



TC.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



GEOTEKNİK UYGULAMALARINDA MEYDANA GELEN İŞ KAZALARININ İLERİ İSTATİSTİK YÖNTEMLER İLE ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

İrem Arzum EYGÜL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir

2023

TC.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**GEOTEKNİK UYGULAMALARINDA MEYDANA GELEN İŞ
KAZALARININ İLERİ İSTATİSTİK YÖNTEMLER İLE
ANALİZİ**

İrem Arzum EYGÜL

Danışman: Doç. Dr. Tuğba ESKİŞAR TEFCİ
İkinci Danışman: Doç. Dr. Özge AKBOĞA KALE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Geoteknik Yüksek Lisans Programı

İzmir
2023

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Geoteknik Uygulamalarında Meydana Gelen İş Kazalarının İleri İstatistik Yöntemler ile Analizi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

/ / 2023

İrem Arzum EYGÜL

ÖZET**GEOTEKNİK UYGULAMALARINDA MEYDANA GELEN İŞ
KAZALARININ İLERİ İSTATİSTİK YÖNTEMLER İLE ANALİZİ**

EYGÜL, İrem Arzum

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları: Doç. Dr. Tuğba ESKİŞAR TEFCİ, Doç. Dr. Özge AKBOĞA

KALE

Eylül 2023, 116 sayfa

İnşaat sektörü, iş kazaları riskinin en yüksek olduğu endüstriler arasında yer almaktadır. Kaza riskinin nispeten yüksek olması ve meydana gelen kazaların can kaybı veya yaralanmalara sebebiyet verebileceği dikkate alındığında, diğer sektörlerde çalışanlara oranla, inşaat işçileri daha fazla hayati risk ve yaralanma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, inşaat projelerinin her aşamasının ayrı ayrı planlanması ve çalışma sahasında iş güvenliğinin sürekliliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir. İnşaat sektörünün çok geniş ve çeşitli alanları kapsamına bağlı olarak iş kazaları da çeşitlilik göstermektedir. Söz konusu meydana gelen yüksek riskli kazaların göz ardı edilemeyecek bir kısmı da kazı çalışmaları ve diğer geoteknik uygulamaları esnasında meydana gelmektedir. Geoteknik uygulamaları esnasında meydana gelen ve can kaybı veya yaralanma ile sonuçlanan iş kazalarının eksiksiz ve hatasız kayıtları tam anlamıyla tutulmamakla birlikte, her yıl yüzden fazla can kaybı ve binlerce yaralanmanın meydana geldiği tahmin edilmektedir. Ne yazık ki, birçok araştırma veri eksikliği nedeniyle kapsam olarak sınırlı kalmakta ve ileri düzeyde istatistiksel çalışmalar yapılamamaktadır. Bu eksiklikten yola çıkarak geoteknik uygulamaları esnasında gerçekleşen iş kazalarının istatistikleri için bir veri tabanı oluşturulması girişimlerine katkıda bulunmak, iş kazalarının şiddetini etkileyen faktörleri araştırmak ve ülkemizde bu konudaki önemli bir eksiği gidermeye yardımcı olmak amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır.

Geoteknik Ana Bilim Dalı ile birlikte Yapı İşletmesi Ana Bilim Dalının kesişimi olan özel bir konu olarak seçilen bu tez çalışması kapsamında, öncelikle literatür taraması yapılmış ve geoteknik çalışmalarda iş güvenliği konusunda tamamlanmış ulusal tez çalışmaları ile uluslararası makalelerin bulguları incelenmiştir. Tamamlanan literatür taraması sonrasında Amerika merkezli ve

açık erişime olanak sağlayan bir kurum olan OSHA (Occupational Safety and Health Administration-İşçi sağlığı ve iş güvenliği kurulu) veri tabanı kapsamında seçilen anahtar kelimeler ile yapılan arşiv çalışması sonucu geoteknik uygulama alanlarında 2010-2020 yılları arasında meydana gelen iş kazalarına ait bin’ den fazla kaza raporu incelenmiştir. “Kazı”, “hendek kazıları” ve “kararsız zemin” olarak belirlenen anahtar kelimeler sonucu elde edilen kaza raporlarında yer alan bilgiler belli bir sistematik doğrultusunda değişken olarak tanımlanmış ve her bir değişken kategorilere ayrılmıştır. Kategorik olarak tanımlanan veri seti SPSS programına aktarılarak tek değişkenli sıklık ve çapraz tablolama analizleri kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak kaza şiddeti seçilen çalışmada, tanımlanan bağımsız değişkenlerden kaza tipi, yaralanma türü, güvenlik uygulamasının varlığı, kazaya sebebiyet veren durum/hareket, kazazedenin esas işi ve kazı derinliğinin istatistiksel olarak anlamlı derecede bağımlı değişkeni etkilediği bulgusu elde edilmiştir. Araştırma bulguları doğrultusunda sektörde ve geoteknik uygulamalarında yaşanan iş kazalarının sıklığını ve şiddetini azaltmaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Elde edilen bulguların, Türkiye’de benzer şekilde meydana gelecek kazalara dair önlem alınması hususunda yol gösterici nitelikte olması, kaza sıklık ve şiddetinin azaltılması ve etkin stratejilerin geliştirilmesi konusunda rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Geoteknik, Kazı çalışmaları, İş sağlığı ve güvenliği, İstatistiksel analiz, Kaza raporu, İş kazası

ABSTRACT**ANALYSIS OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN GEOTECHNICAL
APPLICATIONS BY ADVANCED STATISTICAL METHODS**

EYGÜL, İrem Arzum

Master's Degree in Civil Engineering

Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Tuğba ESKİŞAR TEFÇİ, Assoc. Prof. Dr. Özge

AKBOĞA KALE

Eylül 2023, 116 pages

The construction industry is one of the industries with the highest risk of occupational accidents. Therefore, it is so important to plan each stage of construction projects separately and to ensure the continuity of occupational safety at the work site. Depending on the fact that the construction sector covers a wide and diverse range of areas, occupational accidents also vary. Some of these high-risk accidents occur during excavation works and other geotechnical applications. Although complete and accurate records of occupational accidents that occur during geotechnical applications and result in loss of life or injury are not fully recorded, it is estimated that more than one hundred fatalities and thousands of injuries occur each year. However, most of the research is limited in scope due to the lack of data and advanced statistical studies cannot be carried out. Based on this deficiency, this thesis study has been carried out in order to contribute to the efforts to establish a database for the statistics of occupational accidents that occur during geotechnical applications, to investigate the factors affecting the severity of occupational accidents, and to help fill an important gap in this subject in our country.

Within the scope of this thesis study, which was selected as a special subject that is the intersection of the Geotechnical Department and the Construction Management Department, firstly, a literature review was conducted and the findings of national thesis studies and international articles on occupational safety in geotechnical works were analysed. After the completed literature review, more than a thousand accident reports of occupational accidents that occurred between 2010-2020 in geotechnical application areas were examined as a result of the archive study with the keywords selected within the scope of the OSHA (Occupational Safety and Health Administration) database, which is a US-based

institution that allows open access. The information contained in the accident reports obtained as a result of the keywords determined as "excavation", "trench", and "unstable soil" were defined as variables using a specific taxonomy and each variable was disseminated into certain categories. Categorically identified data sets, then were entered by means of SPSS software and analyzed statistically by using univariate frequency and cross-tabulation analyses. In the study where accident severity was selected as the dependent variable, it was found that the accident type, injury type, presence of safety practice, unsafe situation or unsafe act, the occupation of the victim, and the depth of excavation statistically significantly affected the dependent variable. In accordance with the research findings, suggestions towards decreasing the frequency and severity of occupational accidents in the sector and geotechnical applications were made.

It is aimed that the findings obtained will serve as a guide to take precautions for similar accidents in Turkey, to reduce the frequency and severity of accidents and to develop effective strategies.

Keywords: Geotechnical engineering, Excavation, Occupational health and safety, Statistical analysis, Accident report, Occupational accident

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	3
1.3. Tezin Organizasyonu	5
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	7
2.1. Ulusal Tez Çalışmaları.....	7
2.2. Makaleler	8
3. VERİ SETİ ve YÖNTEM	13
3.1. Veri Kaynağı ve Elde Edilmesi.....	13
3.2. Veri Organizasyonu ve Girişi	17
3.3. Konsolidasyon.....	19
3.4. İş Sağlığı ve Güvenliği.....	30
3.5. Geoteknik Kavramı ve Kazı Çalışmaları	33
3.6. Kazı Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği.....	36
3.7. Kazı Çalışmalarında Güvenliğin Sağlanması için Mevcut Standartlar	41
3.7.1. Ulusal Alandaki Yasal Düzenlemeler ve Standartlar	41
3.7.2. Amerika Birleşik Devletleri OSHA Standartları	43
3.8. İstatistiksel Analiz Yöntemleri	53
3.8.1. Tek Değişkenli Sıklık Analizi	54
3.8.2. Çapraz Tablolama Analizi	55
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	60
4.1. Tek Değişkenli Sıklık Analizi Bulguları.....	60

4.1.1. Zaman Karakteristikleri	61
4.1.2. Proje Karakteristikleri	64
4.1.3. Kaza Karakteristikleri	68
4.1.4. Kazazede Karakteristikleri	77
4.1.5. Zemin Karakteristikleri	81
4.2. Çapraz Tablolama Analizi Bulguları	83
4.2.1. Kaza Tipi	85
4.2.2. Yaralanma Türü	86
4.2.3. Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı	88
4.2.4. Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket	89
4.2.5. Kazazedenin Esas İşİ	91
4.2.6. Kazı Derinliği	92
4.3. Detaylı Kaza Raporu Örneklerinin İncelenmesi	94
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR DİZİNİ	108
TEŞEKKÜR	115
ÖZGEÇMİŞ	116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması süreci akış diyagramı.	17
Şekil 3.2. Değişkenler ve taksonomi özet şeması.	19
Şekil 3.3. Kazı ile hendek kazısının karşılaştırılması.	35
Şekil 3.4. Kazı sırasında oluşan çekme çatlakları.	38
Şekil 3.5. Göçüklerin farklı şekillerde oluşumu.	39
Şekil 3.6. Kazılarda meydana gelen göçüklerin bazı tipik nedenleri	40
Şekil 3.7. Yatay:düşey oranı 1,5:1 olan basit şevli kazı	44
Şekil 3.8. Kazı kalkanı ve kapalı iksa örneği.	45
Şekil 3.9. Basit şevli kazıların farklı zemin tiplerine göre izin verilen maksimum eğim değerleri	47
Şekil 3.10. Kademeli kazılarda B tipi zemin için izin verilen maksimum kademe yükseklikleri	48
Şekil 3.11. Ahşap iksa kesiti.	49
Şekil 3.12. Alüminyum hidrolik iksa sistemleri	50
Şekil 3.13. Kazı kalkanı örnekleri	51
Şekil 4.1. Yıllara göre kazaların yüzde dağılımı.	62
Şekil 4.2. Aylara göre kazaların yüzde dağılımı.	63
Şekil 4.3. Proje son kullanımına göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	65
Şekil 4.4. Proje bütçesine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	66
Şekil 4.5. Kazı derinliğine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	67
Şekil 4.6. Kazı şiddetine göre kazaların yüzde dağılımı.	68
Şekil 4.7. Kaza tipine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	70
Şekil 4.8. Yaralanma türüne göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	72
Şekil 4.9. Kaza anında yürütülen genel faaliyete göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	73
Şekil 4.10. Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığına göre kazaların yüzde dağılımı.	74
Şekil 4.11. Kazaya sebebiyet veren durum/harekete göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	76
Şekil 4.12. İncelenen kazalarda ihlal sıklığı (a) ve cezaların maddi değeri, \$ (b).	77
Şekil 4.13. Kazazedenin yaşına göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	78
Şekil 4.14. Kazazedenin esas işine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	80
Şekil 4.15. Sendika durumuna göre kazaların yüzde dağılımı.	81
Şekil 4.16. Zemin tiplerine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.	82
Şekil 4.17. Zemin koşullarına göre kazaların geçerli yüzde dağılımları.	83

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. 2010-2020 yılları arası ölüm ve yaralanmalarla sonuçlanan çeşitli geoteknik uygulama alanları kaza raporu sayıları.....	4
Tablo 3.1. Düzenlemeler ve elemeler sonucu seçilen anahtar kelimeler ile elde edilen kaza raporu sayıları	16
Tablo 3.2. Zaman karakteristikleri değişkenleri ve çalışmada kullanılan alt kategorileri.	20
Tablo 3.3. Proje karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.	21
Tablo 3.4. Kaza karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.	23
Tablo 3.5. Kazazede karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.	27
Tablo 3.6. Zemin karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.	30
Tablo 4.1. Kaza yılının sıklık dağılımı.	61
Tablo 4.2. Kaza ayının sıklık dağılımı.	63
Tablo 4.3. Proje son kullanımı sıklık dağılımı.	64
Tablo 4.4. Proje bütçesi sıklık dağılımı.	66
Tablo 4.5. Kazı derinliği sıklık dağılımı.	67
Tablo 4.6. Kaza şiddeti sıklık dağılımı.	68
Tablo 4.7. Kaza tipi sıklık dağılımı.	69
Tablo 4.8. Yaralanma türü sıklık dağılımı.	71
Tablo 4.9. Kaza anında yürütülen genel faaliyet sıklık dağılımı.	72
Tablo 4.10. Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı sıklık dağılımı.	74
Tablo 4.11. Kazaya sebebiyet veren durum/hareket sıklık dağılımı.	75
Tablo 4.12. Kazazedenin yaşı sıklık dağılımı.	78
Tablo 4.13. Kazazedenin esas işi sıklık dağılımı.	79
Tablo 4.14. Sendika durumu sıklık dağılımı.	80
Tablo 4.15. Çapraz tablolama özet tablosu.	84
Tablo 4.16. Kaza Tipi-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	85
Tablo 4.17. Yaralanma Türü-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	87
Tablo 4.18. Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	89
Tablo 4.19. Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	90
Tablo 4.20. Kazazedenin Esas İş-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	92
Tablo 4.21. Kazı Derinliği-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.	93

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ**Kısaltmalar**

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ILO	International Labour Organization
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
NAICS	North American Industrial Classification System
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
SIC	Standard Industrial Classification
SPSS	Statistical Package for Social Sciences

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, iş kazalarının en sık yaşandığı sektörler arasında yer almaktadır. Birçok çalışma, inşaat sektörünün genel olarak tüm işyeri yaralanmalarının büyük bir bölümünü kapsadığını göstermektedir (Olçay vd., 2022). Ayrıca, inşaat sektörü işin doğası gereği ölümcül mesleki yaralanmalarda diğer tüm sektörlerden daha üst sıralarda yer almaktadır (Hallowell, 2012). İnşaat sahasının ve yürütülen faaliyetlerinin çeşitli ve karmaşık yapısı, kullanılan ağır iş makineleri ve güvenlik kültürü eksikliği nedeniyle yüksek kaza riskine sahip inşaat projelerinin her aşamasının başından sonuna kadar büyük bir titizlikle planlanması ve çalışma sahasında iş güvenliğinin sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir (Fernández et al., 2021; Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b).

Geoteknik çalışmalar, özellikle inşaat projelerinin başlangıcında önemli bir unsurdur ve yeni inşa edilen yapıların nihai kullanımından bağımsız olarak ilk adımı oluşturmaktadır. Ayrıca, yapıların tadilatı, yenilenmesi, bakım ve onarımı da güvenli ve ekonomik çözümler için uygulanacak geoteknik süreçlere ihtiyaç duyar (WorkSafe Victoria, 2014). Geoteknik uygulama alanlarının kapsamlı olmasından dolayı, potansiyel kaza riskleri projeden projeye çeşitlilik göstermektedir. Potansiyel göçüklerden kaynaklanan doğal sonuçlarının yanında düşmeler ve çalışanların ekipmanla veya düşen nesnelerle teması gibi riskleri nedeniyle kazı çalışmaları tüm geoteknik uygulamalar arasında en tehlikeli olanlardan biridir (Wang et al., 2015).

Kazı çalışmaları, genel olarak inşaat sektöründe yüksekte düşmeden sonra en fazla kazanın yaşandığı işlerdir. Kazı çalışmaları sırasında meydana gelen ve ciddi yaralanmalara veya ölümlere neden olan kazaları önlemek için; kazı işi ile ilgili uygun ve güvenliği sağlayacak planlamalar yapılmalı, planlar uygulamaya konulmalı ve uygulama sistematik olarak denetlenmeli, denetleme sonucunda aksayan yönlerle ilgili tedbirler alınmalıdır (Köksal, 2019).

Şantiye ve yapılan işin niteliğine bağlı olarak birçok türü bulunan kazı çalışmaları, inşaat sektörünün olmazsa olmaz işlerindendir. Açıkta yapılan serbest kazılar, yeraltı kazıları, baraj ve hidroelektrik santral kazıları, yol kazıları, tünel kazıları, sanat yapıları kazıları, sıyırma, temizlik ve şekil verme kazıları ile hendek kazıları kazı türlerinin sadece bir kısmını oluşturmaktadır. Her kazı çalışması benzer tehlike ve riskler içermekle beraber, çalışma ortamı, kullanılan kazı teknikleri ve iş ekipmanları gibi değişkenlere bağlı olarak farklı tehlike ve

riskler de içerebilmektedir (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018). Kazı çalışmaları ile ilgili potansiyel riskler arasında yüksekten düşme, düşen cisim tarafından ezilme, tehlikeli atmosferler ve mobil ekipmanlardan kaynaklanan tehlikeler yer alırken göçükler en büyük riski oluşturmaktadır. Bir metre küp toprak bir araba kadar ağır olabileceğinden, göçüklerin kazılarla ilgili diğer olaylara kıyasla işçi ölümleriyle sonuçlanma olasılığı daha yüksektir (OSHA, 2015). Kazının uygun bir eğim ile veya basamaklı bir şekilde açılması ve iksa gibi iyi bilinen ve etkili koruyucu sistemlerin varlığına rağmen, kazı ile ilgili kazalar gerçekleşmeye devam etmektedir (Wang et al., 2015).

Açıkça görülmektedir ki çalışanları, ailelerini, toplumu, şirketleri ve tüm sektörü olumsuz etkileyen bu problem kapsamında gelişmiş kazı güvenliği yöntemlerinin ve kazılarda meydana gelen kazaların kök nedenlerinin araştırılmasına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

T.C Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının belirlediği çok tehlikeli işler kategorisinde bulunan yapı işlerini içeren inşaat sektörü, özellikle can kaybı ile sonuçlanan iş kazalarının fazla olması nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında ayrı bir yere sahiptir. İnşaat sektörünün, proje bazlı ve genelde kısa süreli çalışmaların yapıldığı, işçi sirkülasyonunun çok olduğu ve İSG bilincinin/eğitiminin henüz tam olarak yerleşmediği bir sektör olmasının yanında, geoteknik uygulama alanlarında birtakım ek riskler bulunmaktadır. Daha önce belirtildiği üzere, geoteknik uygulama alanlarının önemli bir kısmını oluşturan kazı çalışmaları için, kazı yüzeylerinin göçme olasılığına ek olarak, hendek içerisindeki işçiler için, yeraltı suyu, atık su veya yağmur suyuna maruz kalarak boğulma, tehlikeli gazlara veya düşük oksijene maruz kalma, düşme, düşen ekipman veya malzemelere maruz kalma ve kopmuş elektrik kablolarıyla temas tehlikeleri bulunmaktadır. Bütün bu riskler göz önünde bulundurulduğunda, inşaat sektörünün parçası olan işyerlerinde ve çalışma sahalarında İSG'nin tam anlamıyla uygulanmasını sağlamak zor bir durumdur. Bu uygulamayı mümkün kılabilmek için, tüm işverenlerin ve çalışanların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi şarttır. Bu bağlamda, geçmişte yapılan riskli hataları gösteren iş kazası örneklerinin incelenmesi ve analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Sistematik olarak kaydedilen bu örnekler ile oluşturulacak veri tabanları, kazaların nedenlerini belirlemede ve sorunlu iş grupları ile faaliyetlerin tespitinde büyük bir yardım sağlayacaktır.

Öte yandan iş kazalarıyla ilgili güncel verilere erişmenin zorluğu birçok araştırmacı tarafından bilinmektedir. Birçok firma kayıt altına aldıkları kaza geçmişlerini itibar zedelenmesi gibi endişeler nedeniyle araştırmacılarla paylaşmayı tercih etmemekte, daha kötüsü kaza kayıtlarını zaten tutmamaktadır. Bu sebeple araştırmacıların firmalarla iletişime geçerek geçmiş iş kazalarına ait güvenilir bir veri setine erişim sağlaması oldukça güçtür. Ayrıca kapsamlı bir veri seti elde etmek için oldukça fazla sayıda firmayla iş birliği yapılması gerekliği de bir başka problem olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yapılan istatistiksel çalışmalarda çoğunlukla Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik yıllıkları kullanılmaktadır. Bu istatistik yıllıkları sektörel bazda kaza sıklıklarına erişim imkânı sağlasa da kaza kök sebeplerinin araştırılmasında yetersiz kalmaktadır. Örneğin, düzenli olarak yayınlanan SGK istatistik yıllıklarından inşaat sektöründe kaç kişinin yaralandığı ya da hayatını kaybettiği öğrenilebilmekte ancak kaç kişinin göçük atında kaldığı ya da yüksekte düştüğü gibi 2. derece kaza bilgilerine erişilememektedir. Bu bilgi eksikliği, geçmiş kazaların tekrarlanmasını önlemek için akademik araştırmacılar tarafından önerilebilecek tedbirleri ve sektör paydaşları tarafından çıkarılabilecek dersleri sınırlamaktadır (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b).

Bu tez çalışması, inşaat sektöründe meydana gelen riskli iş kazalarının büyük bir çoğunluğunu oluşturan geoteknik anabilim dalında, kazı çalışmalarında meydana gelen iş kazalarının istatistikleri için bir veri tabanı oluşturulması girişimlerine, literatürde bulunan diğer benzer uygulamaları da inceleyerek yardımcı olmayı ve ülkemizde bu konudaki önemli bir eksiği gidermeyi hedeflemektedir. Yapılan çalışmada geoteknik uygulamalarında meydana gelmiş kazalar, kaza kök sebeplerini belirlemek amacıyla istatistiksel yöntemler ile analiz edilerek yapılan incelemeler sonucu kazalara neden olan güvensiz durum ve hareketler sunulmuş ve tartışılmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmanın ilk aşamalarında belirlenen geoteknik uygulama alanları ile ilgili çeşitli anahtar kelimeler arasından OSHA (Occupational Safety and Health Administration) veri tabanı kapsamında yapılan arşiv çalışmasının sonucunda hendek kazıları ve kazı çalışmalarının seçilen yıl aralığında en yüksek kaza oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.1). Bu nedenle, yeterli ve doğru veri madenciliği yapılması ve kazaların kök sebeplerinin araştırılması için inşaat sektörünün ve geoteknik uygulamalarının temel aktivitelerinden biri olan kazı

çalışmaları ile ilgili veri kümelerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Dolayısıyla bu tez kapsamında “kazı çalışmaları”, “hendek kazıları” ve doğrudan ilişkili olduğu düşünülen “kararsız zemin” anahtar kelimeleri baz alınarak inşaat endüstrisinin geoteknik branşında kazı çalışmalarında meydana gelen iş kazaları ile sınırlı olmak üzere 808 adet kaza raporu derlenmiş ve mevcut kategorilerde düzenlemeler yapılarak yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Vakaların istatistiksel yöntemler ile analiz edilebilmesi için öncelikle oluşturulan veri seti sistematik bir şekilde değişkenlere ve her değişken de kategorilere ayrılmıştır. Yapılan analizlerde bağımlı değişken olarak kaza şiddeti değişkeni seçilmiş ve diğer değişken türleri bağımsız olarak kabul edilmiştir. OSHA veri tabanındaki raporlara ait, “ölümcül”, “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” şeklinde üçlü kategoriye ayrılmış kaza şiddeti değişkeninde yer alan “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” kategorileri birleştirilerek, “ölümcül olmayan” olarak adlandırılan yeni bir kategorinin elde edildiği bir konsolidasyon uygulanmıştır.

Tablo 1.1. 2010-2020 yılları arası ölüm ve yaralanmalarla sonuçlanan çeşitli geoteknik uygulama alanları kaza raporu sayıları (Kaynak: OSHA- Occupational Safety and Health Administration).

Anahtar Kelime	Toplam Kaza Raporu (01/01/2010-31/12/2020)	Ölümcül	Ölümcül olmayan
Kararsız zemin (unstable soil)	114	59	55
Kazı çalışmaları (excavation)	479	209	270
Hendek kazıları (trench)	612	321	291
Kazık çakma (pile driver)	39	19	20
Sondaj (drilling)	275	176	99
İstinat duvarı (retaining wall)	35	13	22
TOPLAM	1554	797	757

Tezin istatistiksel analiz kısmı temel olarak iki aşamadan meydana gelmektedir. İlk olarak veri setini tanımak ve değişkenlerin dağılımını incelemek amacıyla tek değişkenli sıklık analizi gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken olan kaza şiddeti ile ilişkisini sorgulamak amacıyla çapraz tablolama (cross-tabulation) analizi uygulanmıştır. Böylece geoteknik anabilim dalı, kazı çalışmalarında meydana gelen iş kazalarının ileri istatistiksel yöntemler ile analizi sunulmuştur ve kazaların temel nedenleri ile birlikte kazalara neden olan güvensiz hareketler ve tüm bunların kaza şiddetine olan etkileri detayları ile tartışılmıştır.

1.3. Tezin Organizasyonu

Temelinde OSHA veri tabanı kapsamındaki arşivde belirli bir yıl aralığı için seçilen anahtar kelimeler ile yapılan çalışma sonucu elde edilen 808 adet kaza raporunun incelenmesi ve istatistiksel olarak analiz edilmesi olan tez çalışması 5 ana bölümden oluşmaktadır.

Tez çalışmasının amacı, önemi ve kapsamının yer aldığı giriş bölümünün ardından gelen ikinci bölümde, literatür taraması ile birlikte özellikle geoteknik uygulamaları ve kazı çalışmaları alanında, İSG araştırmaları ağırlıklı olmak üzere, yapılan geçmiş çalışmalar hakkında bilgi vermek amacıyla ulusal alandaki tez çalışmaları ve uluslararası düzeydeki makalelere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmanın metodolojisi ve tez kapsamındaki önemli konseptler anlatılmaktadır. Bu bölümde verilerin elde edilmesi ve organizasyonu açıklanmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler ile taksonomi açıklanmış ve veri girişinin ne şekilde yapıldığı bilgisi paylaşılmıştır. Veri setinin elde edilmesi ve organizasyonu açıklandıktan sonra sırasıyla iş sağlığı güvenliği ve geoteknik uygulamalar ile birlikte bu ikisinin kesişimi olan geoteknik uygulamalar ve kazı çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği konusu detayları ile açıklanarak yönetmeliklerde yer alan önemli hususlara yer verilmiştir. Sonrasında, istatistiksel analiz yöntemleri başlığı altında tek değişkenli sıklık analizi ve çapraz tablolama analizi konuları açıklanarak ilgili teorik bilgiler ve uygulama süreci paylaşılmıştır.

Dördüncü bölümde bulgular ve tartışma kısmı yer almaktadır. Öncelikle istatistiksel analiz bulguları kapsamında SPSS programı aracılığıyla yapılan tek değişkenli sıklık analizlerine ait sonuçlar sıklık tablosu ve grafiksel olarak

paylaşılmış ve ardından çapraz tablolama sonuçlarına yer verilmiştir. Sonrasında veri tabanında incelenen kaza raporlarında yeterli detayları barındıran seçilen birkaç kaza örneği geoteknik uygulamalar açısından detaylı olarak değerlendirilmiştir. Kazaya/göçmeye sebebiyet veren nedenler araştırılarak, güvenlik uygulamaları tartışılmıştır.

Beşinci ve son bölümde sonuçlar yer almış ve kazı çalışmaları esnasında gerçekleşen iş kazalarının şiddetini etkileyen faktörler ve aralarındaki ilişkiler incelenerek, güvenlik risklerinin, iş kazalarının nedenlerinin ve alınması gereken önlemlerin neler olduğuna dair cevaplar verilmiştir. Ayrıca bu bölümde gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde geoteknik anabilim dalı ile iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanının kesiştiği noktalara odaklanan ve bu tez çalışmasının kapsam ve amacına benzer çalışmaların var olup olmadığını incelemek için bu kapsamda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Konu ile ilgili ulusal tez çalışmalarının (Bölüm 2.1) yanında ulusal ve uluslararası alanda yayınlanan makaleler (Bölüm 2.2) bu bölümde kısaca anlatılmaktadır.

2.1. Ulusal Tez Çalışmaları

Geoteknik uygulama alanları ve özellikle kazı çalışmaları ile iş sağlığı ve güvenliği alanının kesiştiği noktalara odaklanan literatürde yer alan ulusal tez çalışmalarının özetleri kronolojik olarak aşağıda sunulmaktadır:

Taş (2015) tarafından iş sağlığı ve güvenliği uzmanlık tezi olarak yapılan çalışma altyapı imalatı, bakım ve değişiklik çalışmalarının önemli bir unsuru olan kanal (hendek) kazılarında çalışanların güvenli bir şekilde çalışmalarını sağlamak ve göçük ile ilgili bilgi birikimi ve iş sağlığı ve güvenliği bilincini artırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, göçük riski ve tedbirleri ile ilgili tanımlar, göçük oluşum süreci, göçüğü tetikleyen faktörler ve ulusal ve uluslararası düzenlemeler hakkında bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, saha ziyaretleri yapılarak mevcut çalışmalar yerinde incelenmiş ve ilgili şartname örnekleri gözden geçirilmiştir. Çalışma kapsamında, altyapı çalışmalarıyla ilgili veriler farklı kurumlardan toplanmış ve bu veriler göçük riskini dikkate alarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, göçük riskine karşı alınabilecek ulusal ve uluslararası standartlar ve bu standartların teknik uygulanabilirlikleri üzerine araştırmalar yapılmıştır (Taş, 2015).

Kurter (2019), geoteknik uygulama alanları ile iş sağlığı ve güvenliği alanının kesiştiği noktalara odaklanan yüksek lisans tezinde, geoteknik işlerle ilgili kapsamlı bir bilgi sunmuş, ve bu sektörde var olan iş güvenliği tehlikelerine ve çalışanların gürültü maruziyetine odaklanan bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırma, popüler geoteknik uygulamaları kapsayan mevcut imalat ve uygulama tiplerini içermekte olup, elde edilen bulgular ile geoteknik uygulamalarında meydana gelen iş kazalarına ilişkin olarak iş kanununda gürültü maruziyetiyle ilgili spesifik önlemler ve kuralların belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Kurter, 2019).

Köksal (2019) tarafından yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, kazı işlerinde iş güvenliği uygulamaları incelenmiş, OSHA standartları ile Türkiye'de uygulanan resmi iş sağlığı ve güvenliği düzenlemeleri karşılaştırılmış ve bu karşılaştırmalar sonucunda L Matris tipinde bir risk değerlendirme formu oluşturulmuştur. Oluşturulan risk değerlendirme formu, farklı eğitim düzeyine sahip inşaat mühendisliği lisans öğrencileri, bir üniversite kampus inşaatındaki çalışanlar ve deneyimli inşaat mühendisleri tarafından doldurulmuş ve elde edilen bulgulara göre bu gruplar arasındaki risk algılarındaki farklılıklar incelenmiştir. Çalışma sonucunda, formdaki farklılıkların eğitimin risk algısını etkilediği ve ayrıca sahada çalışanların üstlendikleri görevlere bağlı olarak risk algılarında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kazı işleriyle ilgili resmi düzenlemelerdeki eksikliklere vurgu yapılarak kazı işlerinin daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlere değinilmiştir (Köksal, 2019).

Verilen örnek çalışmalardan da anlaşılabileceği üzere, yapılan literatür taramasında geoteknik ve İSG alanlarının kesişim noktalarına odaklanan birtakım ulusal tez çalışmaları elde edilmiştir. Ancak bu tez çalışmasının kapsamında, geoteknik uygulama alanları ve kazı çalışmalarında meydana gelen iş kazalarının istatistiksel analizi konusu ile benzerlikler gösteren daha çok uluslararası yayın olduğu tespit edilmiştir. Geçmiş yıllardan itibaren spesifik olarak OSHA veri tabanından yararlanılarak yapılan bu konudaki istatistiksel çalışmalar, bu alanda meydana gelen kazaların miktarını ve önemini vurgulamakta, zayıf noktaların belirlenmesine yardımcı olmakta ve alınması gereken önlemler için yol göstermektedir. Ülkemizdeki konuyla ilgili araştırmaların sınırlı olmasının, mevcut istatistiksel veri tabanlarının tam olarak ihtiyaçları karşılamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

2.2. Makaleler

Ulusal tez çalışmalarının yanı sıra, konu ile ilgili literatürde yer alan ulusal ve uluslararası makalelerin ve diğer bilimsel çalışmaların özetleri kronolojik olarak aşağıda sunulmaktadır:

Stanevich and Middleton (1988), kazı göçüklerinde meydana gelen ölümcül iş kazalarını araştırdıkları çalışmalarında, 92 çalışanın ölümcül şekilde yaralanmasıyla sonuçlanan 85 ölümcül kazı göçüğünü analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında, 1974'ten 1981'e kadar inşaat sektörü için bildirilen OSHA vakalarından elde edilen kaza özetlerinde ölümcül şekilde yaralanan tüm

Çalışanların erkek olduğu ve yaşlarının 15 ile 70 arasında değiştiği, ortalama yaşın ise 37 olduğu bulguları elde edilmiştir. Toplamda 55 gk vakasının incelendiği çalışmada, ölümlerin büyük çoğunluğunun desteksiz, dikey duvarlı, derinliği 1.5 metre veya daha fazla olan kazılarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Sadece dokuz vakada bir çeşit iksa sisteminin mevcut olduğu ve bunların yedisinde kazazedelerin gk sırasında koruma sisteminin yakınında çalışmadığı elde edilen bir diğer bulgudur. Yapılan analiz, kazı çalışmalarında meydana gelen ölümlerinin açıkça yetersiz iksa sistemi veya eğimin bir sonucu olduğunu göstermiştir. Ekonomik teşviklerin, mevcut standartların açıklığa kavuşturulması ve uygulanması ile güvenlik standartlarının kasıtlı olarak ihlal edilmesine yönelik cezai yaptırımların kabul edilmeye başlanmasının, inşaat sektöründe halen yaygın olan güvensiz uygulamaları değiştirebileceği çalışma kapsamında öngörülmüştür (Stanevich and Middleton, 1988).

Suruda et al. (1988), benzer şekilde inşaat sektöründe hendek kazısı gklerinden kaynaklanan ölümleri araştırdıkları çalışmalarında, ABD'de her yıl en az 70 çalışanın hendek gklerinde hayatını kaybettiğini ve hendek kazılarında çalışmaya ilişkin OSHA standartlarının anlaşılması zor ve yetersiz oldukları gerekçesiyle eleştirildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada 1974-1986 yılları arasında çoğunlukla OSHA soruştırmalarından elde edilen 306 ölümlü vaka incelenmiştir. lmlerin çoğunun kanalizasyon hattı kazılırken sığ hendeklerde meydana geldiği ve kazı duvarlarının desteklenmemesi ya da duvarlara eğim verilmemesi nedeniyle meydana geldiği tespit edilmiştir. Gklerde karşılaşılan ölüm riskinin genç çalışanlarda ve kk firmalarda çalışanlarda daha yüksek olduğu ve ölümlerin sadece %12'sinin sendikalı firmalarda gerçekleştiği elde edilen diğer bulgular arasındadır. OSHA'nın, vakaların %94'nde 58,400 ABD dolarına kadar değişen para cezaları verdiği; ortalama para cezasının ise ölüm başına 1,991 ABD doları olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, gk nedeniyle meydana gelen ölümlerin öneminin ve bu ölümlerin uygun koruyucu sistem ve uygulamalar ile önlenebileceğinin üzerinde durulmuştur (Suruda et al., 1988).

Lew et al. (2002), "Kazı ve Hendek Açma Güvenliği: Mevcut Standartlar ve Zorluklar" başlıklı çalışmalarında, OSHA'nın mevcut kazı ve hendek açma standartlarını, özellikle de OSHA Standardı 1926 Alt Bölüm P'deki gereklilikleri ve yetkili kişinin rolleri ve diğer önemli konuları ele almışlardır. OSHA standartlarının kurallar çerçevesinde sorumlu kişilerin bilgi, eğitim ve deneyimi gibi güvenlikle ilgili pek çok hususu kapsadığı ancak bu kuralların genellikle

yanlış anlaşılmakta ya da göz ardı edilmekte olduğu tespit edilmiştir. Bu makalede yetkili kişinin kazı güvenliğindeki rolü tartışılmış ve kazaların özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara, saha ziyaretlerine ve çalışanlar ve denetçilerle yapılan görüşmelere dayanarak, potansiyel müdahale stratejilerinin belirlenebileceği ön görülmektedir. Bunlar ayrıca, OSHA'ya kazı güvenliği, mühendislik kontrolleri ve inşaatta güvenlik yönetimi konularına ilişkin mevcut standartlarla ilgili tavsiyeleri de içermektedir. Bulguların ilk incelemesinden elde edilen iki temel gözlem, çalışma sahasında yetkin bir kişiye ve inşaat faaliyetlerinin başlamasından önce etkili bir çalışan eğitime ihtiyaç duyulduğuna işaret etmektedir (Lew et al., 2002).

Suruda et al. (2002), “OSHA Hendek ve Kazı Standardının İnşaat Sektöründeki Ölümcül Yaralanmalar Üzerindeki Etkisi” başlıklı çalışmalarında, OSHA tarafından 1989 yılında revize edilen hendek ve kazı standartları kapsamında revizyondan önceki ve sonraki beş yıllık dönemler için inşaat sektöründe kazı göçüklerinden kaynaklanan ölümcül yaralanmaları, her iki dönem için de verilerin mevcut olduğu 47 ABD eyaletinde incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre standardın revize edilmesinden sonra ölümcül yaralanma oranında 2 katlık bir düşüş yaşanmış olup, bu düşüşün aynı dönemde inşaat sektöründeki diğer ölümcül yaralanma nedenlerinde gözlenen düşüşü önemli ölçüde aştığı tespit edilmiştir. Düşüşün büyük ölçekli firmalarda biraz daha fazla olmakla birlikte, tüm büyüklük sınıflarındaki inşaat firmalarında belirgin olduğu gözlenmiştir. Sendikali çalışanlarda kazı göçüğünden kaynaklanan ölüm oranının sendikasız çalışanların yaklaşık yarısı kadar olduğu tespit edilmiş, ancak bunun sendika statüsüyle mi, sendikali işçilerin daha büyük inşaat firmalarında istihdam edilmesiyle mi yoksa her ikisiyle mi ilgili olduğu belirlenememiştir. Bu çalışma ayrıca, OSHA düzenlemelerinin ölümcül iş kazalarını önlemedeki etkinliğine dair kanıtları sunmaktadır (Suruda et al., 2002).

Arboleda and Abraham (2004), “Hendek Açma Çalışmalarında Meydana Gelen Ölüm-Kaza Nedensellik Modelleri Kullanılarak Analiz” başlıklı çalışmalarında, her yıl 65'ten fazla çalışanın hendek kazıları çalışmalarında meydana gelen kazalar nedeniyle hayatını kaybettiğini ve bu kazaların önlenmesinin, kazaların nedenlerinin net bir şekilde anlaşılmasıyla mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, 1997-2001 yılları arasında OSHA'dan alınan hendek açma faaliyetleriyle ilgili 296 kaza raporunun analizini tartışılmaktadır. Ölüm raporlarını analiz etmek ve kazı çalışmalarında meydana gelen ölümlerin "nasıl" ve "neden" olduğu arasındaki başlıca ilişkileri bulmak için

çalışma kapsamında iki model ele alınmıştır: Birinci model fiziksel süreçlerle ilgili nedenleri, ikinci model ise insan davranışlarıyla ilişkilendirilebilecek nedenleri değerlendirmektedir. Bu iki model ve diğer faktörler arasındaki temel bağlantıların anlaşılması ile hendek kazıları çalışmalarında meydana gelen ölümlerin önlenmesi için daha etkili stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır (Arboleda and Abraham, 2004).

Plog et al. (2006), kazı çalışmalarına bağlı yaralanma ve ölümleri önleme stratejilerini araştırdıkları çalışmalarında, hendek kazılarında meydana gelen ölüm ve yaralanmaların neden meydana gelmeye devam ettiğini daha iyi anlamaya ve bunları önlemek için daha fazla önlem almaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Bu projenin amacı, verileri, görüşmeleri, saha ziyaretlerini ve gözlemleri kullanarak hendek kazılarına bağlı yaralanma ve ölümleri önlemeye yönelik stratejiler geliştirmektir. Proje, yazarların bulunduğu Kaliforniya'daki kazı çalışmalarında görev alan çalışanlar için güvenlik müdahalelerine odaklanmıştır, ancak stratejiler ABD inşaat endüstrisinin tamamında uygulanabilir seviyededir (Plog et al., 2006).

