



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CASİ METODOLOJİSİ İLE SİSTEMATİK KAZA İNCELEMESİ:
ARITMA TESİSİ KUYU KAZASI**

Senem ASLAN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Müge Ensari ÖZAY**

İSTANBUL-2024

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CAST METODOLOJİSİ İLE SİSTEMATİK KAZA İNCELEMESİ:
ARITMA TESİSİ KUYU KAZASI**

Senem ASLAN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Müge ENSARİ ÖZAY**

İSTANBUL-2024

ÖZET

CAST METODOLOJİSİ İLE SİSTEMATİK KAZA İNCELEMESİ: ARITMA TESİSİ KUYU KAZASI

Geleneksel risk analizi yöntemleri, olay zinciri reaksiyonlarına dayanır ve bireysel başarısızlık noktalarını arar. Ancak bu yöntemler, sistem çapındaki sorunları ele almada giderek yetersiz kalmaktadır. Genellikle detaylı bir inceleme yerine, işin nasıl yürütülmesi gerektiği konusunda aşırı basitleştirilmiş bir analize odaklanırlar. Bu nedenle sosyo-teknik tehditleri de içeren olayların ayrıntılı bir analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür analizler, anlık arızaların ötesinde sistemik riskleri ve etkileşimleri anlamak için gereklidir. Dolayısıyla bu araştırmada, Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki incelenmiştir. Araştırmanın amacı, CAST metodolojisi kullanarak sistematik bir kaza incelemesi yapmak ve arıtma tesisi kuyu kazasının nedenlerini bütünsel olarak açıklamaktır. Araştırma, nitel bir analiz özelliği taşıyan nedensellik araştırmasıdır. Araştırmada incelenen kazayla ilgili mahkeme tutanakları ve bilirkişi raporları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen veriler, CAST metoduyla beş aşamada değerlendirilmiştir.

Yapılan analize göre arıtma tesisi kuyusunda meydana gelen gaz zehirlenmesi sonucunda toplam 7 kişi yaşamını yitirmiştir. Gazdan zehirlenen arkadaşlarını kurtarmak için kuyuya inen çalışanlar da yaşamını yitirmiştir. Atık su arıtma tesisindeki eksiklikler ve güvenlik açıklarından dolayı kaza meydana gelmiş ve bu durum maddi hasara da yol açmıştır. Kazada yer alan taraflar sorumluluklarını yerine getirmediği için bu elim kaza meydana gelmiştir. CAST modellemesi çerçevesinde yapılan analizde, güvenlik kontrollerindeki eksiklikler incelendiğinde, atık su arıtma tesisi için belirlenen güvenlik kontrol yapısının yetersiz olduğu ve kaza bu eksikliklerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Kazadan elde edilen bilgiler ışığında, benzer olayların önlenmesi için çeşitli öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CAST Metodolojisi, Kuyu Kazası, Sistematik Kaza.

ABSTRACT

SYSTEMATIC ACCIDENT INVESTIGATION WITH CAST METHODOLOGY: TREATMENT PLANT WELL ACCIDENT

Traditional risk analysis methods rely on chain reactions of events and look for individual points of failure. However, these methods need to be revised to address system-wide problems. They often focus on an oversimplified analysis of how the business should be run rather than a detailed review. Therefore, a detailed analysis of events including socio-technical threats, is needed. This type of analysis is necessary to understand systemic risks and interactions beyond immediate failures. Therefore, in this research, the accident that caused the death of a total of 7 people in the 11-12 m deep closed-vessel treatment facility well located within Wastewater Treatment Plant Pumping Station No. 4 was examined with the CAST model. The aim of the research is to conduct a systematic accident investigation using the CAST methodology and to holistically explain the causes of the treatment plant well accident. The research is a causality research with a qualitative analysis feature. Court minutes and expert reports regarding the accident examined in the research were examined in detail. The obtained data were evaluated in five stages with the CAST method.

According to the analysis; A total of 7 people lost their lives as a result of gas poisoning in the treatment plant well. Workers who went down the well to save their friends who were poisoned by gas also lost their lives. An accident occurred due to deficiencies and security vulnerabilities in the wastewater treatment plant, which also caused material damage. This tragic accident occurred because the parties did not fulfill their responsibilities. In the analysis carried out within the framework of CAST modelling, when the deficiencies in the safety controls were examined, it was concluded that the safety control structure determined for the wastewater treatment plant was insufficient and the accident was caused by these deficiencies. In light of the information obtained from the accident, various suggestions have been developed to prevent similar incidents.

Key Words: CAST Methodology, Well Accident, Systematic Accident.

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamda öncelikle danıőmanlıęımı üstlenen konu seçimimde ve ilerleyiőimde akademik bilgisi ile bana destek olan sayın Doç. Dr. Müge Ensari Özay hocama ve eğitim öğrenim dönemim boyunca sabırla sevgisini manevi desteğini esirgemeyen aileme ve motivasyonumu her zaman yüksek tutan ve yanımda olan güzel arkadaşlarıma çok teşekkür ederim .



BEYAN FORMU

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel nomlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğumu, tarafımdan üretildiğini ve Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.



Tarih
Senem ASLAN
İmzası

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
BEYAN FORMU	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLOLAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği	5
2.1.1. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı	6
2.1.2. İş sağlığı ve güvenliğinin önemi	7
2.1.3. Hukuki durum ve yasal mevzuat	9
2.2. Atık su Arıtma Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği.....	11
2.2.1. Atık su arıtma tesislerindeki çalışanlarla ilgili riskler.....	12
2.2.2. Atık su arıtma tesislerindeki çalışanların sorumlulukları.....	15
2.2.3. Atık su arıtma tesislerinde ve çevresinde uygulanması gereken tedbirler	15
2.3. İlgili araştırmalar	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli	22
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı	23
3.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	24
3.4. Veri Toplama Araçları	24
3.5. Verilerin Analizi	24
3.5.1. CAST Metodolojisi	24
3.5.2. CAST'ın Temel Bileşenleri.....	27
3.5.2.1. Temel bilgi toplama.....	29
3.5.2.2. Güvenlik kontrol yapısı modellemesi.....	32
3.5.2.3. Kontrol yapısı bileşenlerinin incelenmesi	32

3.5.2.4. Kontrol yapısındaki kusurların tanımlanması.....	34
3.5.2.5. Geliştirme Programı	35
4. BULGULAR.....	37
4.1. Analizi Gerçekleştirmek İçin Temel Bilgileri Toplamak	37
4.2. Tehlikeler İçin Mevcut Güvenlik Kontrol Yapısını Modellemek	43
4.3. Kaybı Önlemede Neden Etkili Olmadıklarını Belirlemek İçin Kontrol Yapısının Bileşenlerini İncelemek	46
4.4. Kayba Katkıda Bulunan Kontrol Yapısındaki Kusurları Bir Bütün Olarak (Genel Sistemik Faktörler) Belirlemek.....	55
4.5. Gelecekte Benzer Bir Kaybı Önlemek İçin Kontrol Yapısında Değişiklik Önerileri Oluşturmak.....	58
5. TARTIŞMA	63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR	72
EKLER	75
ÖZGEÇMİŞ	76

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1: Atık suların sağlık üzerindeki etkileri ve bu etkilerin neden olduğu hastalıklar	12
Tablo 2: Tesisin kuruluşundan, kazanın olduğu tarihe kadar geçen sürede gerçekleşen olaylar	38
Tablo 3: Kazaya neden olan olaylar listesi	40
Tablo 4: Tehlikelere yönlendiren kusurlar ve bu kusurların yol açtığı sonuçlar	42
Tablo 5: Fiziksel tasarım eksiklikleri.....	42
Tablo 6: Bağlamsal faktörler	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1: CAST modeli kaza nedenselliğinin bileşenleri	23
Şekil 2: CAST'ın temel bileşenleri	29
Şekil 3: Mevcut güvenlik yapısının modellenmesi	44
Şekil 4: Kontrol yapısının bileşenleri	47
Şekil 5: İşletme odaklı önlemler	59
Şekil 6: Çalışan odaklı önlemler	61
Şekil 7: Kamu Kurumları odaklı önlemler	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CAPECO	: Çoklu tank patlaması örnek çalışmasında
CAST	: Sistem Teorisine Dayalı Nedensel Analiz
H₂S	: Hidrojen Sülfür
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
KKD	: Kişisel Koruyucu Donanım
SAA	: Sistemik Kaza Analizi
STAMP	: Sistem-Teorik Kaza Modeli ve Süreçleri
STPA	: Sistem Teorik Süreç Analizi

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği, günümüzde çalışma ortamlarında önemli bir öncelik haline gelmiştir. Bu kavram, çalışanların fiziksel, psikolojik ve sosyal sağlığını koruma amacı güderken aynı zamanda iş ortamlarında potansiyel risk ve tehlikelerle başa çıkararak güvenli bir çalışma ortamı oluşturmayı hedeflemektedir. Gün geçtikçe karmaşıklaşan iş süreçleri, teknolojik gelişmeler ve değişen çalışma koşulları, iş sağlığı ve güvenliği konusunu daha da önemli hale getirmiştir. Bu bağlamda iş sağlığı ve güvenliği, sadece yasal bir zorunluluk olmanın ötesinde, etkili bir çalışma kültürü oluşturmanın ve çalışanların refahını sağlamının kilit bir unsurunu temsil etmektedir. Bu girişim, çalışanların güvenliği ve sağlığına odaklanarak, iş dünyasında sürdürülebilir ve başarılı bir geleceğin anahtarı olabilir. Bu bağlamda hukuk yönü de güçlendirilen iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli düzenlemelere gidilmiştir.

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı, Anayasa, Borçlar Kanunu, Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 4857 sayılı İş Kanunu, 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu gibi yasal düzenlemelerle koruma altına alınmıştır. Bu yasal yükümlülükler, en kapsamlı Şekilde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile bir araya getirilerek iş sağlığı ve güvenliği alanındaki yasal erveyi toplu ve kapsamlı bir Şekilde düzenlemiştir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, risk değerlendirmesinin yapılmasını ve iş güvenliği hizmetlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kanun, ulusal çapta tüm işyerlerinde sağlıklı ve güvenli işyeri oluşturma amacını taşımaktadır (Sungur, 2013). Yasa bu kadar açık olmasına rağmen çeşitli nedenlere bağlı olarak büyük kazalar yaşanmakta ve kazalardan ders alınmadığı için ağır kayıpların yařandđđı başka kazalar gerçekleşmektedir.

30 yılda çok sayıda tank patlaması yařandđđına dikkat çeken zay (2022), endüstriyel kazaların insan sağlığını tehdit ettiđđi yönünde güncel araştırma sonuçlarının da altını çizmektedir. İstatistiklere göre in'de 1/01/2014 ile 31/12/2018 tarihleri arasında evrimii olarak toplam 195 yer altı boru hattı gaz kazası rapor edildiđđi bildirilmektedir (Li, Wang, Xua, Dubljevicci Khand, 2020). Düzgün ve Leveson (2018) alışmasında da Türkiye'de yaşanan ve 21. yüzyılın en büyük maden kazasının (Soma maden kazası)

neden olduğu can kayıplarına dikkat çekilmiştir. Bu tür kazalardan ders alınmasını sağlamak, benzer kazaların tekrarını ortadan kaldırmak ve süreç bazlı riskleri azaltmak için işletmelerde kaza soruşturması kavramı önerilmiştir (Accou ve Reniers, 2019'dan akt., Özay, 2022).

Kaza Modelleri, kazaların neden meydana geldiğini açıklayabilir ve kazaların araştırılmasında ve analiz edilmesinde temel rol oynayabilmektedir. Geçmişte önerilen çeşitli kaza modellerine rastlanmaktadır. Kaza modellerinin bir türü, kaza nedenselliğini zamansal bir sırada meydana gelen ayrı olaylar zincirinin sonucu olarak gören sıralı kaza modelleridir. Heinrich'in 1940'larda önerdiği Domino teorisi (Ferry, 1988) bu sınıftaki kaza modellerine aittir. Bu teoriye göre kaza dizisinde sosyal çevre ve kalıtım, kişinin hatası, güvensiz hareket veya koşullar, kaza, yaralanma olmak üzere beş faktör bulunmaktadır. Bu beş faktör domino tarzında düzenlenmiştir ve ilk domino taşının düşmesi tüm sıranın düşmesine neden olmaktadır. Bu tür kaza modellerinin nispeten basit sistemlerde fiziksel bileşenlerin arızalarından veya insan hatalarından kaynaklanan kazalar için uygun olduğu belirtilmektedir (Qureshi, 2007). Ancak birçok kazanın birden fazla etkeni olabilmektedir. Bu nedenle, kazalara yol açan olayları bir hastalığın yayılmasına benzeten başka bir tür kaza modeli olan Epidemiyolojik Kaza modelleri önerilmiştir.

Reason bu tip kaza modelleri üzerine derin çalışmalar yapmıştır (Reason, 1990; Reason, 1997). Epidemiyolojik modeller genellikle organizasyon hatalarını sadece yönetim hataları olarak kabul etmektedir. Bu modeller genellikle doğrusal nedensellik ilişkilerine odaklanmakta ve geri bildirim gibi doğrusal olmayan ilişkileri dikkate almamaktadır. Bu nedenle organizasyonel problemler sadece basit yönetim hataları olarak değerlendirilmekte ve daha karmaşık etkileşimler göz ardı edilmektedir. Sistemler daha karmaşık hale gelmekte ve sistem bileşenleri birbirleriyle daha karmaşık şekillerde etkileşime girmektedir. Bu nedenle daha etkili modellere ihtiyaç duyulmuş ve daha sonra sistemik kaza modelleri önerilmiştir (Hollnagel, 2004).

