşluklardan düşme riski

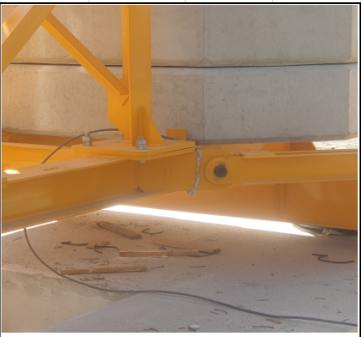
Şekil 3.4'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde betonarme kalıp döşemeleri sırasında karşılaşılan şaft boşluklarından düşme riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, şaft boşluklarından düşme riski için Olasılık (8), Şiddet (10) ve Fark Edilebilirlik (3) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 240 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yüksek risk grubuna işaret etmektedir ve müdahale gerektirmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (8), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1920 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini belirtmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, şaft boşluklarından düşme riskine karşı alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Bu önlemler arasında, şaft boşluklarının uygun kapaklarla kapatılması, işaretlenmesi ve güvenlik bariyerleri kullanılması bulunmaktadır. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmede, her iki yöntemle de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği görülmüştür. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 42'ye, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

HTEA										Fine Kinney							
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler		Risk Değeri (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şans (Sonrası)	Alınması Gereken Önlemler	Risk Değeri (Öncesi)
1	Tünel Kalıp	Betonarme Kalıp Döşemeleri	Şaft boşluklarından düşme riski	Çalışanlar	8	10	3	240	Yüksek	Şaft boşluklarının uygun kapaklarla kapatılması, işaretlenmesi ve güvenlik bariyerleri kullanılması		20	5	2	2	Şaft boşluklarının uygun kapaklarla kapatılması, işaretlenmesi ve güvenlik bariyerleri kullanılması	20
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Risk Değeri (Öncesi)	Şiddet (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şans (Sonrası)	Alınması Gereken Önlemler	Risk Değeri (Öncesi)	
1	Tünel Kalıp	Betonarme Kalıp Döşemeleri	Şaft boşluklarından düşme riski	Çalışanlar	8	40	6	1920	Çok Yüksek	Şaft boşluklarının uygun kapaklarla kapatılması, işaretlenmesi ve güvenlik bariyerleri kullanılması	1920	5	2	2	Şaft boşluklarının uygun kapaklarla kapatılması, işaretlenmesi ve güvenlik bariyerleri kullanılması	20	

Şekil 3.4. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme kalıp döşemelerinde şaft boşluklardan düşme riskine göre HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.5. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma riski

Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma risklerinin analizine dayanarak, Şekil 3.5'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma riski, HTEA ve Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, elektrik çarpma riski için Olasılık (7), Şiddet (9) ve Fark Edilebilirlik (3) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 189 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, önlem alınması gereken risk grubunda yer almaktadır. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (7), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1680 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, elektrik çarpma riskine karşı alınması gereken önlemler şunlardır: elektrik tesisatının düzenli olarak kontrol edilmesi, kaçak akım rölesi kullanılması ve çalışanlara elektrik güvenliği eğitimi verilmesi. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmede, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indirildiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 42'ye, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (Ş)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler				
1	Tünel Kalıp	Elektrikli Makineler Kullanımı	Elektrik çarpma riski	Çalışanlar	7	9	3	189	Yüksek	Elektrik tesisatının düzenli olarak kontrol edilmesi, kaçak akım rölesi kullanılması ve çalışanlara elektrik güvenliği eğitimi				


No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (Ş)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
1	Tünel Kalıp	Elektrikli Makineler Kullanımı	Elektrik çarpma riski	Çalışanlar	7	40	6	1680	Cok Yüksek	Elektrik tesisatının düzenli olarak kontrol edilmesi, kaçak akım rölesi kullanılması ve çalışanlara elektrik güvenliği eğitimi	2	2	5	20

Şekil 3.5. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan elektrikli makinelerin elektrik çarpma riskine göre HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.6. Tünel kalıp uygulamalarında demir donatı gibi ağır malzemelerin altında elektrik kablo kalınması çarpma riski

Şekil 3.6'da gösterildiği üzere, tünel kalıp uygulamalarında demir donatı gibi ağır malzemelerin altında elektrik kablo kalması sonucu oluşabilecek çarpma riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (6), Şiddet (8) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 192 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk grubunu temsil etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1440 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir.