Akboğa Kale ve Eskişar (2017), yaptıkları çalışmada geoteknik saha çalışmalarında rapor edilen iş kazalarını değerlendirmektedir. Çalışmada kullanılan kaza değişkenleri, kazaların yıl ve ayı, iş kollarının kapsamını tanımlamak için kullanılan teknik kodlar, projenin son kullanımı, proje türü ve maliyeti, kazaların niteliği ve nedeni, kazazedelerin mesleği ve son olarak ölüm nedeni olarak kategorize edilmiştir. Sonuç olarak, kazazedelerin çoğunun yeni bir projede veya mevcut bir projeye yeni eklemeler üzerinde çalışanlar olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kazı, hendek açma, boru döşeme veya kazık çakma çalışmalarının kazaların ana sebepleri olduğu; göçük, düşen cisim çarpması ve duvar çökmesinin ise ölümlerin ana sebepleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, ölümlerin yarısından fazlasının asfiksiden kaynaklandığı ardından ise kırıkların geldiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular, geoteknik çalışmalarda meydana gelen kazaların sadece yüksek sıklıkta değil, aynı zamanda yüksek şiddette olduğunu göstermektedir. Bu sebeple çalışmada, projenin niteliği, maliyeti ve önemi ile projede çalışan meslek grupları değişkenleri göz önünde bulundurularak projeye özel önlemler alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Akboğa Kale and Eskişar, 2017).

Akboğa Kale ve Eskişar (2018a), yaptıkları çalışmada OSHA veri tabanında veri madenciliği gerçekleştirilerek 1984-2013 yılları arasında seçilen 247 vaka

için geoteknik uygulamalarda meydana gelen kazaların temel nedenlerini analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında proje son kullanımı, proje türü ve maliyeti, zemin türü ve durumu, yaralanma türü ve derecesi, kaza nedeni ve türü, güvensiz eylemler ve kazazedenin mesleği ve sendika durumu gibi değişkenleri tartışmak için tanımlayıcı istatistiksel analizler yapılmıştır. Sonuçlar, bu kazaların yüksek tekrarlanma sıklığına ve %54.3 oranında ölümle sonuçlanması sebebiyle yüksek şiddet düzeyine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çalışma sonucunda 5 milyon ABD (Amerika Birleşik Devletleri) dolarına ulaşan cezalarla birlikte toplam 838 ihlal kaydedilmiştir. Bu çalışma, kazaların temel nedenlerine ilişkin olarak projeye özgü karşı önlemlerin alınması gerektiğini vurgulayarak, güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi için güçlü stratejilere yol göstermektedir (Akboğa Kale and Eskisar, 2018a).

Akboğa Kale ve Eskişar'ın (2018b), bir başka çalışmasında ise kazı çalışmaları esnasında meydana gelen 92 kazaya ait rapor detaylarıyla incelenmiştir. Benzer şekilde, çalışmada analiz edilmek üzere kullanılan iş kazaları, OSHA veri tabanının 1986-2014 yılları arasında meydana gelen kazalardan ilgili anahtar kelimeler ve Standart Endüstriyel Sınıflandırma Sistemi (SIC) kullanılması ile ayıklanmıştır. Kaza raporlarının analizinde tek değişkenli sıklık analizinin kullanılması sonucu kazı çalışmalarında iş kazalarının %60.9 oranında ölümle sonuçlandığı tespit edilmiştir. En sık gözlenen güvensiz hareket olarak güvenlik ekipmanının sağlanmaması çalışma sonucu elde edilen diğer bir bulgu olmuştur (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b).

Bu çalışmalar sonucu elde edilen bulguların, benzer şekilde meydana gelecek kazalara karşı önlem alınmasına yönelik etkin stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması için fikir vermesi amaçlanmıştır. Mevcut tez çalışması ise bu makalelerde ele alınan konuların üzerine inşa edilerek ve veri madenciliğini 2010-2020 yılları arasına taşıyarak genişletmek, derinleştirmek ve elde edilen bulguları karşılaştırarak sektörde ve özel olarak kazı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği alanındaki gelişmeleri yorumlamak amacıyla yapılmıştır.

3. VERİ SETİ ve YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın metodolojisi detaylı olarak anlatılmaktadır. Öncelikle çalışma kapsamında kullanılan veri setini oluşturma aşamaları Bölüm 3.1 (Veri Kaynağı ve Elde Edilmesi) ve Bölüm 3.2 (Veri Organizasyonu ve Girişi)'de açıklanmıştır. Veri kaynağı ve verilerin nasıl elde edildiği, organizasyonu ve SPSS programına hangi biçimde aktarıldığının açıklandığı bu bölümlerde çalışma kapsamında yer alan zemin karakteristiklerinin de dahil edildiği oluşturulan yeni taksonomi açıklanmıştır. Ayrıca elde edilen değişken kategorilerinin mevcut halleriyle çalışmada kullanılamayacak derecede çok olduğu ve bu nedenle kategorilerde konsolidasyon yöntemi ile bazı değişiklikler yapıldığı detaylı olarak anlatılmaktadır. Konsolidasyon alt başlığında (Bölüm 3.3) anlatılan bu yöntem ile yeniden düzenlenen değişken kategorileri açıklanmıştır. Bölüm 3.4 (İş Sağlığı ve Güvenliği) ve 3.5 (Geoteknik Kavramı ve Kazı Çalışmaları)'te çalışmada önemli bir yere sahip olan kavramlar detaylı olarak açıklanmıştır. Bölüm 3.6'da bu kavramların kesişim noktası olan ve bu tezin araştırma konusunu oluşturan kazı çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği konusu detaylarıyla incelenmiş ve Bölüm 3.7'de ulusal ve uluslararası alanda ilgili standartlar ve yasal düzenlemeler hakkında önemli hususlar paylaşılmıştır. Sonrasında Bölüm 3.8 (İstatistiksel Analiz Yöntemleri)'de, veri seti hakkında genel bilgi vermesi amacıyla uygulanan tek değişkenli sıklık analizi (Bölüm 3.8.1) ve değişkenlerin bağımlı değişken ve birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan çapraz tablolama analizi (Bölüm 3.8.2) yöntemleri ile ilgili teorik bilgiler paylaşılarak uygulama süreci açıklanmıştır. Tüm analizler MS Excel ve SPSS programları kullanılarak yapılmıştır.

3.1. Veri Kaynağı ve Elde Edilmesi

İnşaat sektöründe, özellikle İSG alanında yapılan çalışmalar için kapsamlı ve güvenilir veri tabanlarının kısıtlı olduğu ve dolayısıyla yeni bir veri seti oluşturmanın ne kadar zor olduğu bilinmektedir. İş kazalarının düzenli kaydının tutulması ile ilgili uygulama eksikliklerinin yanında firmaların kaza durumlarını itibar zedeleyici olarak görüp kaza raporlarını paylaşmaktan çekinmeleri de kaçınılmaz bir gerçek olarak bu duruma sebebiyet vermektedir (Akboğa, 2014).

Türkiye'de meydana gelen iş kazaları, işverenlerin "Sosyal Güvenlik Kurumu İş Kazası ve Meslek Hastalığı Bildirim Formu" aracılığıyla Sosyal Güvenlik Kurumu'na yaptıkları bildirimlerle kaydedilmektedir. İşverenlerin iş

kazasını kolluk kuvvetlerine derhal ve SGK'ya en geç 3 iş günü içerisinde bildirmesi zorunludur (Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 2006). SGK her yıl bu bildirimleri derleyerek özetlerini internet sitesinde istatistik yıllıkları adı altında toplum ile paylaşmaktadır. Birinci bölümde belirtildiği üzere, ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin yapılan çalışmalarda çoğunlukla SGK tarafından yayınlanan bu istatistik yıllıkları kullanılmaktadır. Ancak özet olarak yayınlanan bu istatistik yıllıkları, 2. derece kaza bilgileri içermemesi sebebiyle kaza kök sebeplerinin araştırılması aşamasında yetersiz kalmaktadır.

Diğer yandan, yurt dışında uygulanan kaza bildirim süreçleri kapsamında OSHA tarafından uygulanan sistem ayrıntılı olarak incelenmiştir çünkü işçi sağlığı ve iş güvenliği konusu, dünyanın bir çok gelişmiş ülkesinde olduğu gibi Amerika Birleşik Devletleri'nde de üzerinde titizlikle durulan bir konudur. ABD'de 1970 yılında OSHA'nın kurulması ile beraber işçilerin işyerinde güvenliklerinin sağlanması yasal zorunluluk haline gelmiştir. OSHA bunun için çeşitli işçi sağlığı ve iş güvenliği standartları ve yönetmelikler yayınlamış ve bu yönetmeliklerin ihlali halinde işverenlere ağır cezalar verilmesine dayalı bir sistem oluşturmuştur (Baradan, 2006). OSHA'nın 1 Ocak 2015'te yürürlüğe giren revize edilmiş raporlama kuralından önceki eski iş kazası bildirim koşullarına göre işverenlerin, işyerindeki tüm ölümleri ve aynı olayda 3 ya da daha fazla işçinin hastaneye yattığı durumları raporlamaları gerekiyordu. 2015 yılında güncellenen yeni raporlama koşulları ile birlikte, işverenlerin tüm işle ilgili ölümleri olayın ortaya çıkmasından sonraki 8 saat içinde ve tüm hastaneye yatanları, uzuv kopmalarını ve göz kayıplarını olayın ortaya çıkmasından sonraki 24 saat içinde raporlamaları gerekmektedir. İşverenler, bu bildirimleri çalışma saatleri sırasında işyerlerine en yakın bölge ofisini arayarak, 24 saat içinde istedikleri herhangi bir zamanda OSHA hattını arayarak veya çevrimiçi raporlama yoluyla yapma imkanına sahiptir (Akboğa vd., 2015).

Bu tez çalışmasında yapılan istatistiksel çalışmanın sektörel bazda olmasının yanında sadece belirli bir branşı kapsamı ve konu ile ilgili ülkemizdeki veri tabanının eksikliğinden dolayı veri kaynağı olarak Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı Meslek Güvenliği ve Sağlığı İdaresinin (OSHA) açık erişime olanak sağlayan veri tabanı üzerinde çalışma yapılması daha uygun bulunmuştur. Yapılan istatistiksel çalışmada kullanılan verilerin ABD merkezli olmasına rağmen çalışma sonucu elde edilen bulguların, Türkiye'de benzer şekilde meydana gelecek kazalara dair önlem alınması hususunda yol

gösterici nitelikte olması, kaza sıklık ve şiddetinin azaltılması ve etkin stratejilerin geliştirilmesi konusunda rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

Tez kapsamında seçilen anahtar kelimeler ile yapılan arşiv çalışması sonucu geoteknik uygulama alanlarında 2010-2020 yılları arasında meydana gelen güncel iş kazalarına ait 1000’den fazla kaza raporu incelenmiştir. Kaza raporları OSHA resmi internet sitesinin “Ölüm ve Felaket Düzeyinde Kaza Soruşturma Özetleri (Fatality and Catastrophe Investigation Summaries)” arşivinde veri madenciliği yapılarak elde edilmiştir. Ölüm ve Felaket Düzeyinde Kaza Soruşturma Özetleri, OSHA’nın bir ölüm veya felaket düzeyinde kazaya yanıt olarak bir denetleme gerçekleştirmesinin ardından hazırlanıp açık erişime olanak sağlayan OSHA internet sitesinde yayınlanır. Özetler, genellikle kazaya yol açan olaylar ve nedensel faktörler de dahil olmak üzere olayın tam bir tanımını sağlar. Bu özetler anahtar kelimeye, özet açıklamasındaki metne, olay tarihine ve sektöre göre aranabilmektedir. Şu anda internet sitesinde mevcut olan özetler 1984 yılından başlayarak bugünün tarihinden 1 yıl öncesine kadar tamamlanmış soruşturmaları içermektedir. OSHA personelinin soruşturmayı tamamlaması ve gerektiğinde özeti revize etmesi için zaman sağlamak amacıyla daha sonraki tarihler için özetlerin mevcut olmadığı belirtilmektedir.

Bölüm 1.2 (Çalışmanın Kapsamı)’de belirtildiği üzere, OSHA veri tabanında yapılan arşiv çalışmasının sonucunda hendek kazıları ve kazı çalışmalarının seçilen yıl aralığında en yüksek kaza oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.1). Dolayısıyla bu tez kapsamında “kazı çalışmaları”, “hendek kazıları” ve doğrudan ilişkili olduğu düşünülen “kararsız zemin” anahtar kelimeleri seçilmiştir. Ölüm ve Felaket Düzeyinde Kaza Soruşturma Özetleri kapsamında seçilen anahtar kelimeler için belirlenen yıl aralığında arama yapılarak arama sonucu elde edilen her bir kaza raporu detaylı olarak incelenmiştir. Seçilen anahtar kelimelerden birden fazlasına sahip olduğu için özellikle “kazı çalışmaları” ve “hendek kazıları” anahtar kelimeleri arasında çakışan birçok kaza raporu tespit edilmiş ve oluşturulan veri tabanı için bu çakışmalar göz önünde bulundurularak her bir kaza raporu verisi yalnız bir kez girilecek şekilde elemeler yapılmıştır. Ayrıca, geoteknik uygulama alanlarında meydana gelen iş kazaları ile sınırlı olacak şekilde, konu ile ilgili olmadığı düşünülen veya kalp krizi gibi doğal ölüm sebebi içeren bazı kaza raporlarının da elenmesi sonucu toplamda 808 adet kaza raporu derlenmiş ve yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur (Tablo 3.1).

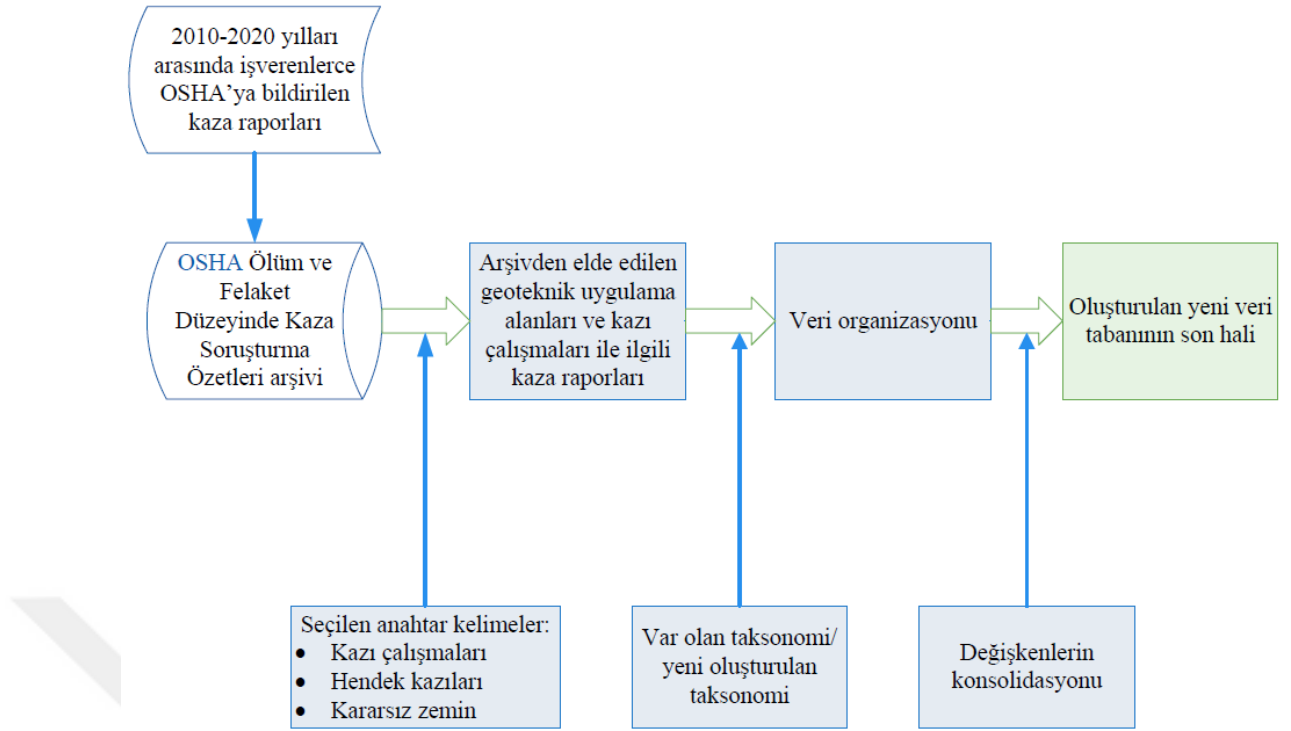
Tablo 3.1. Düzenlemeler ve elemeler sonucu seçilen anahtar kelimeler ile elde edilen kaza raporu sayıları (Kaynak: OSHA- Occupational Safety and Health Administration).

Anahtar Kelime	Yapılan Elemeler Sonucu Toplam Kaza Raporu (01/01/2010-31/12/2020)	Ölümcül	Ölümcül olmayan
Kararsız zemin (unstable soil)	69	27	42
Kazı çalışmaları (excavation)	401	163	238
Hendek kazıları (trench)	338	183	155
TOPLAM	808	373	435

Verilerin organizasyonuna geçmeden önce çalışmanın kaynağı olan Ölüm ve Felaket Düzeyinde Kaza Soruşturma Özetleri kapsamındaki kaza raporları hakkında detaylı bilgi vermek faydalı olacaktır.

Kaza Raporu Ayrıntıları sayfasında kaza özeti numarası ve kazanın açıklaması ile birlikte denetleme numarası, kazanın meydana geldiği tarih, SIC (Standart Endüstriyel Sınıflandırma) kodu veya NAICS (Kuzey Amerika Endüstriyel Sınıflandırma Sistemi) kodu, işveren şirket adı, kazayı tanımlayan anahtar kelimeler, projenin son kullanımı bilgisi, proje türü, projenin maliyeti, kazaya bağlı bir ölüm olup olmadığı bilgisi, kazazede(ler)in yaşı ve cinsiyeti, yaralanma derecesi, kazazede(ler)in maruz kaldığı yaralanmaların kısa bir açıklaması, düşme yüksekliği, kaza nedeni ve varsa ölüm nedeni dahil olmak üzere kazanın ayrıntıları ve ek bilgiler yer almaktadır. Ayrıca OSHA, denetim ve ceza faaliyetlerine ilişkin bilgileri de Elektronik Bilgi Edinme Özgürlüğü Yasası hükümleri uyarınca internet sitesinde yayınlamaktadır. Kaza Raporu Ayrıntıları sayfasında denetim numarası altında yer alan denetim detayları sayfası rapor numarası, kaza yerinin adresi, denetim türü ve kapsamı, mülkiyet türü, sendika durumu, dava durumu, soruşturmanın kapatıldığı tarih, ihlal ve cezalar gibi diğer detayları içermektedir.

Veri tabanının oluşturulması ayrıca Şekil 3.1’de şematik olarak özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması süreci akış diyagramı.

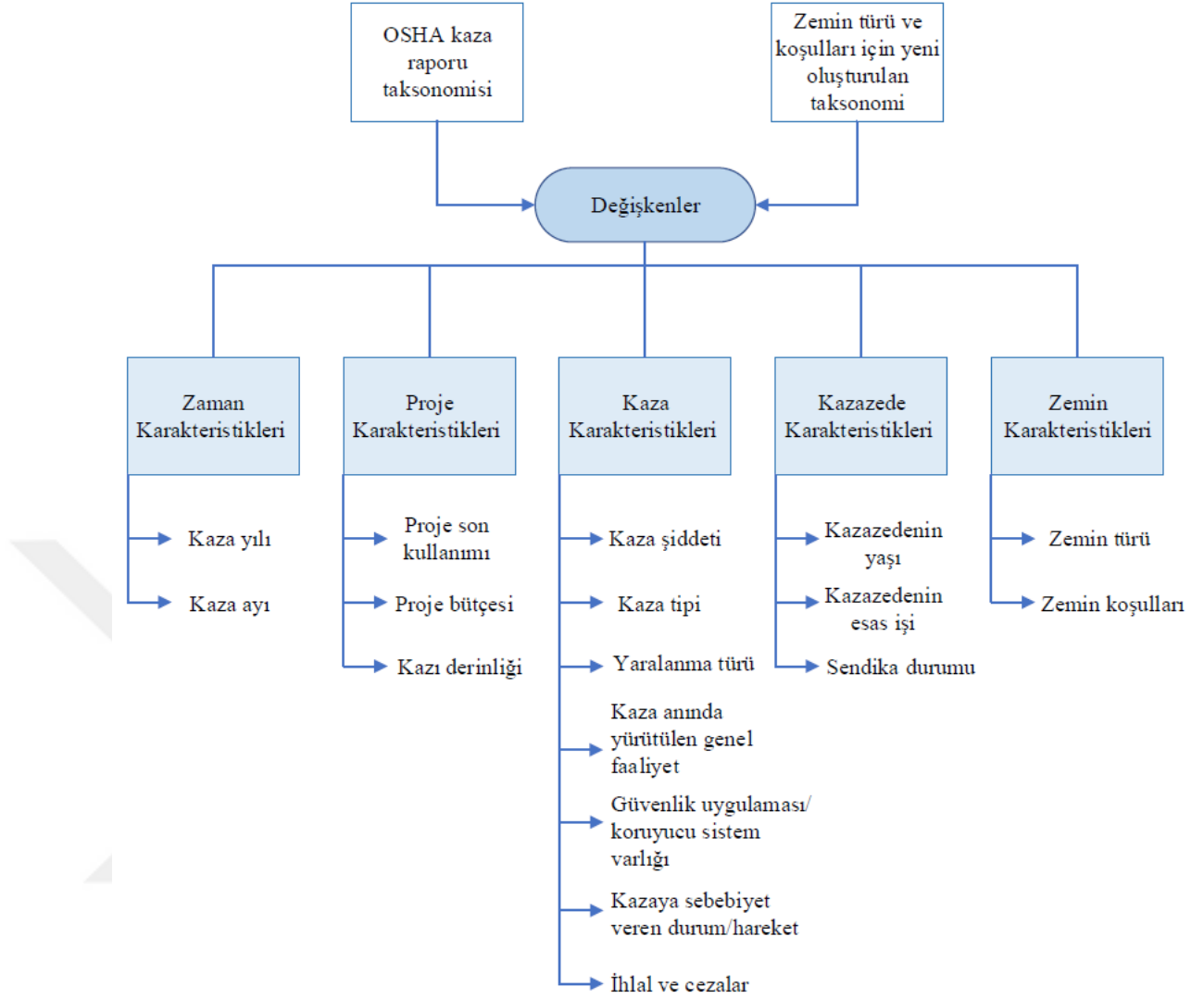
3.2. Veri Organizasyonu ve Girişi

OSHA arşivinden seçilen anahtar kelimeler ile arama yapılarak derlenen 808 adet kaza raporunda yer alan bazı bilgiler çalışma kapsamında kullanıma uygun bulunmamıştır. Örneğin, istatistiksel açıdan kullanıma uygun olmasına rağmen endüstriyel sınıflandırmada kullanılan SIC (Standart Endüstriyel Sınıflandırma) kodu veya NAICS (Kuzey Amerika Endüstriyel Sınıflandırma Sistemi) kodu bunlardan biridir. Hem Standart Endüstriyel Sınıflandırma (SIC) hem de Kuzey Amerika Endüstriyel Sınıflandırma Sistemi (NAICS), sektör tanımlaması için kullanılan sistemlerdir. NAICS, endüstrileri sınıflandırmak için altı basamaklı hiyerarşik bir kodlama sistemi kullanarak SIC sisteminin dört basamaklı kodlarına göre daha fazla ayrıntı sağlar. 2003 yılında OSHA, çeşitli veri setlerinde sektör tanımlaması için SIC yerine NAICS kodlama sistemini kullanmaya başlamıştır ancak SIC tabanlı çeşitli OSHA veri setleri hala mevcuttur (OSHA, 2023). Çalışma kapsamında incelenen kaza raporları güncel tarihli olduğu için çoğunlukla NAICS kodu içermelerine rağmen bazı raporların hala SIC kodlama sistemi içerdiği gözlemlenmiştir. Veriler arasındaki bu tutarsızlık, kazanın meydana geldiği endüstri tanımlamasına olanak sağlayan bu kodlama sistemlerinin istatistiksel analiz kapsamında kullanılmamasının sebeplerinden biri

olmuştur. Bu kodlama sistemlerinin çalışmaya dahil edilmemesinin diğer bir sebebi ise geoteknik uygulamalarının ve kazı çalışmalarının sadece inşaat sektörü ile kısıtlı kalmayıp bir çok uygulama alanına sahip olması ve dolayısıyla incelenen verilerin çok sayıda farklı endüstri sınıfına dahil olması ile kategorilerin konsolide edilememesidir. Konsolidasyon yöntemi bir sonraki bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Kaza raporlarında yer almasına rağmen çalışmaya dahil edilmeyen bir diğer değişken de kazazedenin cinsiyet bilgisidir. İnşaat sektöründe ve geoteknik uygulamalarında çalışanların bedensel güç gerektirmesinden kaynaklı olarak erkek çalışanların çokluğu beklenen bir durumdur. Ancak istatistiksel açıdan kullanıma uygun olmasına rağmen 808 adet raporun içinde sadece 4 adet kadın kazazede bilgisine rastlanıldığı için cinsiyet bilgisi bu çalışmada değişken olarak yer almamaktadır. Yine benzer bir sebeple mülkiyet türü bilgisi, 808 adet raporda sadece 23 adet devlete ait projenin gözlemlenmesi ve kalan 785 adet verinin özel mülk kategorisine girmesi sebebi ile çalışmaya dahil edilmeyen diğer bir değişkendir.

Sonuç olarak yapılan bu elemeler sonrasında elde edilen kaza raporları kapsamındaki diğer bilgiler ileri istatistiksel analizlerde kullanılabilir. Kaza raporlarında hali hazırda var olan taksonomini kullanılarak elde edilen bilgilere ek olarak taksonominin dışında kalan ancak çalışma kapsamında yer alan zemin türü ve koşulları bilgileri de kaza açıklamalarının detaylı incelenmesi sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle analizlerde kullanılan değişkenlerin bir kısmı kaza raporlarında hali hazırda var olan taksonomi ve bir kısmı yeni oluşturulan taksonomiden oluşmaktadır. Var olan ve yeni oluşturulan bu taksonomiler ile toplamda 17 adet değişken oluşturulmuştur. Bu değişkenler zaman, proje, kaza, kazazede karakteristikleri ve zemin karakteristikleri olmak üzere 5 ana başlık altında toplanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Değişkenler ve taksonomi özet şeması.

Şekil 3.2’de yer alan değişkenlerin belirlenmesi ve kategorilerinin oluşturulmasından sonra elde edilen veri tabanı SPSS programına aktarılmıştır. Çalışmada tek değişkenli sıklık analizi ve çapraz tablolama analizi bu kodlamaya göre yapılmıştır. İstatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar elde edilebilmesi adına bazı değişkenlerin kategorilerinde konsolidasyon yöntemi ile değişiklikler yapılmıştır. Kategorilerin belirlenmesi ve konsolidasyon yöntemi ile kategoriler üzerinde yapılan değişiklikler takip eden bölümde ayrıntılarıyla açıklanmaktadır.

3.3. Konsolidasyon

Veri madenciliği ile elde edilen 808 adet kaza raporunun detaylı olarak incelenmesi ve SPSS programına veri girişi yapılmadan önce değişken bilgilerinin

Microsoft Excel programına aktarılması sonucunda bazı değişkenlerin çok fazla sayıda kategoriye sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle bazı kategorilerin çok az sayıda veriyi kapsadığını ve bu sebeple istatistiksel analiz sonuçlarını saptırabileceği öngörülmüştür. Bununla birlikte değişkenlerin sahip olduğu bu alt kategorilerden bazılarının birbirine benzer kategoriler olup içerdiği ayrıntılardan dolayı farklı değerlendirildiği sonucuna varılmıştır. Böylece istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere bazı değişkenlerde konsolidasyonlar yapılmıştır. Zaman, proje, kaza, kazazede ve zemin karakteristikleri kapsamında yer alan her bir değişkenin kategorileri için yapılan konsolidasyonlar tek tek açıklanmıştır.

Sadece kaza yılı ve kaza ayı hakkında bilgi veren zaman karakteristikleri değişkenlerinde herhangi bir konsolidasyon yapılmamış olup kategorileri ile birlikte Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Zaman karakteristikleri değişkenleri ve çalışmada kullanılan alt kategorileri.

Zaman Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	
Kaza yılı	Kazanın meydana geldiği tarih kısmında yazılı (.../.../...)	2010	2016
		2011	2017
		2012	2018
		2013	2019
		2014	2020
		2015	
Kaza ayı	Kazanın meydana geldiği tarih kısmında yazılı (.../.../...)	Ocak	Temmuz
		Şubat	Ağustos
		Mart	Eylül
		Nisan	Ekim
		Mayıs	Kasım
		Haziran	Aralık

Öte yandan proje karakteristikleri değişkenlerinin bazılarında birtakım değişiklikler yapılmıştır. Öncelikle “proje son kullanımı” değişkeninin kategorilerinin sayıca fazla olmasından dolayı konsolidasyona ihtiyaç duyulmuş ve birbiriyle ilişkili olan proje son kullanım kategorileri birleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle “tek aileli/dubleks konut” ile “çok aileli konut” kategorileri birleştirilerek “konut” adı altında yeni bir kategori oluşturulmuştur. “Boru hattı” kategorisi benzer projelerden oluşan “elektrik hattı/iletim hattı” kategorisine eklenmiştir. NAICS kodlama sisteminde aynı sınıf içerisinde yer alan

“otoban/yol” kategorisi, çok az veriyi kapsayan “köprü” kategorisi ile birleştirilerek “otoban/yol/köprü” adı altında tek bir kategoriye dönüştürülmüştür. Benzer şekilde çok az veriyi kapsayan “baraj” kategorisi “diğer ağır inşaat” kategorisine eklenerek “ağır inşaat” adında yeni bir kategori oluşturulmuştur. Genel bir kategoriye temsil eden “yüklenici sahası” kategorisi ise “kazı çalışmaları/hafriyat” kategorisine eklenerek “kazı çalışmaları” genel kategorisi oluşturulmuştur. Son olarak “üretim tesisi”, “enerji santrali” ve “rafineri” kategorileri “endüstriyel inşaat” kategorisinde birleştirilmiştir. Bunun yanında, elde edilen verilerin bir kısmında proje son kullanımı bilgisi kaza raporunda direk olarak verilmemiş olup kaza açıklamasının detaylı incelenmesi sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3.3. Proje karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.

Proje Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Proje son kullanımı	Son kullanım kısmında yazılı veya kaza açıklamalarından elde edilebilir	Konut:	tek aileli/dubleks konut + çok aileli konut
		Boru Hattı/Elektrik Hattı:	boru hattı + elektrik hattı/iletim hattı
		Otoban/Yol/Köprü:	otoban/yol + köprü
		Kurumsal ve Ticari Yapılar	
		Kanalizasyon/Su Arıtma	
		Diğer Yapılar	
		Kazı Çalışmaları:	kazı çalışmaları/hafriyat + yüklenici sahası
		Ağır İnşaat:	baraj + diğer ağır inşaat
		Endüstriyel İnşaat:	üretim tesisi + enerji santrali + rafineri
		Peyzaj	
Proje bütçesi	Proje bütçesi kısmında yazılı	< 50000 \$	
		50000-250000 \$	
		250000-500000 \$	
		500000-1000000 \$	
		1000000-5000000 \$	
		5000000-20000000 \$	
		> 20000000 \$	
Kazı derinliği (m)	Kaza açıklamalarından elde edilebilir	0-1.5 m	
		1.5-3.0 m	
		3.0-4.6 m	
		4.6-6.1 m	
		>6.1 m	

Diğer bir proje karakteristikleri değişkeni olan “proje bütçesi” kategorileri herhangi bir konsolidasyona ihtiyaç olmadan, kaza raporlarında hali hazırda var olan kategorileriyle olduğu gibi bırakılmıştır. Proje karakteristiklerindeki son değişken olan “kazı derinliği” değişkeni, kaza raporlarının detaylı incelenmesi sonucu “fit” ölçü biriminde elde edilmiş olup metreye çevrilmiştir. Derinliklerin olduğu gibi kullanılması istatistiksel açıdan anlamsız bir sonuç vereceği için farklı derinlik aralıklarına karşılık gelen 5 adet kategori oluşturulmuştur. Bu derinlik aralıkları yönetmeliklerde yer alan kazı derinliği sınır değerleri göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Yönetmeliklerde yer alan bu sınır değerlerine ileren bölümlerde değinilmektedir.

Kaza karakteristiklerinde, her bir vakanın kazadan nasıl etkilendiğini somutlaştırmak için kazanın ölümle sonuçlanma durumu “kaza şiddeti” değişkeni ile belirlenmiştir. Kaza raporlarında “ölümcül”, “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” şeklinde üç kategoriye ayrılan bu değişken konsolidasyon yöntemi ile “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” kategorilerinin “ölümcül olmayan” adı altında yeni bir kategoride birleştirilmesi sonucu ikili kategoriye dönüştürülerek bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

“Kaza tipi” değişkeni çok fazla alt kategori içermesine rağmen, kategorilerin fazla benzerlik göstermemesinden dolayı az sayıda konsolidasyon yapılmıştır. Verilerin analizinde “kaldırma operasyonları” kategorisinin “düşen cisim çarpması” kategorisi ile doğrudan ilişkili olduğu gözlemlendiği için bu iki kategori birleştirilmiştir. Diğer bir konsolidasyon ise “trafik kazaları” kategorisinin aynı kapsamdaki “operatör tarafından ezilme/sıkışma” kategorisine eklenmesi sonucu “taşıt veya ekipman kazası/ezilme” kategorisinin oluşturulması ile gerçekleşmiştir.

“Yaralanma türü” değişkeni altında yer alan “aşırı ağrı” kategorisi sadece bir veriyi kapsadığından dolayı “künt travma” kategorisine eklenerek konsolidasyon yapılmıştır. Benzer şekilde “baş kesilmesi” kategorisi de sadece bir veriyi kapsadığı için “kesik” kategorisine eklenmiştir. Yine aynı sebep ile halk dilinde inme olarak bilinen “serebral infarkt” kategorisi ise ona en yakın kategori olarak kararlaştırılan “beyin sarsıntısı” kategorisine eklenmiştir. Aynı şekilde tek bir veriyi kapsayan “nöbet geçirme” kategorisi “bilinç kaybı” kategorisi ile birleştirilmiştir. Son olarak “burkulma” kategorisi ile “çıkık” kategorisi birleştirilerek “burkulma/çıkık” adı altında yeni bir kategori oluşturulmuştur.

“Kaza anında yürütülen genel faaliyet” değişkeni çok fazla alt kategori içerdiği ve benzer şekilde kategorilerin çoğu sadece bir veriyi kapsadığı için bazı kategorilerde konsolidasyon yapılmıştır. Örneğin sadece bir veriyi kapsayan “yüzme havuzu inşaatı” kategorisi, daha genel bir kategori olan “kazı çalışmaları” kategorisine dahil edilmiştir. “Yeraltı sıhhi tesisat borularının döşenmesi” kategorisi ile benzer olan “sıhhi tesisat, aydınlatma armatürlerinin döşenmesi” kategorisi birleştirilerek “yeraltı tesisat borularının döşenmesi” adı altında tek bir kategoriye dönüştürülmüştür. Hali hazırda var olan “diğer faaliyetler” kategorisine çok az sayıda veriyi kapsadığı halde diğer kategoriler ile bir ilişkisi bulunamayan “zemin kaplaması sonrası detay işleri”, “çit, ışıkların takılması vb.”, “iç cephe duvar”, “iç cephe marangozluk” ve “ön montaj işleri” kategorilerinden oluşan detay işleri de eklenmiştir. “Şekillendirme”, “zemin etüdü” ve “saha temizleme” kategorileri “saha tesviyesi ve kaya kaldırma” kategorisine eklenmiştir. “İskeleler ve direkler için beton dökülmesi”, “temel ve duvarlar için beton dökülmesi” ve “beton kaplamanın kesilmesi” kategorileri “beton dökümü/beton kesimi” adı altında tek bir kategoride birleştirilmiştir. Aynı şekilde “dış cephe boyama”, “dış cephe marangozluk”, “dış cephe duvarcılık”, “çatı kaplama” ve “metal dış cephe kaplaması montajı” gibi dış cephe detay işlerini içeren kategoriler “dış cephe boyama/çatı kaplama” adı altında tek bir kategoriye dönüştürülmüştür. “Isıtma ve havalandırma ekipman montajı” kategorisi ile “iç tesisat ve elektrik işleri” kategorisi “ekipman montajı” kategorisinde birleştirilmiştir. “Trafik koruması” kategorisi sadece tek bir veriyi kapsadığı için “asfaltlama” kategorisine dahil edilmiştir. Son olarak “çelik işleri” kategorisi ile “donatı çeliğinin yerleştirilmesi” kategorisi birleştirilerek “çelik işleri/donatı çeliğinin yerleştirilmesi” adı altında yeni bir kategori oluşturulmuştur.

Tablo 3.4. Kaza karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.

Kaza Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Kaza şiddeti	Kaza şiddeti kısmında yazılı veya ölümcül kaza kutucuğu işaretli	Ölümcül	
		Ölümcül olmayan:	hastaneye kaldırılmış + hastaneye kaldırılmamış
Kaza tipi	Ölüm nedeni kısmında yazılı veya	Hendek Çökmesi	
		Düşen Cisim Çarpması:	kaldırma operasyonları + düşen cisim çarpması
		Düşmeler	
		Taşıt veya Ekipman Kazası/Ezilme:	operatör tarafından ezilme/sıkışma + trafik kazaları

Kaza Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Kaza tipi	kaza açıklamalarından elde edilebilir Ölüm nedeni kısmında yazılı veya kaza açıklamalarından elde edilebilir	Beko Kepçesi vb. Tarafından Çarpılma	
		Yapısal Çökme/Duvar Çökmesi	
		Sıcağa Bağlı Hastalıklar	
		Elektrik Çarpması Yangın/Patlama	
		Kayma/Yuvarlanma	
		Yabancı Cismin Vücuda Batması	
		Kimyasal Gazların Solunması/Zehirlenme	
		Cisimler Arası Sıkışma/Sabit Ekipmana Takılma	
		Rift Vadisi Humması Maruziyeti	
Yaralanma türü	Yaralanmanın niteliği kısmında yazılı veya kaza açıklamalarından elde edilebilir	Kırık	
		Asfiksi	
		İç Yaralanma	
		Ampütasyon	
		Künt Travma:	aşırı ağrı + künt travma
		Çürük/Morluk	
		Kesik:	baş kesilmesi + kesik
		Sıcak Çarpması/Bitkinlik	
		Elektrik Çarpması/Elektrik Yanıkları	
		Isı/Kimyasal Yanıkları	
		Beyin Sarsıntısı:	serebral infarkt + beyin sarsıntısı
		Bilinç Kaybı:	nöbet geçirme + bilinç kaybı
		Boğulma	
		Burkulma/Çıkık:	burkulma + çıkık
		Delinme	
Kaza anında yürütülen genel faaliyet	Sebepler kısmında yazılı veya kaza açıklamalarından elde edilebilir	Kazı Çalışmaları:	kazı çalışmaları + yüzme havuzu inşaatı
		Kanal Açma/Boru Döşeme	
		Yeraltı Tesisat Borularının Döşenmesi:	yeraltı sıhhi tesisat borularının döşenmesi + sıhhi tesisat, aydınlatma armatürlerinin döşenmesi
		Diğer Faaliyetler:	zemin kaplaması sonrası detay işleri + çit, ışıkların takılması vb. + iç cephe duvar + iç cephe marangozluk + ön montaj

Kaza Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Kaza anında yürütülen genel faaliyet	Sebeup kısmında yazılı veya kaza açıklamalarından elde edilebilir		işleri
		Dolgu ve Sıkıştırma	
		Saha Tesviyesi ve Kaya Kaldırma:	şekillendirme + zemin etüdü + saha temizleme + saha tesviyesi ve kaya kaldırma
		Menfez ve Drenaj Tesisatı	
		Beton Dökümü/Beton Kesimi:	iskeleler ve direkler için beton dökülmesi + temel ve duvarlar için beton dökülmesi + beton kaplamanın kesilmesi
		Dış Cephe Boyama/Çatı Kaplama:	dış cephe boyama + dış cephe marangozluk + dış cephe duvarcılık + çatı kaplama + metal dış cephe kaplaması montajı
		Peyzaj Düzenlemeleri	
		Yıkım	
		Geçici İşler (Binalar, Tesisler)	
		Ekipman Montajı:	ısıtma ve havalandırma ekipman montajı + iç tesisat ve elektrik işleri
		Kazık Çakma	
		Su Yalıtımı	
		Asfaltlama:	trafik koruması + asfaltlama
		Çelik İşleri/Donatı Çeliğinin Yerleştirilmesi:	çelik işleri + donatı çeliğinin yerleştirilmesi
Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı	Kaza açıklamalarından elde edilebilir	Sağlandı	
		Sağlanmadı	
Kazaya sebebiyet veren durum/hareket	Kaza açıklamalarından elde edilebilir	Güvenlik Uygulamalarında Eksiklik	
		Yanlış/Eksik Çalışma Yöntemi veya Sıralama	
		Yönetmeliğe Uyulmaması/Kasıtlı İhlal	
		Güvenliğe Yönelik Zayıf Tutum/Davranış	
		Güvenli Olmayan Saha Koşulları	

Kaza Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
		Sağlanan Güvenlik Ekipmanlarının Kullanılmaması/ Uygunsuz Kullanımı	
		Uygun Eğitim Eksikliği	
		Alette/Araçta/Ekipmanda Meydana Gelen Hata	
İhlal ve cezalar	Denetim numarası altında yer alan denetim detayları sayfası kısmında ihlal ve cezalar tablosunda yazılı	Ciddi İhlal Ciddi i. cezası	
		Kasıtlı İhlal Kasıtlı i. cezası	
		Tekrarlanan İhlal T. i. cezası	
		Diğer İhlaller Diğer cezalar	

“Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı” değişkeni kaza raporlarında ayrı bir bilgi olarak yer almayıp kaza açıklamalarının incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler ile oluşturulan bir değişkendir. Bu sebeple “sağlandı” ve “sağlanmadı” şeklinde oluşturulan ikili kategori için herhangi bir konsolidasyona ihtiyaç duyulmamıştır.