Sistemik kaza modelleri, karmaşık etkileşimlerin neden olduğu olayları, sistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerle birlikte, sistem performansının bozulmasına veya bir kaza meydana gelmesine neden olabilecek acil durumlar olarak değerlendirir (Qureshi, 2007). Levenson tarafından ortaya atılan ve Sistem-Teorik Kaza Modeli ve Süreçleri (STAMP) olarak adlandırılan bu yeni tür sistemik kaza modeli, bu kompleks etkileşimleri

anlamak ve kazaları önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu model, karmaşık sosyo-teknik sistemlerde teknik (donanım ve yazılım dahil), insani ve organizasyonel faktörleri dikkate almaktadır (Leveson, 2011).

STAMP, Leveson tarafından geliştirilen ve CAST(Sistem Teorisine Dayalı Nedensel Analiz) olarak bilinen güçlü bir kaza analiz aracını türetmiştir. Bu çerçevede, yetersiz kontrol ve kısıtlama ihlallerinin nasıl meydana gelebileceğini analiz etmek amacıyla kullanışlı bir yapı sunar (Leveson, 2012). STAMP perspektifine dayanan CAST, kullanımıyla tek nedensel faktörleri veya değişkenleri belirlemek yerine, mevcut güvenlik kontrol yapısındaki zayıflıkları tespit eder ve sadece semptomları değil potansiyel olarak sistemik olanları da içeren tüm nedensel faktörleri ortadan kaldıracak değişiklikleri belirleme yeteneği sunar (Altabbakh ve diğerleri, 2014). Bu yaklaşım, sosyoteknik sistem tasarımının tamamını inceleyerek kazaların kökenine inmeyi ve önleyici çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Özellikle karmaşık sosyo-teknik sistemlerde kazaları analiz etmek için yeni bir nedensellik modeli olarak belirtilir (Leveson, 2012). CAST kaza analizinin nihai hedefi gelecekte kayıpların nasıl önlenebileceğini öğrenmektir. CAST her kazadan mümkün olduğunca çok şey öğrenmeyi amaçlamaktadır (Özay, 2022).

Yapılan birçok araştırmada analiz tekniği olarak CAST modelinin başarıyla kullanıldığı görülmektedir (Düzgün ve Leveson, 2018; Kim, Nazir ve Øvergård, 2016; Li ve diğ., 2020; Özay, 2022; Pereira ve diğ., 2015). Bu çalışmada, Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kaza, CAST modeli ile incelenmektedir. Bir kazanın meydana gelmesi birçok kazanın meydana gelmesine neden olabileceğinden, CAST analize dayanarak kaza yayılma süreçleri beş aşamaya (Temel Bilgi Toplama, Güvenlik Kontrol Yapısı Modellemesi, Kontrol Yapısı Bileşenlerinin İncelenmesi, Kontrol Yapısındaki Kusurların Tanımlanması ve Geliştirme Programı) göre incelenmiştir.

Bu çalışmanın teorik arka planı şu şekilde organize edilmiştir: Genel bilgiler başlığı altında önce iş sağlığı ve güvenliği kavramı olarak ele alınmış sonrasında iş sağlığı ve güvenliğinin amacı ve önemi konularına yer verilmiştir. Hukuki durum ve yasal mevzuata dair yasal zemin detaylandırıldıktan sonra çalışmaya kaza olan atık su arıtma tesisleriyle ilgili iş sağlığı ve güvenliği kapsamı hakkında alt başlıklar da oluşturularak bilgi

verilmiştir. Araştırmada gereç ve yöntem başlığı altında önce kaza analizinde kullanılan CAST Metodolojisine dair bilgi verildikten sonra araştırmanın tipi, modeli, yeri ve zamanı, evren ve örneklem, veri toplama araçları ile veri analizi hakkında bilgi verilmiştir. Araştırmanın bulgular başlığında, CAST modeline uygun olarak incelenen kaza, beş aşama dikkate alınarak analiz edilmiştir. Araştırmanın tartışma başlığında kazanın yayılma süreci tartışılmış, son başlıkta ise kaza analizi ile ulaşılan sonuçlar ve öneriler verilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği

Üretim süreçlerinde teknik ve biçimlerin evrimi, insanların işbirliğiyle gerçekleştirdikleri üretim faaliyetlerinde belirgin bir değişim ve dönüşümü yansıtmaktadır. Bu değişim ve dönüşüm, teknolojik ilerlemelerin etkisiyle giderek daha belirgin hale gelmiştir. Gelişen teknoloji ve yenilikçi yöntemler, üretim araçlarını ve iş süreçlerini sürekli olarak değiştirmekte ve iyileştirmektedir. Ancak bu teknolojik gelişmelerin yanı sıra çalışanların sağlık ve güvenliği konusundaki önemli sorunlar da ortaya çıkmıştır. Eken (2011) tarafından vurgulandığı gibi çalışanların sağlık ve güvenliği, üretimdeki bu değişim ve dönüşüm sürecinde artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. İlerleyen teknoloji ve karmaşık üretim süreçleri, çalışanların maruz kaldığı potansiyel riskleri artırmaktadır. Dolayısıyla üretim süreçlerindeki teknik ve biçimsel değişimlerin ve teknolojik gelişmelerin yanı sıra çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak için gerekli önlemlerin alınması da hayati önem taşımaktadır. Bu önlemler, işyerlerinde güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması, çalışanlara gerekli eğitimlerin sağlanması ve risklerin minimize edilmesi gibi konuları kapsamaktadır. Bu şekilde, üretim süreçlerindeki değişim ve dönüşüm, çalışanların sağlık ve güvenliğini koruyacak şekilde yönetilebilir ve denetlenebilir hale getirilebilir.

İş sağlığı ve güvenliği kavramı çalışanların sağlığı ve güvenliği ile ilgilenmektedir. Çalışma ortamlarında işlerin yapılması esnasında, bazı sebeplerden dolayı meydana gelen tehlike ve risklerden çalışanların sağlık ve güvenliğini muhafaza etmek için yapılan sistematik faaliyetler olarak ifade edilir (Gümüş, 2016). İş sağlığı ve güvenliği kavramının çalışan sağlığı ve iş güvenliği kavramından farkı ise tehlikeleri önlediği gibi riskleri de önceden görüp değerlendirerek tamamen yok etmeye veya zararlarını minimize etmeye çalışan çalışmaları da içermesidir (Özkılıç, 2005).

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanlarda çalışma bilincinin oluşturulması konusu üzerinde önemle durur. İş sağlığı ve güvenliği bir kültürdür. Bu kültürün var olabilmesi için kişinin hem yeterli hem de etkili eğitimler alması gerekir. Bu oluştuğunda, eğitimli kişiler istenilen davranışlarda bulunabilecek ve iş kazalarına maruz kalma durumu önemli şekilde azalacak, çalışanlarda kendini kontrol etme artacak ve kendilerini çalıştıkları

yerde iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerinin bir parçası olarak görecektir (Sarialtun, 2018).

2.1.1. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı

İş sağlığı; "iş hekimliği" ile tıbbi destek verilmesi, çalışanların sağlığının korunması, sağlığını kaybeden çalışanların iyileştirilmesi, iş yerinde olası kazaların önüne geçilebilmesi, tehlikeli maddelerin ve alanların tanımlanması, tehlike seviyelerinin ölçülmesi ve bunların kontrolü gibi konuların teknik yönlerini içeren çok kapsamlı bir kavramdır. İş güvenliği ise çalışanların daha rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarını yapabilmeleri için gözlemlenmesi ve kendileri için tehlike oluşturabilecek hususların ortadan kaldırılmasını içeren faaliyetler bütünüdür (Baloğlu, 2013). İş sağlığı ve güvenliğinin amaçlarını şu şekilde maddelemek mümkündür (Çakır, 2015):

- Çalışanlara en üst seviyede bir sağlık ortamı oluşturmak.
- Çalışanlara çalışma koşullarının olumsuz etkilerinden korumak.
- İş ve çalışanlar arasında mümkün olabilecek uyumu en üst düzeyde sağlamak.
- İşyerindeki zararları minimum düzeye indirmek veya riskleri tamamen ortadan kaldırmak.
- Maddi manevi anlamda oluşabilecek her türlü zararı ortadan kaldırmak.
- Çalışma verimini en üst düzeye çıkarmak.

Çalışanlar için güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturmak, meslek hastalıklarına ve iş kazalarına uğramalarını önlemek için alınması gereken önlemler dizisidir. İş sağlığı ve güvenliğinin günümüz çalışma hayatındaki önemi yadsınamaz. Bu yönde yapılan çalışmaların ve alınan tedbirlerinin öncelikli amacı çalışanın sağlığını ve güvenliğini korumaktır (Özel, 2004). Çalışma hayatında ürün ve hizmet üreten çalışanların asıl amacının kendi yaşamlarını sürdürmek olduğu gerçeğinden hareketle iş güvenliğinin sağlanması üretimi artıracak ve toplum sağlığını koruyacaktır. "Hızla gelişen bilim ve teknoloji ve aynı hızla gelişen kalkınma süreci ve sanayileşme kuşkusuz toplumlara ve ülke ekonomilerine birçok faydalar sağlamıştır. Ancak insanın çalışma yaşamı ve güvenliği için aynı başarıyı gösterdiğini söylemek güçtür." (Yiğit, 2012).

Teknolojik gelişmeler insan hayatını kolaylaştırmakla birlikte, iş kazaları ve meslek hastalıkları gibi olumsuz durumların artmasına da neden olmaktadır. Bu olumsuz yönleri

toplumların sağlık açısından zayıflamasına ve üretimin azalmasına neden olmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği yönünden alınacak tedbirler, çalışanlar için teknolojinin olumsuz yönlerinin ortadan kaldırılması açısından önemli bir basamaktır. Çünkü ekonomi teknolojinin hızlı gelişiminden etkilenmektedir (Özel, 2004). Bu nedenle teknolojinin iş kazalarının önlenmesinde sunabileceği faydaları anlamak ve uygulamak önemli olacaktır. Gelişmişlik yönünden ortaya çıkacak bazı faydaların yanı sıra yaşanabilecek olumsuzluklar konusunda bireyler bilgilendirilmeli ve bunun sonucunda üretimde yaşanabilecek azalmalar engellenebilmelidir. Bu bağlamda işyerinde sağlık ve güvenliğin amaçları hem ekonomik hem de kişisel açıdan ele alınabilmektedir (Baloğlu, 2013).

Ekonomik yönden amaçlar ise öncelikli olarak işyerinde iş güvenliğine yönelik tedbirleri zamanında almaktır. Bu, çalışanın olduğu kadar işverenin de yararına bir durumdur. Öyle ki meslek hastalıkları ve iş kazaları nedeniyle ortaya çıkan iş kayıpları ve tazminat bedelleri ile işverenlere yüklenen maliyetler, işyerinde zamanında alınmış olan sağlık ve güvenlik tedbirlerinin maliyetinden çok daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle bu tedbirlerin alınması öncelikle işyeri yararına ekonomik bir gereklilik olarak görülmektedir (Eyrenci ve diğ., 2005). Kişisel amaçlar yönünden bakıldığında ise iş sağlığı ve güvenliği noktasında alınan tedbirlerde öncelikli amaç çalışanın yaşamını ve sağlığını güvence altına alınmasıdır. Çalışanların risksiz bir çalışma ortamında çalışmaları sağlıklı olmalarını, maddi ve manevi olarak büyümelerini sağlamaktadır. Güvenli ve sağlıklı bir ortamda çalışmak aynı zamanda çalışanların mutluluğunu ve huzurunu artıracadığından çalışanlardan alınan verim de daha yüksek olacaktır (Eyrenci, Taşkent ve Ulucan, 2005).

2.1.2. İş sağlığı ve güvenliğinin önemi

Endüstri devrimi sonrasında ilk kez iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ortaya çıkmıştır. Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin gerçekleşmesi ile birlikte yeni düzenlemeler yapılmış işletmelerde bir arada çalışan bütün bireyleri kapsar biçimde yaklaşımları gerçekleştirmek için önemli çalışmalar başlatılmıştır.

İş sağlığı ve güvenliğinin uygulanması sırasında yapılan atılım ve alınan tedbirler çalışanlar bakımından sadece maddi anlamda değil bunun yanında manevi yönden de büyük önem taşımaktadır. Çalışanlar bakımından büyük önem arz eden iş sağlığı ve güvenliğinde, işverenin sorumlulukları arasında çalışanların sağlık ve güvenliğinin

korunması için bütün tedbirlerin alınması önceliklidir. Bu yükümlülük ile birlikte işverenin sosyal sorumluluğunu gerçekleştirmesi de çalışanların verimliliğinin artış göstermesinde önemli bir noktadır (Tatlıcan, 2019).

İş sağlığı ve güvenliği; işyerlerindeki bütün faaliyetleri gerçekleştiren kişilerin sahip oldukları en temel hak olan yaşama haklarının muhafaza edilmesi maksadıyla iş ortamında iş güvenliğinin sağlanması, meslek hastalıkları ve iş kazalarına engel olunması için olası tüm risk ve tehlikeler için tedbirlerin alınması ve bu konuda gerekli olan tüm koşulların yeterli düzeyde yerine getirilmesini amaçlayan bilim dalı olmaktadır (Özel, 2004).

İş sağlığı ve güvenliği için gereken ehemmiyetin verilmesi meslek hastalıkları ve iş kazalarının azalmasını sağlamaktadır. Günümüzde bu durum taraflarca kabul görmüş olan ve gerçekleştirilen tüm araştırmalarda da ortaya konan önemli bir bulgudur. Buna bağlı olarak işyerinde faaliyet yapan tüm çalışanın sağlık durumlarının işe başladıklarında ve işi tamamladıklarında aynı kalması esas hedef olması gerekmektedir (Gül, 2019).