Değerlendirme sonuçlarına göre, ağır malzemelerin altında kalan elektrik kablolarının çarpma riskine karşı alınması gereken önlemler şunlardır: elektrik kablolarının korunması için kablo kanalları kullanılması, kablo güzergahlarının belirlenmesi ve çalışanların bu konuda bilgilendirilmesi. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 36'ya, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

HTEA										Fine Kinney					
1	Tünel Kalıp	Ağır Malzemelerin Altında Elektrik Kablo Kalması	Elektrik kablolarının demir donatı gibi ağır malzemelerin altında kalması sonucu çarpma riski	Çalışanlar	6	8	4	192	Yüksek	Elektrik kablolarının korunması için kablo kanalları kullanılması, kablo güzergahlarının belirlenmesi ve çalışanların bilgilendirilmesi		Risk Değeri (Sonrası)	20		
														Alınması Gereken Önlemler	Alınması Gereken Önlemler
														Önem Seviyesi	Önem Seviyesi
														Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Risk Skoru
														Fark Edilebilirlik (F)	Frekans (F)
														Şiddet (S)	Şiddet (S)
														Olasılık (O)	Olasılık (O)
														Etkilenen Kişiler	Etkilenen Kişiler
														Tehlike	Tehlike
														Yapılan İş	Yapılan İş
Bölüm	Bölüm														
No	No														
1	Tünel Kalıp	Ağır Malzemelerin Altında Elektrik Kablo Kalması	Elektrik kablolarının demir donatı gibi ağır malzemelerin altında kalması sonucu çarpma riski	Çalışanlar	6	40	6	1440	Çok Yüksek	Elektrik kablolarının korunması için kablo kanalları kullanılması, kablo güzergahlarının belirlenmesi ve çalışanların bilgilendirilmesi	Şans (Sonrası)	2	2	5	Risk Değeri (Sonrası)

Şekil 3.6. Tünel kalıp uygulamalarında demir donatı gibi ağır malzemelerin altında elektrik kablo kalması çarpma riski HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.7. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı oluşabilecek hayati riskler

Şekil 3.7'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı oluşabilecek hayati riskler, HTEA ve Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (6), Şiddet (10) ve Fark Edilebilirlik (3) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 180 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk grubunu temsil etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (100) değerleri kullanılarak Risk Skoru 3600 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı hayati risklere karşı alınması gereken önlemler şunlardır: operatör eğitimlerinin artırılması, vinç kontrol sistemlerinin düzenli bakımı ve çalışma alanının güvenlik altına alınması. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 48'e, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 240'a düşmüştür.

No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	
1	Tünel Kalıp	Kule Vinç Operatörünün Hatası	Kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı hayati riskler	Çalışanlar	6	10	3	180	Yüksek	Operatör eğitimlerinin artırılması, vinç kontrol sistemlerinin düzenli bakımı ve çalışma alanının güvenlik altına alınması	

No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
1	Tünel Kalıp	Kule Vinç Operatörünün Hatası	Kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı hayati riskler	Çalışanlar	6	100	6	3600	Çok Yüksek	Operatör eğitimlerinin artırılması, vinç kontrol sistemlerinin düzenli bakımı ve çalışma alanının güvenlik altına alınması	3	2	8	240

Şekil 3.7. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kule vinç operatörünün hatasından kaynaklı oluşabilecek hayati riskler yönünden HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.8. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kimyasal maruziyet atında kalma riski

Şekil 3.8'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kimyasal maddelere maruziyet riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (7), Şiddet (8) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 224 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, önlem alınması gereken bir risk grubunu temsil etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (7), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1680 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, kimyasal maddelere

maruziyet riskine karşı alınması gereken önlemler şunlardır: kimyasal maddelerin kullanımı sırasında koruyucu ekipmanların kullanılması, çalışma alanının iyi havalandırılması ve çalışanların düzenli sağlık kontrollerinden geçirilmesi. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 36'ya, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