Aynı şekilde “kazaya sebebiyet veren durum/hareket” değişkeni de kaza açıklamalarının ayrıntılı olarak incelenmesi sonucu belirlenen kategoriler ile oluşturulan bir değişkendir ve dolayısıyla konsolidasyona ihtiyaç duyulmamıştır.

Kaza karakteristikleri kapsamında son olarak “ihlal ve cezalar” değişkeni denetim detayları sayfasında yer almakta olup herhangi bir konsolidasyona ihtiyaç olmadan, kaza raporlarında hali hazırda var olan kategorileriyle olduğu gibi bırakılmıştır.

Kazazede karakteristiklerinde kapsamında incelenen ilk değişken olan “kazazedenin yaşı” bilgisi kaza raporlarında direk olarak verilmektedir ancak farklı yaş değerlerinin olduğu gibi kullanılması istatistiksel açıdan anlamsız bir sonuç vereceği için farklı yaş aralıklarına karşılık gelen 11 adet kategori oluşturulmuştur. Değişkene ait bu kategorilerde SGK yıllıklarında kullanılan yaş sınıflandırması örnek alınmıştır.

Diğer yandan “kazazedenin esas işi” değişkeni konsolidasyonun en çok yapıldığı değişkenlerden biri olmuştur. Çok fazla alt kategori içermesinin yanında

kategorilerin birçoğunun birbiriyle ilişkili olması ve çoğu kategorinin yalnızca bir veya iki veriyi kapsamasından dolayı kategoriler konsolidasyon yöntemi ile birleştirilmiştir. “İnşaat işçisi yardımcıları” ile “sınıflandırılmamış inşaat işçileri” kategorileri daha genel olan “inşaat işçisi” kategorisine dahil edilmiştir. Benzer kategorileri temsil eden “tesisatçılar” ve “boru tesisatçıları” kategorileri birleştirilerek “tesisatçı” adı altında tek bir kategoriye dönüştürülmüştür. Farklı operatör sınıflarını temsil eden “makine operatörleri”, “ağır ekipman operatörleri”, “sondajcılar”, “vinç operatörleri”, “malzeme taşıma ekipmanı operatörleri”, “asfaltlama, yüzey kaplama ve sıkıştırma ekipmanı operatörleri”, “greyder ve dozer operatörleri”, “sepetli vinç operatörleri”, “motorlu testere operatörleri” kategorileri genel bir kategori olan “operatör” adı altında birleştirilmiştir. “Elektrik tesisatçıları ve tamirciler” kategorisi daha genel bir kategori olan “elektrikçiler” kategorisine dahil edilmiştir. Benzer şekilde daha az veriyi kapsayan “gözcüler” kategorisi “gözetmen” kategorisi ile birleştirilmiştir. Birbirleri ile ilişkili detay işlerini kapsayan meslek grupları “alçı/boya/sıva/duvar” adı altında tek bir kategoride toplanmıştır. Benzer şekilde, montaj ve tamir işleri ile ilgili meslek grupları birleştirilerek “teknik ekip/bakım/onarım” adı altında yeni bir kategori oluşturulmuştur. Sadece bir veriyi kapsayan “endüstriyel kamyon ve traktör operatörleri” kategorisi “kamyon şoförü” kategorisine dahil edilmiştir. “İşletme mühendisleri”, “sınıflandırılmamış mühendisler” ve “elektrik ve elektronik mühendisleri” birleştirilerek genel bir “mühendis” kategorisi oluşturulmuştur. Son olarak, yukarıda sayılan sınıflamalar dışında kalan münferit meslek grupları “diğer işçiler (inşaat hariç)” adı altında birleştirilmiştir (Tablo 3.5).

Diğer bir kazazede karakteristikleri değişkeni olan “sendika durumu” değişkeni denetim detayları sayfasında yer almakta olup herhangi bir konsolidasyona ihtiyaç olmadan, kaza raporlarında hali hazırda var olan kategorileriyle olduğu gibi bırakılmıştır.

Tablo 3.5. Kazazede karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.

Kazazede Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Kazazedenin yaşı	Çalışan detayları, yaş kısmında yazılı	16-18	
		19-24	
		25-29	

Kazazede Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
		30-34	
		35-39	
		40-44	
		45-49	
		50-54	
		55-59	
		60-64	
		65+	
Kazazedenin esas işi	Çalışan detayları, meslek kısmında yazılı	İnşaat İşçisi	inşaat işçileri + sınıflandırılmamış inşaat işçileri + inşaat işçisi yardımcıları
		Diğer (inşaat hariç)	diğer işçiler (inşaat hariç) + kaynakçılar ve metal işçileri + su ve kanalizasyon arıtma tesisi operatörleri + çiftlik işçileri + bahçıvanlar + fizikçiler/bilim adamları + rekreasyon işçileri + çiftçiler + müfettişler + yemek dağıtımı ile ilgili meslekler + madenciler + bekçiler + dalgıçlar
		Tesisatçı	tesisatçılar + boru tesisatçıları
		Operatör	makine operatörleri + ağır ekipman operatörleri + sondajcılar + vinç operatörleri + malzeme taşıma ekipmanı operatörleri + asfaltlama, yüzey kaplama ve sıkıştırma ekipmanı operatörleri + greyder ve dozer operatörleri + sepetli vinç operatörleri + motorlu testere operatörleri
		Elektrik	elektrik tesisatçıları ve tamirciler + elektrikçiler
		Gözetmen	gözcüler + gözetmen
		Alçı/Boya/Sıva/Duvar	boyacılar + beton ve mozaik kaplama işçileri + çatı ustaları + tuğla ve taş ustaları
Kazazedenin esas işi	Çalışan detayları, meslek kısmında yazılı		

Kazazede Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
		Teknik Ekip/Bakım/Onarım	Montajcılar ve tamirciler + mekanik kontrol ve vana tamircileri + makine bakım meslekleri + telekom: hat montajcıları ve tamircileri + ısıtma ve soğutma mekanikeri + belirli mekaniker ve tamirciler + endüstriyel makine tamircileri + ölçme ve haritalama teknisyenleri
		Marangoz	
		Kamyon Şoförü	kamyon şoförü + endüstriyel kamyon ve traktör operatörleri
		Mühendis	işletme mühendisleri + sınıflandırılmamış mühendisler + elektrik ve elektronik mühendisleri
Sendika durumu	Denetim numarası altında yer alan denetim detayları sayfasında sendika durumu kısmında yazılı	Sendikalı	
		Sendikasız	

Son değişkenler grubu olan zemin karakteristikleri değişkenleri kaza raporlarında ayrı bir bilgi olarak yer almadığı için bu değişkenlerin kategorileri kaza açıklamalarının ayrıntılı incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler ile oluşturulmuştur. Bu değişken bilgilerine sahip olan veri sayısı az olduğu için sonuçların anlamlı çıkması adına konsolidasyon yapılmıştır. “Zemin türü” bilgisi sadece 10 veride “B tipi” veya “C tipi” olarak yer almasına rağmen kaza açıklamalarında yer alan zemin ile ilgili diğer bilgiler başka verilerin de bu sınıflandırmaya dahil edilmesini mümkün kılmıştır. Örneğin kaza açıklamalarında “yumuşak, gevşek zemin”, “gevşek çakıl” ve “kum/siltli kum” şeklinde tanımlanan zeminler “C tipi” zemin kategorisine dahil edilirken “kil” ve “kil ve kum karışımı” şeklinde tanımlanan zeminler “A tipi” zemin kategorisine dahil edilmiştir. Bahsedilen zemin türleri ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

Zemin karakteristiklerine ait diğer bir değişken olan “zemin koşulları” da aynı şekilde kaza raporlarında ayrı bir bilgi olarak yer almadığı için bu değişkene ait kategoriler kaza açıklamalarının ayrıntılı incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler ile oluşturulmuştur. Aralarında ilişki bulunan kategoriler için konsolidasyon yapılmıştır. Örneğin, kaza açıklamalarında yer alan “kırık bir borudan su sızıntısı”, “ıslak zemin koşulları”, “suya doymuş zemin”, “son zamanlarda yağın şiddetli yağmurlar sebebi ile suya doymuş zemin” ve “kaza esnasında yağmur yağışı” gibi bilgiler birleştirilerek “yağmur veya su sızıntısı sebebi ile ıslanmış zemin” adı altında tek bir kategori oluşturulmuştur. Zemin koşullarının diğer kategorilerini oluşturan “daha önce kazılmış zemin” ve “zemin donması” bilgileri az veriyi kapsadığı ve daha net koşulları içerdiği için bu kategorilerde konsolidasyona ihtiyaç duyulmamıştır. (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Zemin karakteristikleri değişkenleri, çalışmada kullanılan alt kategorileri ve konsolidasyon.

Zemin Karakteristikleri			
Değişken	Kaza raporundaki hali	Çalışmada kullanılan alt kategoriler	Konsolidasyon
Zemin türü	Kaza açıklamalarından elde edilebilir	A Tipi	kil + kil ve kum karışımı
		B Tipi	B tipi zemin
		C Tipi	C tipi zemin + yumuşak, gevşek zemin + gevşek çakıl + kum/siltli kum
Zemin koşulları	Kaza açıklamalarından elde edilebilir	Yağmur veya su sızıntısı sebebi ile ıslanmış zemin	kırık bir borudan su sızıntısı + ıslak zemin koşulları + suya doymuş zemin + son zamanlarda yağın şiddetli yağmurlar sebebi ile suya doymuş zemin + kaza esnasında yağmur yağışı
		Daha önce kazılmış zemin	
		Zemin donması	

3.4. İş Sağlığı ve Güvenliği

Sağlık ve güvenlik olmak üzere iki farklı boyutu içinde barındıran iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kavramı, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından, işle ilgili yaralanma ve hastalıkların önlenmesinin yanı sıra çalışanların sağlığının korunması ve geliştirilmesi ile ilgilenen disiplin olarak tanımlanmaktadır (ILO, 2023). İş sağlığı boyutu, çalışanların ruhsal ve fiziksel sağlığını etkileyebilecek

mevcut veya potansiyel risk faktörlerine karşı korunmasını ifade ederken, iş güvenliği boyutu ise işin yürütülmesi esnasında çalışanların kullanılan araçlar, ekipmanlar ve maddeler nedeniyle ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlamak için alınacak önlemleri içermektedir (Gökçe, 2020). Bu noktadan hareketle İSG, çalışanların zihinsel, fiziksel ve duygusal refahını sağlamanın yanında onları mevcut veya potansiyel tehlikelerden nispeten uzak tutan işyeri ortamının, politikalarının ve programlarının geliştirilmesi, teşvik edilmesi ve sürdürülmesi ile ilgili bir alandır (Nyirenda et al., 2015). Hem içerik hem de uygulama açısından geniş kapsamlı olan bu disiplin, öncelikle işyerinin izlenmesini ve işverenlere veya yönetime kayıpları önlemenin veya en aza indirmenin yolları konusunda tavsiyelerde bulunmayı içermektedir. Ancak eylem için nihai sorumluluk her zaman işyerindeki davranışlardan nihai olarak sorumlu olan yönetimin omuzlarındadır (Friend and Kohn, 2023).

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında üzerinde durulması gereken kavramlardan bir tanesi de iş kazasıdır. İş kazası, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından, bir veya daha fazla çalışanın kişisel yaralanma, hastalık veya ölümü ile sonuçlanan, işten kaynaklanan veya işle bağlantılı olarak ortaya çıkan, beklenmedik ve planlanmamış bir olay olarak tanımlanmaktadır (ILOSTAT, 2023). Benzer şekilde, 6331 sayılı İSG Kanunu'nun 3. maddesine göre iş kazası, işyerinde veya işin yürütümü sebebiyle meydana gelen, ölüme neden olan veya vücut bütünlüğünü ruhen veya bedenlen öze uğratan olay olarak tanımlanmıştır (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012). ILO tarafından yayınlanan son tahminlere göre, her yıl yaklaşık 2.78 milyon çalışan iş kazaları ve işle ilgili hastalıklar nedeniyle ölmekte ve 374 milyon çalışan da ölümcül olmayan iş kazalarına maruz kalmaktadır (ILO, 2019). Bu istatistikler iş kazalarının ne kadar ciddi bir problem olduğunu gözler önüne sermektedir. İş kazaları ve meslek hastalıklarından kaynaklanan maliyetler, hem çalışanları ve ailelerini, hem işverenleri, hem de toplumun genelini etkilemekte ve zarar vermektedir. Bu çerçevede iş sağlığı ve güvenliği, temel amacı olan çalışanlara güvenli bir çalışma ortamı sağlama hedefinin yanında, artık sadece çalışan bireyleri ilgilendiren bir konu olmaktan çıkmıştır. Aynı zamanda toplumsal refahın ve huzurun sağlanması için dikkate alınması gereken bir konu haline gelmiştir (Cerev ve Yıldırım, 2018).

İş kazalarının meydana gelmesinde genel olarak iki unsur öne çıkmaktadır: "güvensiz koşul" ve "güvensiz davranış". Güvensiz koşul genel olarak çalışanın iradesi dışında kalan durumlar ve çalışma ortamının fiziksel koşullarının kazaya veya tehlikeli duruma yol açacak yapıda olması şeklinde tanımlanırken güvensiz

davranış çalışan dikkatsiz çalışması, güvenlik ekipmanlarının kullanılmaması veya yanlış kullanılması durumları olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, güvensiz koşulların ortadan kaldırılması yöneticilerin bilgi seviyesi ve özellikle insana verdikleri değerle alakalıyken, güvensiz davranış ise çalışanların bilinç düzeyleri ve aldıkları eğitimle ilişkilidir (Gökçe, 2020). Cerev ve Yıldırım (2018), iş kazalarına sebep olan genel faktörleri şu şekilde sıralamıştır: dikkatsiz çalışma, işe ilişkin bilgi eksikliği, güvenlik önemlerinin yetersizliği, çalışanların bedensel zayıflıkları, çalışan-makine uyumsuzluğu ve tehlikeli davranışlar.

Ne yazık ki, bazı işverenler için insan hayatının korunması sorumluluğu, işletmenin kâr oranı, üretkenliği veya diğer hedefler kadar öncelikli olmayabilmektedir. Bazı şirket yöneticileri, güvenlik ve sağlığı göz ardı ederek, iş kazası ve yaralanmaların meydana gelmesini işin rutin bir parçası olarak görebilir. Gerçekte, iş kazaları meydana geldikten sonra ilgili maliyetleri karşılamak için gereken miktar, güvenli bir çalışma ortamı sağlama masrafından çok daha ağır basabilir (Friend and Kohn, 2023).

İş kazalarının meydana gelmesi ile ortaya çıkan maliyetler incelendiğinde genel olarak bu maliyetleri “doğrudan maliyetler” ve “dolaylı maliyetler” olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Doğrudan maliyetlere; kaza anında yapılan ilk yardım masrafları, kazazedeye ödenen geçici ve sürekli iş göremezlik ödenekleri, gerekli dinlenme süreleri için ödenen ücret, ödenen tazminatlar, mahkeme giderleri, ölümlü kazalarda uygulanacak cezai hükümlerin bedelleri örnek verilebilir. Dolaylı maliyetlere ise; kazazedenin çalışamaz durumda olması sebebi ile işgücü kaybı, kaza sonucu çalışanların verdikleri aralar ve kaybedilen zaman, kaza sırasında üretime ara verilmesi ve üretim kaybı, iş akışı ve programındaki aksamalar, ekipman veya malzemenin zarara uğraması, kazaya uğrayan çalışanın işe dönmesi halinde potansiyel verim kaybı, işin zamanında tamamlanmamasından doğan kayıplar, firmanın itibar kaybı nedeniyle ortaya çıkan maliyetler girmektedir (Yıldırım Yeşilniğdeli, 2016).

Ekonomik maliyetlerin yanı sıra, iş kazaları ve işle ilgili hastalıklar aynı zamanda bireyler ve aileleri üzerinde kısa ve uzun vadede fiziksel ve duygusal refahları açısından da paha biçilemez derecede büyük bir etkiye sahiptir. Bu üzücü bir durumdur çünkü geçtiğimiz yüzyılda yapılan araştırma ve uygulamaların defalarca ortaya koyduğu üzere, bu kazalar büyük ölçüde önlenebilir niteliktedir (ILO, 2019).

Bununla birlikte, güvenli bir çalışma ortamı, üretkenlik kapasitesini olumlu yönde etkileyerek hem işletme bazında hem de makro düzeyde verimliliğin artmasını sağlamaktadır. Çünkü mikro düzeyde elde edilen kazanç ile öncelikle çalışanın refahı artarak, çalışan, işveren ve ekonomiye yarar sağlayacak ve böylelikle milli refahımız da artmış olacaktır. Dolayısıyla bu denli geniş ve kritik bir etkiye sahip olan İSG olgusunun üzerinde durulması önemli bir gerekliliktir (Cerev ve Yıldırım, 2018). Bu bağlamda işçi sağlığı ve iş güvenliği, güvenli bir çalışma ortamının sağlanması ve işçilerin sürdürülebilir bir refah seviyesine ulaşabilmeleri için devletlerin çözmek zorunda oldukları temel sorunlar arasında yer almaktadır (Kurter, 2019).

İş kazalarının ve sonuçlarındaki maliyetlerin azaltılması ile sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının oluşturulması, iş güvenliği yönetimi aracılığıyla gerçekleştirilebilir. İş kazası istatistikleri ve verilerinin incelenmesi ve analiz edilmesi, iş güvenliği faaliyetlerinin yönetiminde yol gösterici bir rol oynamaktadır. İş kazası verilerinin analiz edilmesi, iş güvenliği performansını değerlendirme, kazalardan kaynaklanan riski modelleme ve kaza olasılıklarını tespit etme gibi faydalar sağlamaktadır (Erginel ve Toptancı, 2017).

3.5. Geoteknik Kavramı ve Kazı Çalışmaları

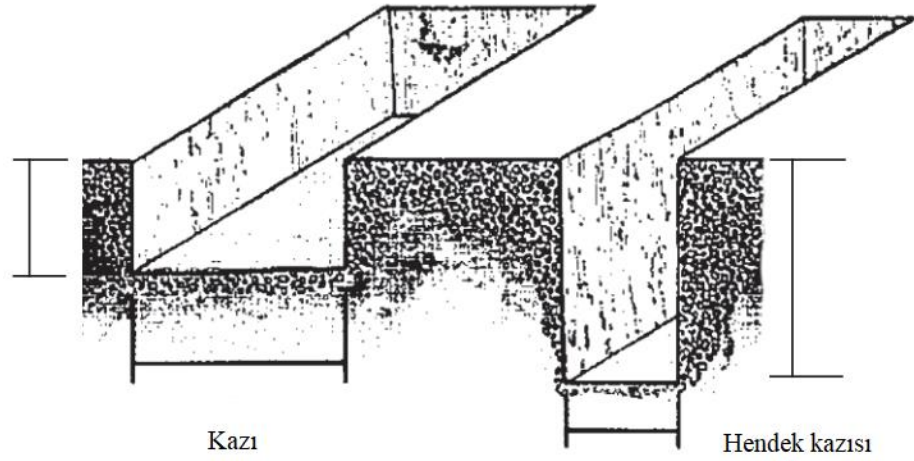
Geoteknik, inşaat mühendisliğinin bir ana dalı olup, genel olarak zemin mekaniği, temel inşaatı ve zemin dinamiği gibi alt bilim dallarını içermektedir. Zemin mekaniği, zeminlerin özelliklerini ve farklı etkiler altındaki davranışlarını inceler ve zemine mekanik, mukavemet ve hidrolik prensiplerini uygular. Temel inşaatı ise zemin mekaniği prensipleri ve mühendislik parametrelerine dayanarak yapı tasarımında kullanılan yapı statikleri, mukavemet, dinamik, betonarme ve diğer bilgileri içerir. Geoteknik anabilim dalı, zeminin önemini vurgulayarak, insanların yaşam ihtiyaçlarını karşılamak için inşa edilen her türlü yapıyı (konutlar, okullar, hastaneler, barajlar, limanlar, köprüler, karayolları, demiryolları, havalimanları, tüneller, metro hatları vb.) zeminle ilişkilendirmektedir. Zemin ve mühendislik özellikleri hakkında yeterli ve doğru bilgiye sahip olmadan, üst yapıların sağlıklı ve doğru bir şekilde tasarlanması mümkün değildir. Zemin içindeki yapıların temel sistemleri veya zemine uygulanan toprak basınçları doğru hesaplanmadığı sürece, yapıların güvenliği sağlanamaz. Bu nedenle, geoteknik çalışmalar, mühendislik yapı tasarımlarının ilk ve en önemli adımını oluşturmaktadır (Uzundurukan ve Göksan, 2013).

Geoteknik kavramının gelişmesi ile bu alanda çalışmalar yapan inşaat mühendisleri için “Geoteknik Mühendisliği” kavramı doğmuştur. Geoteknik mühendisliği, inşaat mühendisliğinin yeryüzüne uygulanması ile ilgili olup belirli bir alandaki zeminin cinsi, davranışları ve içeriği gibi bilgiler ile ilgilenmektedir. Zeminin bu parametreleri doğrultusunda projelendirme, ıslah ve uygulama evrelerinde uygun faaliyet ve yöntem belirlemek ise geoteknik mühendisinin sorumluluğu altındadır (Sevincek, 2020).

Geoteknik mühendisliğinin temel uğraş alanlarından birisi, kimi zaman doğal koşullar altında, kimi zaman ise insanların doğaya müdahalesi sonucu, doğa ile yapı etkileşiminden kaynaklı oluşabilecek stabilite problemlerine çözüm bulmaktır. Şevlerin geometrisini değiştirmek, hidrolojik dengeyi değiştirmek, tünel inşası ve kazı gibi çalışmalar doğal olmayan stabilite problemleri yaratabilecek etmenlere örnek gösterilebilir (Ük, 2009).

Geoteknik mühendisliğinin önemli uğraş alanlarından olan kazı çalışmaları, tüm üstyapı ve altyapı projelerinin ilk adımını oluşturmakla beraber şantiye ve yapılan işin niteliğine bağlı olarak birçok kazı türü bulunmaktadır. Genel olarak, bina temeli, şebeke, tesisat ve gaz hatları gibi yeraltı hizmetleri, tünel açma ve alt geçitler gibi inşaat projeleri açık kazı, tünel kazıları ve hendek kazıları gibi farklı türlerde kazı çalışmaları gerektirir (Khan et al., 2019).

“Kazı” ve “hendek kazısı” kavramları bu çalışmanın kapsamını oluşturduğundan dolayı bu terimler arasındaki farkı anlamak önemlidir. OSHA bir kazıyı, yeryüzünde zemin kazılması/kaldırılması yoluyla oluşturulan insan yapımı herhangi bir yarık, oyuk, hendek veya çukur olarak tanımlarken, hendek kazısı veya diğer bir adı ile kanal kazısını zemin yüzeyinin altında yer alan ve derinliği genişliğinden önemli ölçüde fazla olan dar bir kazı türü olarak tanımlamaktadır (OSHA, 2015). Genel olarak, içme suyu, sulama suyu, atık su, yağmur suyu, drenaj, doğalgaz boruları vb. işler için açılan dar kazılar hendek kazılarını oluşturmaktadır. Yeni yapılacak çalışmaların yanı sıra mevcut imalatların onarımı veya değiştirilmesi sırasında da bu kazılar açılmak suretiyle çalışmalar gerçekleştirilebilmektedir (Taş, 2015). Şekil 3.3’de hendek kazılarının diğer kazılardan farkının sunulduğu bir görsel yer almaktadır.



Şekil 3.3. Kazı ile hendek kazısının karşılaştırılması (IHSA, 2021).

Bunun yanında, kazılar derinlikleri dikkate alınarak derin veya sığ kazı olarak sınıflandırılabilir. Artan nüfus ve yoğun yapılaşma, boş parsellerin giderek azalması, imar yönetmeliklerinin yapı hacimlerini sınırlaması nedeniyle mevcut arazilerin daha verimli kullanılma zorunluluğu ve metro ile diğer altyapı hizmetlerine duyulan ihtiyacın artması sebebiyle özellikle büyük kentlerde derin temel ve derin kazı iksa sistemlerine olan talep hızla artmaktadır (Sağlam, 2006; Aslan, 2017).

Geoteknik anabilim dalının babası olarak kabul edilen Terzaghi ve Peck (1967) ile Tomlinson (1987), zemin içindeki gerilmeleri göz önüne alarak derinliği 6 metreden büyük olan kazıları derin kazılar olarak tarif etmişlerdir. Bununla birlikte, bitişik nizamda, bodrumlu veya yüksek katlı bina inşaatlarında yapılacak olan 3 metre ve üstü kazılar da derin kazı olarak tarif edilebilmektedir (Sağlam, 2006).

Derin kazılar, temel zeminin ve yer altı suyunun denge durumunu değiştirir. Derin kazılar yapıldığında, kazı seviyesi doğal yatay desteğini kaybetmekte, gerilme dengesi değişmekte ve sonuç olarak oluşan kayma gerilmeleri zemin/kaya birimin kayma dayanımını aşarak kayma göçmesi oluşmaktadır. Bu nedenle, zemin dengesi bozulduğunda, stabiliteyi sağlamak için geçici veya kalıcı destek sistemleri kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple, derin kazı yapılacak sahanın geoteknik etüdü yapılarak zemin özelliklerinin hassas ve detaylı bir şekilde belirlenmesinden ve komşu yapıların konumlarına bağlı olarak yanal toprak

basıncı değerlerinin hesaplanmasından sonra uygun iksa sisteminin seçimi yapılmalıdır (Engin, 2008).

Birçok yöntemle oluşturulan derin kazı ve destekleme/iksa sistemlerinin seçiminde, çok sayıda faktör bir arada değerlendirilmelidir. Bu faktörler arasında mimari detaylar, saha jeolojisi, çevre ve iklim koşulları, malzeme ve ekipman mevcudiyeti, genel jeoloji durumu ve bütçe yer almaktadır. Uygun seçenekler, tüm bu koşullara uygun olanlar arasından değerlendirilmelidir. Açık kazı, içten iksalı kazı, ada kazı yöntemi, ankrajlı kazı, yukarıdan aşağıya ve anolu kazı, derin kazı için en yaygın tercih edilen yöntemlerdir. Kazı yönteminin yanı sıra, iksa sistemi seçimi de inşaat bütçesi, teknik ekipman, bitişik yapıların varlığı, malzeme ve ekipman mevcudiyeti, yapı türü ve komşu temellerin özellikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Aslan, 2017).

3.6. Kazı Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği

Kazı çalışmaları ve hendek açma en tehlikeli inşaat işleri arasındadır (OSHA, 2015). Trajik bir şekilde, hendek veya kazı göçükleri nedeniyle her yıl onlarca çalışan hayatlarını kaybetmeye devam etmektedir. Bundan daha trajik olan ise, OSHA'nın kazı standardına uyulması halinde, meydana gelen bu ölümlerin neredeyse tamamının önlenilecek olmasıdır. Çünkü bu kazalar genellikle, güvenli bir işyeri sağlamaktan sorumlu kişilerin hendekler ve kazılar için iyi bilinen güvenlik gerekliliklerini ve uyulması zorunlu olan yönetmelikleri göz ardı etmeleri nedeniyle meydana gelmektedir. Bununla birlikte, çalışanlarını hiçbir güvenlik uygulaması olmayan, korumasız kazılara bilerek maruz bırakan ve standartları ihlal eden bir işverenin karşılaşacağı mali sonuçlar da bir şirket için yıkıcı boyutlarda olabilmektedir (Boom, 1999). Sonuç olarak, kazı çalışmalarında yaşanan iş kazası ve kayıpların büyük oranda önlenilmesi için öncelikli olarak; kazı çalışmalarındaki tehlike ve riskler ve mevcut standartlar ışığında alınacak tedbirler üzerinde durulmalıdır.

Kazı çalışmaları ve hendek kazıları, çalışmanın niteliği ve ortam gereği birçok tehlike ve risk barındırmaktadır. Bu tehlike ve riskler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018):

- Göçük
- Çalışanların kazıya düşmesi
- Çalışanların üzerine düşen yükler

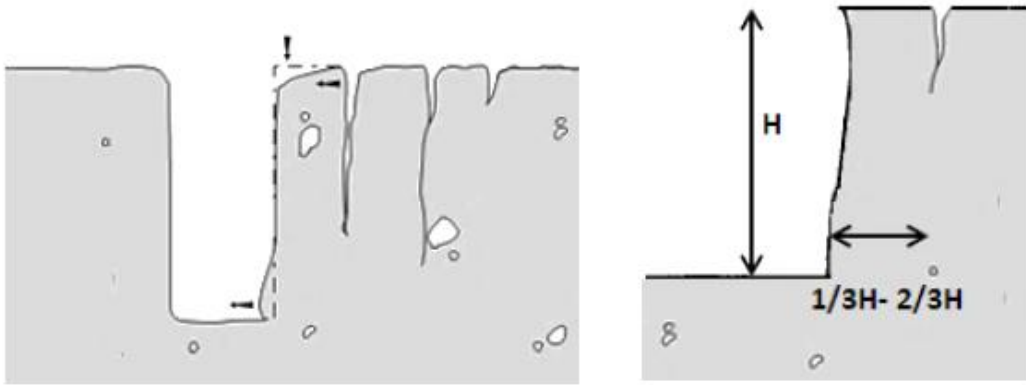
- Tehlikeli atmosfer (duman, oksijen yetersizliği, zehirli, yanıcı ve patlayıcı gazlar)
- Yeraltı hizmetleri ve üstten geçen enerji hatları ile temas
- Araçlar, ağır ve mobil ekipmanlar
- Dar alan
- Kazıya giriş ve çıkışlar
- Su birikmesi
- Malzemelerin yanlış ve uygunsuz kullanımı
- Zemindeki kablolar ve kesici, ağır, körelmiş nesneler

Her kazı çalışması yukarıda belirtilen benzer tehlike ve riskleri içermekle birlikte; çalışma ortamı, kullanılan kazı teknikleri ve iş ekipmanlarına bağlı olarak farklı tehlike ve risklerin de söz konusu olabileceği dikkate alınmalıdır.

Göçük kazaları, kazı çalışmalarındaki tehlike ve riskler arasında en çok can kaybına neden olan tehlikeyi oluşturmaktadır. Göçük, kazı yapılan zeminin belirli sebeplerle çözülerek gevşemesi sonucu aniden kazı alanına doğru kayması veya düşmesi olarak tanımlanabilir. Göçüğün oluşumunda birçok faktör rol oynamaktadır. Kazılan zeminin stabilitesi, zeminin mukavemeti, yerçekimi etkileri ve çevresel faktörlere bağlıdır. Göçük gerçekleşmesi için zeminin mukavemeti zeminin ağırlığından daha düşük olmalıdır. Zemin mukavemeti, zemin parçacıkları arasındaki bağlanmaya, yani kohezyona bağlıdır. Bir zeminin ne kadar kohezif olduğu zemin türü, zeminde bulunan nem miktarı ve önceden örselenmiş olan zemine yakınlık ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca yerçekimi etkileri, kazı derinliğiyle birlikte zeminin ağırlığı ve ek yüklerin ağırlığı gibi faktörlerle de ilişkilidir. Zemin ağırlığı, zeminin yoğunluğu, porozitesi ve nem miktarı tarafından kontrol edilirken, ek yükler ise kazı duvarlarının üzerine yerleştirilen hafriyat yığınları ve diğer ekipmanlardan oluşur. Son olarak hava koşulları ve açılan kazının atmosfere maruz kaldığı sürenin miktarı ise çevresel faktörler adı altında değerlendirilmektedir (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018).

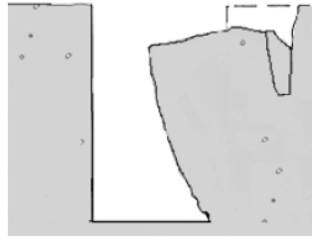
Geoteknik anabilim dalının bir alt bilim dalı olan zemin mekaniği dikkate alındığında, kazı kenarlarını oluşturan zemin üzerinde etkili olan iki kuvvet bulunmaktadır: yerçekiminin etkisiyle oluşan düşey kuvvet ve yanal kuvvet. Örselenmemiş zemin bitişik zemin tarafından tüm kenarlarda desteklenmekte iken kazı sürecinde desteksiz hale gelmektedir. Bu durumda, kazı duvarlarının yanal desteği ortadan kalkar. Kazı açılması ile birlikte, üstteki zemin ağırlığının etkisiyle altta yer alan zemin kazı içine doğru kabarmaya başlar ve bu nedenle

kazı duvarı üst kenardan itibaren aşağı doğru hareket eder. Bu hareket, kazı kenarları arkasındaki zeminin, kazı kenarlarındaki zemine, onun göçmesini engelleyecek şekilde tutunmasına ve böylece kazıya dik açılarda çekme çatlaklarının oluşmasına neden olur. Dolayısıyla kazı göçüğü için uygun bir durum oluşur. Bu zemin hareketi, sütun şeklindeki toprağın artan basınç altında belirli bir noktada kırılarak kopmasıyla benzerlik gösterir ve bu kopma için gerekli olan kuvvet miktarı zeminin serbest basınç mukavemeti olarak adlandırılır. Çekme çatlakları, kazı düşey yüzünün en üst noktasından başlayarak genellikle kazı derinliğinin $1/3$ ila $2/3$ arasındaki yatay mesafelerde oluşmakta olup Şekil 3.4’de çekme çatlaklarının oluşumu gösterilmektedir (Taş, 2015).



Şekil 3.4. Kazı sırasında oluşan çekme çatlakları (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018).

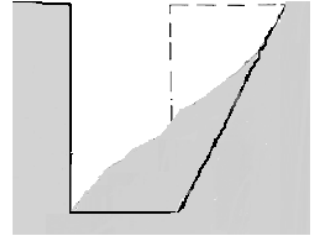
Göçüklerin oluşumu zeminin nitelikleri de dikkate alındığında; Şekil 3.5’de sunulduğu üzere birkaç farklı şekilde gerçekleşebilmektedir. (1) Zemin üst tarafında çekme çatlakları oluşması durumunda kazı duvarı kazının içine devrilebilir. (2) Kendisini tutamayacak kadar ağırlaşmış olan zeminin kazının içine doğru bir kabarma oluşturması ve akabinde kazı yüzünün çökmesi durumu ise sıklıkla yaş zeminlerde görülen bir durumdur çünkü eklenen suyun ağırlığı, zeminin tutma kapasitesinin aşılmasına neden olmakta ve kazının içine doğru bir kabarma oluşmaktadır. (3) Zeminin kazı içine doğru kayması da göçüğün diğer bir oluşum biçimidir ve daha çok yaş kum ve çakıllarda oluşan bu tür göçükler şev vermenin göçüğü kontrol altına almak için uygulandığı durumlarda görülebilmektedir. Göçüğün yakın olduğuna ve her an gerçekleşebileceğine dair diğer bazı işaretler ise; kazı kenarından toprak parçalarının düşmesi, katmanlı zeminlerin bölümlerinin kayması ve kayaçların çatlaklı kısımlarının düşmesidir (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018).



(1) Kazı duvarının devrilmesi



(2) Kazı yüzeyinde kabarma oluşumu



(3) Zeminin kazı içine doğru kayması

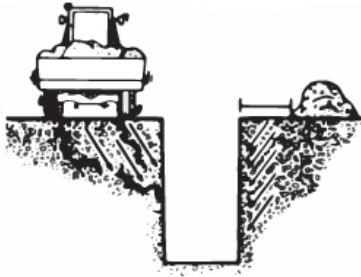
Şekil 3.5. Göçüklerin farklı şekillerde oluşumu (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2018).

Kazı çalışmaları sırasında toprağın kayması, devrilme, parça düşmesi gibi oluşumlar neticesinde meydana gelen göçükleri tetikleyen, hem çalışma ortamı hem de çevresel faktörlerle doğrudan ilgili birçok faktör bulunmaktadır. Dolayısıyla göçük riskini önlemek için birçok faktör dikkate alınarak kazı öncesi planlama yapılmalı ve zemin türü, nem koşulları, zeminin daha önce örselenmiş olma durumu, kazı derinliği, hava şartları, kullanılacak ekipman, bitişik yapıların varlığı, titreşim kaynaklarının varlığı, iksa yöntemi, mevcut yeraltı hizmetleri (gaz, su, elektrik hatları), kazının açık kaldığı süre miktarı ve ağır yükler (hafriyat yığını, iş makineleri vs.) gibi bilgilere önem verilmelidir (Taş, 2015).

Şekil 3.6'da uygun iksa yöntemi kullanılmayan kazılarda meydana gelen göçüklerin bazı tipik nedenleri gösterilmektedir.



Uzun süre açık kalan kazılar, nem miktarındaki değişimler nedeniyle (yağmur vs.) göçme tehlikesi taşırlar.



İş makineleri ve ekipmanlardan kaynaklanan titreşim, zeminin stabilitesini olumsuz etkileyerek göçüklere neden olabilir.



Dolguların, daha önce örselenmiş zeminlere göre stabilitesi daha düşük ve göçme riski daha yüksektir.



Hafriyat yığınları gibi ek yükler, kazı duvarları üzerinde daha fazla basınç oluşturarak göçme riskini artırır.

Şekil 3.6. Kazılarda meydana gelen göçüklerin bazı tipik nedenleri (IHSA, 2021).

Her ne kadar derin kazılarda ortaya çıkan risklerin sığ kazılardan çok daha fazla olduğu bilinse de kazı işlerinde en çok yapılan hatalardan biri sığ kazıların güvenli olduğu yaklaşımıdır. Çoğu ölümlü kaza olmak üzere sığ kazılarda meydana gelen çok sayıda kaza kayıtları bulunmaktadır. Desteksiz kazı yapılması veya yetersiz destek kullanılması, destek tesisi öncesinde çalışma yapılması, açık kazı şevlerinin duraylı olmaması ve güvensiz makine kullanımı gibi durumlar sığ kazılarda oluşan kazalara neden olarak sayılabilir (Engin, 2008).

3.7. Kazı Çalışmalarında Güvenliğin Sağlanması için Mevcut Standartlar

Kazı çalışmalarının sağlıklı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için ülkemizde ve gelişmiş ülkelerdeki düzenlemelerin ve standartların incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Kazı çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği açısından ülkemizdeki en önemli düzenlemeler Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği ile Kazı Destek Yapıları Hakkında Yönetmeliktir. Bunun yanı sıra, ulusal alanda diğer önemli düzenlemeler arasındaki Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Kazı İşleri Teknik Şartnamesi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler Genelgesi ve Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği'nde de kazı işleri ile ilgili bazı hükümler yer almaktadır. Ayrıca uluslararası alanda, ABD, Avustralya ve İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde, kazı işleri için kapsamlı standartlar, yönetmelikler ve uygulama esasları bulunmaktadır. Bu ülkelerdeki yasal düzenlemeler teknik açıdan çok detaylıdır ve çalışma hayatında büyük öneme sahiptir (Taş, 2015).

ABD'de kazı çalışmaları ile ilgili OSHA standardı ile ülkemizde buna karşılık gelen Kanal Kazısı Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberinde, ilgili önlemlerin kriterleri ve bu önlemlere karşılık gelen uygulamaların esasları kesin ve açık bir şekilde belirtilmektedir. Standartlar, hendek kazıları da dahil olmak üzere yeryüzünde yapılan tüm açık kazılar için geçerlidir. Standartların gerekliliklerine uyulması, göçük ve kazılarla ilgili diğer olay risklerini önlemekte veya büyük ölçüde azaltmaktadır.