İş yaşamında, işverenler ve çalışanlar arasında ekonomik ilişkiler bulunmaktadır. Bu ilişkiler, üretim miktarı ve niteliği, ücretler gibi konuları kapsar. İş sağlığı ve güvenliği, işletmelerin güvenliğinin sağlanması ve çalışanın ruhsal ve bedensel sağlığının korunması için gereklidir. Bu faaliyetler, sosyal bir ilişki içerisinde bir arada bulunur. Devlet tarafından belirlenen kurallar çerçevesinde, işverenler ve çalışan, güvenlik ve sağlık önlemlerini almakla yükümlüdür. Bu ilkelere kesinlikle uyulması gerekmektedir. Bu, taraflar için zorunlu bir sorumluluktur ve çalışma yönetmeliğinde geniş bir yer kaplar. Bu durum, işverenler ve çalışanlar arasındaki ilişkinin hem ekonomik hem de sosyal boyutlarını vurgular. İş sağlığı ve güvenliği, işyerindeki herkes için önemlidir ve bu nedenle bu konuda alınan önlemler, işverenler ve çalışanlar için zorunlu bir görev haline gelmiştir. Bu, işyerindeki herkesin sağlığını ve güvenliğini korumak için gereklidir (Tatlıcan, 2019).

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanları ve işverenleri kapsayan ve toplumun her kesimini ilgilendiren kritik bir konudur. Ayrıca mali açıdan toplum ve tüm paydaşlar için büyük önem taşır. Mevcut sorunların çözümü için devlet, işverenler, çalışanlar, sivil toplum örgütleri, meslek odaları, üniversiteler ve tüm paydaşların katılımı gerekmektedir. Ulusal düzeyde etkili bir iş sağlığı ve güvenliği politikasının oluşturulması, tüm paydaşların

kabul ettiği ve uyguladığı bir politika olmalıdır. Bu süreçte uzlaşma ve işbirliği önemlidir (Özaslan, 2011).

2.1.3. Hukuki durum ve yasal mevzuat

İSG, tarihsel süreçte köklü bir dönüşüm geçirmiş ve bu süreçte farkındalık düzeyi önemli ölçüde yükselmiştir. Daha önce bilinmeyen veya dile getirilmeyen pek çok meslek hastalığı ve iş kazası, artık literatürde yerini almış durumdadır. Bu konuda birçok kuruluş küresel, yerel ve bölgesel düzeyde önemli çalışmalar yürütmektedir (Göymen, 2021). Bu faaliyetlerle birlikte, durumun bireysel değil toplumsal bir mesele olduğu ve gerekli önlemleri almak için hukuki koşulların belirlenmesi gerektiği anlaşılmıştır. Çalışanların sağlık ve güvenlik haklarına yönelik politikalar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin yasaları tarafından desteklenmekte olup bu durum iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yayılmasına öncülük etmiştir (Sungur, 2020). İSG'nin sadece iş kazaları ve meslek hastalıklarıyla sınırlı olmadığını anlamak önemlidir. Bu alana geniş bir perspektif getirmek için genel sağlık durumu, çevresel faktörler, sosyal güvenlik ve kadın-çocuk sağlığı gibi konular da dahil edilmelidir (Akı, 2015).

Ülkemizde, iş sağlığı ve güvenliği alanının temelini, Anayasa, “6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”, “Umumi Hıfzıssıhha Kanunu”, “Borçlar Kanunu”, “5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu”, “4857 sayılı İş Kanunu” gibi yasalar oluşturmaktadır (Anayasa Mahkemesi, 2019). Bu yasalar, çalışanların sağlık ve güvenlik haklarını koruma altına alır ve işverenlere belirli yükümlülükler getirmektedir (Terzioğlu ve Aksungur, 2019). Bu yasaların yanı sıra işyerlerinde İSG kültürünün geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması da önemlidir.

İSG kültürü, işyerlerinde sağlık ve güvenlik uygulamalarına yönelik birey ve grupların değer, tutum, yetkinlik ve davranış modellerini içermektedir. Bu kültürün oluşturulması ve sürdürülmesi, işyerlerinde daha güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Sungur, 2013). Bu nedenle iş güvenliği kültürünün geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, iş sağlığı ve güvenliği politikalarının önemli bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

“6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”, daha önceki kanunlarda yer alan ancak dağınık durumda olan iş güvenliği odaklı yasaları bir araya getirerek, bu alanda bir

bütünlük oluşturmuştur (Akı, 2014). İşyerlerinde risk değerlendirmesinin yapılması ve iş güvenliği hizmetlerinin uygulanmasını zorunlu kılan bu kanun, tüm işyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmayı hedefleyen ulusal düzeyde bir girişimdir (Adem, 2022). Bu kanun, iş yerlerinde mevcut olan olası tehlikelerin ve risklerin tanımlanmasını, bu tehlikelere karşı uygulanan kontrol önlemlerinin yeterliliğinin değerlendirilmesini ve gerekli düzeltici tedbirlerin alınmasını ve kontrollerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. İş yerlerindeki güvenlik standartlarını artırmak için getirilen bu kanun, çalışanların sağlığını ve güvenliğini koruma hedefi taşımaktadır. Ayrıca bu düzenleme ile işyerlerindeki potansiyel tehlikelerin belirlenmesi sürecinin şeffaf bir şekilde yürütülmesi, çalışanların güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak adına önemli bir adımdır. Bu kanun çerçevesinde, iş yerlerindeki riskleri minimize etmek amacıyla alınan tedbirlerin etkinliği düzenli aralıklarla değerlendirilmekte ve gerekli durumlarda güncellenmektedir (Çırpan, 2016).

Risk değerlendirmesi, işyerlerindeki potansiyel tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi, bu risklere karşı alınan önlemlerin etkinliğinin değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin belirlenmesi sürecini içermektedir (Adem, 2022). İş güvenliği hizmetleri ise işyerlerinde iş güvenliği standartlarının uygulanmasını ve sürdürülmesini sağlar (Karacan ve Erdogan, 2011). Bu hizmetler, işyerlerinde güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının oluşturulmasına ve sürdürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, “6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”nun uygulanması, işyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulmasına ve sürdürülmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

İSG alanındaki düzenlemeleri detaylandıran “6331 sayılı Kanun”, Türkiye'deki bütün işyerlerini, işverenleri ve çalışanları kapsayarak iş güvenliği standartlarını belirlemiştir (Sungur, 2013). Bu kanun, kamu ve özel sektörde çalışan tüm bireyleri çalışan olarak tanımlayarak geniş bir kapsamı içermektedir (Adem, 2022).

“Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”, iş güvenliği açısından önemli olan risk değerlendirmesi sürecinin detaylarını düzenler. Bu yönetmelik “6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”na tabi olan bütün işyerlerini içermektedir. Yönetmelik, risk değerlendirmesinde kullanılan kavramları tanımlamakta, işverenin yükümlülüklerini belirlemekte ve risk değerlendirme ekibinin oluşturulma sürecini ve sınırlarını çizmektedir (Bayraktaroğlu, Aras ve Atay, 2018).

Risk değerlendirmesi s¼reci daha ayrıntılı bir Şekilde incelendiğinde, işverenin çalışma ortamını sağlık ve g¼venlik y¼n¼nden uygun hale getirmek, çalışanların sağlık ve g¼venlięini sağlamak, olumlu koşulları s¼rd¼rmek ve geliştirmek amacıyla risk değerlendirmesi yapmak veya yaptırmakla y¼k¼ml¼ olduğu g¼r¼lmektedir. Bu zorunluluk, 31 Ocak 2013 tarihinde başlamış olup 6331 sayılı Kanun kapsamındaki t¼m işyerlerinde geçerlidir (Demir, 2020). Çeşitli kaynaklardan alınan bu bilgiler, iş sağlığı ve g¼venlięi konularındaki yasal d¼zenlemelerin işyerlerinde uygulanması ve çalışanların g¼venlięinin sağlanması adına ¼nemli bir temel oluşturmaktadır. Bu çerçevede, mevcut yasal d¼zenlemelerin işverenler ve çalışanlar ¼zerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir Şekilde anlamak, İSG k¼lt¼r¼n¼n geliştirilmesi ve s¼rd¼r¼lmesi y¼n¼nden son derece ¼nemlidir.

2.2. Atık su Arıtma Tesislerinde İŞ Sağlığı ve G¼venlięi

İSG konusunda yapılan araştırmalar genellikle inşaat ve madencilik sekt¼rlerine odaklanmıŐtır. Bu sekt¼rlerde çalışanların maruz kaldığı riskler ve bu risklerin y¼netilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Ancak evre m¼hendislięi alanında bu konuda yapılan çalışmalar daha azdır (G¼ymen, 2021). Bu durum evre m¼hendislięi alanının iş sağlığı ve g¼venlięi konusunda daha az riskli olduğu anlamına gelmemektedir. Aksine bu alanda çalışanların maruz kaldığı risklerin tam olarak anlaŐılmadıęı ve bu nedenle de bu risklerin y¼netilmesi konusunda yeterli çalışma yapılmadığı anlamına da gelebilmektedir (¼zkars ve Yıldız, 2013).

¼zkars (2010) yaptığı çalışmada, beş farklı atık su arıtma tesisinin İSG açısından incelemiŐtir. Sivas'ta Atık Su Arıtma Tesisi ¼zerine yapılan çalışma, laboratuvar testleri, kaynak araŐtırmaları ve saha çalışmalarını içermiŐtir. Çalışmada iş g¼venlięi açısından potansiyel iş kazaları değerlendirilmiştir. Tesis genelinde İSG riskleri belirlenmiŐ ve en b¼y¼k risklerin ekipman bakım ve tamiri ile teknik arızalar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hijyenik olmayan çalışma koşullarının da ¼nemli bir risk olduğu belirtilmiştir.

G¼n¼m¼zde atık su arıtma tesislerinin sayısı hızla artmaktadır. Bu tesisler İSG açısından çok sayıda riskli durumu bir arada barındırdığından meslek hastalıklarının ve iş kazalarını ¼nleyebilmek için çeşitli ¼nlemlerin alınması gerekmektedir. Bu ¼nlemler d¼zenli olarak g¼zden geçirilmeli ve uygulanmalıdır. İSG uygulamalarının, iş kazalarını ve meslek hastalıklarının azaltacağı ve işyerindeki verimliliği artıracaağı bilinmelidir

(Türkmen, 2019). Atık suların sağlık üzerindeki etkileri ve bu etkilerin neden olduğu hastalıklar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Atık suların sağlık üzerindeki etkileri ve bu etkilerin neden olduğu hastalıklar

	Ajan (Hastalık Etmeni)	Neden olduğu Hastalık
Bakteriler	Salmonella typhimunim	Salmonella
	Salmonella typhosa	Tifoid Ateş (Tifo)
	Salmonella paratyphi	Paratifoid (Tifo)
	Shimella spp(Sirella türleri)	Basilli Dizanteri
	Vibrio Cholera (Vibrio kolera)	Kolera
	Mycobacterium Tuberculosis (Mikrobakteri Tüberkülozu)	Tüberküloz
	Campilobacter jejuni	İshal
	Parojenik Escherichiaco	İshal
	Legionella Pneumophia	Lejyoner Hastalığı - Lejyonelloz
Virüsler	Poliovirus –Çocuk Felci Virüsü	Çocuk Felci
	Hepatit A virüsü	Hepatit
	Rotavirus	İshal / Gastroenterit
	Adenovirus	Solunum Hastalığı
	Norwalk ajanı	Gastroenterit
	Coxsarkle B	Menejit
Protozoa (Tek Hücreliler)	Cyclospora cayetanensis	Bağırsak hastalığı
	Entamobahisrolrica	Amipli Dizanteri
	Ordialamblia	İshal

Kaynak: Göymen, 2010

2.2.1. Atık su arıtma tesislerindeki çalışanlarla ilgili riskler

İSG açısından gerekli tedbirlerinin alınması ve uygulanması gereken tesislerden biri de atık su arıtma tesisleridir. Çalışanların yaşamlarının korunması, iş kazalarının oluşma risklerini en aza indirme, meslek hastalıklarına maruz kalma risklerini azaltma ve tesiste olası maddi ve manevi zararları en aza indirme amacıyla yapılan tüm faaliyetler, tesisin İSG açısından büyük katkılar sağlar. Meslek hastalıklarını ve iş kazalarını önlemek hem

maddi yönden hem de sağlık açısından daha verimli bir yol olacaktır. Bu nedenle İSG uygulamaları, atık su arıtma tesislerindeki çalışanların güvenliği ve tesisin genel işleyişi için hayati öneme sahiptir (Yılmaz, 2021).

Atık su arıtma tesislerinde İSG uygulamalarının önemi, bu tesislerin sayısının hızla artması ve bu tesislerde çalışanların maruz kaldığı risklerin çeşitliliği ile daha da belirgin hale gelmektedir. Bu tesislerde çalışanların maruz kaldığı riskler arasında kimyasal maddelere maruz kalma, ağır ekipman kullanma, yüksek gürültü seviyeleri ve hijyenik olmayan çalışma koşulları bulunmaktadır (Özkars, 2010). Bu risklerin yönetilmesi ve azaltılması, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek için hayati önem taşır. Bu nedenle atık su arıtma tesislerinde düzenli olarak İSG uygulamalarının gözden geçirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu uygulamalar, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önleme, çalışanların güvenliğini sağlama ve tesisin genel işleyişini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Yılmaz, 2021). Bu uygulamaların etkin bir şekilde uygulanması, tesisin genel verimliliğini artırmakta ve çalışanların güvenliğini sağlayabilmektedir.