HTEA										Fine Kinney					
No	1	Tünel Kalıp	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
									224	Yüksek					
									4						
									8						
									7						
									Çalışanlar						
									Kimyasal maddelere maruziyet riski						
									Kimyasal Maddelere Maruziyet						
									Kimyasal maddelerin kullanımı sırasında koruyucu ekipmanların kullanılması, çalışma alanının iyi havalandırılması ve çalışanların düzenli sağlık kontrollerinden geçirilmesi						
									2	2					
No	1	Tünel Kalıp	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
									1680	Çok Yüksek					
									6						
									40						
									7						
									Çalışanlar						
									Kimyasal maddelere maruziyet riski						
									Kimyasal Maddelere Maruziyet						
									Kimyasal maddelerin kullanımı sırasında koruyucu ekipmanların kullanılması, çalışma alanının iyi havalandırılması ve çalışanların düzenli sağlık kontrollerinden geçirilmesi						
									2	2					

Şekil 3.8. Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan kimyasal maruziyet atında kalma riskine yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.9. Tünel kalıp sistemlerinde çalışan işçilerin ergonomik risk altında kalma ihtimali

Şekil 3.9'da gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde çalışan işçilerin ergonomik risk altında kalma ihtimali, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (6), Şiddet (7) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 168 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk grubunu temsil etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1440 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, ergonomik risklere karşı alınması gereken önlemler şunlardır: çalışma alanlarının ergonomik olarak düzenlenmesi, işçilerin doğru duruş ve taşıma teknikleri konusunda eğitilmesi ve düzenli molalar verilmesi. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 36'ya, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	
1	Tünel Kalıp	Ergonomik Riskler	Ergonomik riskler	Çalışanlar	6	7	4	168	Yüksek	Çalışma alanlarının ergonomik olarak düzenlenmesi, işçilerin doğru duruş ve taşıma teknikleri konusunda eğitilmesi ve düzenli molalar verilmesi	


No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenen Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
1	Tünel Kalıp	Ergonomik Riskler	Ergonomik riskler	Çalışanlar	6	40	6	1440	Çok Yüksek	Çalışma alanlarının ergonomik olarak düzenlenmesi, işçilerin doğru duruş ve taşıma teknikleri konusunda eğitilmesi ve düzenli molalar verilmesi	2	2	5	20

Şekil 3.9. Tünel kalıp sistemlerinde çalışan işçilerin ergonomik risk altında kalma ihtimaline yönelik HTEA ve Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.10. Tünel kalıp sistemlerinde aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı riskler

Şekil 3.10'da gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı riskler, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (6), Şiddet (8) ve Fark Edilebilirlik (4) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 192 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk

grubunu temsil etmektedir. Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (40) değerleri kullanılarak Risk Skoru 1440 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, aydınlatma yetersizliği riskine karşı alınması gereken önlemler şunlardır: çalışma alanlarının yeterli ve uygun şekilde aydınlatılması, taşınabilir aydınlatma ekipmanlarının kullanılması ve düzenli kontrollerin yapılması. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 24'e, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.

HTEA										Fine Kinney				
	Alınması Gereken Önlemler	Çalışma alanlarının yeterli ve uygun şekilde aydınlatılması, taşınabilir aydınlatma ekipmanlarının kullanılması ve düzenli kontrollerin yapılması								Alınması Gereken Önlemler	Çalışma alanlarının yeterli ve uygun şekilde aydınlatılması, taşınabilir aydınlatma ekipmanlarının kullanılması ve düzenli kontrollerin yapılması			
	Önem Seviyesi	Yüksek								Önem Seviyesi	Çok Yüksek			
	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	192								Risk Skoru	1440			
	Fark Edilebilirlik (F)	4								Frekans (F)	6			
	Şiddet (S)	8								Şiddet (S)	40			
	Olasılık (O)	6								Olasılık (O)	6			
	Etkilenici Kişiler	Çalışanlar								Etkilenici Kişiler	Çalışanlar			
	Tehlike	Aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı riskler								Tehlike	Aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı riskler			
	Yapılan İş	Aydınlatma Yetersizliği								Yapılan İş	Aydınlatma Yetersizliği			
	Bölüm	Tünel Kalıp								Bölüm	Tünel Kalıp			
No	1								No	1				

Şekil 3.10. Tünel kalıp sistemlerinde aydınlatma yetersizliğinden kaynaklı risk ihtimaline yönelik Fine Kinney risk değerlendirme metodu uygulaması

3.1.11. Tünel kalıp sistemlerinde yangın riski

Şekil 3.11'de gösterildiği üzere, tünel kalıp sistemlerinde yangın riski, hem HTEA hem de Fine Kinney yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTEA yöntemine göre, bu risk için Olasılık (6), Şiddet (10) ve Fark Edilebilirlik (3) değerleri belirlenmiş ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) 180 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, müdahale edilmesi gereken bir risk grubunu temsil etmektedir.