3.7.1. Ulusal Alandaki Yasal Düzenlemeler ve Standartlar

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Kazı Destek Yapıları Hakkında Yönetmelik, kazı çukurlarının stabilitesinin sağlanması için destek yapılarının genel esaslarını belirlemekte ve projelendirme, geoteknik analizler, destek yapısı tipleri ve uygulama esasları gibi konularda genel bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, kazı destek yapılarının izlenmesi ve performansının değerlendirilmesi için kriterler belirlemekte, geoteknik sorumluların ve kontrol teşkilatının projelendirme, uygulama ve kontrol aşamalarında görevlerini düzenlemektedir. Bu yönetmelik kapsamında ek olarak yer alan Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları, kazı sırasında meydana gelebilecek göçük gibi risklerin minimize edilmesini hedeflemektedir. Bu amaçla, düzenleme kazı destek yapılarının doğru

bir şekilde tasarlanmasını ve uygulanmasını sağlamak için mühendislik prensipleri, güvenlik gereklilikleri, malzeme özellikleri, yapısal analizler ve deneyler gibi konuları kapsamaktadır. Bunun yanında esaslar, çevresel etkilerin azaltılması ve çevre dostu uygulamaların teşvik edilmesi için çeşitli yönergeleri içermektedir (Kazı Destek Yapıları Hakkında Yönetmelik, 2022). Bu yönetmelikten önce, yine Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler Genelgesi de kazı çalışmalarında kazı alanının hazırlık aşamasından başlayarak çalışmanın sonuna kadar olan süreçte uyulması gereken adımları ve güvenlik gerekliliklerini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Genelge kapsamında yapılması gereken zemin ve temel etüdü, geoteknik tasarım hesapları, geoteknik proje çizim detayları, uygulama teknik şartnamesi detayları, performans ölçümleri ve kriterleri, uygulama kontrol esasları, şevli kazı uygulama kriterleri, iksa sistemi ile desteklenen kazılarda dikkat edilmesi gereken hususlar ve iş güvenliği ve çevre sağlığı tedbirleri yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, kazı işleri ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği hükümlerini içeren diğer bir kapsamlı yönetmeliktir. Yönetmelik, kazılarda zemin yapısı, iklim koşulları, yakındaki sarsıntılar, su kaynakları ve fazla yük kuvvetleri gibi faktörleri göz önünde bulundurarak uygun şev açılarının belirlenmesi ve/veya statik hesapların yapılmış uygun destek ve setlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, yönetmelik kapsamında şevlerin eğimi ile yüksekliğinin zemin yapısına, sağlamlığına ve çalışma yöntemlerine uygun olarak seçilmesi ve kanallarda yan duvarların göçmesini önlemek için gerekli tedbirlerin alınması hususları yer almaktadır (Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013).

Kazı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgilenen diğer bir yönetmelik Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği'dir. Bu yönetmelik özellikle zemin etütleri ile ilgili hükümleri içermekte ve zemin koşullarının belirlenmesi ile iletim hatları için yapılacak çalışmalarda uygulanacak kurallara yer vermektedir. Ayrıca, yönetmelik kapsamında imalata ilişkin esaslarla birlikte boru döşenmesi, hendek açılması ve hendeğin dolgusu gibi konularda gerekli tüm güvenlik önlemlerinin alınması ile ilgili hususlar yer almaktadır (Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği, 2007).

Son olarak, Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Kazı İşleri Teknik

Şartnamesi kazı işlerinin planlama, tasarım, uygulama ve denetim aşamalarında uyulması gereken kuralları içermektedir. Bunlar arasında kazı alanının hazırlığı, zemin etütlerinin yapılması, uygun kazı yöntemlerinin seçimi, kazı güvenliği önlemleri, kazı malzemelerinin taşınması, drenaj ve sızdırmazlık sistemleri, yer altı yapısının korunması ve kazı sonrası düzenleme gibi konular yer almaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2006).

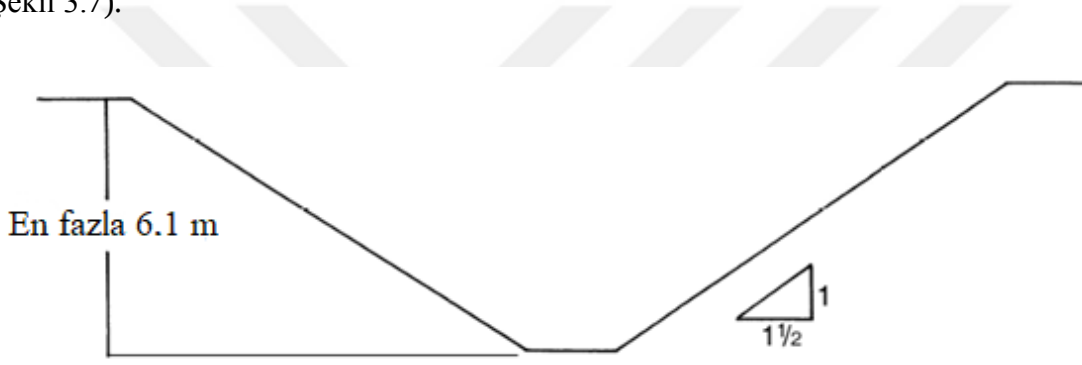
Yukarıda bahsedilen ulusal alandaki yönetmelikler ve şartnamelere uygun olarak kazı işleri yapılması, kazılarda iş güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Kazı çalışmalarının güvenli şekilde gerçekleştirilebilmesi için yönetmelikler ve şartnamelere ek olarak ulusal standartlar da bulunmaktadır. Ülkemizdeki ulusal standartlar incelendiğinde, özellikle hendek kazısı çalışmalarıyla ilgili standartların bulunduğu görülmüş ve bu standartlarda iş ekipmanlarının ve çalışma yöntemlerinin belirlenmesi ve daha güvenli bir çalışma ortamının sağlanması doğrultusunda hususların yer aldığı tespit edilmiştir. Örneğin, TS EN 13331 Hendek Kaplama Sistemleri Standardı, göçük riskine karşı kullanılan kalkan sistemleri ile ilgili önemli standartlardan biridir. İki bölümden oluşan bu standartın ilk bölümünde, kalkanların ürün özellikleri ve mamul nitelikleri gibi hendek kaplama sistemlerine odaklanılırken, ikinci bölümünde ise deneyler veya hesaplamalar yoluyla değerlendirme konularına yer verilmiştir. Diğer bir ulusal standart ise TS 2519 Ahşap İksa Hesap, Yapım, Bakım, Söküm ve Dolgulama Kuralları Standardı olup, ahşap iksa yöntemleriyle ilgili önemli bir standarttır. Bu standart, kazı işlerinde kullanılan ahşap iksa kurallarını, genişlik ve derinlik ölçülerini ve ilgili tanımları içermektedir. Böylece, TS EN 13331 ve TS 2519 Standartları, kazı çalışmalarında göçük riskine karşı güvenlik sağlamak amacıyla kullanılan kalkan ve ahşap iksa sistemleri ile ilgili belirli prensipler ve prosedürler sunarak kalite ve performans özelliklerini belirlemek ve değerlendirmek için rehberlik etmektedir (Taş, 2015).

3.7.2. Amerika Birleşik Devletleri OSHA Standartları

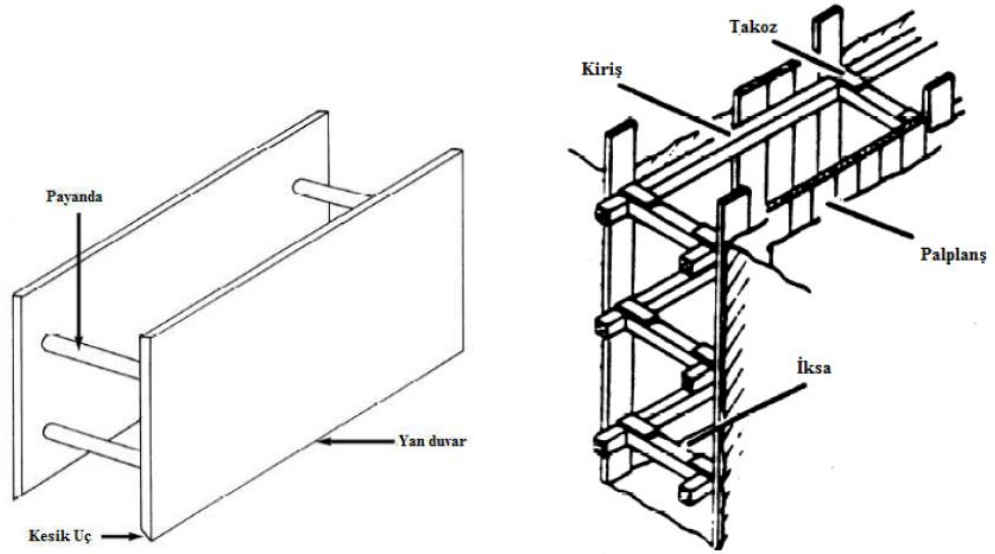
Bu çalışma kapsamında analiz edilen veri seti, açık erişime olanak sağlayan OSHA veri tabanı kullanılarak oluşturulduğu için, Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı Meslek Güvenliği ve Sağlığı İdaresinin (OSHA) kazı çalışmaları ile ilgili mevcut standartları bu bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

OSHA (2015), olası göçmeleri önlemek için kazının uygun bir eğim ile veya basamaklı bir şekilde açılmasını, kazı kenarlarının desteklenmesini veya kazı kenarı ile çalışma alanı arasında koruyucu bir kalkan yerleştirilmesini önermektedir. Daha önce de belirtildiği üzere uygun bir koruyucu sistemin seçimi veya tasarlanması, zemin türü, kazı derinliği, zeminin su içeriği, hava ve iklim koşulları da dahil olmak üzere birçok faktörün dikkate alınmasını gerektirir ve sonuçta kullanılan herhangi bir sistem gerekli performans kriterlerini karşılamalıdır. Söz konusu standart, göçmeye karşı istenen seviyede koruma sağlayacak çeşitli yöntem ve yaklaşımlar önermektedir. Bu yaklaşımlardan biri kazı kenarlarına yatay:düşey oranı 1.5:1'den daha dik olmayan bir açıyla yani yatay ile yaklaşık 34°'lik açı yapacak şekilde eğim verilmesidir ve bu derecedeki bir eğim veya daha azı tüm zemin türleri için güvenli olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yatay:düşey oranı 1.5:1 olan basit şevli kazı (OSHA, 2015).

Şekil 3.7’de gösterildiği üzere derinliği 6.1 metreden az olan tüm basit kazılar için müsaade edilen bu 1.5:1 eğiminin yanında ikinci bir yaklaşım ise profesyonel bir mühendisin onayını almış tablo ve grafikler kullanılarak iksa sisteminin veya eğim açısının tasarlanmasıdır. Profesyonel bir mühendis tarafından sahaya özel olarak tasarlanmış bir kazı kutusunun veya iksa sistemlerinin kullanılması kadar güvenilir bir sistem oluşturulduğu takdirde kalkanlarının kullanımına müsaade edilmektedir.



Şekil 3.8. Kazı kalkanı ve kapalı iksa örneği (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b; Hughes, D. A., 2009).

Kazı standartları, bir kazı tamamen duraylı kayaçta yapıldığında veya kazı derinliğinin 1.5 metreden az olması ve uzman bir kişi tarafından yapılan zemin incelemesinin muhtemel bir göçüğe dair belirti olmadığını göstermesi durumlarında koruyucu bir sistem kullanımı gerektirmez. Bu bağlamda konunun doğru olarak ele alınabilmesi için OSHA tarafından kabul edilen zemin türü sınıflamasının iyi bilinmesi gerekmektedir (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b).

Saha ve çevre koşulları, zemin bileşenleri ile zemin yapısı gibi kriterler dikkate alınarak yapılan OSHA zemin sınıflandırmasında zeminler azalan stabiliteye göre dört ana başlıkta sınıflandırılmaktadır: duraylı kayaç, A tipi zemin, B tipi zemin ve C tipi zemin. Duraylı kayaçtan sırası ile A, B ve C tipi zeminlere geçildikçe stabilite, rijitlik ve bağıl yoğunluk azalmaktadır. OSHA sisteminde zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek ve sınıflandırma yapabilmek için laboratuvar veya arazi verileri kullanılabilir. Örneğin gradasyon olarak da adlandırılan dane elek analizi ve özellikle No. 200 elekten geçen ince daneler yüzdesi, çeşitli boyutlarda zemin parçacıklarının miktarını ve çok ince danelerin niteliklerini belirlemek için kullanılmaktadır (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b).

Standartta duraylı kayaç; kazı sırasında kazıya maruz kalan yüzeylerin şeklinin bozulmadan kaldığı ve dikey olarak kazılabilen doğal, katı mineral madde olarak tanımlanmaktadır. A tipi zeminler ise serbest basınç mukavemetinin 144 kPa ya da daha fazla olduğu kohezyonlu zeminler olarak tanımlanmakta olup

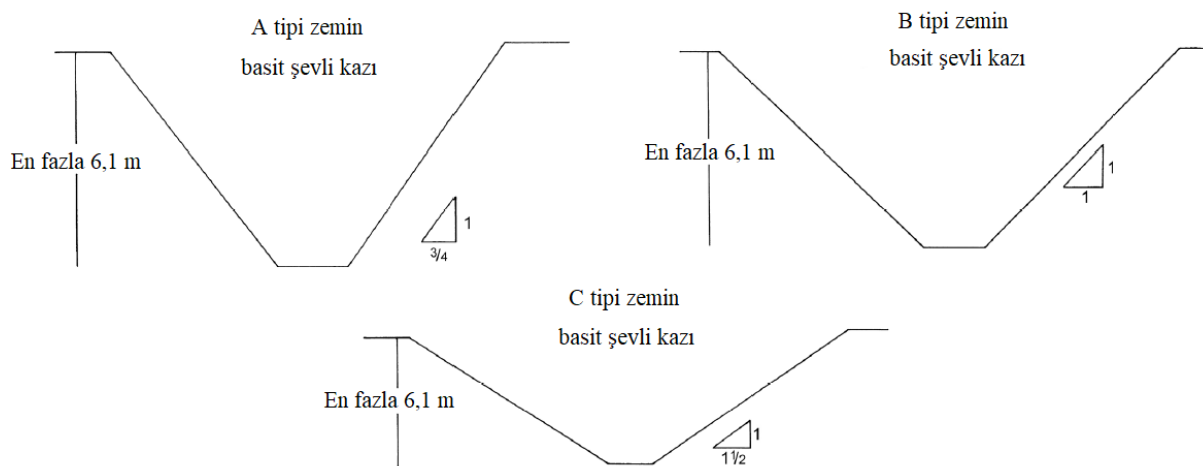
kil, siltli kil, kumlu kil, killi balçık bu tür zeminlere örnek olarak verilebilir. Bunun yanında sert tabakalar ve kalış gibi çimentolaşmış zeminler de A tipinde yer alırken fisürlü veya daha önce örselenmiş, titreşime maruz kalmış hiçbir zemin A tipi değildir. A tipi zeminlerin ardından daha az stabiliteye sahip olan B tipi zeminler ise 48 kPa'dan yüksek ancak 144 kPa'dan daha düşük serbest basınç mukavemetine sahip, granüler veya kohezyonlu zeminlerdir. Örneğin, kırma taş benzeyen köşeli çakıllar, silt, siltli balçık ve kumlu balçık gibi zeminlerin yanında A tipi için serbest basınç mukavemeti veya çimentolanma gereksinimlerini karşılayan ancak fisürlü veya titreşime maruz kalmış zeminler ve duraysız kuru kayalar da B tipi zemin sınıfına girmektedir. Stabilite açısından en düşük seviyede yer alan C tipi zeminler ise 48 kPa veya daha düşük bir serbest basınç mukavemetine sahip granüler veya kohezyonlu zemin grubunu içermektedir. Çakıl, kum, tınlı kum, batık zeminler ya da suyun serbestçe sızdığı zeminler ve duraysız batık kayalar gibi en zayıf koşulları temsil eden zeminler veya yatay:düşey oranı 4:1'den daha dik eğime sahip tabakalı zemin grubu C tipi zemin grubunda yer almaktadır (OSHA, 2015).

Daha önce de belirtildiği üzere, göçmeleri önlemek için OSHA'nın önerdiği koruma yöntemlerinden biri kazı kenarlarına OSHA kazı standartlarında belirtilen uygun ve güvenli bir açı ile eğim verilmesi yolu ile gerçekleştirilebilir. Bir kazının kenarlarına verilecek güvenli şev açısı farklı zemin türlerine göre değişmekte olup her bir proje için ayrı ayrı belirlenmelidir. Bir kazıda yüksek su tablası durumu, siltli malzeme veya gevşek kayalar varsa veya erozyon, derin don ve kaymanın yoğun olduğu alanlarda kazılıyorsa, güvenli şev açısı daha düşüktür. Bir kazı çalışmasında, öncelikle OSHA tarafından kullanılan zemin sınıflandırma sistemi ile veya standartta açıklanan diğer kabul edilebilir yöntemlerden biri kullanılarak kazı alanındaki zemin türleri belirlenmelidir (Berry et al., 2009).

Zemin sınıflandırması için OSHA standardına göre, en az bir görsel ve bir manuel (elle) analizin standartta belirtilen şekillerde yapılması veya diğer kabul görmüş zemin sınıflandırma sistemleri ve deneylerinin kullanılması gerektiği görülmektedir. Görsel analizler genellikle kazı alanı, kazının bitişiğindeki zemin, kazı duvarının kenarlarını oluşturan zemin ve kazılmış zeminden alınan numunelerle nitel bilgilerin toplanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. OSHA standardında ayrıca plastiklik ya da ribbon deneyi, kuru mukavemet deneyi, kurutma deneyi, başparmak basma deneyi ve diğer mukavemet deneyleri gibi çeşitli manuel deneylerin belirtildiği görülmüştür. Plastiklik deneyi, nemli bir zemin numunesinin yuvarlanarak mümkün olabildiğince ince (yaklaşık 3mm) bir

iplik haline dönüştürülmesi deneyi olup bu deneyde kohezif olan malzemeler ufalanma olmaksızın başarıyla iplik haline getirilebilmektedir. Örneğin, en az 50 mm uzunluğunda ve 3 mm kalınlığında olan iplik şeklindeki numune yırtılmadan elle tutulabiliyorsa, zeminin kohezif olduğunu söylemek mümkündür. Benzer şekilde ribbon deneyi de bir plastiklik deneyi olup avuç içine bir miktar (yaklaşık 25 gram) zemin numunesi alınarak üzerine damla damla su eklenip yoğurulduktan sonra, zemin yaş macun gibi yumuşak, plastik ve şekil verilebilir hale ulaşınca numunenin farklı niteliksel özelliklerinin sorgulanması şeklinde gerçekleştirilmektedir (Taş, 2015).

Güvenli çalışma koşullarını sağlamak için gerekli olabilecek diğer tüm koruma yöntemleri göz önünde bulundurulduktan sonra, kazı kenarlarına eğim verilmesinin veya kademeli kazının o sahada kullanılacak en iyi yöntem olup olmadığına profesyonel bir yetkili tarafından karar verilebilir. Uygun kazı açısına karar verebilmek adına OSHA kazı standartları, derinliği 6.1 metreden az olan kazılar için izin verilen maksimum eğimleri tanımlamaktadır. Zemin tiplerine göre izin verilen maksimum kazı açıları sert kayaçta 90° , A tipi zeminde 53° , B tipi zeminde 45° ve C tipi zeminde 34° olmak üzere zemin tiplerinin stabilitesi ile doğru orantılı olarak azalmaktadır (Berry et al., 2009). Şekil 3.9’da basit şevli kazıların farklı zemin tiplerine göre izin verilen maksimum kazı açılarına karşılık gelen yatay:düşey oranları gösterilmektedir. Tüm zemin tipleri için güvenli kabul edilen, kazı kenarlarına yatay:düşey oranının 1.5:1’den daha dik olmayan bir açıyla eğim verilmesi, düşük stabiliteli C tipi zemin için de uygun görülmektedir.

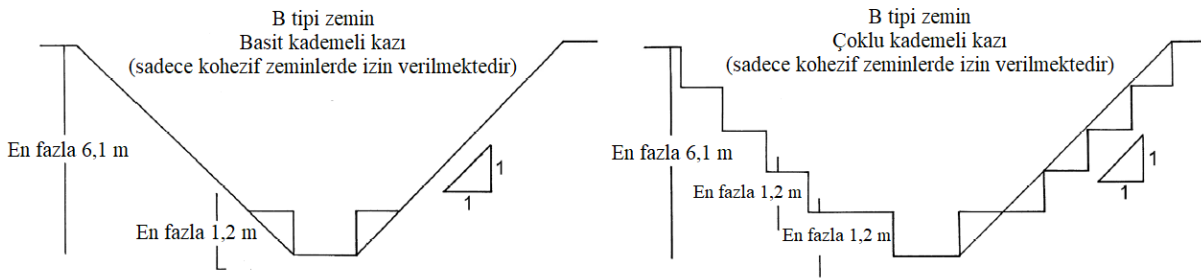


Şekil 3.9. Basit şevli kazıların farklı zemin tiplerine göre izin verilen maksimum eğim değerleri (Berry et al., 2009).

OSHA standardına göre katmanlı sistemlerde yapılan kazılar için ise zeminlerin yerlerine göre yukarıda sunulan maksimum eğim değerleri katmanlı olarak uygulanmalıdır. Ancak daha az stabil olan bir zemin katmanının üzerinde daha stabil bir zemin katmanının yer alması durumunda kazının tamamı daha az stabil olan zemin katmanı için izin verilen eğim ile kazılmalıdır. Örneğin, C tipi zemin katmanının üzerinde daha stabil olan A tipi zemin katmanının yer aldığı bir kazı çalışmasında bütün kazı derinliği boyunca yatay:düşey oranı 1.5:1 olan bir eğim uygulanması gerekmektedir.

Şekil 3.9'da sunulan basit şevli kazıların farklı zemin tiplerine göre izin verilen maksimum eğim değerleri, kademeli kazı veya kazının alt kısmında iksa ya da kalkan içermesi gibi durumlarda değişiklik göstermektedir.

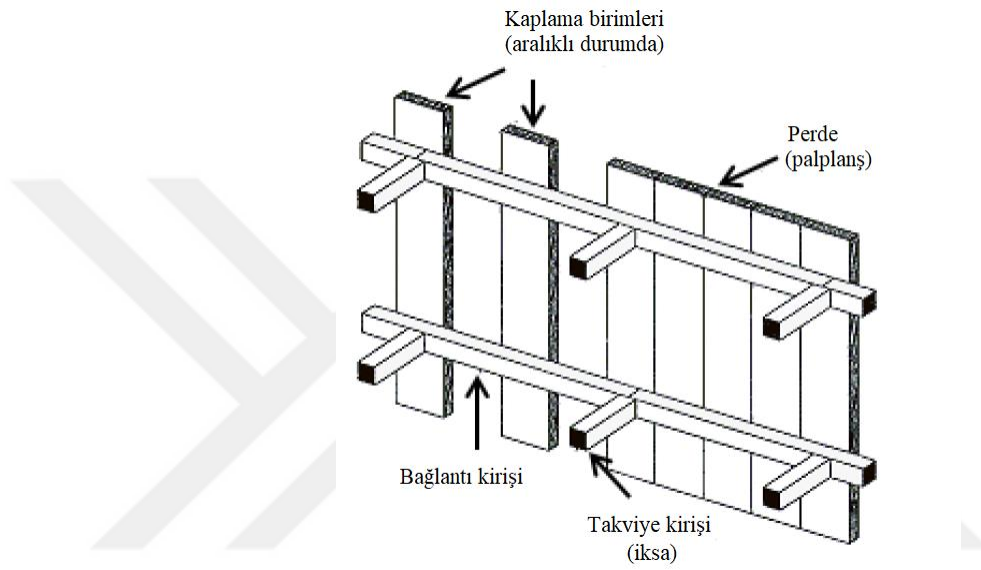
Basit ve çoklu olmak üzere iki temel kademe türü bulunmakta olup zemin türü, kademelerin yatay/dikey oranını belirler. Genel bir kural olarak, kazının alt dikey yüksekliği ilk kademe için 1.2 metreyi geçmemelidir. Sonraki kademelerin dikey yüksekliği A tipi zeminde en fazla 1.5 metre, B tipi zeminde ise 1.2 metre ile kısıtlanmış olup toplam kazı derinliği yine 6.1 metreyi geçmemelidir. Sonraki tüm kademeler o zemin türü için izin verilen maksimum eğimin altında olmalıdır. Şekil 3.10'da gösterilen B tipi zemin için kademeli kazı sistemine sadece kohezyonlu zemin türlerinde izin verilmektedir (Berry et al., 2009).



Şekil 3.10. Kademeli kazılarda B tipi zemin için izin verilen maksimum kademe yükseklikleri (Berry et al., 2009).

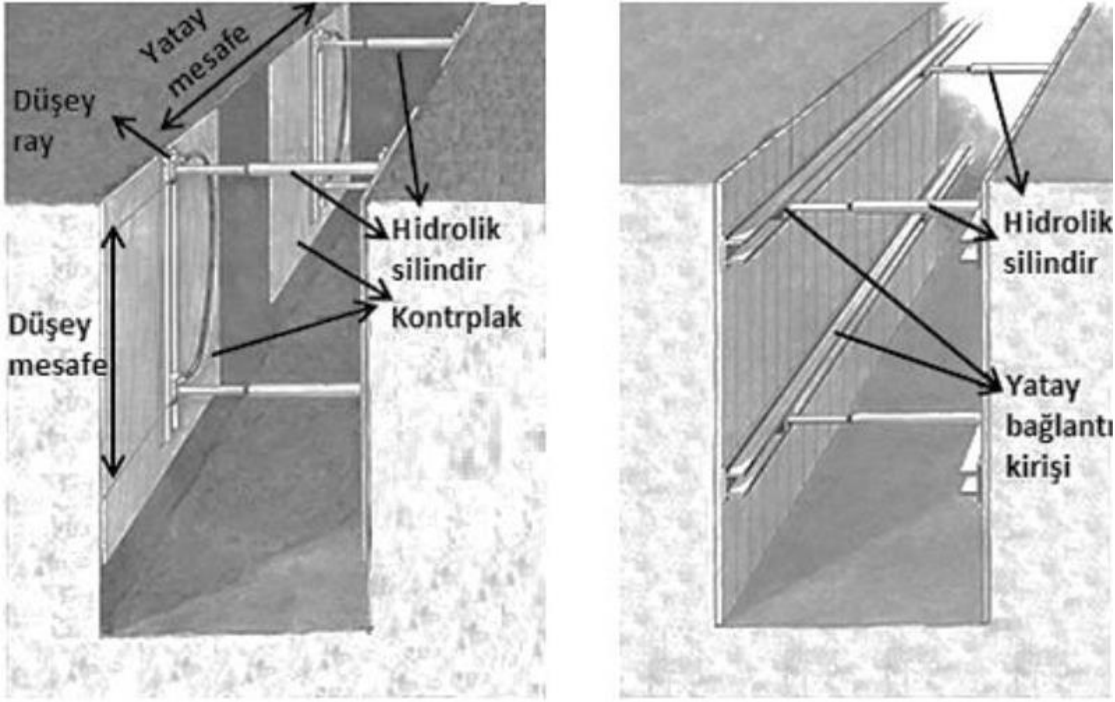
Diğer bir önemli husus olarak, acil bir durumda çalışanların hendeği hızlı bir şekilde terk edebilmeleri için OSHA yönetmeliklerine göre, çalışanların 1.2 metre veya daha derin kazılarda bulunması gerektiğinde işveren tarafından merdiven, basamak veya rampa gibi güvenli çıkış yolları sağlanmalıdır. Ayrıca, bu çıkış yolları, çalışanların hendek içinde yanal olarak 7.6 metreden fazla yol kat etmelerini gerektirmeyecek şekilde yerleştirilmelidir (OSHA, 2015).

Koruyucu sistemlerin diğ er bir seçeneği olan destek sistemleri ile ilgili olarak OSHA standardında bu sistemlerin tasarımı için de belirli kriterler yer almaktadır. OSHA standardı eklerinde 6.1 metre derinliğe kadar uygulanacak iksa sistemleri için ahşap iksa ve al uminyum hidrolik iksa sistemleri ile ilgili kriterlerin yer aldığı görülmektedir. Ahşap iksa sistemlerinin seçilmesinde kullanılmak üzere standartta yer alan tablolar aracılığıyla çeşitli kazı derinlikleri, genişlikleri ve zemin tipleri için ahşap elemanların asgari boyutlarının belirlendiği tespit edilmiştir (Ta , 2015).



Şekil 3.11. Ahşap iksa kesiti (OSHA Technical Manual, 2023).

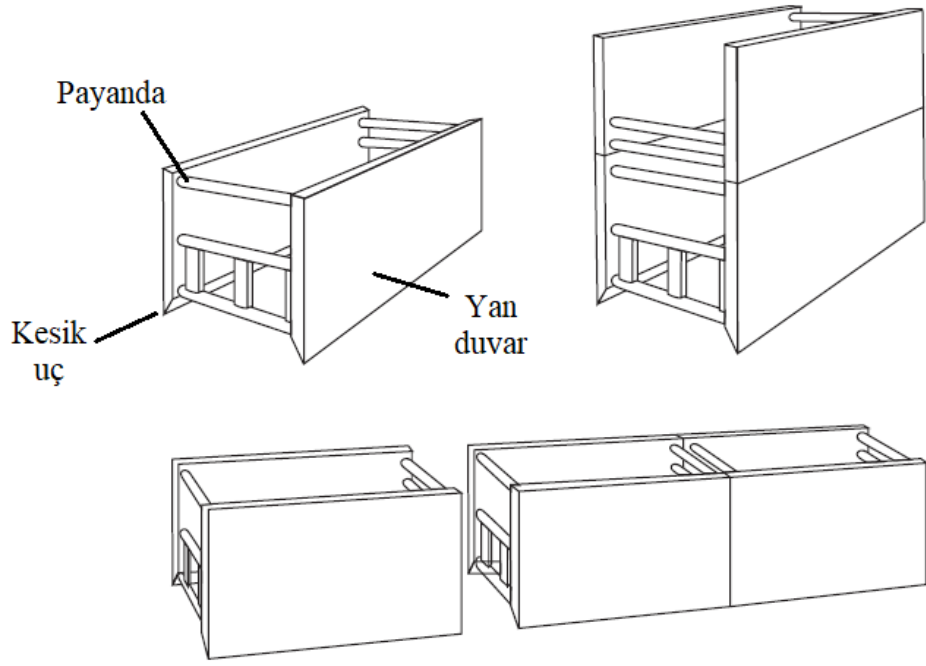
OSHA standardı ahşap iksa kullanımının dışında al uminyum hidrolik iksa sistemlerinin kullanımını da g    k riskine karşı alınabilecek koruyucu önlemler arasında değerlendirmektedir. Ayrıca günümüzde, al uminyum veya çelikten imal edilmiş hidrolik iksa kullanımı daha yaygındır çünkü hidrolik iksa, işçilerin hidrolik iksayı kurmak veya kaldırmak için hendeğe girmesini gerektirmediğinden ahşap iksaya göre kritik bir güvenlik avantajı sağlamaktadır (OSHA Technical Manual, 2023).  n mühendisliği yapılmış al uminyum hidrolik silindirlerden (takviye kirişleri) oluşan ve dikey raylar ya da yatay raylar ile birlikte kullanılan al uminyum hidrolik iksa sistemleri için de standartta farklı zemin tiplerine göre çeşitli eleman boyutları ile birlikte kullanılan azami düşey ve yatay mesafelerinin verildiği tablolar yer almaktadır. OSHA standardında geçen tipik kurulumlardan kontrplaklı düşey al uminyum hidrolik iksa ve yatay bağlantı sistemi  ekil 3.12’de gösterilmektedir (Ta , 2015).



Şekil 3.12. Alüminyum hidrolik iksa sistemleri (Taş, 2015).

OSHA standartlarına göre tüm iksalar yukarıdan aşağıya doğru kurulmalı ve aşağıdan yukarıya doğru sökülmelidir. Hidrolik iksa sistemleri, sızıntı yapan silindirler, kırık bağlantılar ve diğer hasarlı veya kusurlu parçalar açısından vardiya başına en az bir kez kontrol edilmelidir (OSHA Technical Manual, 2023).

İksa sistemlerine alternatif olarak, genellikle çelik bir çerçeveye kaynaklanmış çelik plakalardan oluşan taşınabilir yapıları teşkil eden kalkanlar da OSHA standardına göre diğer bir koruyucu sistem olarak belirtilmiştir. Kazı kalkanları iksadan farklıdır, çünkü kazı kenarlarını desteklemek yerine, öncelikle çalışanları göçüklerden ve benzer olaylardan korumak için tasarlanmıştır. Kazı kalkanının dış yüzü ile kazı kenarları arasındaki alan mümkün olduğunca küçük olmalı ve bu boşluk, kalkanın yanal hareketini önlemek için geri doldurulmalıdır. Ayrıca kalkanlar, sistemin dayanmak üzere tasarlandığı yükleri aşan yüklere maruz bırakılmamalıdır. Kazı kalkanları genellikle açık alanlarda kullanılır, ancak eğim ve kademeli kazı ile birlikte de kullanılabilirler (OSHA Technical Manual, 2023).



Şekil 3.13. Kazi kalkanı örnekleri (OSHA, 2015).

OSHA standardında, kazı çalışmalarındaki tehlike ve risklerin içerisinde en çok can kaybına neden olan göçük riskine karşı alınabilecek önlemler ve bu önlemlerin uygulama esasları detaylı olarak sunulduktan sonra ayrıca, kazı çalışmalarında çalışanların karşılaşılabileceği diğer tehlike ve riskler için de OSHA işverenlerin bazı önlemler almasını şart koşturmaktadır. Bu hususta, işverenlerin sorumlulukları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (OSHA, 2015):

- Hafriyat gibi kazı malzemelerini veya kullanılan ekipmanı kazı kenarlarından en az 61 santimetre uzağa yerleştirerek veya tutucu bir düzenek kullanarak, çalışanları kazı içerisine düşerek veya yuvarlanarak tehlike oluşturabilecek malzeme veya ekipmanlardan korumak.
- Bir kazının bitişiğinde mobil ekipman çalıştırıldığında veya bu ekipmanın bir kazının kenarına yaklaşması gerektiğinde ve operatörün kazı kenarlarını net ve doğrudan göremediği durumlarda bir uyarı sistemi (barikatlar, el ile veya mekanik sinyaller ve kapama kirisleri gibi) sağlamak.
- Gevşek malzemeyi temizlemek için tesviye yaparak, uygun aralıklarla koruyucu barikatlar kurarak veya diğer eşdeğer koruma biçimlerini kullanarak çalışanları bir kazı yüzeyinden düşebilecek veya yuvarlanabilecek gevşek kaya veya zeminden korumak.

- Alt seviyelerdeki çalışanlar düşen, yuvarlanan veya kayan malzeme veya ekipman tehlikelerinden yeterince korunmadığı sürece, çalışanların eğimli veya kademeli kazı yüzeylerinde diğer çalışanların üzerindeki seviyelerde çalışmasını yasaklayan çalışma kuralları oluşturmak ve uygulamak.
- Çalışanların kazı veya kaldırma ekipmanı tarafından taşınan yüklerin altında durmasını veya çalışmasını yasaklayan çalışma kuralları oluşturmak ve uygulamak.
- Çalışanların dökülen veya düşen malzemelerden etkilenmelerini önlemek için yüklenen veya boşaltılan araçlardan uzak durmalarını zorunlu kılmak.

Bu önlemlere ek olarak sık karşılaşılan tehlike ve riskler arasında yer alan kazı çalışmaları sırasında yeraltı hizmet hatlarına ve borularına çarpma riski ile birlikte kazı içerisindeki su ve tehlikeli atmosferler ile ilgili önlemler için OSHA standardında ayrı başlıklar yer almaktadır.

OSHA standartları, kazı çalışmalarına başlanmadan önce, kanalizasyon, telefon, doğalgaz, elektrik hatları ve su boruları da dahil olmak üzere yeraltı kamu hizmetlerinin konumlarının belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Kazının açıldığı takdirde, konumları belirlenmiş olan yeraltı hizmetlerinin çalışanları korumak için gerektiği şekilde korunduğundan, desteklendiğinden veya kaldırıldığından emin olunması gerekmektedir (OSHA, 2015).

Diğer önemli tehlikelerden olan kazı içerisindeki su, kazının kenarlarına zarar verebilir ve acil bir durumda çalışanların kazıdan çıkmasını daha zor hale getirebilir. Bu sebeple OSHA standartları, çalışanları korumak için yeterli önlemler alınmadığı sürece işverenlerin, çalışanların su birikmiş veya birikmekte olan bir kazıya girmesine izin vermesini yasaklamaktadır. Bu tür önlemler, göçükleri önlemek için özel destek veya kalkan sistemlerini, su seviyesini kontrol etmek için su tahliyesini veya emniyet kemeri ve yaşam hattı kullanımını içermektedir. Bunun yanında, kazı çalışmaları yüzey suyunun doğal drenajını kesintiye uğratiyorsa, OSHA standartları ayrıca yüzey suyunun kazıya girmesini önlemek ve bitişik alanın yeterli drenajını sağlamak için saptırma hendekleri, bentler veya diğer uygun araçların kullanılmasını gerektirmektedir. Buna ek olarak, şiddetli yağmurlardan kaynaklanan akıntılara maruz kalan kazılar yetkili bir kişi tarafından denetlenmelidir (OSHA, 2015).

Son olarak, OSHA standartları, diğer bir önemli risk kategorisini oluşturan kazılardaki tehlikeli atmosferlerden çalışanların korunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple, çalışanların oksijen eksikliği veya tehlikeli bir atmosferin mevcut olduğu veya makul olarak beklenebileceği 1.22 metreden daha derin bir kazıya girmeden önce atmosfer testi yapılması gerekmektedir. Örneğin çöp depolama alanlarındaki kazılar veya tehlikeli maddelerin yakınlarda depolandığı alanlardaki kazılar bu kategoride yer almaktadır. Tehlikeli koşulların mevcut olması halinde ise, işveren çalışanların bu koşullara maruz kalmasını önlemek için yeterli önlemlerin alınmasını sağlamalıdır. Bu önlemler arasında çalışanlara uygun solunum koruması veya havalandırma sağlanması yer almaktadır. Buna ek olarak, atmosferik kirleticilerin seviyesini kabul edilebilir seviyelere düşürmek için kontrollerin kullanılması halinde, atmosferin güvenli kalmasını sağlamak için gerekli sıklıkta testler yapılmalıdır. Sonuç olarak bir kazıda tehlikeli atmosferik koşullar mevcutsa ya da oluşması makul olarak bekleniyorsa, işveren solunum cihazı, emniyet kemeri ve halatı ya da sepet sedye gibi acil kurtarma ekipmanlarının hazır bulundurulmasını sağlamalıdır (OSHA, 2015).

Kazı çalışmaları ile ilgili ulusal mevzuatlar ve mevcut standartlar ile OSHA standartlarının karşılaştırılması sonucu, OSHA standartlarına karşılık gelebilecek bazı hususların ulusal mevzuat ve standartlarda da yer aldığı görülmüş ancak OSHA standartlarının özellikle bütün olarak kapsamlı ve daha ayrıntılı kriterlere sahip olduğu tespit edilmiştir. OSHA standartları, ulusal iş sağlığı ve güvenliği mevzuatındaki hükümlerin yanı sıra zemin analizi ve ilgili detayları içermesi, kazı çalışmalarında uygulanacak şev ve kademe değerlerini belirlemesi, ahşap ve hidrolik iksa uygulama esaslarının detaylarını içermesi gibi konularda daha kapsamlı bir içeriğe sahiptir. OSHA standartlarının ülkemizdeki mevcut ulusal yönetmelikler ve şartnamelerin aksine, kazı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tüm hükümleri bir araya getirmesi, teknik bilgiye erişim ve saha uygulamaları için büyük kolaylık sağlamaktadır. Böylece, yapılan değerlendirmeler sonucunda, kazı çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili mevcut ulusal mevzuatın alt düzenlemelerle desteklenerek daha detaylı ve kapsamlı bir hale getirilmesinin gerekliliği anlaşılmaktadır (Taş, 2015).

3.8. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Bu bölümde, tez çalışmasında analiz edilmek üzere toplanan verilerin yeniden organize edilmesi sonucu oluşturulan veri setine istatistiksel analiz kapsamında uygulanan yöntemler açıklanmaktadır. Önceki bölümlerde açıklanan

verilerin organizasyonu, konsolidasyonu ve istatistiksel analiz kapsamında SPSS programına girilmesi işlemlerinden sonra, veri seti hakkında genel bir anlayış sağlamak amacıyla uygulanan tek değişkenli sıklık analizi ve değişkenlerin bağımlı değişken ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla uygulanan çapraz tablolama analizi yöntemleri hakkındaki teorik bilgiler takip eden bölümlerde paylaşılmıştır.

3.8.1. Tek Değişkenli Sıklık Analizi

Tek değişkenli sıklık analiz en temel istatistiksel analiz yöntemlerden biri olup, her bir değişkenin kategorileri arasındaki dağılımı göstermektedir (Babbie, 2016). Veri tabanının anlaşılmasını sağlamak ve çok değişkenli analizin temelini oluşturup tanımlayıcı olmak tek değişkenli sıklık analizin başlıca amaçları arasında yer almaktadır.