Atık su arıtma tesislerinde çalışanların karşılaşılabileceği riskler ve yapılması gerekenler aşağıdaki gibidir (Göymen, 2021):

- Sıvı klor, solunum ve göz tahrişine neden olabilir. Baş ağrısı, öksürük ve zehirlenme belirtileri görülebilir. Bu yüzden, sıvı klor taşınırken dikkatli olunmalı, ciltle teması engellenmeli ve güneş ışığından korunmalıdır.
- Atık su arıtma tesislerinde, tesislere giren atık suların içindeki kimyasal maddeler (H_2O_2 , $R-COOH$, HCl , $NaClO$ vb.) ve diğer maddelerin reaksiyona girmesi neticesinde tesislerde insan sağlığına zarar veren zehirli gazlar oluşabilmektedir. Zehirli ve yanıcı bir gaz olan hidrojen sülfürün (H_2S) havada %4,5 – 45,5 oranında olması çeşitli patlamalara neden olabilmektedir. H_2S , çürük yumurta kokusuna sahiptir ve konsantrasyonu arttıkça koku reseptörlerinin hassasiyeti kaybolmaktadır. Havadan hafif bir gaz olan metan (CH_4) ise kokusuz, renksiz, boğucu ve yanıcı bir gazdır. CH_4 , kapalı yerlerde tavan yakınlarında biriktiğinden atık su arıtma tesislerine girerken solunum maskesi takılmalı ve ateşle girilmemelidir.
- Atık su arıtma tesislerinde elektrik ekipmanları güvenli olmalı ve başka bir risk oluşturmamalıdır. Kanalizasyon, fosseptik ve terfi merkezleri gibi hidrojen sülfür ve metan gibi boğucu ve zehirli gazların yoğun olabileceği

yerler olduğundan, buralara girilirken ateşleme kaynaklarının kontrol altında tutulması önemlidir. Açık alevli lambaların kullanımı engellenmeli, elektrik enerjisi kesilmeli, emniyet lambaları ve ex-proof türündeki lambalar kullanılmalıdır. Makinelerin bulunduğu odalarda nem kesinlikle kabul edilemez, gerekli önlemler alınmalıdır.

- Atık su arıtma tesisinde eldivensiz bir şekilde yüzeylere temas edilmemelidir. Atık suların çevreye sıçramamasına özen gösterilmeli, olası sıçrama durumlarında hızlı bir şekilde temizlik yapılmalı ve kum ile tüm sıçrama bölgeleri kapatılmalıdır.
- Çocukların atık su arıtma tesislerine girişi kesinlikle engellenmelidir. Çalışma alanlarında yemek yenmesi kabul edilemez bir durumdur. Bu nedenle yemek yenebilecek alanın idari binada ayrılması gerekmektedir.
- Atık su arıtma tesisleri 24 saat faaliyet gösterdiğinden, gün ışığının yeterli olmadığı durumlarda ve gece çalışmalarında aydınlatılması gereklidir. Sistem çalışırken onarım ve bakım işlemleri yapılmamalıdır. Bakım ve onarım işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için sistemin durdurulması ve yangın, patlama ve elektrik tehlikesinin bulunmaması gereklidir. İşlerini tamamladıktan sonra kontrolleri yapan çalışanın mutlaka duş alması sağlanmalıdır.
- Biyolojik arıtma işlemi sonrasında oluşan aktif çamurlar, insanlar ve çevre için çeşitli riskler oluşturmaktadır. Organik bileşenlerin varlığı, mikroorganizmaların büyümesini teşvik eder. Bu mikroorganizmaların çeşitli hastalıklara neden olma potansiyeli olduğundan, çamurların düzenli olarak depolama sahalarına taşınması gereklidir.
- Atık su arıtma tesislerindeki çamur kurutma bölümünde çalışanlar tozla karşı karşıya kalmaktadır. Çamur kurutma makineleri ve kurutulmuş çamurun çimento fabrikasına taşınması ve yüklenmesi gibi etkenler, tesis içinde toz oluşumuna neden olmaktadır. Bu tozlar, solunum sistemiyle ilişkili bir dizi hastalığa neden olabilir. Özellikle kronik solunum sistemi hastaları bu durumdan etkilenirken, tozlar ayrıca kansere ve deri ve mukoza zarlarında tahrişe neden olabilmektedir.
- Atık su arıtma tesislerinde, çamurun susuzlaştırılması sürecinde, flok oluşumunu sağlamak için katyonik polielektrolit kimyasallar kullanılır. Bu

kimyasallarla çalışan çalışanlar, dumanın solunması sonucunda solunum sistemi tahrişine, deri temasında yanıklara ve sürekli maruz kalma durumunda sindirim sistemi rahatsızlıklarına maruz kalabilirler (Bünger vd., 2007).

- Atık su arıtma tesislerinde, çamur susuzlaştırma birimlerinde kullanılan katyonik polielektrolitlerin taşınması, bakım esnasında yanlış vücut pozisyonlarıyla ağır yüklerin kaldırılması veya ekipmanların yanlış kullanılması sonucunda kas-iskelet sistemi hastalıklarına yol açabilir. Yük taşıma işlemlerinde mekanik araçların kullanılması gerekmektedir. Ergonomik risk faktörleri arasında ağır yüklerin kaldırılması ve ekipmanların yanlış kullanılması sonucu ortaya çıkan kas-iskelet sistemi bozuklukları bulunmaktadır (Güner, 2017).

2.2.2. Atık su arıtma tesislerindeki çalışanların sorumlulukları

Atık su arıtma tesisinde çalışanlar, tesisin sürekli çalışır durumda olması nedeniyle büyük bir zaman dilimini işle ilgili görevlerle geçirir. Elektrik şalterleri, vanalar, pompalar ve çeşitli makineler düzenli bir şekilde temizlenmeli ve bakımları yapılmalıdır. Ayrıca numune alımları periyodik olarak gerçekleştirilmeli, kontroller düzenli bir şekilde yapılmalı ve kayıtlar tutulmalıdır (Göymen, 2021).

Filtreler ve ızgaralar, sürekli olarak temiz tutulmalı ve kullanıma hazır hale getirilmelidir. Denetim için gelen yetkililere bilgi sağlamak, işletmede çalışanların önemli görevlerinden biridir. Bu görevleri gerçekleştirirken, İSG açısından gerekli tüm önlemler alınmalıdır (Adıgüzel, 2019). Gaz zehirlenmeleri ve patlamaların önlenmesi için sürekli ölçümler yapılmalıdır. Bu, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca atık su arıtma tesislerinde yangın ve patlama risklerine karşı, kesinlikle sigara içilmesine ve ateş yakılmasına izin verilmemelidir (Güner, 2017).

2.2.3. Atık su arıtma tesislerinde ve çevresinde uygulanması gereken tedbirler

İdari yapıların çatıları, çalışanları rüzgar, yağmur ve kar gibi hava koşullarından korumak üzere tasarlanmalıdır. Bu durum, çalışanın iş performansını artırmak ve sağlıklarını korumak için önemlidir. Zeminlerde herhangi bir çukur veya delik olmamalıdır. Bu gereklilik, düşme ve yaralanma riskini azaltır. Merdivenli alanlarda,

kayma önleyici bantlar ve korkuluklar gibi önlemler alınmalıdır. Bu önlemler, merdivenlerin güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlar ve kazaları önler. Tehlikeli ve zararlı sıvıların bulunduğu zemin seviyesindeki kutu ve kapların bulunduğu alanlarda, uygun korkuluklar kullanılarak güvenlik sağlanmalıdır. Bu uygulama, kimyasal sızıntıların ve dökülmelerin olası etkilerini azaltmaktadır (Göymen, 2021). Ayrıca yüksek geçitlerdeki merdivenler ve çalışanların alanları, korkuluklarla korunarak riskler minimize edilmelidir. Bu tedbir, yüksekte düşme riskini azaltır ve çalışanların güvenliğini sağlar. Makinelerin üzerine çıkılması gereken durumlarda, bu alanlar korkuluklarla korunmalıdır. Bu koruma, makinelerle ilgili kazaları önlemektedir (Tozlupe, 2019). Tüm bu koruyucu önlemlerin dayanıklılığı düzenli olarak denetlenmeli ve bakımları yapılmalıdır. Bu denetimler, koruma önlemlerinin etkinliğini ve güvenilirliğini sağlamaktadır.

Güvenlik önlemlerinin yanı sıra aydınlatma sistemi de düzgün bir şekilde kurulmalıdır. Bu uygulama, görüş kalitesini artırır ve iş kazalarını önlemektedir. Atık su arıtma tesislerinde, etkin bir havalandırma sistemi kurularak iş güvenliği artırılmalıdır. Bu sistem, hava kalitesini iyileştirmekte ve çalışanların sağlığını korumaktadır (Emrem, 2018). Ayrıca gürültü seviyelerini ölçerek, çalışanlara gürültüye karşı koruyucu ekipman sağlanmalı ve gürültü kaynaklarına karşı etkili önlemler alınmalıdır. Bu önlemler, iş yerindeki gürültü seviyelerini kontrol altına alır ve işitme kaybını önlemektedir (Güler, 2017).

Gürültü ile ilgili risklerden korunmaya dair yönetmelik , maruz kalma eylem değerlerini ve maruz kalma sınır değerlerini aşağıdaki gibi belirtmiştir (Göymen, 2021):

- En yüksek maruz kalma eylem değeri $LEX,8h = 85dB(A)$
- En düşük maruz kalma eylem değeri $LEX,8h = 80dB(A)$
- Maruz kalma sınır değerleri: $(LEX, 8saat) = 87 dB(A)$
- Yeterli ölçümle belirlenen haftalık gürültü maruziyet düzeyi, $87 dB(A)$ maruziyet sınır değerini aşmamalıdır.

İşyerlerindeki gürültü seviyesi yukarıdaki değerler çerçevesinde kontrol edilmeli ve gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Bu değerler çalışanların kulak sağlığı açısından son derece önemlidir.

Tesisin etkin bir şekilde işleyebilmesi için düzenli olarak bakımı yapılmalı, genel düzeni sağlanmalı ve temizlik standartlarına uyulmalıdır. Atık su arıtma tesisinde biriken atıklar, çevresel etkilere ve tesis içinde görev yapan çalışana olası zararları en aza indirmek adına özenle bertaraf edilmelidir. Bu süreçte çevre dostu bertaraf yöntemleri tercih edilerek, çevre ve çalışan sağlığına yönelik potansiyel riskler en iyi şekilde yönetilmelidir (Güner, 2017). Ayrıca atıkların kontrol altında tutulması ve doğru bir şekilde bertaraf edilmesi için belirlenen prosedürlerin düzenli olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi önemlidir.

2.3. İlgili araştırmalar

Düzgün ve Leveson (2018), sosyoteknik sistemlerdeki kazaların analizi için sistem güvenlik yapısının anlaşılmasının gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Bu makale, 2014 yılında yer altı kömür madeninde çıkan yangın sonucu meydana gelen ve 301 kişinin ölümüne neden olan Soma Madeni Faciası üzerine odaklanmaktadır. STAMP temelli CAST analizi, Soma maden faciasının karmaşık doğası göz önüne alındığında, çeşitli faktörlerin çok sayıda can kaybına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu faktörler arasında, yapılandırılmamış organizasyonel ve insan performansı, güvenlik kültüründeki eksiklik, yanlış karar verme ve risk algısı gibi sosyoteknik unsurların bulunduğu belirtilmektedir. Analiz, her hiyerarşik seviyede yetersiz sistem kontrol kısıtlarını tanımlar ve bu alanlarda iyileştirmeler önerir. CAST analizi, yüksek derecede belirsizlik içeren durumlar için de sağlam bir yöntem olarak gösterilmektedir. Bu analizler aynı zamanda kaza kontrol hiyerarşisinin farklı seviyelerinde önleme ve hafifletme tedbirlerinin tasarımını da göstermektedir.

Li ve diğerleri (2020), tipik kazaların derinlemesine ve kapsamlı bir analizinin, güvenlikle ilgili kararların alınmasında önemli olduğunu belirtmektedir. Sistem Teorisi Kaza Modeli ve Süreçleri, Sistem Teorisine Dayalı Nedensel Analiz (CAST) olarak bilinen güçlü bir kaza analiz aracını türettiği ifade edilerek bu modelin en yaygın kullanılan modellerden biri olduğu belirtilmektedir. Bu çalışma, Tayvan'daki bir yer altı boru hattı gaz patlamasının CAST analizi yöntemine göre incelenmesini içermektedir. Yapılan analizle kontrol eksikliklerinin ve ihlal edilen güvenlik kısıtlamalarının sistematik olarak belirlenmesi, bu trajedinin arkasındaki kararların derin mantığını anlamak amaçlanmıştır. Her hiyerarşik seviye için belirlenen kontrol kusurlarına

dayanarak, genel sistem güvenlik yapısında gerekli değişikliklerin yapılması önerilir. CAST modelinin sürekli iyileştirmeler için uygun olduğu ve bu sayede Tayvan'da boru hattı gaz taşımacılığında sağlam bir güvenlik sisteminin kurulmasına katkı sağlayabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir.