HTEA										Fine Kinney				
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (F)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)
No	Bölüm	Yapılan İş	Tehlike	Etkilenici Kişiler	Olasılık (O)	Şiddet (S)	Frekans (F)	Risk Skoru	Önem Seviyesi	Alınması Gereken Önlemler	Şans (Sonrası)	Frekans (Sonrası)	Şiddet (Sonrası)	Risk Değeri (Sonrası)

Şekil 3.11. Tünel kalıp sistemlerinde yangın riski ihtimaline yönelik Fine Kinney Risk Değerlendirme Metodu Uygulaması

Fine Kinney yönteminde ise, aynı risk için Olasılık (6), Frekans (6) ve Şiddet (100) değerleri kullanılarak Risk Skoru 3600 olarak hesaplanmış ve bu skor, acil önlem alınması gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, yangın riskine karşı alınması gereken önlemler şunlardır: yangın söndürme ekipmanlarının hazır bulundurulması, kaynak ve kesme işlemleri sırasında güvenlik önlemlerinin alınması ve düzenli yangın tatbikatlarının yapılması. Alınan önlemler sonrası yapılan yeniden değerlendirmelerde, her iki yöntemde de risk seviyesinin önemli ölçüde azaldığı ve kabul edilebilir seviyelere indiği gözlemlenmiştir. HTEA yönteminde risk öncelik sayısı 32'ye, Fine Kinney yönteminde ise risk skoru 20'ye düşmüştür.



SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, tünel kalıp sistemlerinde karşılaşılan iş sağlığı ve güvenliği riskleri Fine Kinney ve HTEA yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Risk değerlendirmesi sonucunda, inşaat faaliyetlerinde kullanılan tünel kalıp sistemlerinde yükseklikten düşme, sıkışma ve ezilme, gürültü ve titreşim, şaft boşluklarından düşme, elektrik çarpması, ağır malzemelerin altında elektrik kablolarının kalması, vinç operatör hataları, kimyasal maruziyet, ergonomik riskler, yetersiz aydınlatma ve yangın gibi tehlikeler tespit edilmiştir. Risk analizi sonuçlarına göre, yüksekte çalışma sırasında düşme riski HTEA yöntemine göre 189 RPN, Fine-Kinney yöntemine göre 1440 risk skoru ile değerlendirilmiştir. Dar alanlarda sıkışma ve ezilme riski HTEA'da 192 RPN, Fine-Kinney'de 1440 risk skoru ile belirlenmiştir. Gürültü ve titreşim riski HTEA'da 224 RPN, Fine-Kinney'de 1680 risk skoru, şaft boşluklarından düşme riski ise HTEA'da 240 RPN, Fine-Kinney'de 1920 risk skoru ile analiz edilmiştir. Elektrik çarpma riski HTEA'da 189 RPN, Fine-Kinney'de 1680 risk skoru, ağır malzemelerin altında kalan kabloların çarpma riski ise HTEA'da 192 RPN, Fine-Kinney'de 1440 risk skoru olarak belirlenmiştir. Vinç operatör hataları, kimyasal maruziyet, ergonomik riskler, yetersiz aydınlatma ve yangın riskleri de benzer şekilde değerlendirilmiş ve her iki yöntemle de risklerin önemli ölçüde azaltıldığı gözlemlenmiştir.