Kazan'a (2013) göre, tek değişkenli sıklık analizi, farklı çalışma alanlarında, istatistiksel analiz yapan araştırmacılar tarafından genel olarak veri tabanı üzerinde uygulanan ilk analiz olup iş sağlığı ve güvenliği alanındaki çalışmalar için de aynı durum geçerlidir. Çeşitli veri tabanları üzerinde yapılan çalışmaların temelini tek değişkenli sıklık analizinden elde edilen bulgular oluşturmaktadır. Tek değişkenli sıklık analizi bulguları hem sıklık tabloları hem de çubuk diyagram veya pasta diyagram yolları ile sunulabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında tek değişkenli sıklık analizi, veri tabanının taranması ve veri tabanının anlaşılması amaçları doğrultusunda kullanılmış olup analiz kapsamında tüm değişkenler ve kategoriler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Her bir değişkenin sıklık analizi bulguları, sıklık tabloları ve çubuk diyagramlarıyla araştırmacıya ve okuyuculara fikir vermesi açısından bulgular ve tartışma bölümünde sunulmuştur. Mevcut sıklık tablolarında her kategorinin sıklığı, yüzdesi ve kümülatif yüzdeleri yer almaktadır.

Veri organizasyonu ve girişi bölümünde yer alan konsolidasyon başlığı altında sunulan tablolarda da görülebileceği üzere çalışma kapsamında incelenen değişkenlerin tamamı kategorik değişkendir ve her bir değişken çeşitli sayılarda kategorilere sahiptir.

Çalışma kapsamında oluşturulan değişkenlerin ve kategorilerin sistematik ve anlamlı olup olmadığını araştırmak için genellikle tek değişkenli sıklık analizi

kullanılmaktadır. Böylece çalışmada yer alan her değişkenin kaç kategorisinin olduğu ve önem derecesi, her bir kategoride kaç vakanın yer aldığı ve veri setinde her bir kategori için kaç bilinmeyen veri bulunduğu gibi sorulara yanıt bulunabilmektedir. Soruların yanıtlarını elde etmek amacıyla veri tabanına tek değişkenli sıklık analizi uygulanarak her bir değişken için oluşturulan kategorilere ait gözlenen örneklem sayısı yani sıklık incelenebilmektedir (Akboğa, 2014).

Sıklık açısından yetersiz kategorisi bulunan değişkenlerin sayıca fazla olması durumunda anlamlı sonuçlar elde edebilmek için uygun kategorilerin birleştirilmesi ve dolayısıyla konsolidasyon yöntemi uygulanması önerilmektedir (Kazan, 2013). Bu çalışma kapsamında hangi değişkenlere konsolidasyon uygulandığı ve hangi kategorilerin birleştirildiği önceki bölümlerde yer alan konsolidasyon başlığı (Bölüm 3.3) altında detaylı olarak açıklanmıştır.

Veri tabanının taranması sırasında karşılaşılan bir diğer önemli husus vakalardaki çeşitli değişkenlere ait eksik bilgiler olmuştur. Veri tabanlarında karşılaşılan bu eksik bilgiler, oluşturulmak istenen sıklık modelinin anlamlılığını etkilemektedir (Tabachnik and Fidell, 2007). Yazarlar, modelin anlamlılığının etkilenmemesi için eksik bilgiye sahip olan vakaların veri setinden çıkartılması veya eksik bilgi sıklığı çok olan değişkenin kaldırılması şeklinde bu hususta iki öneride bulunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında incelenen veri tabanında yapılan tek değişkenli sıklık analizine göre elde edilen bulgularda birçok değişkende yüksek oranda eksik bilgiyle karşılaşılmış olup, bu vakalar sıklık tablolarında belirtilmeyen adı altında sunulmuştur. Sonuç olarak tek değişkenli sıklık analizi bulguları herhangi bir değişiklik yapılmadan sunulurken veri tabanı tanıtılmıştır ancak sıklık analizlerinin grafik sunumlarında, örüntüyü bozması sebebiyle belirtilmeyen kategorilerine yer verilmemiştir. İleri analizlerde ise modelin anlamlılığını bozmaması adına bazı değişkenlerde belirtilmeyen kategorileri veri setinden çıkartılmıştır.

3.8.2. Çapraz Tablolama Analizi

Tek değişkenli sıklık analizi uygulandıktan sonra, ikinci bir istatistiksel analiz olarak bağımsız değişken çiftleri arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını araştırmak için ikili çapraz tablolama analizi gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak ikili analiz, iki kategorik değişkenin aralarında deneysel olarak bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek amacıyla analizinin (nominal ya da ordinal) yapılması olarak tanımlanmaktadır (Babbie, 2016). Daha önce belirtildiği üzere, bu tez çalışmasının amaçlarından biri kazı çalışmaları esnasında meydana gelen kazalar kapsamında kaza şiddetine etki eden faktörlerin tanımlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, toplanan verilerin yeniden organize edilmesi sonucu oluşturulan veri tabanı kullanılarak çapraz tablolama analizi yardımıyla ikili analizler uygulanmıştır.

Çapraz tablolama (Cross Tabulation), satırlarda ve sütunlarda ayrı ayrı yer almak üzere iki farklı kategorik değişkenin matris formda sunulduğu bir tablolama şeklidir. Çapraz tablolama ile elde edilen matris için analizde yer alan iki değişkenin kategori sayılarının çarpımı, matrisin hücre sayısını vermektedir. Her hücre, bir değişkenin diğer değişkendeki her bir kategoriye ne şekilde dağıldığının sıklık dağılımını göstermektedir (Kazan, 2013). Çapraz tablolama analizi ile birlikte oluşturulan matrislerin hücrelerinde sıklık dağılımı elde edildikten sonra, ikinci aşama analiz kapsamındaki değişkenler arasındaki ilişkinin sorgulanmasıdır. Bu ilişkinin etkili bir şekilde yorumlanması için kullanılabilecek testlerden biri Pearson ki-kare testidir (Sims, 1999).

Pearson ki-kare testi ile analiz kapsamındaki iki değişken arasında bir ilişki olmasaydı beklenecek olan değerler ile gözlenen değerler kıyaslanmaktadır (Elliott and Woodward, 2007). Dolayısıyla, bu test değişkenler arasındaki ilişkinin önemini tanımlamak için kullanılmaktadır (Çakan, 2012). Fields'e (2005) göre, Pearson ki-kare testi uygulanmadan önce belirli şartların yerine getirilmesi gerekmektedir ve bu şartlardan herhangi biri sağlanamıyorsa, ilişkinin kontrol edilmesi için farklı bir test kullanılmalıdır. Bu şartların arasında, her bir vakanın çapraz tablolamada bir hücrede yer alması zorunluluğu ile çapraz tablonun en fazla %20 değerinde, beklenen sıklığı 5'in altında olan hücreye sahip olabilmesi, ancak 1'in altında olan beklenen sıklıkların kabul edilememesi yer almaktadır. Bu şartlar karşılandığında takdirde ki-kare değeri hesaplanabilmekte olup hesaplamanın dayandığı denklem 3.1'de yer almaktadır (Akboğa, 2014).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.1)$$

O: Gözlenen sıklık

E: Beklenen sıklık

n: Örneklem sayısı

Denklem 3.1’de yer alan hücrenin beklenen sıklık değeri, hücrede satırlarda toplam gözlenen sıklık değeri ve sütunlarda toplam gözlenen sıklık değerinin toplamının toplam örneklem sayısına bölünmesi ile elde edilebilmektedir. Denklemde yer alan Pearson ki-kare değeri hesaplandıktan sonra serbestlik derecesi de dikkate alınarak, bu değere dayanan ve ki-kare değerinin önemini ifade eden p-değerinin ayrıca hesaplanması gerekmektedir. P-değeri, gözlenen sıklık değerinin beklenen sıklık değerinden tesadüfen sapmasının hangi mertebede olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. P-değeri bulunduğundan sonra araştırmacılar sonucun anlamlı olup olmadığına karar verebilmekte olup önem değeri olarak sıklıkla 0.05 kullanılmaktadır, yani güven aralığı genelde %95 olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, p-değerinin 0.05’den küçük olduğu durumlar anlamlı kabul edilerek analizde kullanılan değişkenler arasında ilişki olduğu çıkarımı yapılabilmektedir (Akboğa, 2014).

Bu tez çalışmasında, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlılığını sorgulamak için SPSS programı aracılığıyla Pearson ki-kare değeri sonuçlarından yararlanılmıştır. Pearson ki-kare değeri kullanılarak elde edilen “p” değerleri baz alınarak, bağımlı değişken kaza şiddeti ile anlamlı ilişkisi bulunan bağımsız değişkenler tespit edilmiş olup bir sonraki bölümde yer alan Tablo 4.15’de bu değişkenlere ait analiz bulguları ve elde edilen p-değeri sonuçları sunulmuştur.

Yapılan analizler neticesinde ve p-değerleri de dikkate alınarak, değişkenler arasında bir ilişkinin olduğu kabul edildiyse, bir sonraki adım bu ilişkinin ne kadar güçlü olduğunu tespit etmektir. Bu tespiti yapmak için hesaplanabilecek olan değer, “Phi veya Cramer’s V” değeri olarak tanımlanmaktadır. Phi değeri sadece 2x2 çapraz tablolamada kullanılan bir değer olup ki-kare değerinin örnek sayısına bölünüp karekökü alınarak hesaplanabilirken, Cramer’s V değerinde ise 2x2 matris olma gibi bir zorunluluk yoktur. Bu nedenle Cramer’s V değerinin kullanımı Phi değeri gibi sınırlı değildir ancak bu değer de yine Denklem 3.1’deki ki-kare değerine dayanır. Phi ve Cramer’s V değerlerinin hesaplamalarının dayandığı denklemler sırasıyla Denklem 3.2 ve 3.3’de yer almakta olup her iki değer de 0 ile 1 arasında olmak üzere değişkenlik gösterebilmektedir (Akboğa, 2014).

$$\varphi = \sqrt{\frac{x^2}{N}}$$

(3.2)

$$V = \sqrt{\frac{x^2}{N \times (k-1)}}$$

(3.3)

x^2 : Pearson ki-kare değeri

N: Örnek Sayısı

k: küçük olan satır veya sütun sayısı

Bu değerler hesaplandıktan sonra, aşağıda yer alan ve Healey (2011) tarafından önerilen değer aralıklarına göre değişkenler arasındaki ilişkinin güçlü olup olmadığı yorumlanabilmektedir:

- 0.00 – ilişki yok; bağımsız değişkenin bilinmesi bağımlı değişken tahmininde kullanışsız
- 0.00 – 0.10 çok zayıf ilişki; kabul edilir seviyede değil
- 0.10 – 0.20 zayıf ilişki; asgaride kabul edilir
- 0.20 – 0.25 makul ilişki; kabul edilir
- 0.25 – 0.30 orta ilişki; istenen
- 0.30 – 0.35 güçlü ilişki; çok istenen
- 0.35 – 0.40 orta güçlü ilişki; şiddetle istenen
- 0.40 – 0.50 oldukça güçlü ilişki; çok güçlü ilişki
- 0.50 – 0.99 mükemmel yakın ilişki; iki değişken muhtemelen aynı sorunun cevabını aramakta
- 1.00 – mükemmel ilişki; bağımsız değişken biliniyorsa bağımlı değişken rahatlıkla tahmin edilir

Bu tez çalışması kapsamında, önceki araştırmacıların önerdiği bu kıyaslama değerleri kullanılarak “p” değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunan bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken ile olan ilişkisinin gücü yorumlanmıştır.

Özet olarak, bağımlı değişken ile ilişkisi mercek altına alınmak istenen bağımsız değişkenler arasında SPSS programı kullanılarak yapılan çapraz tablolama sonucu Pearson ki-kare, “p” ve Phi & Cramer’s V değerleri dikkate

alınmış ve elde edilen bu değerler bir sonraki bölümde yer alan Tablo 4.15'de paylaşılmıştır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, tek değişkenli sıklık analizi ve çapraz tablolama analizi sonuçları paylaşılmıştır. Bu çalışmada OSHA veri tabanında hali hazırda var olan sınıflamalar kullanarak, 17 değişken oluşturulmuş ve bu değişkenler kategorilere ayrılmıştır. Analiz sırasında bazı değişkenlerin kategorilerinde bir takım düzenlemeler yapılmış ve bu düzenlemeler konsolidasyon başlığı altında detaylarıyla açıklanmıştır. Tek değişkenli sıklık analizinden elde edilen bulgular, 17 değişkenin tamamı için sıklık tabloları ve grafikler kullanılarak sıralı bir şekilde sunulmuştur. Sonrasında yapılan çapraz tablolama analizinde anlamlı ilişki elde edilemeyen değişkenlerin sonuçları paylaşılmamıştır.

İstatistiksel analiz bulgularının paylaşılmasından sonra veri tabanında incelenen kaza raporlarında yeterli detayları barındıran, seçilen birkaç kaza örneği geoteknik uygulamalar açısından detaylı olarak değerlendirilmiştir. Kazaya/göçmeye sebebiyet veren nedenler araştırılarak, güvenlik uygulamaları tartışılmış ve kazaların kök nedenleri araştırılmıştır.

4.1. Tek Değişkenli Sıklık Analizi Bulguları

Tek değişkenli sıklık analizi sonuçları zaman, proje, kaza, kazazede ve zemin karakteristikleri olmak üzere önceki bölümde açıklanmış olan 5 ana değişken başlığı altında incelenmiştir. Toplamda 808 kaza raporu tek değişkenli sıklık analizi kapsamında incelenmiş ve veri seti hakkında genel bir anlayış sağlamak amacıyla tanımlanan değişkenler ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca SPSS programı aracılığıyla yapılan tek değişkenli sıklık analizi sonucu elde edilen bulgular, değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde yararlı olmuştur. Tek değişkenli sıklık analizi sonuçları, tablolar ve grafikler şeklinde sunularak değişken kategorilerinin sıklık dağılımları gösterilmiştir. Her bir kategori için "sıklık" değeri, o kategoride kaç vakayla temsil edildiğini göstermektedir. Ayrıca tablolarda, kategorilerin veri seti içindeki yüzdelik dağılımını gösteren "yüzde" değerleri de yer almaktadır. Belirtilmeyen verilere sahip değişkenler için ise yalnızca bilinen vakalar arasındaki yüzdelik dağılımı gösteren "geçerli yüzde" değeri ek olarak sunulmaktadır. Son sütunda ise kümülatif yüzde değerleri yer almaktadır.

Veri eksikliği bulunan bazı değişkenlerin belirtilmeyen veri yüzdesi yüksek olmasına rağmen, tek değişkenli analizin temel amacı veri tabanını anlamak ve

yorumlamak olduğundan, bu değişkenler analiz dışında bırakılmamıştır. Bu durumda olan değişkenlerden bazıları için bilinmeyen bilgiye sahip veriler sonraki analizlerde sapmaları önlemek amacıyla veri setinden çıkartılmıştır.

4.1.1. Zaman Karakteristikleri

2010-2020 yılları zaman aralığı seçilerek oluşturulan veri tabanı kapsamında, zaman karakteristikleri olarak kazanın meydana geldiği ay ve yıl incelenerek tek değişkenli sıklık analizleri sunulmuştur.

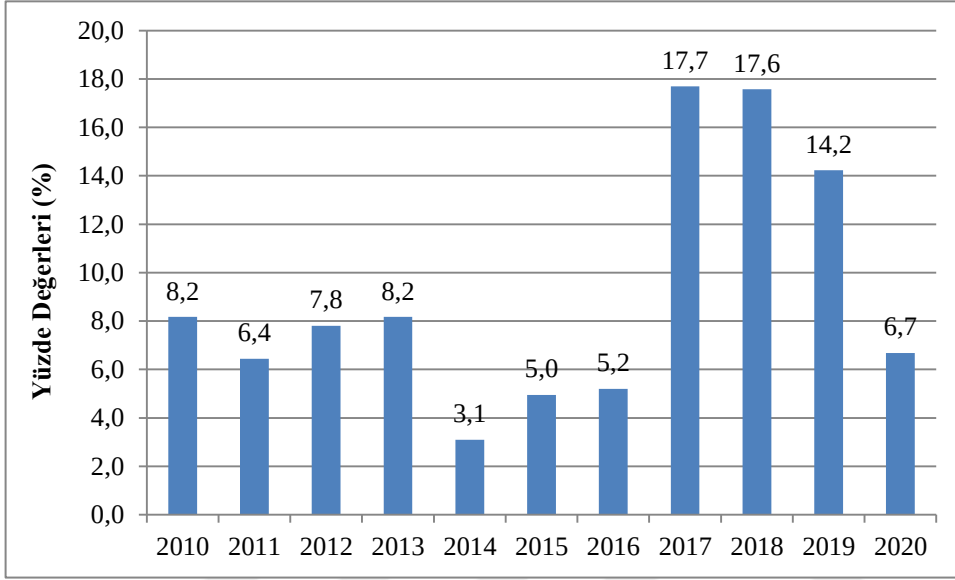
4.1.1.1. Kaza Yılı

Kazaların en sık hangi yıllarda meydana geldiğini sorgulayan bu analiz sonucunda en fazla kazanın 2017 yılında (%17.7) meydana geldiği gözlenmiştir. Hemen sonrasında çok yakın bir yüzdelik ile 2018 yılı (%17.6) gelmektedir. Takip eden yıllar 2019 (%14.2) ve eşit yüzdeliğe sahip 2013 ve 2010 (%8.2) yıllarıdır. Genel olarak bu analizden elde edilen bulguya göre incelenen kazaların yarısından fazlasının 2017 yılı ve sonrasında meydana geldiği görülmektedir. Bu artışın üzerinde inşaat sektöründeki çalışmaların sürekli artış göstermesinin etkili olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, yıllar geçtikçe gelişen bilgi teknolojilerine ek olarak sıkılaştıran denetim ile birlikte kaza raporları kaydının doğru ve eksiksiz tutulmasına gösterilen özenin artmasının da bu artışa etkisi olduğu söylenebilir. Analizin son yılı olan 2020 yılındaki dramatik düşüşün sebebi, sadece inşaat sektöründeki çalışmaları değil, tüm dünyayı ve tüm sektörleri olumsuz etkileyen ve işlerin durmasına sebep olan COVID-19 küresel salgını olarak tahmin edilmektedir. Tablo 4.1’de 2010-2020 yılları arasında yer alan her yıla ait sıklık ve yüzdeler görülmektedir. Şekil 4.1’de ise dağılım grafiği sunulmuştur.

Tablo 4.1. Kaza yılının sıklık dağılımı.

Yıl	Sıklık	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
2010	66	8.2	8.2
2011	52	6.4	14.6
2012	63	7.8	22.4
2013	66	8.2	30.6
2014	25	3.1	33.7
2015	40	5.0	38.6
2016	42	5.2	43.8

2017	143	17.7	61.5
2018	142	17.6	79.1
2019	115	14.2	93.3
2020	54	6.7	100.0
Toplam	808	100.0	



Şekil 4.1. Yıllara göre kazaların yüzde dağılımı.

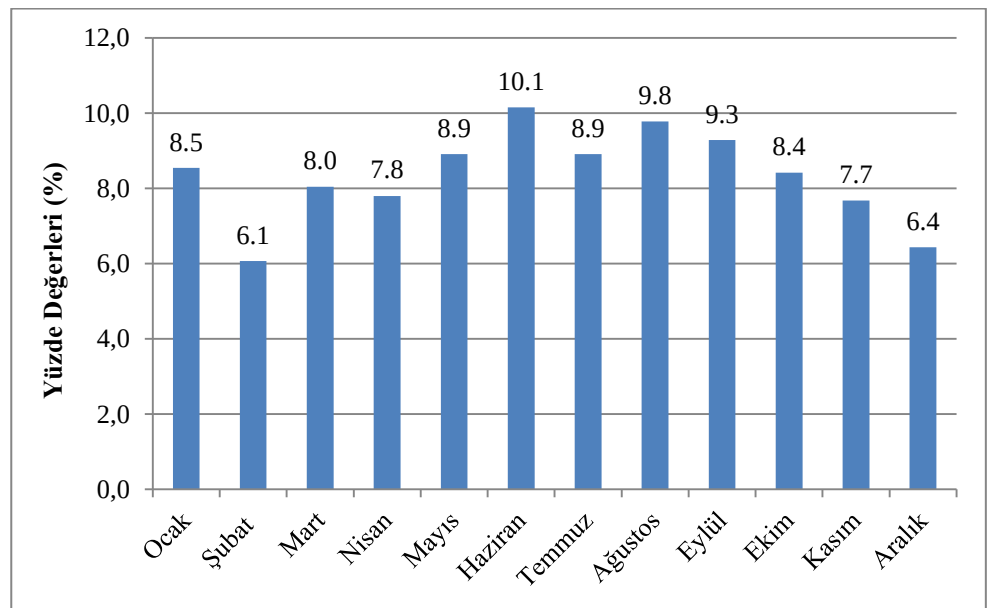
4.1.1.2. Kaza Ayı

Kazaların en sık hangi aylarda meydana geldiğini sorgulayan analiz sonucunda Tablo 4.2’de de görüldüğü üzere Haziran ayı %10.1 ile en fazla kazanın meydana geldiği ay olarak ortaya çıkmaktadır. Takip eden aylar Ağustos (%9.8) ve Eylül (%9.3) aylarıdır. Bu analiz sonucu elde edilen bulgulara göre genel olarak yaz aylarında daha fazla kazanın meydana geldiği görülmektedir. Bunun sebebi olarak yaz aylarında inşaat sektörü kapsamındaki çalışmalarda genelde artış gözlenmesi söylenebilir. Yaz aylarında inşaat sektöründe ve geoteknik uygulamalarında yapılan çalışmaların hızlandığı bilinmekte olup bu dönemde kaza sıklığının ilkbahar ve özellikle kış aylarına kıyasla artış göstermesi beklenen bir bulgudur. Diğer bir sebep olarak ise kazı çalışmaları ve diğer geoteknik uygulamaların açık havada, direk güneş maruziyeti ile uzun süre çalışılan işler olması ve dolayısıyla yaz aylarında artan sıcaklığın olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir. Aynı sebeplerle Şubat (%6.1) ve Aralık (%6.4) gibi kış

ayları, en az kazanın meydana geldiği aylar olarak gözlemlenmiştir. Diğer aylar kaza sıklığı olarak benzerlik göstermektedir. Şekil 4.2’de meydana gelen kazaların aylara göre sıklık dağılımı grafik olarak sunulmuştur.

Tablo 4.2. Kaza ayının sıklık dağılımı.

Ay	Sıklık	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Ocak	69	8.5	8.5
Şubat	49	6.1	14.6
Mart	65	8.0	22.6
Nisan	63	7.8	30.4
Mayıs	72	8.9	39.4
Haziran	82	10.1	49.5
Temmuz	72	8.9	58.4
Ağustos	79	9.8	68.2
Eylül	75	9.3	77.5
Ekim	68	8.4	85.9
Kasım	62	7.7	93.6
Aralık	52	6.4	100.0
Toplam	808	100.0	



Şekil 4.2. Aylara göre kazaların yüzde dağılımı.

4.1.2. Proje Karakteristikleri

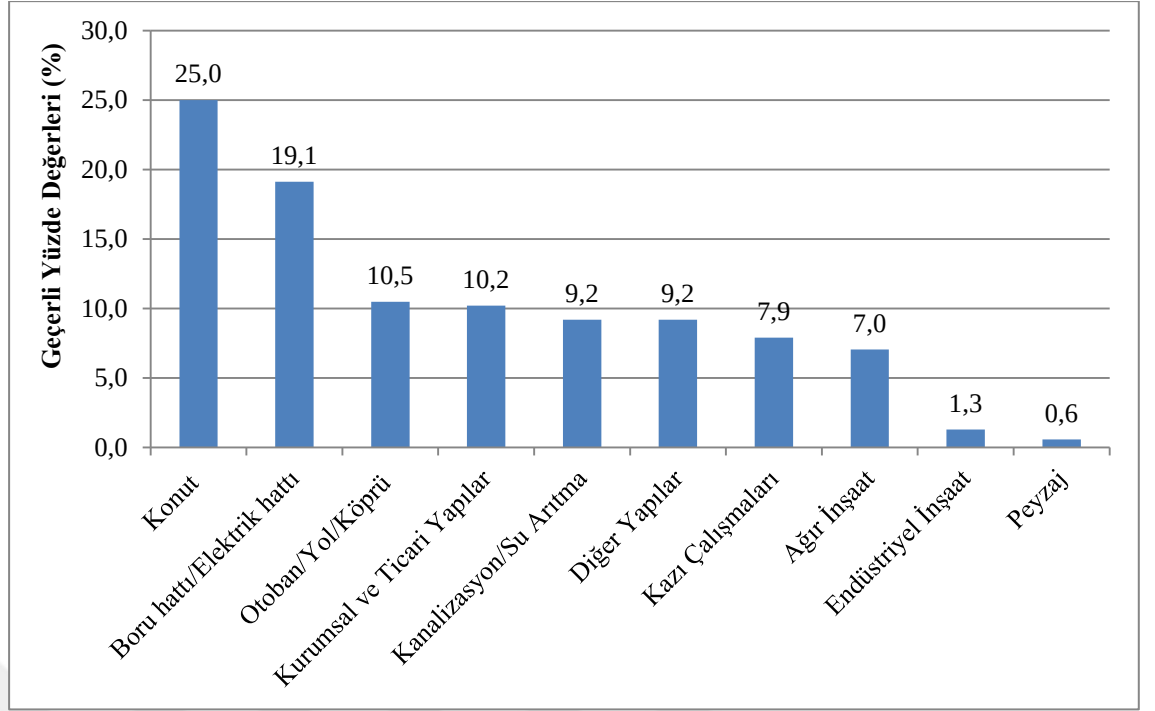
Proje karakteristikleri olarak proje son kullanımı, proje bütçesi (\$) ve kazı derinliği (m) incelenmiş, tek değişkenli sıklık analizleri sunulmuştur. Bu kategorideki temel amaç, tezin ileri analiz aşamasında yer alan çapraz tablolama analizi kapsamında proje karakteristiğinin kaza şiddetine etkisini araştırmaktır.

4.1.2.1. Proje Son Kullanımı

Analiz kapsamında incelenen kaza raporlarından elde edilen bulgulara göre inşası sırasında kazı işleri ile ilgili kaza meydana gelen projelerin %21.5'inin son kullanımı konuttur (Tablo 4.3). Boru hattı veya elektrik hattı projeleri %16.5 ile onu takip etmektedir. Bu tür projelerde hendek kazıları esas işi oluşturduğu için bu beklenen bir bulgu olmuştur. Yapılan analize göre, otoban/yol/köprü (%9.0), kurumsal ve ticari yapılar (%8.8) ve kanalizasyon/su arıtma (%7.9) projeleri sıklıkla kazı işleri ile ilgili kazaların meydana geldiği diğer proje türleridir. Ancak Tablo 4.3'den de görüleceği üzere, proje son kullanımı değişkeninin belirtilmeyen veri yüzdesi oldukça yüksektir. Bu sebeple Şekil 4.3'de proje son kullanımı belirtilmeyen veri yüzdesi değerine yer verilmeyip sadece geçerli yüzde değerleri sunulmuştur.

Tablo 4.3. Proje son kullanımı sıklık dağılımı.

Proje Son Kullanımı	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Konut	174	21.5	25.0	25.0
Boru hattı/Elektrik hattı	133	16.5	19.1	44.1
Otoban/Yol/Köprü	73	9.0	10.5	54.6
Kurumsal ve Ticari Yapılar	71	8.8	10.2	64.8
Kanalizasyon/Su Arıtma	64	7.9	9.2	74.0
Diğer Yapılar	64	7.9	9.2	83.2
Kazı Çalışmaları	55	6.8	7.9	91.1
Ağır İnşaat	49	6.1	7.0	98.1
Endüstriyel İnşaat	9	1.1	1.3	99.4
Peyzaj	4	0.5	0.6	100.0
Ara Toplam	696	86.1	100.0	
Belirtilmeyen	112	13.9		
Toplam	808	100.0		



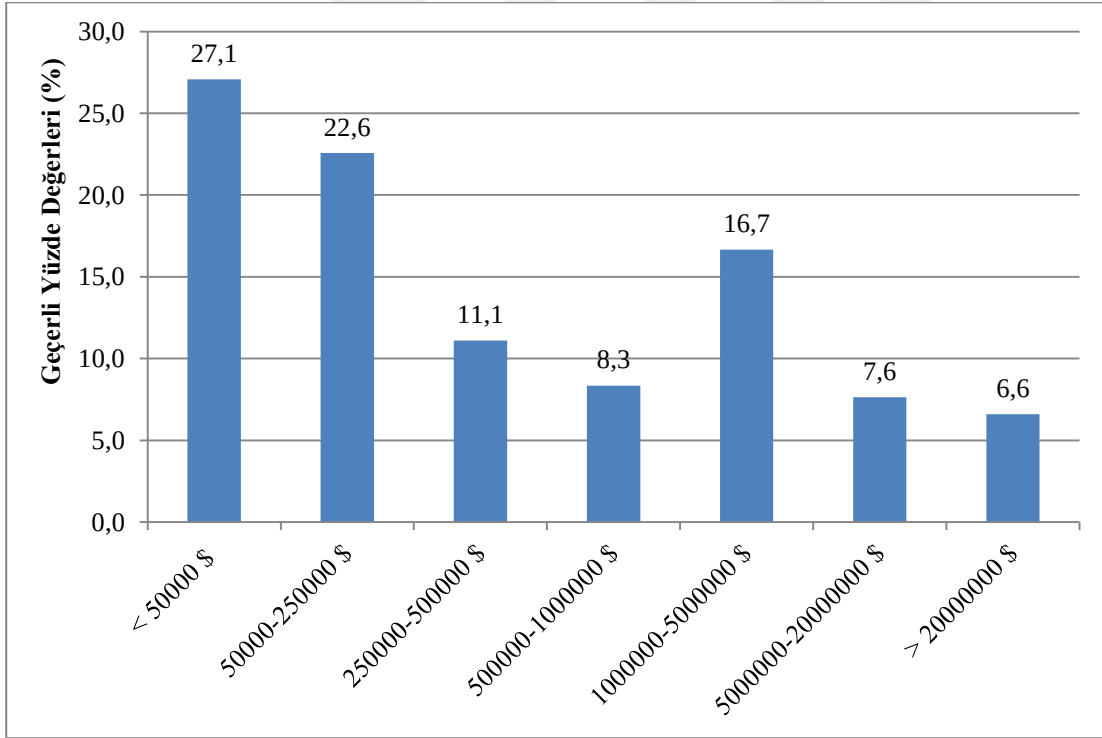
Şekil 4.3. Proje son kullanımına göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

4.1.2.2. Proje Bütçesi

808 kaza raporunda yapılan inceleme sonucu raporların yarısından fazlasında proje bütçesi bilgisinin yer almadığı tespit edilmiş olmasına rağmen proje bütçesi bilgisi yer alan veriler arasında karşılaştırma yapılabilmesi adına sıklık dağılımı Tablo 4.4’de sunulmuştur. Uygun bir karşılaştırma yapılabilmesi adına, belirtilmeyen veri yüzdeliği (%64.4) grafikten çıkarılarak Şekil 4.4’de proje bütçesi yüzde dağılımlarının sadece geçerli yüzdeleri sunulmuştur. Yapılan analizde iş kazalarının %27.1 ile en sık 50,000 dolardan daha az bütçeye sahip projelerde meydana geldiği gözlenmiştir. Bunu %22.6 ile bir sonraki bütçe aralığı olan 50,000-250,000 dolar arası proje bütçesi takip etmektedir. Bu durumun en büyük sebebi, sınırlı bütçeli projelerin çoğunlukla küçük ve orta ölçekli müteahhit firmalar tarafından yürütülmesi ve bu şirketlerin kurumsal şirketlerle kıyaslandığında işçi sağlığı ve iş güvenliği kapsamındaki önlemlere daha az önem vermesi olarak düşünülmektedir (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b). Benzer şekilde Abraham (2003), ölümle sonuçlanan iş kazalarının %72’sinin 1 milyon dolardan az bütçeli projelerde meydana geldiğini belirtmiştir. Diğer yandan en yüksek aralık olarak verilen 20 milyon dolar ve üzeri bir bütçeye sahip projelerde kaza sıklığının %6.6 ile en düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4. Proje bütçesi sıklık dağılımı.

Proje Bütçesi (ABD Doları, \$)	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
< 50000 \$	78	9.7	27.1	27.1
50000-250000 \$	65	8.0	22.6	49.7
250000-500000 \$	32	4.0	11.1	60.8
500000-1000000 \$	24	3.0	8.3	69.1
1000000-5000000 \$	48	5.9	16.7	85.8
5000000-20000000 \$	22	2.7	7.6	93.4
> 20000000 \$	19	2.4	6.6	100.0
Ara Toplam	288	35.6	100.0	
Belirtilmeyen	520	64.4		
Toplam	808	100.0		



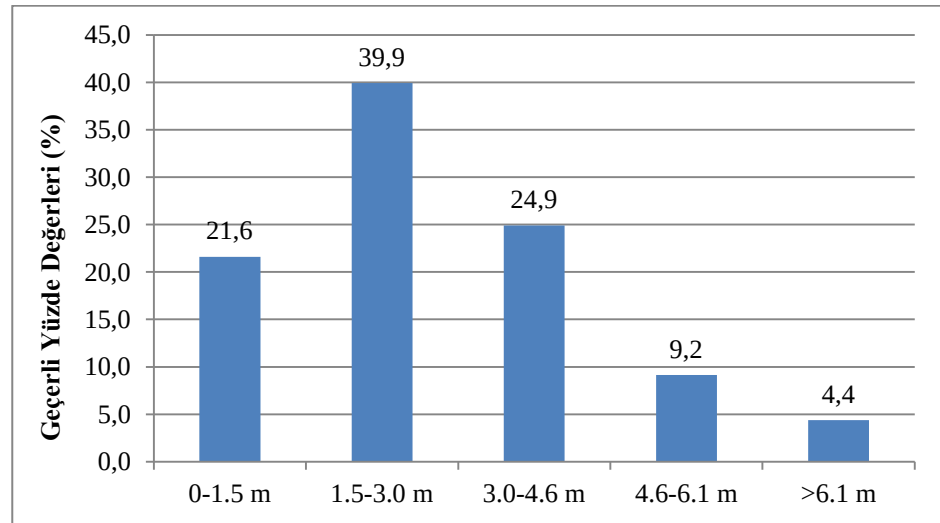
Şekil 4.4. Proje bütçesine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

4.1.2.3. Kazı Derinliği

Analiz kapsamında, kazaların meydana geldiği kazı çalışmalarının derinlikleri incelenmiştir. İnceleme sonucu raporların yarısından fazlasında kazı derinliği bilgisinin yer almadığı tespit edilmiş olmasına rağmen bu kategorinin temel amacı çapraz tablolama analizi aşamasında kazı derinliğinin kaza şiddetine etkisini incelemek olmuştur. Tablo 4.5’de kazı derinliği sıklık dağılımı detayları ile paylaşıldıktan sonra uygun bir karşılaştırma yapılabilmesi adına, belirtilmeyen veri yüzdeliği (%66.2) grafikten çıkarılarak Şekil 4.5’de kazı derinliği yüzde dağılımlarının sadece geçerli yüzdeleri sunulmuştur. Bulgulara göre kazaların en sık meydana geldiği kazı derinliği aralıkları 1.5-3.0 m (%39.9) ve 3.0-4.6 m (%24.9)’dir.

Tablo 4.5. Kazı derinliği sıklık dağılımı.

Kazı Derinliği (m)	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
0-1.5 m	59	7.3	21.6	21.6
1.5-3.0 m	109	13.5	39.9	61.5
3.0-4.6 m	68	8.4	24.9	86.4
4.6-6.1 m	25	3.1	9.2	95.6
>6.1 m	12	1.5	4.4	100.0
Ara Toplam	273	33.8	100.0	
Belirtilmeyen	535	66.2		
Toplam	808	100.0		



Şekil 4.5. Kazı derinliğine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

4.1.3. Kaza Karakteristikleri

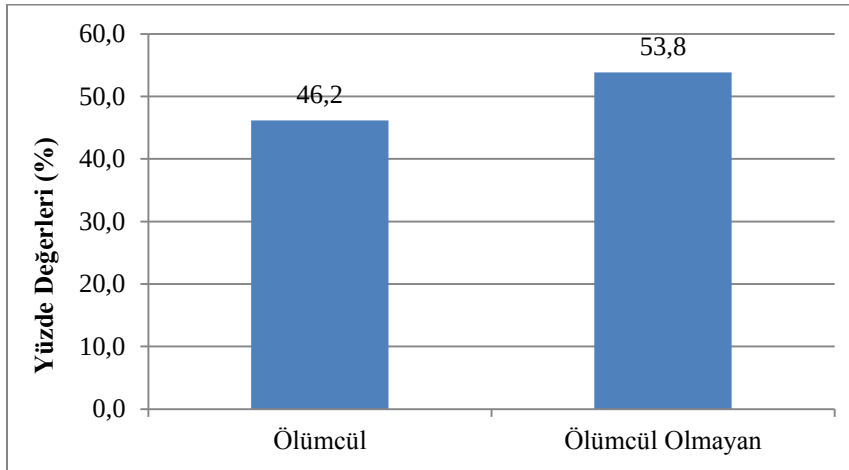
Kaza karakteristikleri kapsamında, tek bağımlı değişken olarak belirlenen kaza şiddeti ile kaza tipi, yaralanma türü, kaza anında yürütülen genel faaliyet, güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı, kazaya sebebiyet veren durum/hareket ve ihlal ve cezalar bağımsız değişkenleri incelenmiş, tek değişkenli sıklık analizi bulguları sunulmuştur.

4.1.3.1. Kaza Şiddeti

Daha önce belirtildiği üzere, bağımlı değişken olarak belirlenen kaza şiddeti için OSHA veri tabanındaki raporlara ait, “ölümcül”, “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” şeklinde üçlü kategoriye ayrılmış kaza şiddeti değişkeninde yer alan “hastaneye kaldırılmış” ve “hastaneye kaldırılmamış” kategorileri birleştirilerek, “ölümcül olmayan” olarak adlandırılan yeni bir kategorinin elde edildiği bir konsolidasyon uygulanmıştır. Ölümcül olmayan kazalar olarak adlandırılan bu yeni kategori yaralanma ile sonuçlanan kazaları temsil etmektedir. Veri setinde incelenen vakaların yarısından fazlası (% 53.8) yaralanma ile sonuçlanırken, %46.2’si can kaybına neden olmuştur.

Tablo 4.6. Kaza şiddeti sıklık dağılımı.

Kaza Şiddeti	Sıklık	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Ölümcül	373	46.2	46.2
Ölümcül Olmayan	435	53.8	100.0
Toplam	808	100.0	



Şekil 4.6. Kazı şiddetine göre kazaların yüzde dağılımı.

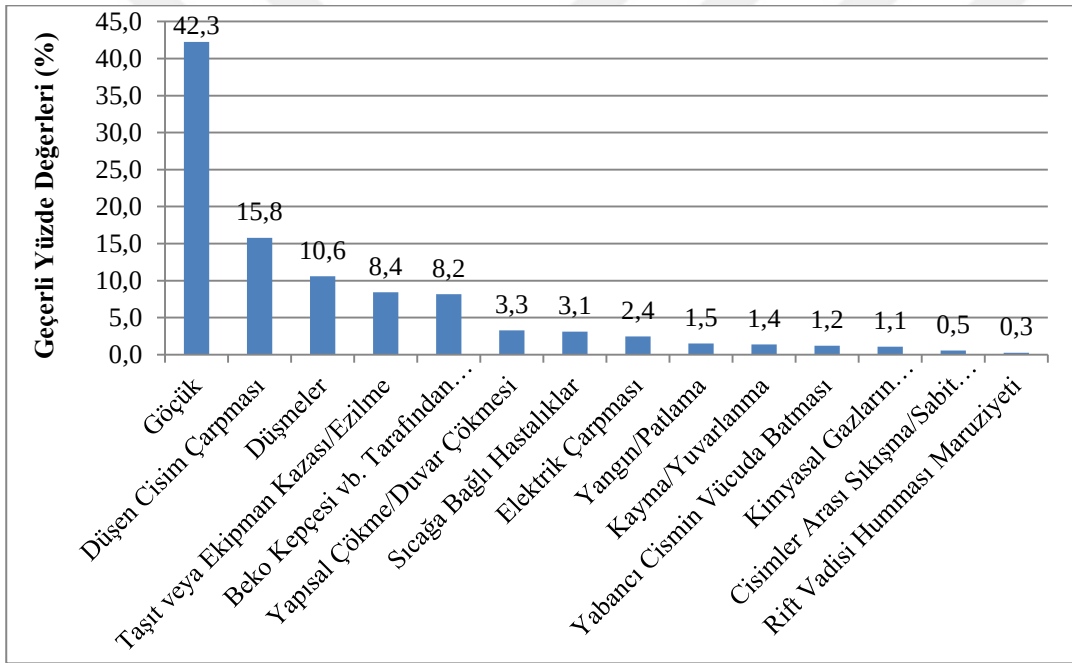
4.1.3.2. Kaza Tipi

Analiz sonucu elde edilen bulgulara göre kaza tipi değişkeninin sıklık dağılımı Tablo 4.7’de sunulmuştur. Sıklık analizi sonuçları incelendiğinde %38.5 ile göçüklerin en sık karşılaşılan kaza tipi olduğu görülmekte ve onu %14.4 ile düşen cisim çarpması takip etmektedir. Literatürde benzer şekilde Lew et al. (2002), hendek göçüklerini kazı işlerinde en sık meydana gelen kaza tipi olarak belirtirken, Plog et al. (2006) hendek göçükleri ile birlikte düşen cisim çarpmalarına dikkat çekmiştir. Aynı zamanda Brooks (2016), kazılarda meydana gelen ölümlerin yarısından fazlasının kazı duvarlarının çökmesi sonucu olduğunu vurgulamıştır. Sıklık analizinden elde edilen diğer sonuçlara göre düşmeler %9.7 ile en sık karşılaşılan kaza tiplerinde üçüncü sırada yer almaktadır. Kazı işleri doğası gereği kot farkları içerdiğinden dolayı bu beklenen bir bulgu olmuştur. Diğer kaza tiplerinin sıklık ve yüzde dağılımları Tablo 4.7’de mevcuttur. Şekil 4.7’de ise kaza tipi geçerli yüzde dağılımının grafik gösterimi sunulmuştur.