Özay'ın (2022) belirttiği üzere, kimya ve petrol işleme endüstrilerinde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar, nadir olmasına rağmen önemli mali kayıplara, ölümlere ve çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu tür kazaların analizi için geleneksel yöntemlerin doğrusal sistemler için etkili olduğu ancak sistem teorisi temel alınan bir kaza analizi yönteminin daha etkili olabileceği belirtilmektedir. Bu çalışma, Karayip petrol tankı terminali patlamasını CAST yöntemini temel alan Nedensel Analiz kullanarak incelemektedir. Araştırmanın temel amacı, kaza nedenlerini geleneksel yöntemlerin dışında sistem teorisi temelinde bir risk değerlendirmesi ile incelemektir. Araştırmacı bu kazayı, son 50 yılın en büyük tank kazalarından biri olması nedeniyle seçtiğini belirtmektedir. Gelecekteki kazaların önlenmesi için geçmiş kazaların yeni yöntemlerle analiz edilmesinin önemine vurgu yapılmaktadır. Bu çalışmada, CAPECO kazalarına ilişkin veri ve belgeler, CAST metodolojisi çerçevesinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda CAST analizinin kazayla ilgili doğrudan ve dolaylı nedensel faktörleri ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre yönetim standardizasyonunun ve operasyonel sistemlerin eksikliği, kazanın başlıca doğrudan nedenleri olarak gösterilmiştir. Diğer ana nedenler arasında, bağımsız bir otomatik taşma önleme sisteminin bulunmaması, en kötü senaryoya ilişkin değerlendirmelerin eksikliği, güvenilmez kritik ekipmanlar ve terminal alanına yayılan büyük bir taşan buhar bulutunun tespit edilememesinin yer aldığı sonuçları da araştırma ile ortaya çıkan sonuçlar arasındadır. Çalışma ile CAST metodolojisinin bir sistemin farklı hiyerarşik seviyelerindeki birçok nedensel faktörü ortaya çıkarabildiğine dair kanıtlara ulaşılmıştır.

Underwood ve Waterson'un (2013) çalışması, kaza analizinde sistem yaklaşımının baskın bir kavram olduğunu vurgular. Kazaları kontrolsüz sistem etkileşimleri sonucu olarak görmenin çeşitli sistemik kaza analizi (SAA) modellerinin teorik temelini ve yöntemlerini oluşturduğu belirtilir. Araştırmacılara göre SAA'nın önerilen faydalarına rağmen literatürdeki kanıtlar, bu tekniklerin pratikte yeterince kullanılmadığını ve araştırma-uygulama boşluğunun hala mevcut olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar çalışmanın amacını, araştırma ve uygulamadan kaynaklanan sorunları belirlemek olarak

ifade etmişlerdir. On ülkeden seçilen 42 güvenlik uzmanıyla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerde, demiryolu, havacılık ve denizcilik gibi çeşitli endüstriler ele alınmıştır. Çalışma, sistemik yöntemlerin uygulayıcı ihtiyaçlarını karşılamaya odaklanmak ve SAA araştırmasının iletişimini geliştirmek için araştırma-uygulama boşluğunun kapatılması ve çabaların artırılması gerektiğini önermektedir.

Leveson'un (2011) eseri, güvenliğe yönelik yeni bir yaklaşımın temel önermesinin, geleneksel nedensellik modellerinin günümüz mühendislik sistemlerini kapsayacak şekilde genişletilmesi gerektiği olduğunu belirtir. Yazar en yaygın kaza nedensellik modellerinin kazaların bileşen arızasından kaynaklandığını ve sistem bileşenlerinin yüksek düzeyde güvenilir hale getirilmesinin veya arızalarına yönelik planlamanın kazaları önleyeceğini ileri sürmektedir. Ancak bu varsayımın günümüz karmaşık sosyoteknik sistemleri için geçerli olmadığı da yazar tarafından belirtilmektedir. Bu nedenle daha etkili mühendislik yaklaşımlarının temelini oluşturmak için genişletilmiş bir kaza nedensellik modeline ihtiyaç duyulduğunu açıklar. Kaza analizinde yeni bir yaklaşımın ele alındığı kitap üç bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde, geleneksel kaza modellerinin sınırlamaları, yeni modelin hedefleri ve yeni modelin sistem teorisindeki temel fikirlerle neden yeni bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğu açıklanmaktadır. İkinci bölümde, yeni genişletilmiş nedensellik modeli sunulmaktadır. Son bölümde ise yeni modelin kaza araştırması, tehlike analizi, güvenlik tasarımı, operasyonlar ve yönetim gibi alanlarda nasıl kullanılabileceği gösterilmektedir.

Leveson (2019), bu el kitabıyla adım adım takip edilebilecek bir tarif sunmanın değil, kazaların nedenlerini derinlemesine düşünme konusunda uzmanlara yollar sağlamanın amaçlandığını belirtilmektedir. En iyi sonuçların bu şekilde elde edilmediğini vurgulayarak, geniş ve derin düşünmeyi teşvik edebilecek araçlara ihtiyaç olduğunu ifade etmektedir. Bu araçlarla olaylardan daha fazla öğrenmenin mümkün olduğuna inanmaktadır. Kazaların yüzeysel olarak araştırılmasının ve sadece gösterilen çabadan pek bir şey öğrenmemenin mümkün olduğunu belirtilmektedir. Bu durumun aynı kazaların tekrarlanmasına ve her seferinde benzer yüzeysel analizlerle izlenmesine neden olduğunu belirtmektedir. Bunun yerine amacın, kayıpların önemli ölçüde azaltılması ve gelecekte daha az soruşturmaya ihtiyaç duyulması için her kazadan yeterince ders çıkarmak olduğunu eserinde detaylı bir biçimde açıklamaktadır.

Trávníček, Junga, Kotek ve Vítěz'in (2022) makalesi, belediye atık su arıtma tesislerinin proses güvenliği konusundaki az bilinen bir konuyu ele almaktadır. Yazarlar, 232 kaza hakkında bir veri tabanı oluşturmuş ve bu kazaları kategorilere ayırmışlardır. Ardından, bu kategoriler için kaza sayısının analizini içeren temel istatistikleri uygulamışlardır. Kazaların insan hayatı, çevre ve mal üzerindeki potansiyel etkilerine vurgu yapılmıştır. Makalenin önemli bir kısmı, kazaların nedenlerini açıklamakla ilgili olup aynı zamanda ilgili kazaların nasıl önlenebileceğine işaret etmektedir. Makalede, tehlikeli kimyasalların depolanması ve taşınmasına özel bir önem verildiği belirtilmiştir. Veri tabanındaki bilgilerin analizi, atık su arıtma tesislerinde meydana gelen kazaların çoğunlukla çevreye zarar verdiğini göstermektedir; bu durum, vakaların %58'inde meydana gelmiştir ve en yaygın neden, cihaz veya yapısal arızalar olarak belirtilmiştir. Ayrıca atık su arıtma tesislerindeki kazaların önemli bir kısmının sağanak yağmur, sel gibi aşırı hava koşullarından kaynaklandığı ve tüm kazaların %13'üne tekabül ettiği ifade edilmiştir. Aşırı hava koşullarının daha sık yaşanması nedeniyle bu tür kazaların sayısının artacağı öngörüldüğü belirtilmiştir. Bu duruma hazırlıklı olmak için atık su arıtma tesisi işletmecilerinin önlemler almasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Göymen (2021) tarafından belirtilen, sanayileşme ve üretimdeki artışın iş sağlığı ve güvenliği kavramının önemini artırdığı ve çevreye verilen önemin atık su arıtma tesislerinin sayısını hızla artırdığı konusundaki görüşler, iş kazaları ve meslek hastalıklarının sıkça yaşandığı bir ortam olan bu tesislerde alınması gereken önlemleri vurgulamaktadır. Çalışanların koruyucu aşıları olmaları, kişisel koruyucu donanım malzemelerini kullanmaları, uygun uyarıcı levhaların bulunduğu çalışma alanlarına sahip olmaları ve düzenli olarak iş güvenliği ve ilk yardım eğitimlerini almaları, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını azaltma potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir. İdarecilerin de iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgilendirilmelerinin önemli olduğunun altı çizilmiştir.

Özkars ve Yıldız (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışma, günümüzde çevreye verilen önemin artmasıyla atık su arıtma tesislerinin sayısının hızla arttığına dikkat çekmektedir. Atık su arıtma tesislerinin, fiziksel yapıları ve çalışma ortamları nedeniyle gerekli önlemlerin alınmaması durumunda ciddi iş kazalarına ve çalışanların çeşitli hastalıklara yakalanma riskine sahip olduğu vurgulanmaktadır. Türkiye'deki 24 atık su arıtma tesisi çalışanlarına yönelik gerçekleştirilen ankette, toplam 234 kişinin cevapları

değerlendirilmiş ve iş sağlığı ve güvenliği açısından tesisler genel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, İSG kapsamında çalışanların koruyucu aşılarını olmaları, koruyucu malzemeleri kullanma alışkanlıklarını kazanmaları, gerekli uyarıcı levhaların bulunması, ilkyardım ve İSG eğitimlerinin verilmesi ve tatbikatların yapılmasının önemine vurgu yapılmaktadır. Genel olarak, bu önemli maddelere uyulduğu ancak koruyucu malzeme kullanımında özellikle kask ve eldivenin çalışanlar tarafından kullanılmaktan kaçınılan malzemeler olduğu belirtilmektedir. Araştırmada eldiven kullanımının çalışan sağlığı açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır. Tesis çalışanlarının çoğunluğunun koruyucu aşılarını yaptırdığı ancak zaman zaman meydana gelen iş kazalarında bazı kalıcı hasarlar görüldüğü belirtilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği konusunda tesis çalışanları ve idarecilerin bilinçlendirilmesi ve düzenli takiplerin yapılmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli

Bu araştırmanın amacı, Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kazanın incelenmesidir. Kaza anında kuyuda gaz zehirlenmesi nedeniyle ölen bir çalışandan haber alınamayınca onu kurtarmaya art arda gelen diğer 6 çalışan sırası ile gaz zehirlenmesi nedeni ile aynı akıbete uğruyorlar metan gazının yoğunluğu artıkça son ölen kişi daha kuyuya inmeden kuyu girişinde baygın olarak kurtarılıp hastanede yaşamını yitirmiştir. Meydana gelen söz konusu kazanın CAST metodolojisi çerçevesinde analizinin, kaza analizinde sistemler düşüncesi yaklaşımının anlaşılmasına literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu analiz, aynı zamanda inşaat sektöründe gelecek kazaların önlenmesi için bir vaka çalışması olarak kullanılabilir. Bu nedenle, söz konusu kaza ile ilgili çeşitli veri ve belge CAST metodolojisiyle ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda araştırma bir nitel analiz olup, nedensellik araştırması olarak sınıflandırılabilmektedir.

CAST modeli kaza nedenselliğini incelemek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Beş temel aşamadan oluşmaktadır (Leveson, 2018):

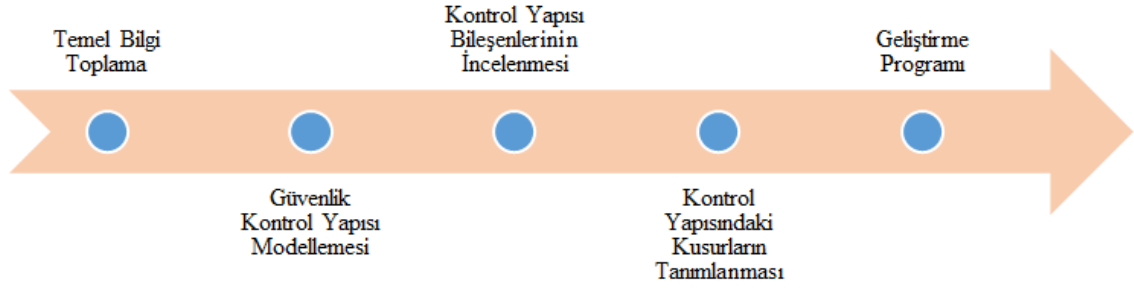
Temel Bilgi Toplama: Bu aşamada kaza ile ilgili tüm bilgiler toplanır, ancak yorum veya suçlama yapılmaz. Kazanın neden gerçekleştiğini açıklamak için sorular oluşturulur. Kayıp ve tehlikeli durum tanımlanır. Tehlikeye yol açan arızalar, güvensiz etkileşimler, eksik veya yetersiz fiziksel kontroller analiz edilir.

Güvenlik Kontrol Yapısı Modellemesi: Bu aşamada, kazanın meydana geldiği sıradaki güvenlik kontrol yapısı modellenir. Sistemin çeşitli katmanları ve bileşenleri arasındaki ilişkiler tanımlanır.

Kontrol Yapısı Bileşenlerinin İncelenmesi: Bu aşamada, kontrol yapısı bileşenleri (prosedürler, kurallar, vb.) kayıp önleme için neden yeterli olmadığı analiz edilir. Zayıf noktalar ve eksiklikler tespit edilir.

Kontrol Yapısındaki Kusurların Tanımlanması: Bu aşamada, tespit edilen eksiklikler genel sistemik faktörler olarak tanımlanır. Kazaya neden olan sistemdeki temel kusurlar ortaya çıkarılır.

Geliştirme Programı: Bu aşamada, benzer kazaların gelecekte tekrarını önlemek için öneriler geliştirilir. Öneriler sistemik kusurları, kontrol yapısındaki eksiklikleri ve genel güvenlik iyileştirmelerini içerebilir.