Tünel kalıp sistemleri uygulamaları sırasında yükseklikten düşme, elektrik çarpması, kimyasal maruziyet, yangın, ergonomik problemler gibi tehlikelerin mevcut olduğu belirlenmiştir. Bu tehlikeler, çalışanların sağlığını ve güvenliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Özellikle yüksekte çalışma ve elektrikli ekipman kullanımı sırasında ölümlü iş kazaları riski yüksekken, kimyasal maruziyet ve ergonomik riskler meslek hastalıkları açısından daha yüksek bir risk oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın bulgularına dayanarak, tünel kalıp sistemlerinde iş sağlığı ve güvenliği risklerini azaltmak için aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- Çalışanlara yönelik düzenli eğitim programları düzenlenmeli ve özellikle yüksekte çalışma, elektrik güvenliği, kimyasal maddelerle çalışma ve yangın güvenliği konularında bilinçlendirme sağlanmalıdır. Eğitimler, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesinde kritik bir rol oynayacaktır.
- Çalışanların kişisel koruyucu donanımlar kullanımı teşvik edilmeli ve bu donanımların uygunluğu düzenli olarak denetlenmelidir. Özellikle yüksekte çalışma, kimyasal madde kullanımı ve elektrikli ekipmanlarla çalışma sırasında KKD kullanımı hayati önem taşımaktadır.
- Çalışma alanlarında düzenli denetimler yapılmalı ve iş ekipmanlarının bakımları düzenli olarak gerçekleştirilmelidir. Bu, ekipman arızalarından kaynaklanan kazaların önlenmesine yardımcı olacaktır.
- Olası acil durumlar için kapsamlı acil durum planları hazırlanmalı ve bu planlar düzenli olarak tatbikatlarla test edilmelidir. Yangın, elektrik çarpması ve kimyasal sızıntılar gibi acil durumlara karşı hazırlıklı olmak, çalışanların güvenliğini artıracaktır.

- Çalışma alanlarının ergonomik olarak düzenlenmesi, işçilerin doğru duruş ve taşıma teknikleri konusunda eğitilmesi ve düzenli molalar verilmesi sağlanmalıdır. Ergonomik risklerin azaltılması, uzun vadede işçilerin sağlık sorunlarını minimize edecektir.
- Çalışma alanlarında iyi havalandırma ve yeterli aydınlatma sağlanmalı, taşınabilir aydınlatma ekipmanları kullanılmalıdır. Bu, işçilerin çalışma koşullarını iyileştirerek kaza riskini azaltacaktır.

İleriye Yönelik Çalışmalar

Tünel kalıp sistemlerinde kullanılan diğer risk analiz yöntemleri de incelenerek, mevcut yöntemlerle karşılaştırılabilir. Bu bağlamda, aşağıdaki yöntemler değerlendirilebilir:

- 5x5 Matris Risk Analizi
- Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması
- Olay Ağacı Analizi
- Hata Ağacı Analizi
- Görev Tehlike Analizi
- Kaza Nedeni Analizi

Bu yöntemlerin tünel kalıp sistemlerinde kullanımı, risklerin daha etkin bir şekilde tespit edilmesi ve yönetilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca, iş sağlığı ve güvenliği açısından teknolojik yeniliklerin (örneğin, akıllı sensörler ve izleme sistemleri) kullanımı araştırılmalıdır. Bu tür yenilikler, risklerin erken tespit edilmesini ve önleyici tedbirlerin hızlı bir şekilde alınmasını mümkün kılacaktır. Çalışanların psikososyal riskleri ve bu risklerin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri de araştırılmalıdır. İş stresi, çalışma ortamı kaynaklı psikolojik sorunlar gibi konular, çalışanların genel sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Bu nedenle, bu risklerin incelenmesi ve yönetilmesi iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

Li, W., Lin, X., Bao, D. W., & Xie, Y. M. (2022). A review of formwork systems for modern concrete construction. *In Structures* (Vol. 38, pp. 52-63).

MEGEP, M. G., Ahlakı, M., & Kitapçığı, A. (2016). *Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları*.

Terzioglu, T., Turkoglu, H., & Polat, G. (2022). Formwork systems selection criteria for building construction projects: A critical review of the literature. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 49(4), 617-626.

Fine, L. J., Kinney, J. S., & Haupt, E. (1977). Measurement of occupational health and safety performance: current state of the art. *American Journal of Industrial Medicine*, 1(1), 55-68.

Stamatis, D. H. (2003). Failure mode and effect analysis: HTEA from theory to execution. Quality Press.

Bilgin, Ő., Gnaydın, H. M., & Toklu, M. C. (2008). Tunnel form housing production in Turkey: A case study for mass housing. *Building and Environment*, 43(2), 211-219.

Ilıcak, Ő. (2014). Evaluation of the Shear Wall-Frame Interaction in Tunnel Form Buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 18(2), 213-238.

Akbaş, A., & alıŐkan, . (2023). Tnel Kalıp Sistemi. *2nd International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences*. 580-589.