Tablo 4.7. Kaza tipi sıklık dağılımı.

Kaza Tipi	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Göçük	311	38.5	42.3	42.3
Düşen Cisim Çarpması	116	14.4	15.8	58.0
Düşmeler	78	9.7	10.6	68.6
Taşıt veya Ekipman Kazası/Ezilme	62	7.7	8.4	77.0
Beko Kepçesi vb. Tarafından Çarpılma	60	7.4	8.2	85.2
Yapısal Çökme/Duvar Çökmesi	24	3.0	3.3	88.5
Sıcağa Bağlı Hastalıklar	23	2.8	3.1	91.6
Elektrik Çarpması	18	2.2	2.4	94.0
Yangın/Patlama	11	1.4	1.5	95.5
Kayma/Yuvarlanma	10	1.2	1.4	96.9
Yabancı Cismin Vücuda Batması	9	1.1	1.2	98.1
Kimyasal Gazların Solunması/Zehirlenme	8	1.0	1.1	99.2
Cisimler Arası Sıkışma/Sabit Ekipmana Takılma	4	0.5	0.5	99.7
Rift Vadisi Humması Maruziyeti	2	0.2	0.3	100.0
Ara Toplam	736	91.1	100.0	
Belirtilmeyen	72	8.9		
Toplam	808	100.0		

Bulgular sonucu en sık karşılaşılan kaza tipi olarak ortaya çıkan göçüklerin kök sebebine inmek amacıyla kazaya sebebiyet veren durum/hareket bağımsız değişkeni ile çapraz tablolama analizi yapılmıştır. Yaşanan kazaların kaynağına inildiğinde sebep olan durum olarak genelde güvenlik uygulamalarında eksiklik ve yönetmeliğe uyulmaması ile karşılaşılmaktadır. Takip eden kaza tipi düşen cisim çarpmasının aynı analiz ile kök sebebine inildiğinde ise yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama bu kaza tipinin kaynağını oluşturan en önemli durumdur. Dolayısıyla üçüncü şahısların hatalı davranışı/uygulaması bu kaza tipine sebep olmaktadır. Üçüncü sırada yer alan düşmeler kaza tipinin de kaynağı güvenlik uygulamalarında eksiklik olarak elde edilmiştir. Kazı uygulamalarında sıklıkla gözlenen bu kazaların gerekli önlemler alınarak ve iş yeri düzeni ile meydana gelme olasılığının azaltılacağı şüphesizdir.



Şekil 4.7. Kaza tipine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

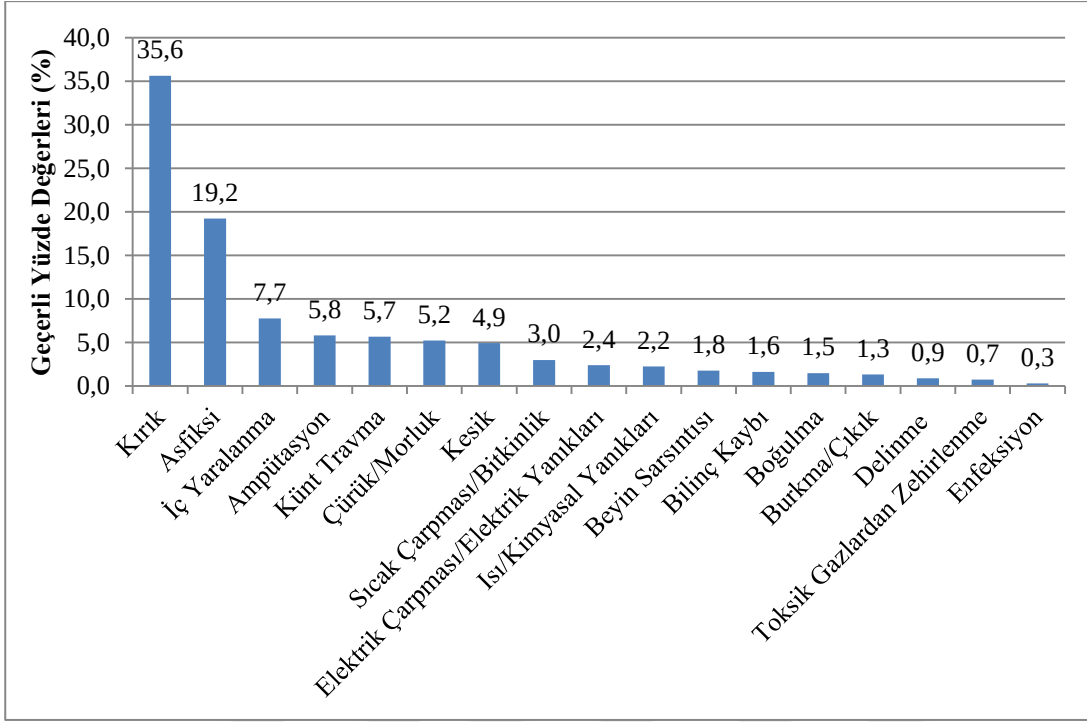
4.1.3.3. Yaralanma Türü

Analiz sonucu elde edilen bulgulara göre, kaza sonrası kazazedelerde meydana gelen farklı yaralanma türlerinin sıklık dağılımı Tablo 4.8'de sunulmuştur. 137 vakada yaralanma türüne ait bilgiye yer verilmemiştir. Yaralanma türü bilgisi eksik olan veriler dikkate alınmadığında, analiz sonucuna göre %35.6 ile kırık en fazla karşılaşılan yaralanma türüdür. İkinci sırada ise

%19.2 ile asfiksi (oksijen yetersizliğinden ileri gelen boğulma) yer almaktadır. Benzer şekilde Plog et al., (2006) kazı çalışmalarında en sık meydana gelen üç yaralanma türünü kırık, çürük/sıyrık/kesik ve havasızlıktan boğulma olarak belirtmiştir. Şekil 4.8’de yaralanma türünün geçerli yüzde dağılımının grafik gösterimi yer almaktadır.

Tablo 4.8. Yaralanma türü sıklık dağılımı.

Yaralanma Türü	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Kırık	239	29.6	35.6	35.6
Asfiksi	129	16.0	19.2	54.8
İç Yaralanma	52	6.4	7.7	62.6
Ampütasyon	39	4.8	5.8	68.4
Künt Travma	38	4.7	5.7	74.1
Çürük/Morluk	35	4.3	5.2	79.3
Kesik	33	4.1	4.9	84.2
Sıcak Çarpması/Bitkinlik	20	2.5	3.0	87.2
Elektrik Çarpması/Elektrik Yanıkları	16	2.0	2.4	89.6
Isı/Kimyasal Yanıkları	15	1.9	2.2	91.8
Beyin Sarsıntısı	12	1.5	1.8	93.6
Bilinç Kaybı	11	1.4	1.6	95.2
Boğulma	10	1.2	1.5	96.7
Burkma/Çıkık	9	1.1	1.3	98.1
Delinme	6	0.7	0.9	99.0
Toksik Gazlardan Zehirlenme	5	0.6	0.7	99.7
Enfeksiyon	2	0.2	0.3	100.0
Ara Toplam	671	83.0	100.0	
Belirtilmeyen	137	17.0		
Toplam	808	100.0		



Şekil 4.8. Yaralanma türüne göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

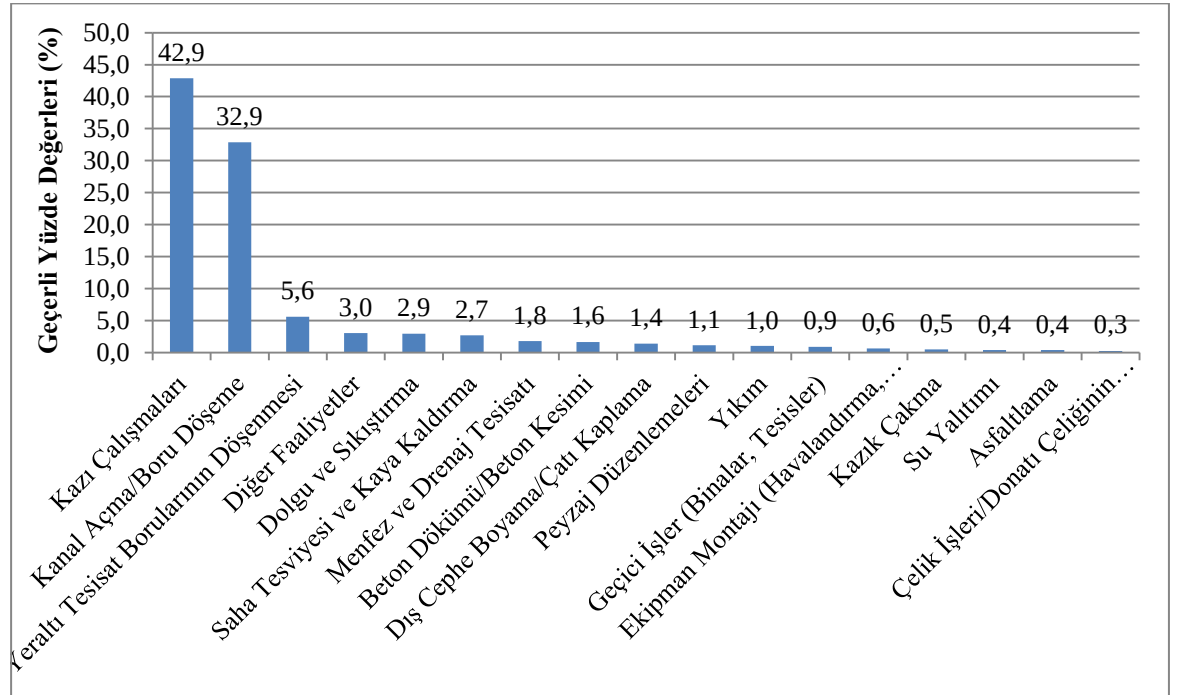
4.1.3.4. Kaza Anında Yürütülen Genel Faaliyet

Kaza anında yürütülen genel faaliyet değişkeninin sıklık analizi, kazaların en çok kazı çalışmaları (%41.8) ve kanal açma/boru döşeme (%32.1) aktiviteleri sırasında meydana geldiğini göstermektedir. Diğer kategorilerin yüzdeleri bu iki faaliyetinde yanında oldukça düşük kalmıştır. Tablo 4.9’da kaza anında yürütülen genel faaliyetin sıklık dağılımı, Şekil 4.9’da ise geçerli yüzde dağılımı grafik gösterimi yer almaktadır.

Tablo 4.9. Kaza anında yürütülen genel faaliyet sıklık dağılımı.

Kaza Anında Yürütülen Genel Faaliyet	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Kazı Çalışmaları	338	41.8	42.9	42.9
Kanal Açma/Boru Döşeme	259	32.1	32.9	75.8
Yeraltı Tesisat Borularının Döşenmesi	44	5.4	5.6	81.3
Diğer Faaliyetler	24	3.0	3.0	84.4
Dolgu ve Sıkıştırma	23	2.8	2.9	87.3
Saha Tesviyesi ve Kaya Kaldırma	21	2.6	2.7	90.0

Kaza Anında Yürütülen Genel Faaliyet	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Menfez ve Drenaj Tesisatı	14	1.7	1.8	91.8
Beton Dökümü/Beton Kesimi	13	1.6	1.6	93.4
Dış Cephe Boyama/Çatı Kaplama	11	1.4	1.4	94.8
Peyzaj Düzenlemeleri	9	1.1	1.1	95.9
Yıkım	8	1.0	1.0	97.0
Geçici İşler (Binalar, Tesisler)	7	0.9	0.9	97.8
Ekipman Montajı (Havalandırma, Isıtma vb.)	5	0.6	0.6	98.5
Kazık Çakma	4	0.5	0.5	99.0
Su Yalıtımı	3	0.4	0.4	99.4
Asfaltlama	3	0.4	0.4	99.7
Çelik İşleri/Donatı Çeliğinin Yerleştirilmesi	2	0.2	0.3	100.0
Ara Toplam	788	97.5	100.0	
Bilinmeyen	20	2.5		
Toplam	808	100.0		



Şekil 4.9. Kaza anında yürütülen genel faaliyete göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

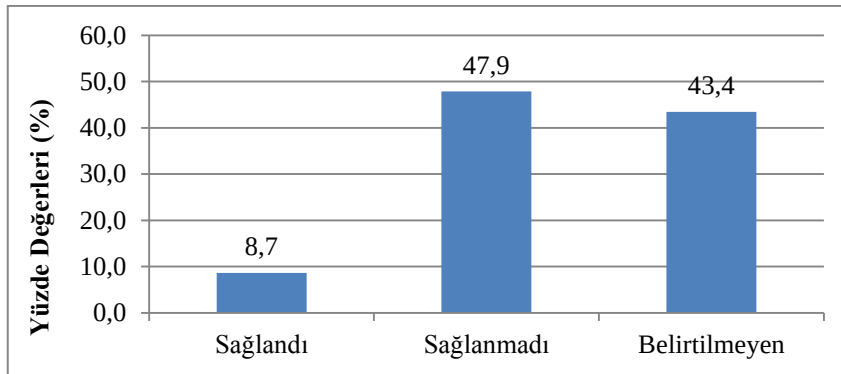
4.1.3.5. Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı

Kaza raporlarının incelenmesi sonucunda güvenlik ekipmanının sağlanmaması en sık gözlenen güvensiz hareket olarak ön plana çıktığı için güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığının ayrı bir değişken olarak ele alınmasına karar verilmiştir. 351 vakada herhangi bir güvenlik uygulamasının varlığına dair bilgiye rastlanılmamıştır. Tablo 4.10'dan da görüleceği üzere analiz sonucu meydana gelen kazaların neredeyse yarısında (%47.9) güvenlik uygulaması veya koruyucu sistem varlığına rastlanmamıştır. Bu bulgu sektörde zaten herkes tarafından bilinen bir eksiği somut bir şekilde vurgulamaktadır. Güvenlik uygulaması veya koruyucu sistem sağlandığı halde meydana gelen kaza yüzdesi sadece %8.7 olarak bulunmuştur. Şekil 4.10'da ise güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığının grafik dağılımı görülmektedir.

Tablo 4.10. Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı sıklık dağılımı.

Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Sağlandı	70	8.7	15.3	15.3
Sağlanmadı	387	47.9	84.7	100.0
Ara Toplam	457	56.6	100.0	
Belirtilmeyen	351	43.4		
Toplam	808	100.0		

Koruyucu sistem sağlandığı halde meydana gelen kazaların kök nedenlerini araştırmak adına kazaya sebebiyet veren durum/hareket bağımsız değişkeni ile çapraz tablolama analizi yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Yaşanan kazaların kaynağına inildiğinde sebep olan durum olarak genelde yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sağlanan güvenlik ekipmanlarının kullanılmaması/uygunsuz kullanımı ile karşılaşılmıştır.



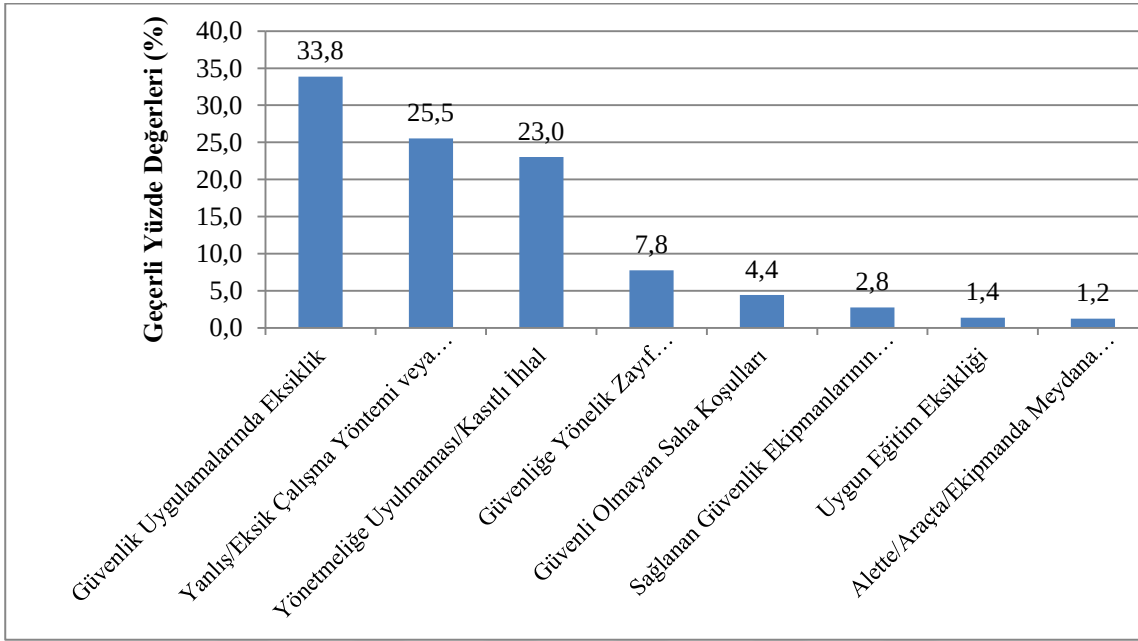
Şekil 4.10. Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığına göre kazaların yüzde dağılımı.

4.1.3.6. Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket

İnşaat sektörünün her alanında olduğu gibi geoteknik uygulamalarının da dinamik doğası nedeniyle kaza meydana gelme olasılığı kıyasla nispeten yüksektir. Ayrıca çalışanların genellikle eğitim düzeyi düşük iş gücünden oluştuğu bilinmektedir. Bu sebeple kaza oluşma olasılığı hali hazırda yüksek olan uygulamalarda, güvensiz durum ve İSG bilincinden yoksun hareketler kazaların meydana gelme sıklığını ve şiddetini arttırmaktadır (Akboğa, 2014). Analiz sonucu elde edilen bulgulara göre, kazaya sebebiyet veren durum ve hareketlerin sıklık dağılımı Tablo 4.11’de sunulmuştur. Sıklık analizi sonucuna göre güvenlik uygulamalarında eksiklik %30.2 ile ilk sırada yer almaktadır. Güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı değişkeninin sıklık analizinden elde edilen bulgulara göre kazaların neredeyse yarısında güvenlik uygulaması veya koruyucu sistem varlığına rastlanmaması bunu kanıtlar niteliktedir. İkinci sırada %22.8 ile yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama yer almaktadır. Bu kategoriden edinilen bilgi doğrultusunda çalışanların çoğunlukla yaptıkları işe yeterince hakim olmadıkları veya iş tanımlanmasında eksikler olduğu ortaya çıkmaktadır. Üçüncü sırada %20.5 ile yönetmeliğe uyulmaması/kasıtlı ihlal yer almaktadır. Gevşek zeminlerde yapılan çok derin kazılarda hiçbir güvenlik önlemi alınmaması bu kategoriye örnek olarak verilebilir. Şekil 4.11’de ise kazaya sebebiyet veren durum/hareketin geçerli yüzde dağılımı grafik gösterimi sunulmuştur.

Tablo 4.11. Kazaya sebebiyet veren durum/hareket sıklık dağılımı.

Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Güvenlik Uygulamalarında Eksiklik	244	30.2	33.8	33.8
Yanlış/Eksik Çalışma Yöntemi veya Sıralama	184	22.8	25.5	59.4
Yönetmeliğe Uyulmaması/Kasıtlı İhlal	166	20.5	23.0	82.4
Güvenliğe Yönelik Zayıf Tutum/Davranış	56	6.9	7.8	90.2
Güvenli Olmayan Saha Koşulları	32	4.0	4.4	94.6
Sağlanan Güvenlik Ekipmanlarının Kullanılmaması/ Uygunsuz Kullanımı	20	2.5	2.8	97.4
Uygun Eğitim Eksikliği	10	1.2	1.4	98.8
Alette/Araçta/Ekipmanda Meydana Gelen Hata	9	1.1	1.2	100.0
Ara Toplam	721	89.2	100.0	
Belirtilmeyen	87	10.8		
Toplam	808	100.0		

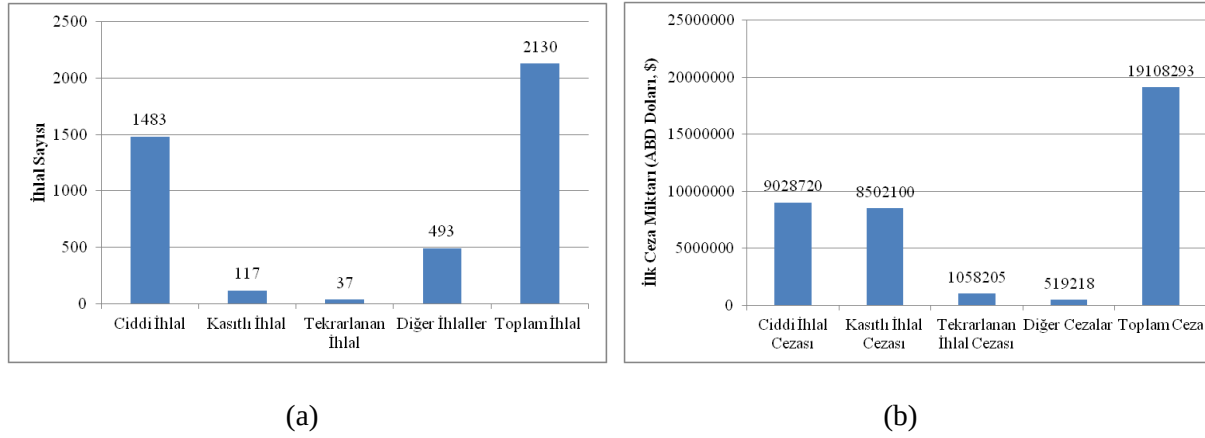


Şekil 4.11. Kazaya sebebiyet veren durum/harekete göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

4.1.3.7. İhlal ve Cezalar

Analiz kapsamında incelenen vakaların ihlal ve cezaları, şirketlerin kaza sonrası sorumluluklarını vurgulamak amacıyla Şekil 4.12'de özetlenmiştir. Sıklık tablosunda anlamsız olarak gözüktüğü için sadece grafik şeklinde paylaşılan ceza ve ihlaller de kendi içlerinde kategorilere ayrılmıştır. Ciddi ihlaller, firmaların tehlikenin farkında olmalarına rağmen çalışanları korumaması ya da korumada yetersiz kalmaları olarak tanımlanırken, kasıtlı ihlaller ise işverenin OSHA yönetmeliklerini kasıtlı olarak ihlal ettiği veya açık ve bilinçli bir şekilde işçi güvenliğini göz ardı ettiği durumlar olarak tanımlanmaktadır. Bu durumlarda işverene yüksek cezalar verilmektedir (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b). İncelenen 808 iş kazasında ciddi, kasıtlı, tekrarlanan ve diğer olmak üzere dört kategoride toplam 2130 ihlal tespit edilmiştir (Şekil 4.12 (a)). Yapılan analize göre en sık gözlenen ihlal çeşidinin ciddi ihlaller olduğu tespit edilmiştir. İhlallere karşılık gelen başlangıç cezaları ise Şekil 4.12 (b)'de aynı kategoriler ile sunulmuştur. En yüksek ceza çeşidi de yine ciddi ihlallerden kaynaklanan cezalar olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan, kasıtlı ihlal sayısı ciddi ihlal sayısına oranla oldukça düşük olmasına rağmen ceza miktarları birbirine yakındır. Bu sebeple, tekrarlanan ve kasıtlı ihlallerin daha az olmasının, şirketleri çalışma

koşullarını iyileştirmeye ve daha güvenli hale getirmeye zorlayan caydırıcı cezaların bir sonucu olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.12. İncelenen kazalarda ihlal sıklığı (a) ve cezaların maddi değeri, \$ (b).

4.1.4. Kazazede Karakteristikleri

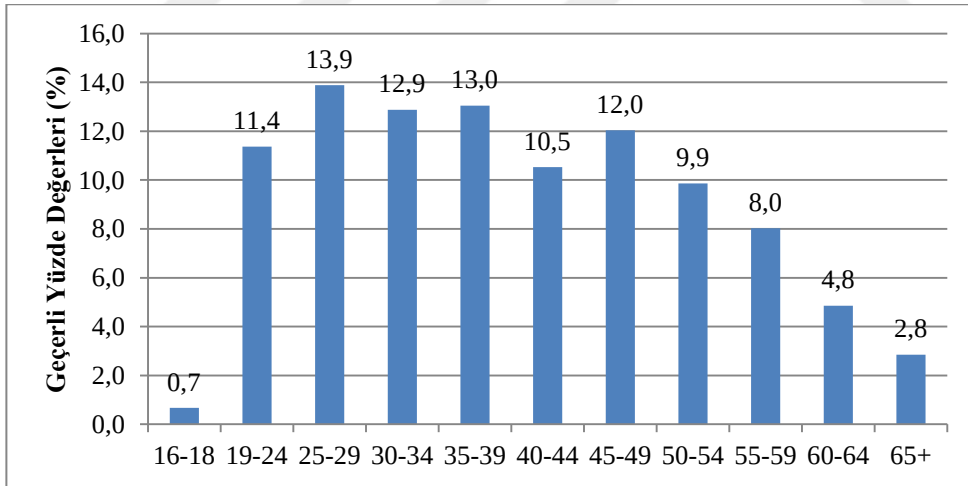
Kazazede karakteristikleri kapsamında kazazedenin yaşı, kazazedenin esas işi ve sendika durumu değişkenleri incelenerek sıklık analizi sonuçları sunulmuştur.

4.1.4.1. Kazazedenin Yaşı

İncelenen kaza raporlarında 598 vakada kazazede yaşına ait bilgiye ulaşılrken 210 vakada, özellikle daha eski tarihli kaza raporlarında bu bilgiye ulaşılamamıştır. Tablo 4.12’de kazazedenin yaşı sıklık dağılımı detayları ile paylaşıldıktan sonra uygun bir karşılaştırma yapılabilmesi adına, belirtilmeyen veri yüzdeliği (%26) grafikten çıkarılarak Şekil 4.13’de kazazedenin yaş aralığı yüzde dağılımlarının sadece geçerli yüzdeleri sunulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen vakalarda yer alan kazazedelerin yaş ortalaması 40 olup, yapılan sıklık analizine göre 25-29 yaş aralığında bulunan kazazedeler (%13.9) en sık kazaya uğrayan yaş grubunda yer almaktadır. Bu durumun bir sebebi kazazedenin edindiği tecrübenin azlığı olabileceği gibi işgücünün genç çalışan ağırlıklı olması da diğer ihtimaller arasındadır. Özellikle 50 yaş ve sonrasında beden gücü gerektiren işlerde çalışmanın zorlaştığı bilinen bir gerçektir (Akboğa, 2014).

Tablo 4.12. Kazazedenin yaşı sıklık dağılımı.

Yaş	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
16-18	4	0.5	0.7	0.7
19-24	68	8.4	11.4	12.0
25-29	83	10.3	13.9	25.9
30-34	77	9.5	12.9	38.8
35-39	78	9.7	13.0	51.8
40-44	63	7.8	10.5	62.4
45-49	72	8.9	12.0	74.4
50-54	59	7.3	9.9	84.3
55-59	48	5.9	8.0	92.3
60-64	29	3.6	4.8	97.2
65+	17	2.1	2.8	100.0
Ara Toplam	598	74.0	100.0	
Bilinmeyen	210	26.0		
Toplam	808	100.0		



Şekil 4.13. Kazazedenin yaşına göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

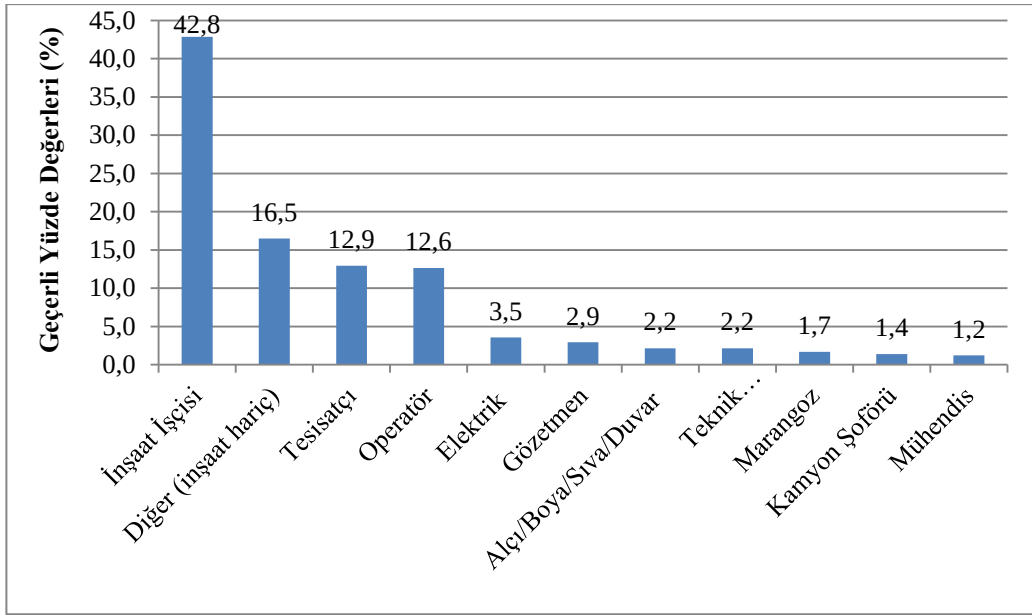
4.1.4.2. Kazazedenin Esas İşİ

Kazazedeler kaza raporlarında yer alan esas işlerine göre sınıflandırılmış ve Tablo 4.13’de sonuçları görülen tek değişkenli sıklık analizi uygulanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde kazazedelerin çoğu inşaat işçileri (%34.4) ve inşaat işleri ile sınıflandırılmayan diğer işçilerdir (%13.2). İnşaat haricindeki diğer iş sınıfı kategorisinin bu şekilde yüksek bir orana sahip olması, geoteknik ve kazı işlerinin sadece inşaat ile sınırlandırılmayacak çok geniş uygulama alanlarına sahip olması ile açıklanabilir. Fakat 159 vakada kazazedenin meslek bilgisine ulaşamamıştır ve bu bilginin eksik olmasının nedeni muhtemelen kaza raporlarının doldurulmasındaki ihmallerdir. Kaza geçiren çalışanların meslek gruplarının bilinmesi, hangi meslek gruplarının kazı çalışmalarında risk altında olduğunun belirlenmesi için oldukça önemli bir faktördür (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b). En yüksek kaza yüzdeliğine sahip inşaat işçileri ve diğer işçileri takip eden tesisatçı (%10.4) ve operatör (%10.1) meslek grupları dışında kalan diğer bütün kategoriler oldukça düşük bir kaza sıklığına sahiptir. Şekil 4.14’de kazazedenin esas işinin belirtilmeyen verilerinin çıkarıldığı hali ile geçerli yüzde dağılımı görülmektedir.

Tablo 4.13. Kazazedenin esas işi sıklık dağılımı.

Kazazedenin Esas İş	Sıklık	Yüzde (%)	Geçerli Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
İnşaat İşçisi	278	34.4	42.8	42.8
Diğer (inşaat hariç)	107	13.2	16.5	59.3
Tesisatçı	84	10.4	12.9	72.3
Operatör	82	10.1	12.6	84.9
Elektrik	23	2.8	3.5	88.4
Gözetmen	19	2.4	2.9	91.4
Alçı/Boya/Sıva/Duvar	14	1.7	2.2	93.5
Teknik Ekip/Bakım/Onarım	14	1.7	2.2	95.7
Marangoz	11	1.4	1.7	97.4
Kamyon Şoförü	9	1.1	1.4	98.8
Mühendis	8	1.0	1.2	100.0
Ara Toplam	649	80.3	100.0	
Belirtilmeyen	159	19.7		
Toplam	808	100.0		



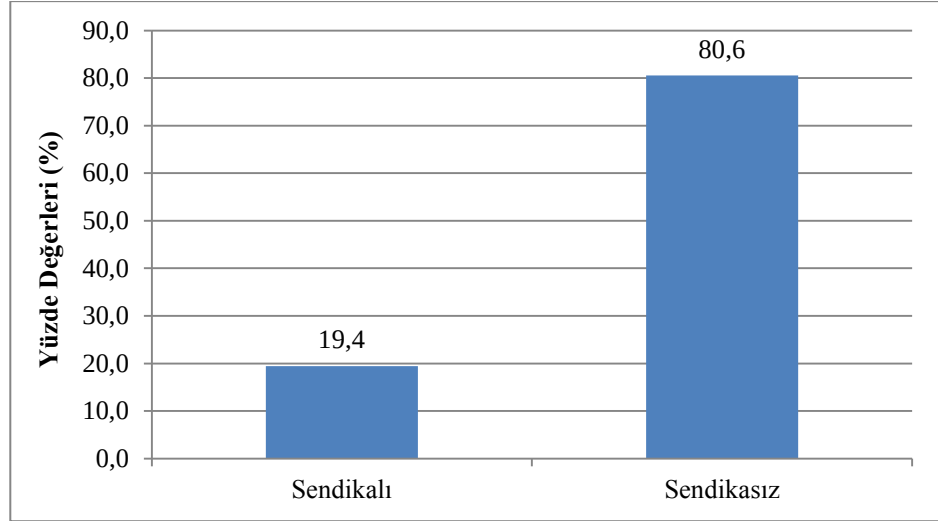
Şekil 4.14. Kazazedenin esas işine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

4.1.4.3. Sendika Durumu

Çalışanların sendika durumu incelendiğinde sadece %19.4 oranında sendikalı iş gücünün kazı işlerinde hizmet verdiği belirlenmiştir (Tablo 4.14). Sendikasız çalışanlar ise %80.6 ile çoğunluğu oluşturmaktadır. Kazan'a (2013) göre, bu önemli farkın sebebi sendikalı işçilerin yüksek işgücü maliyetleridir.

Tablo 4.14. Sendika durumu sıklık dağılımı.

Sendika Durumu	Sıklık	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Sendikalı	157	19.4	19.4
Sendikasız	651	80.6	100.0
Toplam	808	100.0	



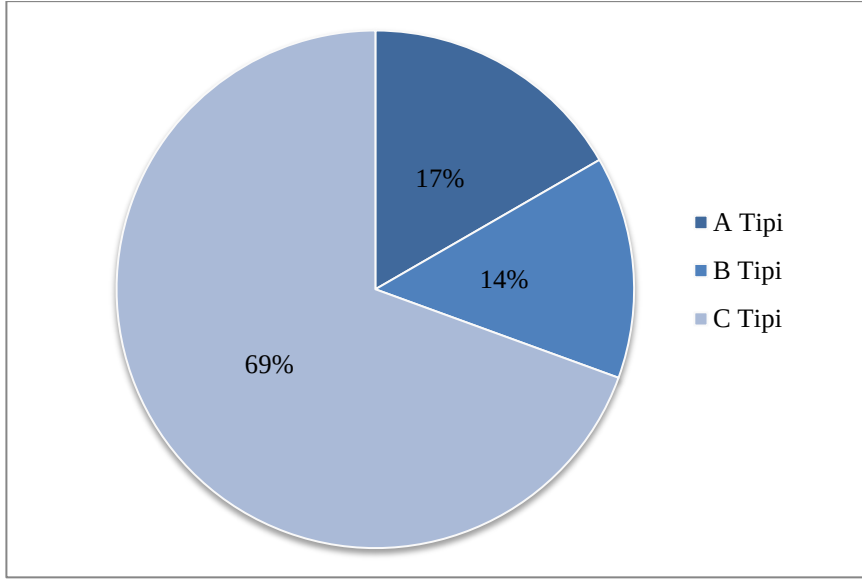
Şekil 4.15. Sendika durumuna göre kazaların yüzde dağılımı.

4.1.5. Zemin Karakteristikleri

Bu çalışmanın bir diğer yönü, kazaların meydana geldiği zemin türü ve koşullarını belirlemektir. Sağlam olmayan, zayıf, yumuşak veya örselenmiş zeminlerin kazalara daha müsait olduğu bilindiğinden dolayı bu tür durumların analiz kapsamında yer alan vakalarda mevcut olup olmadığı araştırılmıştır.

4.1.5.1. Zemin Türü

Zeminin türü, su içeriği, çevresel koşullar, kazı alanının dolgu alanına yakınlığı, makinelerin, ekipmanın veya araçların ağırlığı ve makinelerden ve motorlu taşıtlardan gelen titreşimler gibi çeşitli faktörler, zeminin dayanıklılığını değiştirerek işçilerin karşılaştığı tehlikeleri büyük ölçüde etkilemektedir (Lentz et al., 2011). Zemin türü özel olarak dikkate alındığında, düşük serbest basınç mukavemetine sahip zeminler, zayıf granüler zeminler, özellikle kuru koşullara yakın doygun olmayan kumlar ve lős ve siltli zeminler gerekli önlemler alınmazsa stabilite problemlerine yol açabilmektedir (Akboğa Kale ve Eskişar, 2018b). Veri seti kapsamında zemin tipleri incelendiğinde 808 kaza raporu arasından sadece 36 vakada zemin türü bilgisine ulaşılmıştır. Bu sebeple sıklık analizi tablosu yerine daha iyi karşılaştırma yapılabilmesi adına zemin türü yüzde dağılımları pasta grafiği şeklinde sunulmuştur (Şekil 4.16). Çoğunlukla gevşek granüler zemin ve zayıf kohezyonlu zeminlerden oluşan C tipi zeminlerin (%69) kazalara neden olan bir faktör olabileceği bulgusu elde edilmiştir.



Şekil 4.16. Zemin tiplerine göre kazaların geçerli yüzde dağılımı.

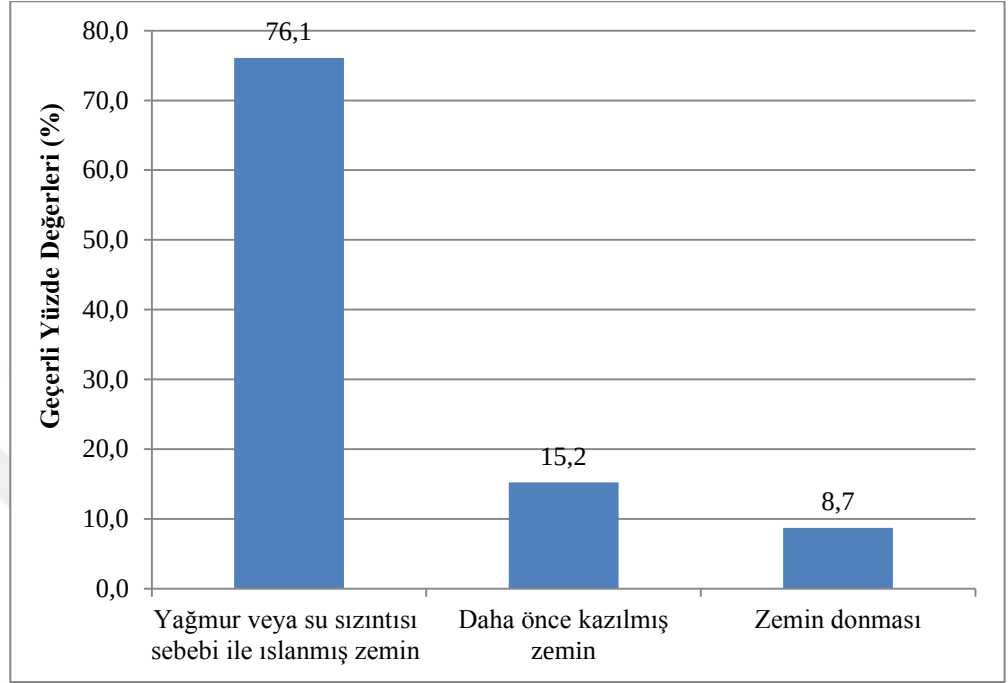
4.1.5.2. Zemin Koşulları

Bu çalışmada zemin koşulları, incelenen kaza raporlarında verilen bilgilere göre zeminin yağmur veya su sızıntısı sebebiyle ıslanmış olması, daha önce kazılmış olması ve zemin donması açısından değerlendirilmiştir. İncelenen veri setindeki kaza raporlarında toplam 46 vakanın zemin koşulları bilgisi yer almaktadır. Bu sebeple sıklık analizi tablosu yerine daha iyi karşılaştırma yapılabilmesi adına zemin koşulları yüzde dağılımları Şekil 4.17’de sunulmuştur. Analiz sonucuna göre birinci sırada %76.1 ile yağmur veya su sızıntısı sebebiyle ıslanmış zemin yer almaktadır. Akboğa Kale ve Eskişar’a (2018) göre, yeraltı su seviyesindeki önemli değişiklikler, şiddetli yağışlar veya toprağın su içeriğini artıran herhangi bir faaliyet nedeniyle toprak katlarının doygun hale gelmesi, zemin dayanımının azalmasına yol açmaktadır.