Şekil 1: CAST modeli kaza nedenselliğinin bileşenleri

Bu doğrultuda yazılı sözlü kaynaklar ve örnekler ile yapılan çalışmalar incelenmiş ve eksiklikler belirlenmiştir. Bu sayede hedef konu ve ilerleyiş planı oluşturulup sistematik kaza analizi ve yöntemleri yaklaşım ve metotları belirlenip A şirketi Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusundaki kaza incelenmiştir. Olay örgüsü ilerleyişi kaza raporu, bilirkişi raporları gibi kaynaklardan elde edilmiştir. Yapılmak istenilen sistematik kaza analizi için dünyada ve Türkiye’de meydana gelen büyük kazalar ve kayıplar ve kaza sonrasındaki eylem planları incelenerek kaynak oluşturulmuş, özellikle Tayvan’da meydana gelen en büyük petrol felaketlerinden biri olan yer altı boru hattı gaz patlamasında yapılan CAST analizi örnek alınmıştır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma, A şirketi Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kazayı incelemektedir. Muğla Büyükşehir Belediyesi tesisin yapımının ardından A işletmesine atık su tesisini devretmiştir. Kazanın olduğu tarihten (17.06.2013) sonra adı geçen Muğla Büyükşehir Belediyesinin adı, Muğla Büyükşehir Belediyesi olarak değişmiştir.

3.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırma kapsamında herhangi bir anket yapılmayacaktır. Araştırma kapsamında A şirketi Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kazası ile ilgili kaynaklar incelenmiştir.

3.4. Veri Toplama Araçları

Araştırmada kullanılan veri toplama araçları konuyla ilgili yapılmış yayınlar, araştırma raporları, mahkeme tutanakları ve görüşmeler şeklindedir.

3.5. Verilerin Analizi

Verilerin analizi için CAST modeli kullanılmıştır. Elde edilen veriler CAST modeline uygun şekilde beş aşamada değerlendirilmiştir.

3.5.1. CAST Metodolojisi

Geleneksel güvenlik anlayışı, birçok araştırmacı tarafından eleştirilen ve güvenliği genellikle güvenilirlikle karıştıran bir perspektife sahiptir. Bu anlayış, kazaların araştırılmasında operatör hatalarını kritik öneme sahip faaliyetler olarak ele almaktadır (Rathnayaka, Khan & Amyotte, 2011; Kim, Nazir & Øvergård, 2016). Güvenlik analizi için sistem teorisi temelinde, karmaşık sosyo-teknik sistemlerin içindeki bileşenlerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğinin dikkate alınması gerektiğini vurgular (Salmon, Cornelissen & Trotter, 2012). Bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla STAMP adı verilen yeni bir kaza nedensellik modeli geliştirilmiştir, bu model sistemlere ve kontrol teorisine dayanmaktadır (Leveson, 2012).

Sistem teorisinin kökeni otuzlu ve kırklı yıllara dayanmaktadır ve giderek karmaşıklığı artan sistemlerle başa çıkma ihtiyacına yönelik olarak klasik analiz tekniklerinin sınırlamalarına bir alternatif sunmaktadır (Checkland, 1981). Geleneksel bilimsel yöntemde bazen “böl ve yönet” olarak adlandırılan yaklaşımda, sistemler, parçalarının ayrı ayrı incelenebilmesi amacıyla farklı bileşenlere bölünür: fiziksel yönler fiziksel bileşenlere ayrılırken, davranışlar zaman içinde olaylara bölünür. Bu tür bir

analitik indirgeme, her bileşenin veya alt sistemin bağımsız olarak çalıştığı ve bu bileşenlerin ayrı ayrı ele alındığında analiz sonuçlarının bozulmadığı varsayımını içerir. Diğer temel varsayım ise bileşenlerin bir araya getirilmesini yöneten ilkelerin basit olduğudur; yani alt sistemler arasındaki etkileşimlerin, alt sistemlerin davranışlarından bağımsız olarak düşünülebilecek kadar basit olduğu düşünülür. Bu varsayımlar, birçok fiziksel sistem için geçerli olabilir, ancak şu anda mühendislik çalışmalarının yapıldığı karmaşık, yazılım yoğunluğu yüksek sistemler için ve aynı şekilde sosyal sistemler için geçerli olmadığı belirtilmektedir (Leveson, 2009; Checkland, 1981).

Sistem yaklaşımı, zaman içindeki olayları ayırmak yerine, bir bütün olarak ele alınan sistemlere odaklanmaktadır. Sosyal ve teknik yönleri içeren tüm boyutları göz önüne alarak belirli sistem özelliklerinin sadece kendi bütünlükleri içinde etkili bir şekilde ele alınabileceğini önermektedir (Ramo, 1973). Bu sistem özellikleri, sistem parçaları arasındaki ilişkilerden kaynaklanmaktadır: parçaların nasıl etkileşime girdiği ve birbirleriyle nasıl uyum sağladığını ortaya koymaktadır (Ackoff, 1971). Bu nedenle sistem yaklaşımının bileşenlerden veya parçalardan ziyade bütünün analizi ve tasarımına odaklandığı ve ortaya çıkan sistem özelliklerini anlamak için bir araç niteliği taşıdığı ifade edilmektedir (Leveson, 2009).

STAMP modelinde, güvenlik kısıtlamalarını uygulayan sosyo-teknik sistemlerin fiziksel, sosyal ve organizasyonel bileşenleri, seviyeler arasında etkileşim sağlayan kontrol döngülerine sahip hiyerarşik yapılar olan güvenlik kontrol yapıları tarafından temsil edilmektedir (Leveson, 2012). Her seviye, bir üstündeki seviyenin faaliyetlerine kısıtlamalar getirmekte ve daha yüksek seviye tarafından uygulanan kısıtlamaların ne kadar etkili bir şekilde uygulandığına dair geri bildirim ölçümleri sunmaktadır (Leveson, 2011). Dolayısıyla kazaların başarısızlık olayları zincirinden ziyade, yetersiz kontrol veya kontrol yapılarının her seviyesinde güvenlikle ilgili davranışlar üzerindeki kısıtlamaların ihlalden kaynaklandığına dair gözlem sonuçları ifade edilmektedir. (Leveson, 2012).

STAMP'ta kazalara fiziksel sistemler, insanlar ve sosyal sistemler arasındaki karmaşık etkileşimlerin neden olduğu üzerinde durulmaktadır. Güvenlik, arıza önleme probleminden ziyade dinamik bir kontrol problemi olarak ele alınır. STAMP modelinden hiçbir neden çıkarılmaz (olay zinciri modelleri bir alt kümedir), ancak daha fazlası dahil edilir ve vurgu, arızaları önlemekten sistem davranışı üzerinde kısıtlamalar uygulamaya

kadar değiştiği ifade edilmekte ve STAMP kullanmanın bazı avantajları sıralanmaktadır (Levenson, 2019):

- Çok karmaşık sistemlere uygulanır çünkü aşağıdan yukarıya değil, yüksek düzeyde soyutlamayla yukarıdan aşağıya çalışır.
- Yazılımları, insanları, organizasyonları, güvenlik kültürünü vb. kazalara ve diğer kayıp türlerine neden olan faktörler olarak farklı veya ayrı ele almaya gerek kalmadan içerir.

STAMP, Leveson tarafından geliştirilen ve CAST olarak bilinen gcl bir kaza analiz aracını türetmiştir. Bu ereve, yetersiz kontrol ve kısıtlama ihlalinin nasıl meydana gelebileceğini analiz etmek amacıyla kullanışlı bir yapı sunmaktadır (Leveson, 2012). STAMP perspektifine dayanan CAST kullanımı tek nedensel faktörlerin veya değişkenlerin tanımlanmasına yol açmaz. Bunun yerine, mevcut güvenlik kontrol yapısındaki zayıflıkları tespit etmek ve sadece semptomları değil, potansiyel olarak sistemik olanlar da dahil olmak üzere tüm nedensel faktörleri ortadan kaldıracak değişiklikleri belirlemek için sosyoteknik sistem tasarımı tamamlanmasını inceleme yeteneği sağlar (Altabbakh ve diğer., 2014). Ayrıca CAST'ın uygulanması, bir kaza veya olay incelemesinde toplanan bilgilerin alternatif bir şekilde yorumlanmasını gerektirmekte ve güvenlik kontrol yapısını oluşturmak ve analiz etmek zaman alıcı veya zorluğa neden olabilmektedir (Leveson, 2011).

CAST'ın hedeflerinden biri, sorumluluğu başkalarına atfetmek yerine olayın neden gerçekleştiğine odaklanmak ve gelecekte benzer kayıpları nleme odaklı bir perspektife geçmektir. Bu hedefe ulaşmak için geriye dönük önyargıları en aza indirmek ve olayın meydana geldiği anki bilgileri dikkate alarak neden insanların belirli şekillerde davrandığını anlamının önemi vurgulanmaktadır (Leveson, 2012).

Leveson'un (2019) belirttiği gibi kazalardan ve olaylardan öğrenmeyi en st düzeye çıkaran bir kaza analizi tekniği olan CAST'ın aşağıdaki hedeflere odaklanması gerekmektedir:

- Tüm nedenleri içermek ve sadece birkaç sözde “kök” veya “olası” nedene odaklanmamak suretiyle öğrenmeyi optimize etmek.
- Geriye dönük önyargıyı azaltmak.
- Bir sistemin insan davranışına odaklanan bir bakış açısı benimsemek.

- Kaybın neden meydana geldiğine dair suçlamadan arınmış bir açıklama yapmak; “Kim” yerine “neden” ve “nasıl” düşünmek.
- Belirli türdeki kayıpları önlemek için oluşturulan kontrollerin mevcut durumda neden etkili olmadığını ve gelecekte benzer kayıpları önlemek için güvenlik kontrol yapısının nasıl güçlendirileceğini vurgulayan kapsamlı bir kaza nedensellik modeli kullanmak.

CAST’ın, bu hedefler göz önünde bulundurularak oluşturulduğu ve onlarca yıldır karmaşık kazaların araştırılmasıyla elde edilen deneyimlerden yararlanılarak geliştirildiği ve iyileştirildiği ifade edilmektedir (Leveson, 2018).

3.5.2. CAST’ın Temel Bileşenleri

Leveson'a (1995) göre bir bileşen belirtilen gereksinimlerini karşılamadığında, sistemde bir arıza meydana gelir. Diğer bir deyişle bir arıza, belirli çevresel koşullar altında, bir bileşenin belirli bir süre boyunca amaçlanan işlevini yerine getirememesi veya gerçekleştirememesi durumunu ifade eder. Bir bileşenin davranışı, kapsayıcı sistem açısından istenmediğinde sistemde bir tasarım hatası gelişebileceği; ancak bileşenin arızalanmadığı ifade edilir. Bu durum, sistemin tasarımcıları ve yapıcıları tarafından amaçlandığı şekilde çalıştığı anlamına gelmektedir (Leveson, 2018).

Farklı bir sistemde, aynı bileşen davranışının olumsuz etkileri olmayabilir, ancak her iki durumda da bileşen aynı şekilde davranmış ve dolayısıyla bir durumda başarısızlık elde edilirken; diğerinde başarısız bir durum gelişmemişse bileşenin tasarlandığı ve amaçlandığı şekilde çalıştırıldığı anlaşılmaktadır. Sorun bir bütün olarak sistem tasarımında, diğer bir ifadeyle bileşenler arasındaki etkileşimde ortaya çıkmaktadır (Leveson, 2018). Bir sistem tasarım hatası, herhangi bir bileşen arızası olmaksızın bir kazaya yol açabilir.

Leveson’a (1995) göre bir bileşenin belirli davranışsal gereksinimlerini belirli koşullar altında ve zaman içinde karşılaması, yani arızalanmaması olasılığı, güvenilirlik olarak adlandırılır. Her fiziksel bileşenin (ve çoğu insanın) belirli koşullar altında veya yeterince uzun bir süre içinde “kırılması” sağlanabilir. Zaman ve çalışma koşullarındaki sınırlamalar, varsayılan çalışma koşulları altındaki güvenilmezlikle hiçbir bileşen veya

bileşen tasarımının çalışmaya devam edemeyeceği durumlar arasında ayırım yapmak için gereklidir (Leveson, 2018).

Güvenlik, kazaların meydana gelmemesi olarak tanımlanabilir; kaza ise planlanmamış ve kabul edilemez bir kayıp içeren olay olarak tanımlanır (Leveson, 1995). Güvenlik, güvenilirliğin aksine, bir bileşen özelliği değil, bir sistem özelliği olarak ifade edilmektedir (Leveson, 2009). Örneğin, bir nükleer santralin kabul edilebilir derecede güvenli olup olmadığını belirlemek, santraldeki tek bir valfin incelenmesiyle mümkün olmamaktadır. Benzer şekilde bir hastanede klinik bakım ünitesinin güvenliğinin değerlendirilmesi de bir cerrahi işlemin tek bir adımının incelenmesiyle sınırlı olmaması gerektiği belirtilir (Leveson, 2018).

Sistem teorisinde, karmaşık sistemler, bir hiyerarşi içinde modellenir ve her biri bir öncekinden daha karmaşık olan organizasyonel düzeylerden oluşmaktadır (Ramo, 1973). Bu seviyeler, indirgenemez nitelikte olan ve altındaki seviyedeki bileşenlerin serbestlik derecesine ilişkin kısıtlamaları temsil eden özelliklerle karakterize edilir. Ramo'ya (1973) göre güvenlik, acil bir özelliktir ve güvensiz sistem davranışı, sistem bileşenlerinin davranışı üzerindeki güvenlik kısıtlamaları açısından tanımlanır. Daha sonra güvenlik, sistem düşüncesi ve sistem teorisi kullanılarak bir başarısızlık ve güvenilirlik sorunu olarak değil bir kontrol sorunu (güvenlik kısıtlamalarını zorlayan) olarak ele alınmaktadır. Hiyerarşinin her seviyesi arasında bir geri bildirim kontrol döngüsü, güvenlik kısıtlamalarının etkili bir şekilde uygulanmasını sağlamak amacıyla faaliyet göstermektedir (Leveson, 2018).