Trkel, E.B. (2016). *Tnel Kalıp Sistemi Kullanılan Betonarme Yüksek Yapılarda Bina zellikleri ile Maliyet Arasındaki İliŐkiler*, Doktora Tezi, İ.T.., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Güler, K. (2009). *Tünel Kalıp Sistemiyle Yapılan Yapıların Deprem Süresince DavranıŐlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, E.., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Harmankaya, Z., & Tuna, M. (2011). Türkiye'de Tünel Kalıp İle Uygulanan ok Katlı Yapı retiminde Kat Adedi Ve Beton Sınıfının Maliyete Etkileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2).

Chaudhary, A. D. (2017). Study of tunnel formwork system & comparative analysis with conventional formwork. *Int. J. Sci. Eng. Res*, 8(5), 1281-1286.

Hayashi, S., & Gondo, T. (2021). Analysis of the construction of a reinforced-concrete free-form roof formwork and the development of a unit-construction method. *Journal of Building Engineering*, 34, 101924.

Shah, M. S. A., Noor, N. M., Kueh, A. B. H., & Tamin, M. N. (2019, April). A review on wooden formwork for concrete casting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 513, 1, 012036.

Terzioglu, T., Polat, G., & Turkoglu, H. (2019). Traditional vs. industrial formwork system supply chains. *International Civil Engineering and Architecture Conference*, Trabzon, Turkey, 87-97.

Bamyacı, . E. (2017). *'Yüksek Katlı Betonarme Binalarda Kullanılan Tünel Kalıp, Geleneksel Kalıp ve Konvansiyonel Kalıp Sistemlerinin Karşılaştırılması*. İller Bankası Anonim Őirketi, Uzmanlık Tezi.

Kaya, E. . (2023) Yangın Ekipmanları retiminde Fine-Kinney Yöntemi Kullanılarak Risklerin Değerlendirilmesi. *GümüŐhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 12(3), 1241-1262.

lger, D. (2019). *Türkiyede konut inşaatlarında iş sağlığı ve güvenliği* (Yskek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Tepebaş, S. (2010). *Tünel kalıp sistemlerinin geleneksel kalıp sistemleri ile maliyet açısından uygulamalı karşılaştırılması*, Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi.

Bayram, H., & KAYA, E. . (2022). Fine-Kinney Metodu İle Risk Analizi: Trabzon Liman rneği. *GümüŐhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11(2), 760-783.