İkinci sırada %15.2 ile yer alan zeminin daha önce kazılmış olması, dolayısıyla doğal çökme durumunun değiştirilmesi en önemli zemin koşullarından biridir ve değişim oranına göre zemin dayanımı da değişmektedir. Bu durumun zemin çalışmaları sırasında göz ardı edilmesi, elde edilen bulgulardan da görülebileceği üzere iş kazalarına sebebiyet verebilmektedir.

Son olarak, zemindeki dayanım kaybı, mevsimlik buzlanma ve çözülmenin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilir. Zemin donduğunda, zemin suyu hacimce

genişleyerek zeminin mikro gözeneklerinde hasara neden olur ve böylece zemin çatlayarak dayanımını kaybeder. Sınırlı iklim bölgelerinde gözlenen bu durum incelenen kazalarda %8.7 oranında gözlenmiştir.



Şekil 4.17. Zemin koşullarına göre kazaların geçerli yüzde dağılımları.

4.2. Çapraz Tablolama Analizi Bulguları

Bir önceki bölümde sunulan tek değişkenli sıklık analizi sonuçlarının incelenmesi ile veri seti hakkında genel bilgi elde edilebilmektedir, ancak bu analiz ile elde edilen bulgular vakaların bağımlı değişken (kaza şiddeti) kapsamındaki dağılımları ve bağımlı değişken ve her bir bağımsız değişken arasındaki ikili ilişki hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bu bölümde SPSS programı aracılığı ile tek değişkenli sıklık analizi kapsamında oluşturulan değişkenler dikkate alınarak yapılan çapraz tablolama (cross tabulation) analizi sonuçları paylaşılmış ve yorumlanmıştır. Çapraz tablolamadan analizinden elde edilen bilgi ile bağımsız değişkenler arasından hangilerinin bağımlı değişken ile anlamlı ilişkisi bulunduğu karar verilmiştir.

Çapraz tablolama analizi kapsamında kaza şiddeti olarak belirlenen bağımlı değişken ve 16 adet bağımsız değişken arasındaki ilişki irdelenmiştir. Sonraki

bölümlerde paylaşılan çapraz tablolama sonuçları, yalnızca bağımlı değişken ile anlamlı bir ilişkisi bulunan 6 adet bağımsız değişkene (kaza tipi, yaralanma türü, güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı, kazaya sebebiyet veren durum/hareket, kazazedenin esas işi, kazı derinliği) aittir, bağımlı değişken ile anlamlı ilişkisi bulunmayan bağımsız değişkenlere yer verilmemiştir. Sonuçların daha anlaşılabilir olmasına adına, belirtilmeyen veri kategorileri analizlere katılmamıştır. Tablo 4.15’de çapraz tablolama analizi sonucu bağımlı değişken ile anlamlı ilişkisi olduğu tespit edilen bu bağımsız değişkenlerin istatistiksel sonuçları sunulmuştur.

Tablo 4.15. Çapraz tablolama özet tablosu.

Bağımsız Değişkenler	Pearson's $X^2(df)$, p	Phi&Cramer's V
Kaza Tipi	$X^2(13)=67.070$ p=0.000	crv(13)=0.302 p=0.000
Yaralanma Türü	$X^2(16)=384.261$ p=0.000	crv(16)=0.757 p=0.000
Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı	$X^2(2)=18.045$ p=0.000	crv(2)=0.149 p=0.000
Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket	$X^2(7)=24.569$ p=0.001	crv(7)=0.185 p=0.001
Kazazedenin Esas İş	$X^2(10)=26.464$ p=0.003	crv(10)=0.202 p=0.003
Kazı Derinliği	$X^2(4)=16.538$ p=0.002	crv(4)=0.246 p=0.002

Tabloda görüldüğü gibi, 6 adet bağımsız değişkenin istatistiksel olarak bağımlı değişken (kaza şiddeti) ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. P-değeri, Pearson ki-kare testinde hipotez testlerinde kullanılan olasılık değeridir ve bu değer elde edildikten sonra araştırmacılar sonucun anlamlı olup olmadığına karar verebilir. Genelde sıklıkla kullanılan önem değeri 0.05’dir, yani güven aralığı %95’dir. Bu nedenle, p-değerinin 0.05’den küçük olduğu durumlar anlamlı olarak kabul edilerek H_0 hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında ilişki olduğu kabul edilir (Akboğa, 2014). Tablo 4.15’de sunulan 6 adet bağımsız değişkenin tamamının ki-kare testi sonucu elde edilen “p” değeri 0.05’den küçük olduğu için bu değişkenler bağımlı değişken ile anlamlı ilişkiye sahiptir.

H_0 hipotezi reddedilerek değişkenler arasında bir ilişkinin olduğu kabul edildikten bir sonraki adım bu ilişkinin ne kadar güçlü olduğunu tespit etmektir. Bu tespiti yapmak için hesaplanabilecek olan değer, “Phi or Cramer’s V” değeridir (Akboğa, 2014). Bölüm 3’de detaylı olarak paylaşılmış olan Cramer’s V değerlerine göre; güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı ve kazaya sebebiyet veren durum/hareket bağımsız değişkenlerinin bağımlı değişken ile

zayıf-asgaride kabul edilebilir (Cramer's V değeri aralığı: 0.10 – 0.20) bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Kazazedenin esas işi ve kazı derinliği bağımsız değişkenlerinin bağımlı değişken ile makul-kabul edilir (Cramer's V değeri aralığı: 0.20 – 0.25) bir ilişkisi olduğu görülmüştür. Kaza tipi bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile güçlü-çok istenen (Cramer's V değeri aralığı: 0.30 – 0.35) bir ilişkisi olduğu gözlemlenirken yaralanma türü bağımsız değişkenin ise bağımlı değişken ile mükemmele yakın (Cramer's V değeri aralığı: 0.50 – 0.99) bir ilişkisi olduğu ve iki değişkeninin muhtemelen aynı sorunun cevabını aradığı sonucuna varılmıştır.

4.2.1. Kaza Tipi

Öncelikle incelenen ilk değişken kaza tipi olup Tablo 4.16'da kaza tipi ve kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama sunulmuştur. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kaza ” kapsamın-da yer 346 vakada, kazaların sıklıkla göçük neticesinde meydana geldiği gözlenmiştir. İkinci sırada düşen cisim çarpmaları yer almaktadır. “Ölümcül olmayan kazalar” kapsamında yer alan 390 vakada aynı şekilde göçük ilk sırada ve düşen cisim çarpmaları ikinci sırada yer almaktadır. Diğer yandan düşmelerden kaynaklanan kazalar “ölümcül olmayan kazalar” kapsamında üçüncü sırada yer alırken, “ölümcül kazalar” kapsamında beşinci sırada yer almaktadır. Bu sebeple bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslanmalı ve değerlerin sadece toplam dağılım içindeki yüzde değerleri değil, ayrıca kaza şiddeti içindeki yüzde dağılımları da incelenmelidir.

Tablo 4.16. Kaza Tipi-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Kaza Tipi	Göçük	176 (%23.9)	135 (%18.3)	311 (%42.3)
	Düşen Cisim Çarpması	42 (%5.7)	74 (%10.1)	116 (%15.8)
	Düşmeler	12 (%1.6)	66 (%9.0)	78 (%10.6)
	Taşıt veya Ekipman Kazası/Ezilme	30 (%4.1)	32 (%4.3)	62 (%8.4)
	Beko Kepçesi vb. Tarafından Çarpılma	35 (%4.8)	25 (%3.4)	60 (%8.2)

Yapısal Çökme/Duvar Çökmesi	18 (%2.4)	6 (%0.8)	24 (%3.3)
Sıcağa Bağlı Hastalıklar	7 (%1.0)	16 (%2.2)	23 (%3.1)
Elektrik Çarpması	8 (%1.1)	10 (%1.4)	18 (%2.4)
Yangın/Patlama	5 (%0.7)	6 (%0.8)	11 (%1.5)
Kayma/Yuvarlanma	5 (%0.7)	5 (%0.7)	10 (%1.4)
Yabancı Cismin Vücuda Batması	2 (%0.3)	7 (%1.0)	9 (%1.2)
Kimyasal Gazların Solunması/Zehirlenme	3 (%0.4)	5 (%0.7)	8 (%1.1)
Cisimler Arası Sıkışma/Sabit Ekipmana Takılma	3 (%0.4)	1 (%0.1)	4 (%0.5)
Rift Vadisi Humması Maruziyeti	0 (%0.0)	2 (%0.3)	2 (%0.3)
Toplam	346 (%47.0)	390 (%53.0)	736 (%100)

Her iki kategori için de en sık karşılaşılan kaza tipi olan göçük için bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslandığında (ölümcül ve ölümcül olmayan), “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 346 vakada bu grupta meydana gelen kaza oranı %50.9 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 390 vakada %34.6’dır. Bu orandan ölümcül kazaların yarısının göçük nedenli olduğu bilgisi elde edilmektedir. Benzer şekilde “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 346 vakada düşen cisim çarpması kaynaklı kazaların oranı %12.1 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 390 vakada %19.0’dır. Diğer yandan “ölümcül olmayan kazalar” kapsamında yer alan 390 vakada düşmelerden kaynaklı kazaların oranı %16.9 iken “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 346 vakada sadece %3.5’dir. Aynı şekilde Tablo 4.16’dan da görülebileceği üzere düşmelerden kaynaklı kazaların büyük bir çoğunluğu ölümcül olmayıp yaralanma ile sonuçlanmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda tek değişkenli sıklık analizi bulgularına ek olarak kaza tipi bağımsız değişkeninin kategorileri ayrıntılı bir şekilde kıyaslanmış ve sıklık olarak daha şiddetli olan kaza tipi grupları tespit edilmiştir.

4.2.2. Yaralanma Türü

Tablo 4.17’de yaralanma türü bağımsız değişkeni ile kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama sunulmuştur. Daha önce de belirtildiği üzere bu iki değişkenin mükemmele yakın bir ilişkisi olduğu ve iki değişkeninin

muhtemelen aynı sorunun cevabını aradığı tespit edilmiştir. Yaralanma türünün ölüme doğrudan etkisi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu beklenen bir bulgu olmuştur. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Tablo 4.17. Yaralanma Türü-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Yaralanma Türü	Kırık	24 (%3.6)	215 (%32.0)	239 (%35.6)
	Asfiksi	127 (%18.9)	2 (%0.3)	129 (%19.2)
	İç Yaralanma	33 (%4.9)	19 (%2.8)	52 (%7.7)
	Ampütasyon	0 (%0.0)	39 (%5.8)	39 (%5.8)
	Künt Travma	32 (%4.8)	6 (%0.9)	38 (%5.7)
	Çürük/Morluk	6 (%0.9)	29 (%4.3)	35 (%5.2)
	Kesik	7 (%1.0)	26 (%3.9)	33 (%4.9)
	Sıcak Çarpması/Bitkinlik	8 (%1.2)	12 (%1.8)	20 (%3.0)
	Elektrik Çarpması/Elektrik Yanıkları	7 (%1.0)	9 (%2.2)	16 (%2.4)
	Isı/Kimyasal Yanıkları	2 (%0.3)	13 (%1.9)	15 (%2.2)
	Beyin Sarsıntısı	4 (%0.6)	8 (%1.2)	12 (%1.8)
	Bilinç Kaybı	3 (%0.4)	8 (%1.2)	11 (%1.6)
	Boğulma	10 (%1.5)	0 (%0.0)	10 (%1.5)
	Burkma/Çıkık	0 (%0.0)	9 (%1.3)	9 (%1.3)
	Delinme	2 (%0.3)	4 (%0.6)	6 (%0.9)
	Toksik Gazlardan Zehirlenme	1 (%0.1)	4 (%0.6)	5 (%0.7)
	Enfeksiyon	0 (%0.0)	2 (%0.3)	2 (%0.3)
Toplam		266 (%39.6)	405 (%60.4)	671 (%100)

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kazalar” kapsamında yer alan 266 vakada, asfiksini en sık karşılaşılan tür olduğu gözlenmiştir. İç yaralanma ve künt travma onu takip etmektedir. Diğer yandan ampütasyon, burkma/çıkık ve enfeksiyon gibi yaralanma türlerinin hiçbirinin ölüme sonuçlanmadığı görülmektedir. “Ölümcül olmayan kazalar” kapsamında yer alan 405 vakada ise kırık en sık karşılaşılan yaralanma türü olarak ortaya

çıkarken amputasyon onu takip etmektedir. Bu kapsamda boğulma kategorisinin sıfır değerinde olması, boğulma kazalarının her zaman ölümlle sonuçlandığını göstermektedir. Bu bilgilerle birlikte bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslanmalı ve değerlerin sadece toplam dağılım içindeki yüzde değerleri değil, ayrıca kaza şiddeti ve kategori içindeki yüzde dağılımları da incelenmelidir.

Bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslandığında (ölümcül, ölümcül olmayan) asfiksi türünün daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 266 vakada bu grupta meydana gelen kaza oranı %47.7 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 405 vakada %0.5’dir. Bu analiz ile “ölümcül” şiddetli vakaların yaklaşık yarısının asfiksi sonucu olduğu ve asfiksi türünün %98.4 oranla ölümlle sonuçlandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Diğer yandan kırık türünün %90 oranla ölümlle sonuçlanmadığı tespit edilirken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 405 vakanın yarısından fazlasının (%53.1) kırık türüne ait olduğu görülmektedir. Böylece kırık türünün, sıklık olarak en çok görülen yaralanma türü olmasına rağmen kaza şiddeti olarak genellikle çok şiddetli olmadığı elde edilmiştir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 266 vakada iç yaralanma türü oranı %12.4 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 405 vakada %4.7’dir. Benzer şekilde “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 266 vakada künt travma türü oranı %12.0 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 405 vakada %1.5’dir. Bu sebeple iç yaralanma ve künt travma türlerinin sonucunun şiddetli olması ve bu kazaların ölümlle sonuçlanması olasılığı oldukça yüksektir. Son olarak, amputasyon, burkma/çıkık ve enfeksiyon kategorilerindeki vakaların tamamının “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 405 vaka arasında olduğu ve bu kategori içerisindeki oranlarının toplam %17.3 olduğu tespit edilmiştir. Bu durum mevcut yaralanma türlerine sebebiyet veren kazaların sonucunun şiddetli olmadığı bilgisini vermektedir.

Bu bilgiler ışığında tek değişkenli sıklık analizi bulgularına ek olarak yaralanma türü bağımsız değişkeninin kategorileri ayrıntılı bir şekilde kıyaslanmış ve sıklık olarak daha şiddetli olan yaralanma türü grupları tespit edilmiştir.

4.2.3. Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı

Tablo 4.18’de güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı ve kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama sunulmuştur. Bu değişken için vakaların neredeyse yarısında güvenlik uygulamasının varlığına dair herhangi bilgiye rastlanılmadığı için belirtilmeyen veri değeri fazladır ve bu vakaların

sonuçlara etkisi büyük olduğu için diğer değişkenlerde yapılan aksine belirtilmeyen veriler analizden çıkarılmamıştır. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 373 vakada, kazaların sıklıkla güvenlik uygulaması veya koruyucu sistem sağlanmaması sebebiyle meydana geldiği gözlemlense de belirtilmeyen veri sayısının fazla oluşu ile birlikte kazaya sebebiyet veren durum/hareket belirsiz değişkeninde yer alan bazı kategoriler bu analiz sonucunu etkilemektedir. Bu kategorilerden biri güvenlik uygulamasındaki eksiklikleri belirtirken bir diğer kategori ise koruyucu sistemin sağlandığı halde kullanılmaması veya hatalı kullanımı gibi durumları temsil etmektedir. Bu kategoriler güvenlik uygulaması/koruyucu sistem ve kaza şiddeti değişkenleri arasındaki ilişkiyi saptırsa da “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 373 vakada güvenlik uygulaması/koruyucu sistemin sağlanmadığı durumlarda meydana gelen kaza oranı %55.5’dir.

Tablo 4.18. Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem Varlığı-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Güvenlik Uygulaması/Koruyucu Sistem	Sağlandı	33 (%4.1)	37 (%4.6)	70 (%8.7)
	Sağlanmadı	207 (%25.6)	180 (%22.3)	387 (%47.9)
	Belirtilmeyen	133 (%16.5)	218 (%27.0)	351 (%43.4)
Toplam		373 (%46.2)	435 (%53.8)	808 (%100)

4.2.4. Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket

Tablo 4.19’da kazaya sebebiyet veren durum/hareket ve kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama mevcuttur. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 333 vakada, kazaların sıklıkla güvenlik uygulamalarında

eksiklik sebebiyle meydana geldiği gözlenmiştir. İkinci sırada yönetmeliğe uyulmaması/kasıtlı ihlal yer almaktadır. “Ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 388 vakada güvenlik uygulamalarında eksiklik yine ilk sırada yer alırken ikinci sırada yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama yer almaktadır. Bu bilgilerle birlikte bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslanmalı ve değerlerin sadece toplam dağılım içindeki yüzde değerleri değil, ayrıca kaza şiddeti ve kategori içindeki yüzde dağılımları da incelenmelidir.

Tablo 4.19. Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Kazaya Sebebiyet Veren Durum/Hareket	Güvenlik Uygulamalarında Eksiklik	119 (%16.5)	125 (%17.3)	244 (%33.8)
	Yanlış/Eksik Çalışma Yöntemi veya Sıralama	64 (%8.9)	120 (%16.6)	184 (%25.5)
	Yönetmeliğe Uyulmaması/Kasıtlı İhlal	93 (%12.9)	73 (%10.1)	166 (%23.0)
	Güvenliğe Yönelik Zayıf Tutum/Davranış	25 (%3.5)	31 (%4.3)	56 (%7.8)
	Güvenli Olmayan Saha Koşulları	12 (%1.7)	20 (%2.8)	32 (%4.4)
	Sağlanan Güvenlik Ekipmanlarının Kullanılmaması/ Uygunsuz Kullanımı	10 (%1.4)	10 (%1.4)	20 (%2.8)
	Uygun Eğitim Eksikliği	8 (%1.1)	2 (%0.3)	10 (%1.4)
	Alette/Araçta/Ekipmanda Meydana Gelen Hata	2 (%0.3)	7 (%1.0)	9 (%1.2)
Toplam		333 (%46.2)	388 (%53.8)	721 (%100)

Bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslandığında (ölümcül, ölümcül olmayan), “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 333 vakada en sık karşılaşılan ve ölümcül kazaların %35.7’sini oluşturan durum güvenlik uygulamalarında eksiklik olmasına rağmen yönetmeliğe uyulmaması/kasıtlı ihlal sonucu meydana gelen kazaların yarısından fazlasının ölümle sonuçlanmasından dolayı daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 333 vakada bu grupta meydana gelen kaza oranı %27.9 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 388 vakada %18.8’dir. Benzer şekilde “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 333 vakada uygun eğitim eksikliği sebebiyle meydana gelen kazaların oranı sadece %2.4 olmasına rağmen bu durum sonucu meydana gelen kazaların %80’i ölüm ile sonuçlanmıştır. Bu sebeple uygun eğitim eksikliği sonucu meydana gelen kazaların sıklığı düşük de olsa şiddetinin yüksek olduğu

sonucuna varılmıştır. Böylece yapılacak iş ve İSG ile ilgili işçilere verilecek uygun eğitimlerin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bir diğer önemli grup olan yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama için “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 333 vakada bu grupta meydana gelen kaza oranı %19.2 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 388 vakada %30.9’dur.

Bu bilgiler doğrultusunda tek değişkenli sıklık analizi bulgularına ek olarak kazaya sebebiyet veren durum/hareket değişkeninin kategorileri ayrıntılı bir şekilde kıyaslanmış ve sıklık olarak daha şiddetli olan durum ve hareketler tespit edilmiştir.

4.2.5. Kazazedenin Esas İş

Tablo 4.20’de kazazedenin esas işi ve kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama sunulmuştur. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 288 vakada, kazalara sıklıkla dahil olan meslek grubun inşaat işçileri olduğu gözlenmiştir. İkinci sırada tesisatçılar yer almaktadır. “Ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 361 vakada inşaat işçileri yine ilk sırada yer alırken ikinci sırada inşaat haricindeki diğer işçiler yer almaktadır. Bu bilgilerle birlikte bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslanmalı ve değerlerin sadece toplam dağılım içindeki yüzde değerleri değil, ayrıca kaza şiddeti ve kategori içindeki yüzde dağılımları da incelenmelidir.

Bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslandığında (ölümcül, ölümcül olmayan), “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 288 vakada en sık karşılaşılan ve ölümcül kazaların %44.4’ünü oluşturan meslek grubunun inşaat işçileri olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında tesisatçılar, marangozlar ve teknik ekip/bakım/onarım meslek gruplarının da karşılaştığı kazaların yarısından fazlasının ölümle sonuçlanan şiddetli kazalar olduğu gözlenmiştir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 288 vakada tesisatçılar grubunda meydana gelen kazaların oranı %16 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 361 vakada %10.5’dir ve bu gruptaki meydana gelen kazaların %54.8’i ölümle sonuçlanmıştır. Diğer bir önemli grup olan makine operatörlerinin “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 288 vakada meydana gelen kaza oranı %14.2 iken “ölümcül

olmayan kaza” kapsamında yer alan 361 vakada %11.4’dür. Bu grupta da meydana gelen kazaların yarısı ölümle sonuçlanmıştır.

Tablo 4.20. Kazazedenin Esas İşi-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Kazazedenin Esas İşi	İnşaat İşçisi	128 (%19.7)	150 (%23.1)	278 (%42.8)
	Diğer (inşaat hariç)	34 (%5.2)	73 (%11.2)	107 (%16.5)
	Tesisatçı	46 (%7.1)	38 (%5.9)	84 (%12.9)
	Operatör	41 (%6.3)	41 (%6.3)	82 (%12.6)
	Elektrik	6 (%0.9)	17 (%2.6)	23 (%3.5)
	Gözetmen	5 (%0.8)	14 (%2.2)	19 (%2.9)
	Alçı/Boya/Sıva/Duvar	3 (%0.5)	11 (%1.7)	14 (%2.2)
	Teknik Ekip/Bakım/Onarım	9 (%1.4)	5 (%0.8)	14 (%2.2)
	Marangoz	8 (%1.2)	3 (%0.5)	11 (%1.7)
	Kamyon Şoförü	4 (%0.6)	5 (%0.8)	9 (%1.4)
	Mühendis	4 (%0.6)	4 (%0.6)	8 (%1.2)
Toplam		288 (%44.4)	361 (%55.6)	649 (%100)

Bu bilgiler doğrultusunda tek değişkenli sıklık analizi sonuçlara ek olarak kazazedenin esas işi değişkeninin kategorileri ayrıntılı bir şekilde kıyaslanmış ve sıklık olarak daha şiddetli olan meslek grupları tespit edilmiştir.

4.2.6. Kazı Derinliği

Tablo 4.21’de kazı derinliği ve kaza şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz tablolama sunulmuştur. Tabloda ayrıca tüm değerlerin toplam dağılım içindeki yüzde değerleri de yer almaktadır.

Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde, “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 138 vakada, kazaların sıklıkla 1.5 ile 3 metre arasındaki kazılarda meydana geldiği gözlenmiştir. İkinci sırada yakın bir oran ile 3 ile 4.6 metre arasındaki kazılar yer almaktadır. “Ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer

alan 135 vakada 1.5 ile 3 metre arasındaki kazılar yine ilk sırada yer alırken ikinci sırada 1.5 metreye kadar olan sığ kazılar yer almaktadır. 1.5 ile 3 metre aralığındaki kazıların her iki kategori için de ilk sırada yer almasının nedenlerinden biri bu aralıkta yer alan toplam kazı sayısının diğerlerine göre fazla olması olarak yorumlanmıştır. Bu bilgilerle birlikte bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslanmalı ve değerlerin sadece toplam dağılım içindeki yüzde değerleri değil, ayrıca kaza şiddeti ve kategori içindeki yüzde dağılımları da incelenmelidir.

Tablo 4.21. Kazı Derinliği-Kaza Şiddeti çapraz tablolama.

		Kaza Şiddeti		
		Ölümcül	Ölümcül Olmayan	Toplam
Kazı Derinliği (m)	0-1.5 m	22 (%8.1)	37 (%13.6)	59 (%21.6)
	1.5-3.0 m	47 (%17.2)	62 (%22.7)	109 (%39.9)
	3.0-4.6 m	45 (%16.5)	23 (%8.4)	68 (%24.9)
	4.6-6.1 m	17 (%6.2)	8 (%2.9)	25 (%9.2)
	>6.1 m	7 (%2.6)	5 (%1.8)	12 (%4.4)
Toplam		138 (%50.5)	135 (%49.5)	273 (%100)

Bağımlı değişkenin iki kategorisi kıyaslandığında (ölümcül, ölümcül olmayan), “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 138 vakada en sık karşılaşılan ve ölümcül kazaların %34.1’ini oluşturan kazı derinliği aralığı 1.5-3 metre olmasına rağmen 3-4.6 m aralığındaki kazılarda meydana gelen kazaların %66.2 oranında ölümle sonuçlanmasından dolayı daha şiddetli olduğu tespit edilmiştir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 138 vakada bu derinlik aralığında meydana gelen kaza oranı %32.6 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 135 vakada %17’dir. “Ölümcül kaza” kapsamında yer alan 138 vakada 4.6-6.1 m aralığındaki kazılarda meydana gelen kazaların oranı %12.3 iken “ölümcül olmayan kaza” kapsamında yer alan 135 vakada %5.9’dur. Bu derinlik aralığında meydana gelen kazaların %68’i ölüm ile sonuçlanmıştır. Benzer şekilde “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 138 vakada 6.1 metreden daha yüksek kazılarda meydana gelen kazaların oranı %5.1 olmasına rağmen bu derinlik aralığında meydana gelen kazaların yarısından fazlası ölüm ile sonuçlanmıştır. Bu sebeple derin kazılardaki vaka sıklıkları düşük olmasına rağmen şiddetlerinin oldukça yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

4.3. Detaylı Kaza Raporu Örneklerinin İncelenmesi

Tez çalışmansın bu bölümünde, OSHA veri tabanında yapılan arşiv çalışmasının sonucunda elde edilen veriler ve bu verilerin yeniden organizasyonu ile oluşturulan yeni veri setinde yer alan vakaların incelenmesi sonucu, yeterli detayları barındıran seçilen birkaç kaza örneği geoteknik uygulamalar açısından detaylı olarak değerlendirilmiştir. Kazaya/göçmeye sebebiyet veren nedenler araştırılarak, Bölüm 3.7’de yer alan kazı çalışmalarında güvenliğin sağlanması için mevcut standartlara ve güvenlik uygulamalarına ne kadar uyulduğu tartışılmıştır. Aşağıda incelenen kaza raporu örneklerinde ayrıca kaza özeti numaraları da paylaşılmıştır. Böylece, OSHA’nın açık erişime olanak sağlayan veri tabanında kaza özeti numaraları ile arama yaparak kaza özetlerine ulaşmak mümkündür.

Kaza raporu örneği 1: (Kaza özeti numarası: 202543872) 10 Mayıs 2012 tarihinde saat 15:30 sularında 36 yaşındaki bir çalışan tek katlı konut inşaatında çalışıyordu. Çalışanlar konutun bodrum katının etrafına su yalıtımı ve drenaj tesisatı döşüyorlardı. Olay sırasında çalışan el aletleriyle 0.56 metre genişliğinde, 3 metre derinliğinde ve 4.9 metre uzunluğunda bir hendek kazısı kazıyordu. Konutun bulunduğu bölgedeki yüksek yer altı su seviyesi nedeniyle zemin suya doymuş durumdaydı. Desteksiz olarak açılan hendek kazısı göçerek çalışanın çamurlu zemin içinde boğulmasına (asfiksi) sebep oldu. Los Angeles itfaiyesi sağlık görevlileri tarafından çalışanın olay yerinde öldüğü açıklandı. Hendek kazısının göçmesinin nedeni, göçüğü önlemek için herhangi koruyucu bir sistem kullanılmadan kazı yapılması olarak belirtilmiştir.

Daha önce de belirtildiği üzere, OSHA kazı standartları, bir kazının tamamen duraylı kayaçta yapılması veya kazı derinliğinin 1.5 metreden az olması durumlarındaki iki istisna haricinde, göçük riskine karşı standartta belirtilen yeterli koruyucu sistemlerden birinin kullanımını zorunlu kılmıştır. Verilen kaza raporu örneğinde yer alan desteksiz hendek kazısı, 3 metre derinliğinde olup zemin türü tam olarak belirtilmemekle birlikte, el aletleriyle kazı yapılması durumundan da anlaşılacağı üzere duraylı kayaçtan oluşmamaktadır. Kazının uygun bir eğimle açılıp açılmadığı bilgisi de verilmemiş olmasına rağmen bölgedeki yüksek yer altı su seviyesinden dolayı zeminin suya doymuş olması durumu, zemin dayanımını azaltmakta ve dolayısıyla uygun bir koruyucu sistemi zorunlu kılmaktadır. Aynı şekilde kaza raporunda da, herhangi koruyucu bir sistem kullanılmaması göçük sebebi olarak belirtilmiştir. Zeminin suya doymuş

olduğu bu tarz durumlarda profesyonel mühendisler tarafından sahaya uygun olarak tasarlanmış bir iksa sistemi veya iksa sistemlerinin kullanılması kadar güvenilir bir sistem oluşturulduğu takdirde kazı kalkanlarının kullanılması gerekmektedir.

Kaza raporu örneği 2: (Kaza özeti numarası: 200841898) 17 Haziran 2010 tarihinde saat 15:00 sularında, bir çalışan yeni bir konuttan belediye bağlantı noktasına PVC lateral kanalizasyon hattı döşüyordu. Şirketin genel müdürü bir Bobcat ekskavatörü kullanırken, çalışan 1.2 ila 2.1 metre derinliğindeki bir hendek kazısında lateralın düşme açısını kontrol ediyor ve conta bağlantılarını gresle bağlıyordu. Çalışan, hendek kazısının 2.1 metre derinliğindeki kısmında çalışırken yanında çalıştığı kazının duvarı çalışanın üzerine göçerek çalışanın hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Daha fazla araştırma yapıldığında, bu olaydan dokuz gün önce yerel belediyenin 1.2 ila 1.5 metre derinlikte ve 10 cm ila 15 cm genişliğinde kesimler yapan bir kanal açma makinesiyle bir trafodan konuta giden bir yeraltı hattını kazdığı ve geri doldurduğu öğrenilmiştir. Yeni açılan hendek kazısı duvarı ile daha önce açılmış olan elektrik hattı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 76 santimetre kadar idi. Önceki hendek kazısı çalışması ve kazı duvarlarına verilen eğimin yetersiz oluşu, kazı duvarının iç sürtünme açısını ve çekme gerilmesini artırarak çekme çatlağı oluşmasına sebep olmuştur.

Zeminin daha önce kazılmış olmasının, dolayısıyla doğal çökme durumunun değiştirilmesinin en önemli zemin koşullarından biri olarak zemin dayanımını değiştirdiğinden önceki bölümde bahsedilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarında yer alan zemin koşulları değişkeninde, bu durumun kazalarda en sık karşılaşılan ikinci zemin koşulu olması da bunu kanıtlar niteliktedir. Daha önce belirtildiği üzere, örselenmemiş zemin bitişik zemin tarafından tüm kenarlarda desteklenmekte iken zemin kazıya maruz bırakıldığında kazı duvarlarının kenarları artık desteklenmeyen bir durumda olmaktadır. Bu durum, kazının alt tarafında yer alan zeminin, üstte yer alan zemin ağırlığının etkisiyle birlikte kazı içine doğru kabarmasına neden olur ve böylece kazı duvarı üst kenardan itibaren aşağıya doğru hareket eder. Aşağı yöndeki bu hareket, kazı kenarları arkasındaki zeminin kazı kenarlarındaki zemine, onun kazıya doğru göçmesini önleyecek şekilde tutunmasına neden olmakta ve bu durum, kazıya paralel çekme çatlakları oluşturarak kazı duvarına dik açıda çekme gerilmesi yaratmaktadır. Böylece kazı göçük için hazır hale gelmiş bulunmaktadır. Verilen kaza raporu örneğinde zeminin daha önce kazılmış olmasının yanında, yeni açılan hendek kazısı duvarlarına da uygun eğim verilmediği bilgisi yer almaktadır. Ayrıca, hendek

kazısının derinliği 1.2 ila 2.1 metre arasında değişmekte olup, kazının en derin bölgesinde göçük gerçekleşmesinin sebebi olarak kazı duvarlarına verilen eğimin muhtemelen daha düşük derinlik dikkate alınarak hesaplandığı tahmin edilmektedir.

Kaza raporu örneği 3: (Kaza özeti numarası: 132127.015) 30 Aralık 2020 tarihinde saat 18:15'te, bir belediye tarafından istihdam edilen bir çalışan ve iş arkadaşları, kanalizasyon/su arıtma tesisindeki bir kazıda çalışmakta ve kırılan bir yeraltı su şebekesini onarmaktaydı. Ustabaşı olan çalışan, çalışmayı yönetiyor, bir beko kullanıyor ve kazıda çalışıyordu. Kazı yaklaşık 4.3 metre uzunluğunda, 4.3 metre genişliğinde ve 2.4 metre derinliğindeydi. Kazı tabanının genişliği yaklaşık 1.2 metreydi. Onarılmakta olan boru 30 santimetrelik bir su ana borusuydu ve kırılma, kazının neredeyse dikey ve şevsiz olan ve kil ve kumun doygun bir karışımından oluşan kuzey duvarından yaklaşık 30 ila 60 santimetre uzaktaydı. Su borusu birkaç saattir sızıntı yapıyordu. İş arkadaşlarının daha sonraki ifadelerine göre, kuzey duvarı göçerek çalışanın üzerine düştüğünde ve onu yüzüstü çamura sapladığında, çalışanın onarımı tamamlamak için yaklaşık on dakikalık bir süresi kalmıştı. Su akışını kontrol etmek için kullanılan pompa göçme sırasında tıkanmış ve kazı hızla suyla dolmuştu. İş arkadaşları, acil sağlık hizmetleri olay yerine ulaşmadan önce ustabaşının yaklaşık 10 dakika boyunca su altında kaldığı ifadesini vermiştir. Ustabaşı olan çalışan kazı göçüğünde hayatını kaybetmiştir.

Bu kaza raporu örneğinde birden fazla ciddi ihlal göze çarpmaktadır. Öncelikli olarak, kil ve kum karışımından oluşan zeminde 2.4 metre derinliğinde açılan bu kazının duvarlarının neredeyse dik ve şevsiz olarak açılmış olması ciddi bir standart ihlalidir. OSHA kazı standartları, bir kazının tamamen duraylı kayaçta yapılması veya kazı derinliğinin 1.5 metreden az olması durumlarındaki iki istisna haricinde, göçük riskine karşı standartta belirtilen yeterli koruyucu sistemlerden birinin kullanımını zorunlu kılmıştır. Kil ve kum karışımından oluşan zemin A tipi zemin sınıfına girdiğinden normal şartlarda 53°'lik bir eğim bu kazı için uygun kabul edilebilecekken kazı içerisine kırık borudan su sızması ekstra koruma gerektirmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere, zeminin su içeriğini arttıran herhangi bir aktiviteden dolayı zeminin suya doyması, zemin dayanımının azalmasına neden olmaktadır. İstatistiksel analiz sonuçlarında yer alan zemin koşulları değişkeninde, bu durumun kazalarda en sık karşılaşılan zemin koşulu olması da bunu kanıtlar niteliktedir. Örnek kaza raporunda, su borusunun birkaç saattir sızıntı yaptığı ve su akışını kontrol etmek için kullanılan pompanın göçme sırasında tıkanarak kazının hızla su ile dolduğu belirtilmiştir. Kazı içerisinde

birikmiş su, kazının kenarlarına zarar verebilir ve acil bir durumda çalışanların kazıdan çıkmasını daha zor hale getirebilir. Bu sebeple OSHA standartları, çalışanları korumak için yeterli önlemler alınmadığı sürece işverenlerin, çalışanların su birikmiş veya birikmekte olan bir kazıya girmesine izin vermesini yasaklamaktadır. Bu tür önlemler, göçükleri önlemek için özel destek veya kalkan sistemlerini, su seviyesini kontrol etmek için su tahliyesini veya emniyet kemeri ve yaşam hattı kullanımını içermektedir.

Kaza raporu örneği 4: (Kaza özeti numarası: 105437.015) 9 Mayıs 2018 tarihinde saat 14:45'te, gözetmen olan bir çalışan, bir inşaat sahasında kanalizasyon ve su hatlarının kazılması ve döşenmesinden sorumluydu. Ekibiyle birlikte 5.2 metre derinliğinde bir hendek kazısında çalışıyordu. Hendek kazısı duvarları B tipi zemin için uygun bir eğime sahipti, ancak kazının zemin türü aslında C tipi zemin olarak sınıflandırılmalıydı. Çalışma sırasında kazı duvarının bir bölümü göçerek çalışanın çöken toprak tarafından yutulmasına sebep olmuş ve çalışan hayatını kaybetmiştir.

OSHA kazı standartlarında zemin tiplerine göre izin verilen maksimum kazı açıları B tipi zeminde 45° iken C tipi zeminde 34° olmak üzere zemin tiplerinin stabilitesi ile doğru orantılı olarak azalmaktadır. Bu sebeple, kaza raporu örneğinden de anlaşılacağı üzere koruyucu sistem ve güvenlik uygulamaları seçiminde doğru karar verebilmek için zemin tiplerinin doğru sınıflandırılması çok önemlidir. Daha önce de belirtildiği üzere, zemin sınıflandırması için OSHA standardında en az bir görsel ve bir manuel (elle) analizin standartta belirtilen şekillerde yapılması gerektiğinin veya diğer kabul görmüş zemin sınıflandırma sistem ve deneylerinin kullanılmasının zorunlu olduğu görülmüştür. Görsel analizler genel itibarıyla kazı alanından, kazının bitişiğindeki zeminden, açık kazının kenarlarını oluşturan zeminden ve kazılmış zeminden alınan numunelerden niteliksel bilgilerin toplanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. OSHA standardında ayrıca plastiklik ya da ribbon deneyi, kuru mukavemet deneyi, kurutma deneyi, başparmak basma deneyi ve diğer mukavemet deneyleri gibi çeşitli manuel deneylerin belirtildiği görülmüştür.

Kaza raporu örneği 5: (Kaza özeti numarası: 85046.015) 5 Mayıs 2016 tarihinde saat 12:00'de bir çalışan 45 santimetrelik bir drenaj borusunu yerleştirmek için bir hendek kazıyordu. Hendek kazısı yaklaşık 4 metre derinliğindeydi ve en iyi B tipi zemin sınıfından oluşuyordu. Çalışan, uygun derinliği kontrol etmek için hendeğe girdiğinde kazının bir tarafı eğimliydi, ancak

karşı taraftaki kazı duvarı dikey olarak bırakılmıştı. Dikey duvarın çökerek çalışanı 1.2 metre toprak ve çakılın altına gömmesi sonucu çalışan hayatını kaybetmiştir.

Bu kaza raporunda yer alan en büyük ihlal, kazı kenarlarının tamamının uygun eğimle kazılmayıp kenarlardan birinin dikey ve şevsiz olarak bırakılmasıdır. OSHA kazı standartlarında B tipi zemin için izin verilen maksimum kazı açısı 45° olarak belirtilmiş olup dikey kenarlarla kazılabilen tek zemin türü olarak açığa çıkarıldığında bozulmadan kalabilen duraylı kayaç belirtilmiştir.