Kazaları analiz etmek ve bunlardan ders çıkarmak, bileşen arızası ve güvenilirliğine odaklanmanın ötesine geçmeyi gerektirmektedir. Yüksek bileşen güvenilirliği sistem güvenliği için ne gerekli ne de yeterli olarak görülmektedir. Güvenlik, bileşen düzeyinde değil; yalnızca sistem düzeyinde var olan acil bir özellik olarak belirtilmektedir. Güvenliği sağlamak için yukarıdan aşağıya analiz ve kontrol gerekliliği belirtilir (Leveson, 2011). Bu gerekliliğe yanıt niteliğinde geliştirilen CAST metodolojisi, fiziksel, sosyal ve organizasyonel bileşenleriyle birlikte tüm sistemin dikkate alındığı kaza analizine sistem mühendisliği perspektifinde yaklaşmaktadır (Li ve diğerleri, 2020).

CAST metodolojisi kullanılırken bileşenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Leveson (2019) tarafından oluşturulan bileşenler, kaza analizinin

yapılması, kaybın neden oluştuğuna dair kapsamlı bir açıklama oluşturmak ve ilgili kayıpların önlenmesine yönelik tavsiyelerin formüle edilmesine yardımcı olmak amacıyla soruşturma sırasında hangi soruların yanıtlanması gerektiğini ve hangi bilgilerin toplanması gerektiğini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu bileşenler özet halinde şekil olarak gösterilmiştir



Şekil 2: CAST'ın temel bileşenleri

Her adım, daha fazla şey öğrenildikçe daha sonra cevaplanacak soruların üretilmesini içermektedir. Sorular, araştırmacıların kaybın neden oluştuğunu derinlemesine açıklamak için daha nelerin öğrenilmesi gerektiğini belirlemelerine yardımcı olacaktır. Soruşturma sonunda amaç, soruların tamamını cevaplayabilmek veya cevaplanamaz olduklarını tespit etmektir. Sorulara verilecek cevaplar olayların “nedenlerini” ortaya çıkaracaktır (Leveson, 2018).

3.5.2.1. Temel bilgi toplama

CAST metodoloji uygulanırken ilk basamak olan temel bilgilerin birleştirilmesi başmağında Leveson (2019) analizi gerçekleştirmek için temel bilgileri toplamak aşamasında uyulması gerekenleri sıralamaktadır:

- i. İlgili sistemi ve analizin sınırlarını tanımlama; İlgili sistemi ve analizin sınırlarını tanımlama ilk adım olarak uygulanmaktadır. Bu adımda olanlarla ilgili temel bilgileri toplamak ve analizin hedeflerini belirlemek amaçlanmaktadır.
- ii. Kazaya yol açan kaybı ve tehlikeli durumu açıklama; ilk önce meydana gelen sistem tehlikesi ve ihlal edilen güvenlik kısıtlaması tanımlanır. Görünüşte basit ve açık olmasına rağmen tehlikeler ve güvenlik kısıtlamaları, bu tehlikeyi önlemek ve kısıtlamaları uygulamak için emniyet kontrol yapısında yer alan kontrollerin belirlenmesinde önemlidir. Tüm kısıtlamalardan ve kontrollerden başlamak çok verimsizdir.
- iii. Tehlikeden, tehlikeyi önlemek için gereken sistem düzeyindeki güvenlik kısıtlamalarını (sistem güvenlik gereksinimleri ve kısıtlamaları) belirleme; ilgili sistemin sınırlarını belirleyerek başlanmaktadır. Daha sonra kayba yol açan tehlikeler ve sistemin tasarımında ve işleyişinde karşılanması gereken kısıtlamalar belirlenmektedir. Bu kısıtlamalar sistem ve güvenlikle ilgili kısıtlamaları içermektedir.

Başlangıç düzeyinde sistem tehlikesi; halkın veya çalışanların toksik kimyasallara maruz kalması şeklinde gerçekleşebilir.

Başlangıç düzeyinde güvenlik kısıtlamaları;

- İşçiler ve halk, potansiyel olarak zararlı kimyasallara maruz bırakılmamalıdır.
- Meydana gelmesi durumunda maruziyeti azaltacak önlemler alınmalıdır.
- Tesisin içinde veya dışında maruz kalan kişileri tedavi etmek için araçlar mevcut, etkili olmalı ve kullanılmalıdır.

Sonraki aşamada sistem tehlikesi; patlama (kontROLSÜZ enerji salınımı) ve/veya yangın ile ilgili olabilir.

Sonraki aşamada güvenlik kısıtlamaları;

- Kimyasallar her zaman pozitif kontrol altında olmalıdır, yani kontrolden çıkan reaksiyonlar önlenmelidir.

- Fabrikadaki çalışanları korumak ve dışarıdaki toplumun zararlarını en aza indirmek için uyarılar ve diğer önlemler mevcut olmalıdır.
 - Tesisin içindeki veya dışındaki patlamalara veya yangınlara müdahale etmek için gerekli araçlar mevcut, etkili olmalı ve kullanılmalıdır.
- iv. Ne olduğunu (olayları) sonuç çıkarmadan ve suçlamadan anlatma. Olayların neden meydana geldiğini açıklamak için cevaplanması gereken sorular oluşturulması; Bu noktada istenirse olaylar tasvir edilebilir. Bir kayıbın araştırılmasında olay zincirinin sınırlı kullanılabilirliği göz önüne alındığında, bunun oluşturulması için bir CAST analizinin tamamlanması gerekli değildir. Aslında dikkati yönlendirilmesi gereken yerden uzaklaştırılabilir. Tek başına olaylara odaklanmak, CAST analizinin amacı olan olayların neden meydana geldiğini belirlemek için gerekli bilgiyi sağlamaz. Bir CAST analizi başlatmak için gerekli olmasa da kayıptan önceki yakın olayların belirlenmesi, bazen kaza soruşturmasında ve nedensel analizde yanıtlanması gereken soruların oluşturulması sürecini başlatmak için yararlı olabilir.
- iv. Fiziksel kayıpların fiziksel ekipman ve kontroller açısından analiz edilmesi, ilgili tehlikeyi önlemek için fiziksel tasarım gereklilikleri, bu tür kazaları önlemek için tasarımda yer alan fiziksel kontroller (acil durum ve güvenlik ekipmanları), arızalara ve güvensiz etkileşimlere yol açan kazayı önleyebilecek tehlike, eksik veya yetersiz fiziksel kontroller ve olayları etkileyen bağlamsal faktörleri belirleme.

Olayları listelemenin amacının, kayıbın nedeni olarak tanımlamak üzere bir veya birkaçını seçmek olmadığı; bunun yerine amacın genel nedensel analizde kullanılacak araştırma için sorular oluşturmak olduğu Leveson (2019) tarafından belirtilmektedir. Ayrıca olayları anlatırken operatörlerin başarısız olduğu veya “yapması gereken” gibi suçlama yüklü sözcükler kullanmamak gerektiği vurgulanmaktadır. Donanımın veya operatörlerin ne yaptığını veya yapmadığını basitçe açıklayarak analiz amacına uygun hale getirmek önem taşımaktadır.

3.5.2.2. Güvenlik kontrol yapısı modellemesi

CAST metodolojisinde ikinci bileşen olarak tehlikeler için mevcut güvenlik kontrol yapısını modellemek önem taşımaktadır. Bir şeyin “neden” meydana geldiğini belirlemek, öncelikle “ne” olduğunu bilmeyi gerektirmektedir. Fiziksel yaralanma veya kayıplar zorunlu olarak fiziksel bir süreci içerirken; diğer kayıp türleri (örneğin mali) fiziksel olmayan bir süreci içerebilir. Her iki durumda da ilk adım, kontrollü süreçte ne olduğunu anlamaktır.

CAST, iş süreçleri ve hatta cezai ve hukuki süreçler gibi diğer süreç türlerini içeren kayıplara uygulanabilir. Patlamalar ve yangınlar kimya tesislerinde iyi bilinen tehlikeler olarak ifade edilmektedir. Genellikle çok sayıda koruma sistemi, alarm, sensör, basınç tahliye vanası vb. bulunur. Patlamayı neden kontrol edemediklerini belirlemek için tesisdeki fiziksel kontrolleri inceleyerek başlamanın altı çizilmektedir (Leveson, 2018). Bu noktada, CAST analizi çoğu kaza analizinde yapılandan önemli ölçüde farklı olmayacaktır; ancak CAST analizinde fiziksel arızalardan daha fazlası dikkate alınmaktadır (Leveson, 2012).

Kontroller, sistem bileşenlerinin ve bir bütün olarak sistemin davranışı üzerindeki kısıtlamaları uygulamak için kullanılmaktadır ve yetersiz kontrollerin tanımlanması, yüksek seviyeli sistem tehlikelerinin ve tehlikeleri önlemek için gereken güvenlik kısıtlamalarının iyileştirilmesine hizmet etmektedir. Fiziksel süreçte meydana gelen belirli arızaların ve güvenli olmayan etkileşimlerin belirlenmesi, genel sistem tehlikesi ve güvenlik kısıtlamalarının bu özel kayıp için iyileştirilmesine olanak tanıyarak nedensel analiz için daha fazla yön sağlama amacını taşımaktadır (Leveson, 2018).

3.5.2.3. Kontrol yapısı bileşenlerinin incelenmesi

Kayıbı önlemede neden etkili olmadıklarını belirlemek için kontrol yapısının bileşenlerini incelemek önemli bir gereklilik olarak belirtilmektedir (Leveson, 2018). Kontrol yapısının en altından başlayarak her bir bileşenin kazada oynadığı rolü ve davranışlarının açıklamasını göstermek (neden neyi yaptılar?) önemlidir.

CAST'ın altında yatan nedensellik modeli, güvenliği bir başarısızlık sorunu olarak değil, bir kontrol sorunu olarak ele almaktadır. Bunun nedeni her zaman, tehlikeyi

önlemek için oluşturulan kontrol yapısı ve kontrollerin, tehlikeyi önlemede etkili olmamasıdır. Modelin oluşturulmasındaki asıl amaç bunların neden ve nasıl iyileştirilebileceğini belirlemektir.

CAST kontrollere, kontrolörlere ve bunların kazadaki rollerine odaklandığından, analize başlamak için kontrol yapısının modellenmesi gereklidir. Leveson'a (2019) göre söz konusu sistem için bir güvenlik kontrol yapısının ve önceki adımda belirlenen tehlikelerin mevcut olmadığı varsayılırsa, bunu başarmanın tek veya en iyi yolu yoktur. Ancak yardımcı olabilecek bazı ipuçları veya buluşsal yöntemler vardır. Bunlardan en yararlı olanı (1) çok yüksek seviyeli, soyut bir kontrol yapısıyla başlamak ve daha sonra bunu geliştirmek ve (2) genel olarak tehlike veya tehlikeler için mevcut kontrolleri tanımlayarak başlamaktır. Bu iki aktivite ayrı ayrı yapılabileceği gibi aktiviteler iç içe de yapılabilmektedir (Leveson, 2018).

Genellikle benzer kazalar daha önce de yaşanmış ve bunların önlenmesine yönelik kontroller oluşturulmuştur. Bu durumda analizin temel amacı, yukarıda belirtildiği gibi neden etkili olmadıklarını ve bunların nasıl iyileştirilebileceğini belirlemektir. Kontrollerden bazıları yaygın güvenlik uygulamaları olacaktır; diğerleri ise benzersiz durumlar için tasarlanmış özel kontroller olabilir. Tüm kontrollerin ilk başta tanımlanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır (Leveson, 2018). Analiz ilerledikçe oluşturulan sorular daha fazla kısıtlama ve kontrolü tanımlama açısından önem taşımaktadır.

Leveson'a (2019) göre tamamlanan tasarımın riskini değerlendirmek amacıyla bileşen arızası olasılıklarını tanımlamayı aşan bir tehlike analizi yapılır. Bu durumda, genellikle tesisin orijinal tehlike analizinden elde edilen önemli ipuçları, kontrol önlemlerinin tanımlanmasına yönlendirici olabilir. Eğer sistem tasarımında STPA (System-Theoretic Process Analysis) kullanılmışsa, sistem geliştirme sürecinde belirlenen kazaya yol açan senaryoların ve oluşturulan kontrollerin net bir listesi mevcut olacaktır. Eğer sistem için bir STPA analizi zaten yapılmışsa, bu analiz, sistemin işleyişi hakkında birçok bilgi sağlayabilir. Ancak teorik olarak, STPA analizi gerçekleşen senaryoları içermelidir; aksi halde geliştirme sırasındaki analiz ile sistemin işleyişi arasında bir kopukluk ortaya çıkabilir.

Orijinal STPA'nın tüm potansiyel senaryoları tam olarak belirtmemiş olması bir olasılıktır. Bir diğer olasılık ise gerçekleşen senaryonun belirlendiği ancak etkin bir

kontrolün uygulanmadığı durumdur. Ayrıca sistem ve ortam, sistem faaliyete geçtikten sonra zaman içinde değişmiş olabilir. Bu durum, tasarlanan kontrollerin etkinliğini etkileyebilir ve başlangıçta analiz edilmemiş yeni neden-sonuç senaryolarının ortaya çıkmasına neden olabilir (Leveson, 2018).