- Tezgelen, D., & Karaman, O. Y. (2014). Evaluation of user comfort in tunnel formwork housing areas: Izmir as a case study. *International Journal of Architectural Research*, 8(1), 78.
- Aktaş, E., & Sabır, E. C. (2024). Bina Yapımında Kullanılan Tünel ve Ahşap Kalıp Sistemlerinin İş Güvenliği Yönünden İncelenmesi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 28-47.
- Choudhry, R. M., Fang, D., & Mohamed, S. (2016). Developing a Model of Construction Safety Culture. *Journal of Management in Engineering*, 32(1).
- Khakzad, N., Khan, F., & Amyotte, P. (2011). Safety analysis in process facilities: Comparison of fault tree and Bayesian network approaches. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(8), 925-932.
- Chen, S. H., Li, L., & Wu, C. Y. (2018). An integrated FMEA method with grey decision-making to determine the importance of failure modes. *Quality and Reliability Engineering International*, 34(6), 1079-1092.
- Ocak, İ., & Avşaroğlu, E. (2020). Fine-Kinney yöntemi ile risk analizi: Bir gıda işletmesinde uygulama. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(9).
- Vaidya, O. S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0–A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
- Choudhry, R. M., Fang, D., & Ahmed, S. M. (2016). Safety management in construction: Best practices in Hong Kong. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(1), 04015002.
- Özkılıç, İ. (2014). İş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeye yönelik risk değerlendirme yöntemleri. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 81-98.
- Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 25-33.
- Doğan, M. (2019). *Elektrik tesislerinde iş sağlığı ve güvenliği: KKEG ve OSGB üzerine bir alan çalışması*, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı.
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40(4), 745-752.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- Keyserling, W. M. (2000). Workplace risk factors and occupational musculoskeletal disorders, part 1: a review of biomechanical and psychophysical research on risk factors associated with low-back pain. *AIHAJ-American Industrial Hygiene Association*, 61(1), 39-50.
- Zhou, Z., Ding, L., & Chen, L. (2017). Construction safety and health management in the beginning of the 21st century: Reviewing the existing gaps and proposing future directions. *Automation in Construction*, 80, 37-47.
- Goetsch, D. L. (2019). *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers*. Pearson.
- Kahraman, E. (2009). Risk ve Tehlike: İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramları Üzerine Bir Değerlendirme. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 1(1), 133-147.
- Serin, G., & Çuhadar, M. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetiminde İnsan Kaynakları Yöneticilerinin Rolü. *Business and Management Studies: An International Journal*, 3(3), 231-243.
- Mammadli, N. (2020). The Impact of Occupational Health and Safety Measures on Employee Performance: A Study of the Construction Industry. *Journal of Business and Economics*, 11(4), 179-187.
- Kanat, İ. E. (2015). *Risk Değerlendirme Yöntemlerinin İnşaat Sektöründeki Uygulanabilirliklerinin İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Hinze, J., Pedersen, C., & Fredley, J. (1998). Identifying root causes of construction injuries. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 67-71.
- Hallowell, M. R., & Gambatese, J. A. (2009). Construction safety risk mitigation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1316-1323.
- Gambatese, J. A., Hinze, J. W., & Haas, C. T. (1997). Tool to design for construction worker safety. *Journal of Architectural Engineering*, 3(1), 32-41.
- Sawacha, E., Naoum, S., & Fong, D. (1999). Factors affecting safety performance on construction sites. *International Journal of Project Management*, 17(5), 309-315.
- Gibb, A., Lingard, H., Behm, M., & Cooke, T. (2014). Construction health and safety: Shaping and researching an agenda for action. *Construction Management and Economics*, 32(7-8), 673-682.
- Hughes, P., & Ferrett, E. (2016). Introduction to Health and Safety at Work: The Handbook for the NEBOSH National General Certificate. Routledge.
- Çiçek, Ö. & Öçal, M. (2017). Dünyada Türkiye Ve Avrupa Birliği'nde İş Kazası Verilerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Emek ve Toplum*, 6(16), 616-637.
- Öztürk, T. (2019). *İş kazalarına etki eden faktörlerin çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi*, (Doktora Tezi), İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı.
- Bekdemir, E. (2019). *Bina inşaatında Fine Kinney ve 5x5 matris risk analizi yöntemlerinin uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı.
- Eser, A. (2015). Güncel iş kazaları verilerinin istatistiksel analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 227-242.
- Olçay, Z. F., & Parlak, T. M. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği Denetimi Türkiye ve İngiltere Örneklerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (41), 81-97.
- GÜNAY, Z., & Onat, S. M. (2020). Ahşap Kalıp Sisteminde İş Sağlığı ve Güvenliği Risklerinin Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 500-509.
- Günay, Z. (2020). *Ahşap kalıp ve tünel kalıp sistemlerinin iş güvenliği açısından risklerin araştırılması üzerine bir uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Health and Safety Executive. (2019). Risk assessment: A brief guide to controlling risks in the workplace.
- Occupational Safety and Health Administration. (2015). Basic guide to first aid.
- World Health Organization. (1999). Occupational Health Services.
- Alpagut, G. (2014). 6331 Sayılı İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanununun Genel Esasları. *Journal of Istanbul University Law Faculty*, 72(2), 31-45.
- T.C. Resmi Gazete. (2012). İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Resmi Gazete No: 28339.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1997). TS 498 - İnşaat Yükleri Hesap Değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., & Venugopal, M. (2013). Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*, 29, 183-195.
- Stamatis, D. H. (2013). Failure Mode and Effect Analysis: HTEA from Theory to Execution. *Quality Press*.

EKLER

EK-1. İşyeri izin belgesi

Tarih:22.07.2024

İlgili Makama,

Şirketimiz çalışanı İnşaat Mühendisi İsmail Üstündağ'ın "TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNDEKİ ÇALIŞMALARIN KANTİTATİF RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI: ERZİNCAN İLİ ŞANTİYE ÖRNEĞİ" başlıklı tez çalışmasını Erzincan şantiyemizde yürütmesi uygundur. Gereğini bilgilerinize arz ederim.