Kaza raporu örneği 6: (Kaza özeti numarası: 200054062) 16 Eylül 2011 tarihinde, bir çalışan ve iki iş arkadaşı Omaha, Nebreska'da bir konut için su hattı döşeyen bir kazıda çalışırken kazının batı duvarı göçerek çalışanın kısmen içine gömülmesine sebep oldu. Ekip, koruyucu sistem olarak Speed Shore tarafından üretilen alüminyum hidrolik iksa kullanıyordu. Kazı yapılan zemin türünün B tipi zemin olduğu bilinmekteydi ve bu tür bir zeminde, koruyucu bir sistem oluşturmak için iksa en az üç bölümden oluşacak şekilde ve en fazla 2.4 metre aralıklarla yerleştirilmelidir. Koruyucu sistemin ilk kurulumu 2.3 metre aralıklı üç bölüm içeriyordu. İksa sisteminin orta bölümü bir iş arkadaşı tarafından kaldırılmıştır, böylece ekskavatör kolu caddenin altından sondaj borularının çıkarılmasına yardımcı olmak üzere hendeğe indirilebilmiştir. Bu sırada çalışan kazı içerisinde çalışmaktadır. Bu işlem sırasında kazı duvarı göçerek çalışanı beline kadar kaplamıştır. Omaha İtfaiyesi çalışanı göçükten çıkarmış ve cankurtaran uçağıyla hastaneye nakletmiştir. Çalışan burada tedavi edilmiş ve ardından her iki bacağındaki eziklerle taburcu edilmiştir.

OSHA standartlarına göre, koruyucu sistem elemanlarının geçici olarak sökülmesinden önce, destek sistemine yüklenen yükleri taşıyacak diğer taşıyıcı elemanların yerleştirilmesi gibi ek önlemler alınması gerekmektedir. Verilen kaza raporu örneğinde hidrolik iksa sisteminin orta bölümü ekskavatör kolunun kazıya daha rahat girebilmesi için kaldırılmış olup, başka herhangi bir geçici destek elemanı sağlanmadığı gibi çalışanlardan birinin kazı içerisinde çalışmaya devam etmesine de izin verilmiştir. Bu ciddi bir standart ihlalidir. Ayrıca, B tipi zeminde, koruyucu bir sistem oluşturmak için iksanın en az üç bölümden oluşacak şekilde ve en fazla 2.4 metre aralıklarla yerleştirilmesine izin verildiği belirtilmiştir. Ancak, kaza raporunda yer alan bilgiye göre kullanılan iksa sistemi 2.3 metre aralıklarla üç bölüm içermekte olup bölümlerden birinin kaldırılması durumunda

geriye kalan koruyucu sisteminin bu zemin türü için minimum şartları karşılamadığı anlaşılmaktadır. Böylece kazı göçük için hazır hale gelmiş bulunmaktadır.

Kaza raporu örneği 7: (Kaza özeti numarası: 103240.015) 14 Şubat 2018 günü saat 16:45'te, bir boru hattı şirketinde çalışan bir çalışan bir hendek içinde boruları birbirine bağlıyordu. Yağmurlu hava nedeniyle zemin suya doymuş durumdaydı. Ayrıca hendek kutusu, izin verilen 61 santimetrelik boşluğu aşacak şekilde kazının alt yüzeyinden 1.5 metre yukarıya yerleştirilmişti. Hendek kazısının bir duvarı çöktü ve büyük miktarda doymuş toprak çalışanın ayağına indi. Acil servis çağırılarak çalışan hastaneye nakledildi ve ayak bileği kırıldığı için tedavi edildi.

Daha önce belirtildiği üzere OSHA standartları yalnızca iksa sistemlerinin kullanılması kadar güvenilir bir sistem oluşturulduğu takdirde kalkanlarının kullanımına müsaade edilmektedir. Kazı kalkanları, genellikle çelik bir çerçeveye kaynaklanmış çelik plakalardan oluşan taşınabilir yapıları teşkil eden diğer bir koruyucu sistem olarak belirtilmiştir. Kazı kalkanları iksadan farklıdır, çünkü kazı kenarlarını desteklemek yerine, öncelikle çalışanları göçüklerden ve benzer olaylardan korumak için tasarlanmıştır. Kazı kalkanının dış yüzü ile kazı kenarları arasındaki alan mümkün olduğunca küçük olmalı ve bu boşluk, kalkanın yanal hareketini önlemek için geri doldurulmalıdır. Ayrıca kalkanlar, sistemin dayanmak üzere tasarlandığı yükleri aşan yüklere maruz bırakılmamalıdır. Verilen kaza raporu örneğinde, yağmur nedeniyle zeminin suya doymuş olduğu bilgisi yer almaktadır ve bu durum zemin dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte OSHA standartları, destek sistemi elemanlarının tabanının 61 santimetre altından daha fazla olmayan bir seviyeye kadar kazı derinliğine izin vermektedir. Ancak bu açıklığa eğer koruyucu sistem hendeğin tüm derinliği için hesaplanan kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmışsa ve hendek açıkken destek sisteminin arkasından veya altından olası bir toprak kaymasına dair herhangi bir belirti yoksa izin verilmektedir. Kaza raporu örneğinde bu açıklık 1.5 metre olarak verilmiş olup izin verilen değerin çok üstündedir ve bu durum büyük bir standart ihlali olarak tehlike yaratarak kalkanın çalışanları göçüklerden koruması görevini yerine getirmesini engellemektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri Çalışma Bakanlığı Meslek Güvenliği ve Sağlığı İdaresinin (OSHA) açık erişime olanak sağlayan veri tabanı üzerinde seçilen anahtar kelimeler ile yapılan arşiv çalışması sonucu geoteknik uygulama alanlarında 2010-2020 yılları arasında meydana gelen iş kazalarına ait 808 adet kaza raporu incelenmiştir. Verilerin yeniden organizasyonu ile oluşturulan veri setinin istatistiksel analiz yöntemleri ile incelenmesi sonucu, sektörde meydana gelmiş olan iş kazalarının kök nedenlerini belirleyerek ve geçmiş kazalardan dersler çıkararak potansiyel kazaların önüne geçmek veya şiddetini azaltmak amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, kaza raporlarından elde edilen bilgiler değişkenlere dönüştürülmüş ve istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak kaza şiddetine etki eden faktörler tanımlanmış ve incelenmiştir. Çalışma kapsamında daha önce açıklandığı gibi, veri tabanını anlamak ve değişken kategorilerinin sıklık dağılımlarını incelemek için tek değişkenli sıklık analizi, değişkenlerin birbiri ve bağımlı değişken (kaza şiddeti) ile olan ilişkilerini istatistiksel olarak tanımlamak için ise çapraz tablolama analizi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada dikkat çeken bulgular ve bu bulguların geçmişte yapılan benzer çalışmalardaki bulgulardan farkı bu bölümde yorumlanarak tartışılmaktadır.

Kaza karakteristikleri kategorisinde çalışmanın bağımlı değişkenini oluşturan kaza şiddeti incelenmiştir. “Ölümcül” ve “ölümcül olmayan” şeklinde iki kategoriye sahip kaza şiddetinin bağımlı değişken olarak kullanılması, kazaların temel nedenleri ile birlikte kazalara neden olan güvensiz hareketlerin kaza şiddetine olan etkilerinin kıyaslanabilmesine olanak sağlamıştır. Tez çalışması bulguları, 2010-2020 yılları arasında kazı çalışmaları sırasında meydana gelmiş incelenen iş kazalarının %46.2 oranında ölümle sonuçlandığını göstermektedir. Akboğa Kale ve Eskişar (2018b) tarafından yapılan benzer konulu çalışmada, OSHA veri tabanından ayıklanan 1986-2014 yılları arasında meydana gelen kazı işleri sebepli 92 adet iş kazası raporunun analizinde, kazaların %60.9 oranında ölümle sonuçlandığı tespit edilmiştir. İncelenen kaza raporu adeti farklı olmasına rağmen bu tez çalışmasının daha fazla vakayı kapsadığı göz önüne alınarak, iki çalışmanın analiz sonuçları kıyaslandığında kazı işleri sebepli iş kazalarının ölüm oranının ilerleyen yıllarla birlikte bir miktar azalmış olabileceğini söylemek mümkündür. Gelişen teknolojiler ile birlikte ayrıca İSG alanına verilen önemin yıllar içinde artması bu düşüşün sebebi olarak tahmin edilmektedir.

Diğer yandan, elde edilen bir başka bulgu olarak güvenlik uygulamalarında eksiklik kazaya sebebiyet veren durum/hareketler kapsamında diğer kategorilere göre en sık gözlenen ve ön plana çıkan güvensiz hareket olmuştur. Buna ek olarak, ayrı bir değişken olarak incelenen güvenlik uygulaması/koruyucu sistem varlığı analizinde, ilgili bilginin yer aldığı kaza raporlarının %84.7'sinde herhangi bir güvenlik uygulamasının/koruyucu sistemin sağlanmadığı tespit edilmiştir. Meydana gelmiş 387 iş kazasında kazı göçmesini engelleyecek iksa/destek sisteminin kullanılmadığı veya eğitim verilmediği açık bir şekilde belirtilmiştir. Benzer şekilde, Stanevich and Middleton (1988) tarafından yapılan, kazı göçüklerinde meydana gelen ölümcül iş kazalarını araştırdıkları ve 1974-1981 yılları arasındaki OSHA kaza raporlarını inceledikleri çalışmada da ölümlerin büyük çoğunluğunun desteksiz, dikey duvarlı, derinliği 1.5 metre veya daha fazla olan kazılarda meydana geldiği bulgusu elde edilmiştir. Benzer konulu bu çalışmanın yıl aralığı ile mevcut tez çalışması kapsamında yürütülen analizinin yıl aralığı arasında 30 yıldan fazla fark olmasına rağmen, elde edilen bulgular sonucu kazı çalışmalarında meydana gelen ölümlerinin açıkça yetersiz iksa sistemi veya eğimin bir sonucu olarak meydana gelmeye devam ettiği görülmektedir. Bu bulgular, azalan ölüm oranına rağmen sektörde meydana gelen kazaların ciddi bir oranının tedbirsizlik ve ihmallerden kaynaklandığını ve denetim eksikliğini gözler önüne sermektedir. Bunun yanında ölüm ve yaralanmalarla sonuçlanan iş kazalarının sonucu olarak, işverenlerin işledikleri ihlaller doğrultusunda yüksek oranlarda ceza ödedikleri ve bu çalışma kapsamında incelenen kazalar için işverenlerin 2130 ihlal neticesinde toplam yaklaşık 20 milyon dolar ceza ödemek durumunda kaldığı tespit edilmiştir. Buna rağmen incelenen kazaların %23'ü yönetmeliğe uyulmaması/kasıtlı ihlal sonucu meydana gelmiştir. Bu nedenle, geçmiş kazalardan ders alınarak güvenlik uygulamalarının denetimine gösterilen özenin artması için yapılabileceklerin tartışılması gerekmektedir.

Zaman karakteristikleri kapsamında elde edilen bulgularda, 2020 yılı haricindeki son yıllarda kaza sıklığının artış gösterdiği tespit edilmiştir. 2020 yılındaki bu dramatik düşüşün sebebinin tüm dünyayı ve tüm sektörleri olumsuz etkileyen ve işlerin durmasına sebep olan COVID-19 küresel salgını olduğu tahmin edilmektedir. Öte yandan, incelenen zaman aralığı kapsamında kazaların neredeyse yarısının 2017, 2018 ve 2019 yıllarında meydana geldiği görülmektedir. Bu artışın üzerinde inşaat sektöründeki çalışmaların ve dolayısıyla geoteknik çalışmaların sürekli artış göstermesinin ve gelişen bilgi teknolojileri ile birlikte kaza raporları kaydının daha özenli tutulmasının etkisi olduğu söylenebilir. Kaza ayı değişkeninin sıklık analizi sonucu elde edilen bulgularda,

aylar arasında çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte, beklendiği şekilde yaz aylarında daha çok kazanın meydana geldiği görülmektedir. Yaz aylarında inşaat sektörü kapsamındaki çalışmalarda ve geoteknik uygulamalarında genel olarak artış gözlenmesi ve buna bağlı olarak şantiye alanında çalışan sayısının artması bu artışın sebebi olarak tahmin edilmektedir. Aynı zamanda kazı çalışmalarının ve diğer geoteknik uygulamaların açık havada, direk güneş maruziyeti ile uzun süre çalışılan işler olmasının yanında yaz aylarında artan sıcaklığın da olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir.

Proje karakteristikleri kapsamında incelenen değişkenlerin sıklık analizleri sonuçları doğrultusunda, kazaların sıklıkla son kullanımı konut (%25) olan bina inşaat alanlarında meydana geldiği bulgusu elde edilmiştir. Büyük şehirlerde artan nüfus artışı dolayısıyla konut ihtiyacının paralel şekilde artış göstermesi sebebiyle bu beklenen bir bulgudur. Benzer şekilde, proje bütçesi değişkeninin sıklık analizi sonucu, kazalarının en sık 50,000 dolardan daha az bütçeye sahip projelerde meydana geldiğinin tespit edilmesi de beklenen bir bulgu olmuştur. Benzer şekilde, Arboleda and Abraham (2004) tarafından yapılan, 1997-2001 yılları arasında OSHA'dan alınan hendek açma faaliyetleriyle ilgili 296 kaza raporunun analizini tartıştıkları çalışmadan elde edilen bulgular da, özellikle küçük müteahhit firmaların ve 250,000 doların altındaki düşük bütçeli projelerin ölüm oranlarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durumun en büyük sebebi, sınırlı bütçeli projelerin çoğunlukla küçük ve orta ölçekli müteahhit firmalar tarafından yürütülmesi ve bu şirketlerin kurumsal şirketlerle karşılaştırıldığında işçi sağlığı ve iş güvenliği önlemlerine daha az önem vermesi olarak tahmin edilmektedir. Bunun tam tersi olarak, 20 milyon dolar ve üzeri yüksek bir bütçeye sahip projelerde, beklendiği üzere, kaza sıklığının %6.6 ile en düşük sıklık olduğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasının geoteknik kapsamı açısından önem teşkil eden kazı derinliği değişkeninin sıklık analizi sonuçları incelendiğinde, kazaların sıklıkla 1.5 ila 3 metre aralığında derinliğe sahip kazılarda (%39.9) meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, en düşük kaza sıklığına sahip derinlik aralığının ise en yüksek kazı derinliği aralığını temsil eden 6.1 metre ve üzeri derinliğe sahip kazılar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre, beklenenin aksine, kaza sıklığı ile kazı derinliğinin paralel olarak artış göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun en büyük sebebinin, kazı derinliğinin artması ile birlikte standartlarda artan ve zorunlu hale gelen güvenlik uygulamaları ile ayrıca denetimlerdeki artış olduğu tahmin edilmektedir. Benzer şekilde Lew et al. (2002)

tarafından yapılan ve 1996-1997 yılları arasında kazı çalışmaları ile ilgili kazalara ait OSHA kaza raporlarının analizini içeren çalışma bulgularına göre kazaların en sık meydana geldiği derinlik 0 ila 1,5 metre aralığı olarak elde edilmiştir. Bu bulgular sığ kazılarda da kaza olasılığının mevcut olduğunu göstermektedir. Daha önce belirtildiği üzere, her ne kadar derin kazılarda ortaya çıkan risklerin sığ kazılardan çok daha fazla olduğu bilinse de kazı işlerinde en çok yapılan hatalardan biri sığ kazıların güvenli olduğu yaklaşımıdır. Dolayısıyla sığ kazılardaki güvenlik önlemlerine derin kazılardaki kadar özen gösterilmemekte ve bu durum sığ kazılarda çoğu ölümlü olmak üzere çok sayıda kazanın meydana gelmesine sebep olmaktadır. Diğer yandan, kazı derinliği değişkenin kaza şiddeti bağımlı değişkeni ile çapraz tablolama analizi sonuçları incelendiğinde, kazı derinliğinin artması ile birlikte meydana gelen kazaların yarısından fazlasının ölümlü sonuçlandığı bulgusu elde edilmiştir. Bu sebeple, derin kazılardaki vaka sıklıkları düşük olmasına rağmen şiddetlerinin oldukça yüksek olması beklenen bir bulgudur.

İncelenen kaza tipleri arasında beklendiği üzere göçükler %42.3 ile en sık karşılaşılan kaza tipi olmuştur. Daha önce de belirtildiği üzere, kazılardaki en büyük risk göçüktür ve çalışan ölümlerine neden olan kazaların çoğu göçüklerden kaynaklanmaktadır. Göçüğün aniden meydana gelmesi, çalışanların hazırlıksız yakalanmasına ve kazıdan çıkmak için yeterli zamanları olmamasına neden olmakta, dolayısıyla bu da birçok ölüme yol açmaktadır. Kaza tipi değişkenin kaza şiddeti bağımlı değişkeni ile çapraz tablolama analizi sonuçları incelendiğinde, “ölümcül kaza” kapsamında yer alan 346 vakada göçük sonucu meydana gelen ve ölümlü sonuçlanan kaza oranı %50.9 olarak tespit edilmiştir. Bu orandan ölümcül kazaların yarısının beklendiği üzere göçük nedenli olduğu bulgusu elde edilmektedir. OSHA istatistikleri de bu bulguları doğrulamakta ve kazılardaki ölüm oranının genel inşaat işlerine kıyasla %112 daha yüksek olduğunu ve kazı ölümlerinin neredeyse yarısının göçüklerden kaynaklandığını göstermektedir (OSHA, 2007). Yapılan analiz sonucu, göçüklerden sonra en sık karşılaşılan kaza tipinin düşen cisim çarpması (%15.8) olduğu ve onu yüksekten düşmelerin (%10.6) takip ettiği tespit edilmiştir.

En sık karşılaşılan bu kaza tiplerinin kök sebebine inmek amacıyla kazaya sebebiyet veren durum/hareket bağımsız değişkeni ile çapraz tablolama analizi yapılmış ve yorumlanmıştır. Yapılan çapraz tablolama analizi sonucuna göre en sık karşılaşılan kaza tipi olan göçüklerin meydana gelmesinin temel sebebi güvenlik uygulamalarında eksiklik (%46.6) ve işverenler tarafından yönetmeliğe

uyulmamış olmasıdır (%46.2). Dolayısıyla göçük kazalarının neredeyse tamamının koruma önlemlerine yeterli özenin gösterilmemesinden veya kasıtlı ihlalden kaynakladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Takip eden kaza tipi düşen cisim çarpmasının aynı analiz ile kök sebebine inildiğinde ise yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama (%56.4) bu kaza tipinin kaynağını oluşturan en önemli durumdur. Üçüncü sırada yer alan ve yüksekte düşmeleri kapsayan kaza tipinin de kaynağı güvenlik uygulamalarında eksiklik (%50.0) olarak elde edilmiştir. Bu noktada hem işverenlerin hem de çalışanların eksiklikleri söz konusudur. İşverenler toplu koruma önlemleri almak, çalışanlara gerekli eğitimleri sağlamak, standartlarda yer alan zorunlulukları yerine getirmek ve ek olarak kişisel koruyucu donanım sağlamak ile sorumlu iken çalışanlar da alınan güvenlik tedbirlerine uymakla yükümlüdür. Ancak, kazaya sebebiyet veren durum/hareket değişkeni ile yapılan çapraz tablolama analizinden elde edilen bulgulara göre hem işverenlerin hem de çalışanların konuya gerekli hassasiyeti göstermediği ve her iki tarafta da bilinç eksikliği olduğu somut bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Kazı çalışmalarında sıklıkla gözlenen bu kazaların gerekli önlemler alınarak ve iş yeri düzeninin ve güvenlik bilincinin sağlanması ile sıklıklarının azalacağı şüphesizdir.

Daha önce belirtildiği üzere, kazaya sebebiyet veren durum/hareket değişkeninin sıklık analizi sonuçlarına göre güvenlik uygulamalarında eksiklik (%33.8) diğer kategorilere göre en sık gözlenen ve ön plana çıkan güvensiz hareket olmuştur. Bu durumu ikinci sırada yanlış/eksik çalışma yöntemi veya sıralama (%25.5), üçüncü sırada yönetmeliğe uyulmaması/kasıtlı ihlal (%23.0), dördüncü sırada ise güvenliğe yönelik zayıf tutum/davranış (%7.8) takip etmektedir. Arboleda and Abraham (2004) tarafından yapılan, 1997-2001 yılları arasında OSHA'dan alınan hendek açma faaliyetleriyle ilgili 296 kaza raporunun analizini tartıştıkları çalışmada, davranışsal nedenler modeline göre tespit edilmiş olan kazaya sebebiyet veren başlıca nedenler benzer şekilde şunlardır: güvenlik ekipmanı eksikliği, güvenli olmayan yöntemlerin veya sıralamanın uygulanması ve uygun eğitim eksikliği. Bilindiği üzere inşaat sektörü, iş gücü bakımından genel olarak düşük eğitim seviyesine sahip bir sektördür. Bu nedenle yanlış çalışma yöntemlerinin ve tehlikeli hareketlerin sıklıkla gözlemlendiği kaçınılmaz bir gerçektir. İncelenen vakalar sonucu elde edilen bulgulardan, çalışanların genelde yaptıkları uygulamayı kavrayamadıkları ve yanlış veya hatalı sıralamaya sahip bir çalışma yöntemi benimsedikleri tespit edilmiştir. Bu durumun birkaç farklı sebebinin olabileceği düşünülmektedir. İşveren ya da kalifiye elemanların, çalışana işi uygun bir şekilde tarif edememesi veya çalışanların yapılan tarifi tam anlamıyla kavrayamayışı ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği bilincindeki yetersizlik

bu durumun temel sebepleri olarak tahmin edilmektedir. Gerekli durumlarda işveren tarafından çalışanlara uygun eğitimin verilmemesi de bu duruma sebep verebilmekte olup uygun eğitim eksikliği kazaya sebebiyet veren bir diğer güvensiz hareket olarak değerlendirilmiştir. Uygun eğitim eksikliği sonucu meydana gelen kazaların (%1.4) sıklığı düşük olmasına rağmen kaza şiddeti ile çapraz tablolama analizi sonuçlarına göre bu durum sonucu meydana gelen kazaların %80'i ölüm ile sonuçlanmıştır. Bu nedenle çalışanlara yapacakları işin tarifi ile birlikte ayrıca İSG ile ilgili uygun eğitimlerin verilmesinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bilgi eksikliği ve güvenlik konusunda bilinçsizlik gibi durumlar ve bu durumların sebebiyet verdiği hareketler sebebi ile meydana gelen kazaların sıklık ve şiddet bulguları göz önüne alındığında verilecek eğitimlerin periyodik aralıklarla tekrarlanması ve denetlenmesi önerilmektedir.

Yaralanma türü değişkeninin sıklık analizi sonuçlarına göre kazı çalışmalarında en sık karşılaşılan yaralanma türünün kırık (%35.6) olduğu ve ikinci sırada asfiksini (%19.2) yer aldığı tespit edilmiştir. Göçüklerin en sık karşılaşılan kaza tipi olduğu bulgusundan sonra asfiksini ilk sırada olması beklenirken, kırık türünün göçükler (%28.0), düşen cisim çarpması (%37.9) ve yüksekten düşme (%53.8) kategorilerin tamamında sıklıkla gözlemlendiği, kaza tipi ile yapılan çapraz tablolama analizi sonucu ortaya çıkmış olup kırık kategorisinin sıklığını açıklamaktadır. Kategorilerin kaza şiddeti ile olan ilişkileri incelendiğinde ise, “ölümcül kazalar” kapsamında yer alan 266 vakada, asfiksini en sık karşılaşılan tür olduğu gözlemlenmiştir. Bu yaralanma türü kapsamında yer alan 129 vakadan sadece 2'sinin ölüm ile sonuçlanmadığı tespit edilmiştir. Bu analiz ile “ölümcül” şiddetli vakaların yaklaşık yarısının asfiksi yaralanma türüne ait olduğu ve asfiksini %98.4 oranla ölümle sonuçlandığı sonucuna ulaşılmaktadır. En sık karşılaşılan yaralanma türü olan kırık için ise toplam 239 vakadan sadece 24'ünün ölümle sonuçlandığı tespit edilen diğer bir bulgu olmuştur. Bu bulgular göz önünde bulundurulduğunda, %92.1 oranında göçüklerden kaynaklanan asfiksi yaralanma türünün kazı çalışmalarında meydana gelen kazalar sonucu oluşabilecek en şiddetli yaralanma türü olduğu tespit edilmiştir. OSHA standartlarına ve ulusal mevzuata uygun çalışılması ve önerilen önlemlerin alınması durumunda kazı çalışmalarında meydana gelen göçüklerin sıklığını, şiddetini ve buna bağlı olan ölümleri azaltmak mümkündür.

Geoteknik açıdan değerlendirme kapsamında önemli bir değişken olan zemin türünün sıklık analizi sonuçlarına göre kazaların beklendiği üzere sıklıkla gevşek granüler zemin ve zayıf kohezyonlu zeminlerden oluşan C tipi zeminlerde

(%69.0) meydana geldiği bulgusu elde edilmiştir. Zemin sınıflarının arasında stabilite açısından en düşük seviyede yer alan C tipi zeminler 48 kPa veya daha düşük serbest basınç mukavemetine sahip zeminleri içermektedir. Dolayısıyla gevşek yapıları, düşük taşıma kapasiteleri ve stabilite problemleriyle karakterize edilen ve göçük riskinin yüksek olduğu bu tip zeminlerde yapılacak kazılar için standartlarda özel önlemler yer almaktadır. Daha önce açıklandığı üzere, göçükleri önlemek için standartlarda yer alan koruma yöntemleri zemin türüne göre değişiklik göstermektedir. Bu sebeple kazı çalışmasına başlanmadan önce ilk olarak kazı yapılacak yerdeki zeminin iyi analiz edilmesi ve zemin türüne karar verebilmek için en az bir görsel ve bir manuel (elle) analizin standartta belirtilen şekillerde yapılması veya diğer kabul görmüş zemin sınıflandırma sistem ve deneylerinin kullanılması gerekmektedir. İncelenen vakalar arasında, zemin türünün yanlış sınıflandırılması ve dolayısıyla uygulanan yetersiz eğim sonucunda meydana gelen kazaların varlığı, zemin tiplerinin doğru sınıflandırılmasının önemini kanıtlar niteliktedir. Elde edilen bulgular, kazı çalışmalarına başlamadan önce ilk olarak profesyonel bir kişi tarafından standartlarda belirtildiği şekilde zemin türü sınıflandırması yapılmasını, elde edilen sonuçlarda C tipi zemin ile karşılaşılması durumunda ise işverenler ve çalışanlar tarafından daha fazla önlem alınması, çalışma sürecinde daha sıkı denetimler yapılması ve uygun güvenlik ekipmanlarının kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Geoteknik açıdan değerlendirme kapsamında diğer bir önemli değişken olan zemin koşullarının sıklık analizi sonuçlarına göre kazaların sıklıkla yağmur veya su sızıntısı sebebiyle ıslanmış zeminde (%76.1) meydana geldiği bulgusu elde edilmiştir. Zeminlerin suya doyduğu durumlarda, suyun zemin içindeki boşlukları doldurması ve gerilim dağılımını etkilemesi nedeniyle zeminin taşıma kapasitesi azalttığı bilinmektedir. Elde edilen bulgu, yağmur veya su sızıntısının zemin dayanımını azaltarak kazı çalışmalarında ciddi bir risk faktörü oluşturduğunu kanıtlar niteliktedir. Daha önce kazılmış zeminlerin (%15.2), incelenen kazalardaki ikinci en yüksek sıklığa sahip zemin koşulunu temsil ettiği tespit edilmiştir. Zeminin daha önce kazılmış olması, dolayısıyla doğal çökme durumunun değiştirilmesi en önemli zemin koşullarından biri olup, değişim oranına göre zemin dayanımı da değişmekte ve dolayısıyla göçük riski artmaktadır. Elde edilen bulgular, zemin çalışmaları sırasında bu durumun göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte, daha önce kazılmış zeminlerde iş kazalarının meydana gelme olasılığı, zeminin geçmiş kazı yöntemlerine ve yapısal durumuna bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, her kazı alanı için ayrı bir değerlendirme yapmak ve risk analizi gerçekleştirmek

önemlidir. Son olarak zemin donması (%8.7), incelenen kazalarda kazaya sebebiyet veren bir başka zemin koşulu olarak tespit edilmiştir. Zemin donduğunda, zemin suyu hacimce genişlemekte ve zeminin mikro gözeneklerinde hasara neden olmaktadır ve böylece zemin çatlamakta ve dayanımını kaybetmektedir. Soğuk iklimlerde veya kış aylarında gerçekleştirilen kazı çalışmalarında risk teşkil eden bu zemin koşulu, zeminin sertleşmesine, kayganlaşmasına ve stabilitesinin azalmasına neden olmakta ve elde edilen bulgulardan da anlaşılacağı üzere iş kazalarına sebebiyet vermektedir. İşverenlerin, bu tür zemin koşullarının farkında olmaları, uygun önlemleri alarak çalışma alanını güvence altına almaları ve ayrıca çalışanlarını bu risklere karşı bilinçlendirmeleri gerekmektedir.

Çalışmanın son aşamasını oluşturan çapraz tablolama analizi sonrası elde edilen bulgulara göre kaza tipi, yaralanma türü, güvenlik uygulamasının varlığı, kazaya sebebiyet veren durum/hareket, kazazedenin esas işi ve kazı derinliği değişkenlerinin bağımlı değişken ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Zemin türü ve zemin koşulları değişkenlerinin yer aldığı zemin karakteristikleri için bu değişkenlerin yer aldığı vaka sayısının az olması sebebiyle çapraz tablolama analizinde anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Buna rağmen, tek değişkenli sıklık analizinde ve vakaların incelenmesi sonucu bu değişkenlerin oluşturduğu risk faktörleri ön plana çıkmaktadır.

Yapılan istatistiksel analiz, OSHA veri tabanının kullanılması ile ABD’de kazı çalışmaları sırasında meydana gelen vakaları kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, elde edilen bulguların Türkiye’de benzer şekilde meydana gelecek kazalara dair önlem alınması hususunda yol gösterici nitelikte olması amaçlanmaktadır. Zemin insan yapımı bir malzeme olmadığı için her geoteknik iş projesinin kendine özgü kritik koşulları olduğundan, zemin türü, zemin koşulları, hendek derinliği vb. gibi bu tez çalışmasında tartışılmış olan sahadaki koşullara göre projeye özgü önlemler dikkate alınmalıdır. Geçmiş kazalardan ders alınarak kazı çalışmalarında güvenliğin sağlanabilmesi için yapılabileceklerin tartışıldığı bu tez çalışmasının kaza sıklık ve şiddetinin azaltılması ve etkin stratejilerin geliştirilmesi konusunda rehberlik edeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abraham, D., M.**, 2003, “Development of Safer Trenching Operations”, Purdue University.
- Akboğa, Ö.**, 2014, “İnşaat İş Kazalarında Lojistik Regresyon ile Kaza Şiddetinin Modellenmesi”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Akboğa, Ö., Baradan, S., Uzun, M., ve Bayram, İ.**, 2015, “İş Kazası Bildirim Sürecinde Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, İzmir.
- Akboğa Kale, Ö., Aşıkoğlu, Ö., L., and Baradan, S.**, 2022, “Evaluation of Occupational Safety in the Operation and Maintenance Activities of Dams”, *Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers*, 33(5), 12709-12724.
- Akboğa Kale, Ö., and Eskisar, T.**, 2018(a), “Work-related injuries and fatalities in the geotechnical site works”, *Industrial Health*, 54, 394-406.
- Akboğa Kale, Ö., ve Eskişar, T.**, 2018(b), “İnşaat sektöründe kazı işleri sebepli iş kazaları”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 265-277.
- Akboğa Kale, Ö., and Eskisar, T.**, 2017, “Brief Overlook on the Occupational Accidents Occurring during the Geotechnical Site Works”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 245.
- Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği**, Resmi Gazete Tarihi: 15/02/2007, Resmi Gazete Sayısı: 26435.
- Arboleda, C., A., and Abraham, D., M.**, 2004, “Fatalities in Trenching Operations-Analysis Using Models of Accident Causation”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(2), 157-304.

- Aslan, V.**, 2017, “Derin Kazıların Sayısal Analizi için Parametrik Bir Çalışma” Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- Babbie, E. R.**, 2016, “The Basics of Social Research”, 7th Edition, Cengage Learning.
- Baradan, S.**, 2006, “Türkiye İnşaat Sektöründe İş Güvenliğinin Yeri ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 87-100.
- Berry, C., Mcneely, A., Beauregard, K., and Lewis, E.**, 2009, “A Guide to OSHA Excavations Standard”, N.C. Department of Labor.
- Boom, J.**, 1999, “Trenching is a Dangerous and Dirty Business”, *Job Safety and Health Quarterly*, 22-29.
- Brooks, S. D.**, 2016, “Trench cave-in fatalities in the U.S.”, The Utility Connection.
- Cerev, G., ve Yıldırım, S.**, 2018, “Çalışanların Kişisel Özelliklerinin İş Kazası ve Meslek Hastalıklarına Etkisi Üzerine Bir İnceleme” *Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(1), 53-72.
- Çakan, H.**, 2012, “Analysis and Modeling of Roofer and Steel Worker Fall Accidents”, Wayne State University, PhD Thesis, Detroit, Michigan, US.
- Elliott, A. C., and Woodward, W. A.**, 2007, “Statistical Analysis Quick Reference Guidebook with SPSS Examples”, 1st Edition, SAGE Publications, California.
- Engin, E.**, 2008, “Destekli Derin Kazılarda Yapılan İnklinometrik Ölçümler ile Sonlu Elemanlar Analizlerinin Karşılaştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Erginel, N., ve Toptancı, Ş.**, 2017, “İş Kazası Verilerinin Olasılık Dağılımları ile Modellenmesi”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(Özel Sayı: 22. Ulusal Ergonomi Kongresi Araştırma Makalesi), 201-212.
- Eskişar, T., and Akboğa Kale, Ö.**, 2022, “Evaluation of pile driving accidents in geotechnical engineering”, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 625-634.
- Fernández, A., Rivera, F., M., and Mora-Serrano, J.**, 2021, “Prevention of Occupational Risks in Geotechnical Drilling Works Through Virtual Reality Training”, *Safety and Security Engineering IX*.
- Fields, A.**, 2005, “Discovering Statistics Using SPSS”, 2nd Edition, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.
- Friend, M., A., and Kohn J., P.**, 2023, “Fundamentals of occupational safety and health”, 8th Edition, Rowman & Littlefield.
- Gökçe, A.**, 2020, “İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İş Güvenliği Kültürünün Önemi Üzerine Bir Odak Grup Çalışması”, *Ergonomi*, 3(2), 82-95.
- Hallowell, M., R.**, 2012, “Safety-knowledge management in American construction organizations”, *Journal of Management in Engineering*, 28(2), 203-211.
- Healey, J., F.**, 2011, “Statistics: A Tool for Social Research”, 9th Edition, Wadsworth Publishing, California.
- Hughes, D., A.**, 2009, “A Basic Guide to OSHA Excavations Standard”, Construction Education and Research Institute, Department of Civil Engineering at N.C. State University.
- IHSA (Infrastructure Health & Safety Association)**, 2021, “Trenching Safety-Introduction to Trenching Hazards”, Toronto.
- ILO (International Labour Organization)**, “ILO Research Guides/Occupational Safety and Health”, <https://libguides.ilo.org/occupational-safety-and-health-en> (Erişim Tarihi: 04/2023).

ILO (International Labour Organization), 2019, “Safety and Health at the Heart of the Future of Work-Building on 100 years of experience”, Geneva, Switzerland.

ILOSTAT (International Labour Organization Statistics), “ILOSTAT Database/Occupational Safety and Health Statistics”
<https://ilostat.ilo.org/resources/concepts-and-definitions/description-occupational-safety-and-health-statistics/> (Erişim Tarihi: 04/2023).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Kanun No: 6331, Kabul Tarihi: 20/06/2012, Resmi Gazete Tarihi: 30/06/2012, Resmi Gazete Sayısı: 28339.

Kazan, E., 2013, “Analysis of fatal and nonfatal accidents involving earthmoving equipment operators and on-foot workers” Wayne State University, PhD Thesis, Detroit, Michigan, US.

Kazı Destek Yapıları Hakkında Yönetmelik, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 18/12/2022, Resmi Gazete Sayısı: 32047.

Khan, N., Ali, A., K., Skibniewski, M., J., Lee, D., Y., and Park, C., 2019, “Excavation Safety Modeling Approach Using BIM and VPL”, *Advances in Civil Engineering*, Volume 2019, 15 pages.

Köksal, K., N., 2019, “Occupational Safety Requirements and the Effect of Education on Risk Perception in Excavation Works”, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Kurter, M., O., 2019, “Geoteknik Çalışmalarda İş Güvenliği ve Gürültünün İncelenmesi”, Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Departmanı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Lentz, T., J., Afanuh, S., and Gillen, M., 2011, “Preventing worker deaths from trench cave-ins”, The National Institute for Occupational Safety and Health, Workplace Solutions.

- Lew, J., Abraham, D., Wirahadikusumah, R., Irizarry, J., and Arboleda, C.,** 2002, “Excavation and Trenching Safety: Existing Standards and Challenges”, In ed S. Rowlinson (Ed.), International Council for Research and Innovation in Building and Construction (pp. 103-109), Hong Kong.
- Nyirenda, V., Chinniah, Y., and Agard, B.,** 2015, “Identifying key factors for an occupational health and safety risk estimation tool in small and medium-size enterprises”, IFAC-PapersOnLine, 28(3), 541-546.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration),** 2015, “Trenching and Excavation Safety”, U.S. Department of Labor.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration),** “North American Industry Classification System (NAICS)”, <https://www.osha.gov/data/naics-manual> (Erişim Tarihi: 03/2023).
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration),** 2007, “Regulatory Review of 29 CFR 1926, Subpart P: Excavations”, Directorate of Evaluation and Analysis Office of Evaluations and Audit Analysisı
- Olçay, Z., F., Sakallı, A., E., Temur, S., and Yazıcı, A.,** 2022, “A study of the shift in fatal construction work-related accidents during 2012–2019 in Turkey”, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(3), 1522-1532.
- OSHA Technical Manual (OTM),** Section V: Chapter 2, <https://www.osha.gov/otm/section-5-construction-operations/chapter-2> (Erişim Tarihi: 03/2023).
- Plog, B., A., Materna, B., Vannoy, J., and Gillen, M.,** 2006, “Strategies to prevent trenching-related injuries and deaths”, The Center to Protect Workers’ Rights.
- Sağlam, A.,** 2006, “Derin Kazılarda Görülen Stabilite Problemleri ve İlgili Çözüm Kriterlerinin Belirlenmesi”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

- Sevincek, M.**, 2020, “Yapım Projelerinde Geoteknik Risklerin Yönetilmesi ve İş Programına Etkileri”, Toros Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Sims, R., L.**, 1999, “Bivariate Data Analysis: A Practical Guide”, Nova Science Pub.
- Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu**, Kanun No: 5510, Resmi Gazete Tarihi: 16/6/2006, Resmi Gazete Sayısı: 26200, Tertip:5, Cilt:45.
- Stanevich, R., L., and Middleton, D., C.**, 1988, “An exploratory analysis of excavation cave-in fatalities”, *Professional Safety*, 33(2), 24.
- Suruda, A., Smith, G., and Baker, S., P.**, 1988, “Deaths from trench cave-in in the construction industry”, *Journal of Occupational Medicine*, 30(7), 552-555.
- Suruda, A., Whitaker, B., Bloswick, D., Philips, P., and Sesek, R.**, 2002, “Impact of the OSHA Trench and Excavation Standard on Fatal Injury in the Construction Industry”, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 44(10), 902-905.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**, 2018, Kanal Kazısı Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı**, 2022, Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler Genelgesi, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2006, Kazı İşleri Teknik Şartnamesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tabachnick, B., G., and Fidell, L., S.**, 2007, “Using Multivariate Statistics”, 5th Edition, Pearson Education, Boston, MA.
- Taş, N.**, 2015, “Altyapı Kanal Kazılarında Göçük Riski ve Koruyucu Tedbirlerin İş Güvenliği Yönünden İncelenmesi”, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik

Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.

Terzaghi, K., and Peck, R., G., 1967, “Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Tomlinson, M., J., 1987, “Pile Design and Construction”, Viewpoint Publication.

Ük, M., 2009, “Derin Kazılar ve Derin Kazılara Bir Örnek: Flame Towers Projesi İksa Sistemi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zemin Mekaniği Ve Geoteknik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Uzundurukan, S., ve Göksan, T., S., 2013, “Geoteknik Mühendisliği ve Eğitimi”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 476, 36-42.

Wang, J., Zhang, S., and Teizer, J., 2015, “Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling”, *Automation in Construction*, 49, 250-261.

WorkSafe Victoria, 2014, “A Guide to Managing Safety: Piling work and foundation engineering sites”, Industry standard, 1st Edition, Victoria, Australia.

Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 05/10/2013, Resmi Gazete Sayısı: 28786.

Yıldırım Yeşilniğdeli, S., 2016, “İnşaat Sektöründe İş Kazalarının Oluşturduğu Maliyetler”, T.C. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca desteklerini hiç esirgemeyen, her türlü yardım ve fedakarlığı sağlayan, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım güler yüzlü danışman hocalarım Doç. Dr. Tuğba ESKİŞAR TEFÇİ ve Doç. Dr. Özge AKBOĞA KALE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



ÖZGEÇMİŞ

İrem Arzum EYGÜL, ilk ve orta öğrenimini Gördes Fatih Ortaokulu'nda tamamladı. İlköğreti Okulu'nda tamamladı. Lise öğrenimini ise Akhisar Şeyh İsa Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2019 yılında Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu ve aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı.