3.5.2.4. Kontrol yapısındaki kusurların tanımlanması

Kayba katkıda bulunan kontrol yapısındaki kusurları bir bütün olarak (genel sistemik faktörler) belirlemek, CAST metodolojisinde dördüncü bileşen olarak tanımlanmaktadır. Temel kontrol yapısı ve kontroller belirlendikten sonraki adım, kontrol yapısının, yani mevcut kontrollerin neden kazayı önlemediğini göstermektir. Bu sürecin iki kısmı bulunmaktadır: İlki, bireysel kontrolörlere (otomatik veya insan olabilir) ve bunların kazada oynadıkları role odaklanmaktadır. İkincisi, kontrol yapısının işleyişine bir bütün olarak ve bileşenler arasındaki etkileşimlere odaklanmaktadır. Leveson'a (2019) göre bu aşamada en temel hedefin kontrol yapısındaki kusurları tespit etmek olduğu dikkate alınmalı; suçlamaları bireylere veya bireysel bileşenlere yönlendirmek yerine bu kişilerin bu şekilde davranmasının neden mantıklı olduğunu anlamak gerekmektedir. Ayrıca önceki aşamalarda başlatılan CAST süreci, soruşturma sırasında yanıtlanması gereken soruların oluşturulmasını da içerir. Bu yaklaşım, kazanın neden meydana geldiğine dair kapsamlı bir açıklama yapılmasını sağlamaktadır.

Leveson (2019) kontrol yapısındaki en alttaki bileşenlerden başlayıp yukarıya doğru ilerlemeyi tercih etmektedir. Buna göre her denetleyicinin CAST analizinde birkaç bölüm vardır:

- Kazayla ilgili bileşen sorumlulukları: Bileşenin (eğer varsa) kayıpta oynadığı rolü basitçe belgelemektedir.
- Tehlikeli duruma katkı (eylemler, eylem eksikliği, kararlar): Rol veya katkı (tehlikeli duruma ilişkin davranış), yerine getirilmeyen sorumlulukları içermektedir.
- Neden? Analizin “neden” kısmı, bileşenin neden bu şekilde davrandığının, yani davranışın o sırada onlara doğru görünmesini sağlayan bağlamsal ve diğer faktörlerin açıklanmasını içerir.
- Eylemlere katkıda bulunan zihinsel/süreç modelindeki kusurlar.

- Eylemleri, kararları ve süreç modeli kusurlarını açıklayan bağlamsal faktörler: Bağlamsal faktörler, kontrolörün o sırada sahip olduğu yanlış bilgileri, yetersiz eğitimi, bu şekilde davranmaya yönelik baskıları ve teşvikleri, rolleri veya kontrol edilen bileşenlerin nasıl çalıştığı hakkında yanlış anlaşılımları vb. içerebilir.

Analiz aynı zamanda bu bileşenin davranışı hakkında daha önce sorulan soruların yanıtlanmasını da içerecektir. Bir bileşene ilişkin “neden” sorularını yanıtlamak genellikle daha fazla soruyu gündeme getirir ve bunların kontrol yapısının daha yüksek seviyelerinin analizinde yanıtlanması gerekebilir. Amaç, CAST analizinin sonunda ortaya çıkan tüm soruların yanıtlanmasıdır. Gerçekte, kesin olarak cevaplanamayacak sorular kalabilir (Leveson, 2018).

3.5.2.5. Geliştirme Programı

Gelecekte benzer bir kaybı önlemek için kontrol yapısında değişiklik önerileri oluşturmak analiz için ihtiyaç duyulan bir bileşendir. Genel risk yönetimi programının bir parçası olarak bu tehlikeye yönelik bir sürekli iyileştirme programı tasarlamak önem taşımaktadır.

Sistemik analiz, güvenlik kontrol yapısı içinde birlikte çalışan tüm bileşenlerin davranışını ve etkileşimlerini etkileyen faktörlere odaklanarak tehlikeli sistem durumlarını önlemeyi amaçlar. Bu yaklaşım, sadece bireysel bileşenlere odaklanmak yerine sistemi bir bütün olarak değerlendirerek, çeşitli güvenlik kontrol yapısı bileşenlerinin etkileşimini etkileyen nedensel faktörleri tanımlamayı hedefler. Sistemik faktörler, neden bireysel bileşenlerin emniyet sorumluluklarını yerine getiremediklerini ve birlikte davranışlarının sistem emniyet kısıtlamalarını karşılamadığını anlamak için yeni bir bakış açısı sunar. Başka bir deyişle, güvenlik kontrol yapıları genellikle bir bileşenin tek başına hatalı davranışının kazaya neden olamayacağı şekilde tasarlanır. Ancak sistemik nedensel faktörler, birçok bileşenin hatta tamamının davranışını olumsuz etkileyebilir ve bu da çabaları boşa çıkarabilir (Leveson, 2018).

Her aşama, daha fazla bilgi edinildikçe ilerleyen soruların oluşturulmasını içerir. Bu sorular, araştırmacılara kaybın nedenini daha ayrıntılı bir şekilde açıklamak için hangi ek bilgilerin gerektiğini belirlemede yardımcı olur. Soruşturmanın sonunda amaç,

soruların tamamına cevap vermek veya cevaplanamayacakları konusunda bir tespit yapmaktır. Sorulara verilen cevaplar, olayın "nedenlerinin" daha iyi anlaşılmasına hizmet etmektedir.



4. BULGULAR

Bu çalışmada sistematik kaza analizi ile Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kaza incelenmiştir. Bu kaza üzerinden CAST yöntemiyle sistematik kaza incelemesi yapılarak gelecekteki benzer kazaları önlemek için bir kayıptan öğrenmek hedeflenmektedir. Kaza nedenleri meydana geliş aşamaları, düzeltilmesi gerekenler hedeflenenler bütüncül bir çerçevede ele alınarak inceleme yapılarak tezin oluşturulması hedeflenmiştir.

4.1. Analizi Gerçekleştirmek İçin Temel Bilgileri Toplamak

Bu bölümde CAST modellemesi kapsamında elde olan tüm bilgiler herhangi bir yorum katılmadan sunulmuştur.

17.06.2013 tarihinde GÜ Beldesinde faaliyet gösteren Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı alan niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda toplam 7 kişinin gaz zehirlenmesi sonucu ölümlerine neden olan kaza meydana gelmiştir. Kaza, söz konusu arıtma kuyusunun temizlenmesi esnasında gerçekleştirilmiştir.

Tesis ile ilgili projelendirme 2000’li yıllarda başlamış, tesisin yapımının bitirilmesi ve belediyeye devri 2008 yılında gerçekleşmiş ve kaza 2013 yılında olmuştur. 2000’li yıllarda kısmen daha az nüfusu sahip olan yörenin nüfusu zamanla artmıştır. Bu kapsamda yöredeki kirlilik yükü zaman içerisinde artmıştır. Özellikle yaz aylarında yazlıkçı nüfusu arttığı gibi yazlık konut sayısı da artmıştır. Yazlık konutlarda yaz ayları dışında da yerleşenler vardır. Nüfus yoğunluğundaki artış nedeniyle bu gelişme ile koşut giden bir ticari canlılık da eklenince arıtma tesisine gelen kirletici yükü artmaktadır.

Kazanın meydana geldiği arıtma tesisi kuyusunda, elevatör sisteminin bulunduğu ancak çeşitli tamiratlara rağmen hiç çalışmadığı tespit edilmiştir. Kazanın, çalışmayan elevatör halatlı ızgara sisteminin görevini kol gücü ile gerçekleştirmeye çalışan çalışanların arıtma tesisi kuyusunda gazdan zehirlenerek yaşamlarını yitirmesi ve diğer vefat eden çalışanın onlara yardım etmeye çalışırken aynı akıbete uğramaları ile gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Kaza, tesisin açılışından 1538 gün sonra gerçekleşmiştir. Tesisin inşaatının yapım yüklenicisi X Bankası A.Ş. olup, tesisin inşaatını yapan G İnşaat Dış Tic ve Turizm Sanayi Ltd.Şti.'dir. Tesisin sahibi ve işlettiiren GÜ Belediyesi Tesisin İşletmesini yapan kurum ise A Çevre ve Su Yatırım İletme A.Ş.'dir.

Tesisin kuruluşundan, kazanın olduğu tarihe kadar geçen sürede gerçekleşen olayları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Tablo 2: Tesisin kuruluşundan, kazanın olduğu tarihe kadar geçen sürede gerçekleşen olaylar

29.08.2006	Belediye ile İşletme firması arasında İmtiyaz Sözleşmesi imzalanması
31.10.2008	İşin bitirilerek geçici kabulün yapılması
05.11.2008	Tesisin devreye alınması
Nisan 2009	Yetkili firmanın tesisi işletmeye başlaması
Şubat 2010	İşletme müdürünün işten ayrılması ve yerine yeni müdür atanması
18.06.2010	Eski Genel Müdürün göreve başlaması
11.07.2011	Yetkili Firmanın unvan değişikliği
20.06.2012	6331 Sayılı Kanun ile İSG zorunlu hale gelmesi
01.05.2013	Eski Genel Müdürün istifası
04.06.2013	Yeni Genel Müdür atanması
17.06.2013	Dava konusu kazanın meydana gelmesi

Kazanın meydana geldiği durumu değerlendirdikten sonra, aşağıda belirtilen tehlikeleri ve her bir tehlikenin karşısında alınacak güvenlik kısıtlamalarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1. Tehlike: Elevatör Sisteminin Arızalı Olması ve Çalışmaması:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Elevatör sistemi düzenli olarak bakım ve periyodik kontrollerden geçirilmeli, işlevsel olmadığında hemen onarılmalı veya değiştirilmelidir.
- Elevatör sisteminin çalışıp çalışmadığını belirlemek için düzenli test ve denetimler yapılmalıdır.

2. Tehlike: Çalışmayan Elevatör Sisteminin Yerine Kol Gücü İle Çalışma Girişimi:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Çalışan, ekipmanların düzgün çalışmadığında müdahale etmek yerine, hemen üst yönetimi veya teknik ekibi bilgilendirmelidir.
- Kol gücüyle müdahale edilecek durumlar için güvenlik eğitimleri düzenlenmeli kişisel koruyucu donanım (KKD) ve ekipmanlar kullanımı konularında bilinçlendirme yapılmalıdır.

3. Tehlike: Gaz Zehirlenmesi:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Arıtma tesisi kuyusunda düzenli olarak hava kalitesi kontrol edilmeli ölçümler yapılmalı ve tehlikeli gazlar tespit edildiğinde çalışanlar hemen tahliye edilmelidir.
- İşçilere uygun solunum koruma ekipmanları sağlanmalı ve bu ekipmanların kullanımını konusunda eğitim verilmelidir.

4. Tehlike: Acil Durum Müdahale Eksikliği:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Tesis içinde iş Güvenliği uzmanı görevlendirilmeli acil durum müdahale ekipleri oluşturulmalı ve düzenli tatbikatlar yapılmalıdır.
- İşçilere acil durum prosedürleri ve müdahale planları hakkında eğitim verilmelidir.

5. Tehlike: Tamirat Yapmaya Çalışan Diğer Çalışanın Zehirlenmesi:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Çalışanlar, tehlikeli koşullar altında tamirat yapmaya çalışmadan önce tehlikeleri değerlendirmeli ve üst yönetimi bilgilendirmelidir.
- Güvenlik ekipmanları kullanılmadan yapılacak müdahalelere yönelik güvenlik politikaları belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

6. Tehlike: Uzun Süreli İşletme Sonrası Kazanın Gerçekleşmesi:

Güvenlik Kısıtlamaları:

- Tesisin işletme süresince düzenli periyodik kontroller ve bakımlar yapılmalıdır.
- Tesisin açılışından sonraki günlerdeki işleyişe özel izleme ve değerlendirme süreçleri oluşturulmalıdır

Kaza kapsamında tanımlanmış 6 adet tehlike ortaya çıkmıştır. Sınırlamalar, sadece tesisin sınırları ötesinde değil, aynı zamanda firmanın sorumlulukları, araştırmanın endişelerini ve güvenlik kontrol yapısını içermektedir.

Kazanın meydana gelişine neden olan olaylar ve buna bağlı olarak cevabı aranan sorular aşağıdaki tabloda sunulmuştur:

Tablo 3: Kazaya neden olan olaylar listesi

No	Olay	Olayla İlgili Sorular
1	Aritma tesisi kuyusunda elevatör sisteminin görevini kol gücü ile gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.	Aritma tesisi kuyusunda elevatör sisteminin görevini yapamadığı kimler tarafından biliniyordu?
		Aritma tesisi kuyusunda elevatör sisteminin görevini yapamadığına yönelik ne gibi işlemler yapıldı?
		Aritma tesisi kuyusunda elevatör sisteminin görevini yapamamasına rağmen, arıtma tesisi kuyusunda çalışanlar çalışmalara devam etti mi?
2	Aritma tesisi kuyusuna çalışanlar herhangi bir koruyucu ekipman bulunmadan inmiştir.	Aritma tesisi kuyusuna çalışanlar sürekli olarak koruyucu ekipman olmadan mı iniyorlar?
		Aritma tesisi kuyusuna çalışanlar neden koruyucu ekipman olmadan indiler?
		Aritma tesisi kuyusuna inen çalışanların koruyucu ekipman sahibi olup olmadığını kontrol etmek kimin yükümlülüğündedir?
		Aritma tesisi işletmesinde çalışanlar için koruyucu ekipman bulunmakta mıdır? İşçiler koruyucu ekipman olduğu halde mi giymediler?
3	Aritma tesisi kuyusu terfi sisteminde havalandırma bacası bulunmamaktadır.	Aritma tesisi kuyusu terfi sisteminde havalandırma bacası proje ilk oluşturulurken mi yoktu, yoksa sonradan bir arıza ile mi devre dışı kaldı?
		Aritma tesisi kuyusu terfi sisteminde havalandırma bacasının olmadığı, denetmelerde ortaya çıkmadı mı?
4	Aritma tesisi kuyusu denetlenmesi yapılmamıştır.	Aritma tesisi kuyusunun denetlenmesinden sorumlu olan otorite kim?
		Aritma tesisi kuyusunun denetlenmesini sorumlu kurum neden yerine getirmemiştir?
5	Aritma tesisi kuyusunun temizlenmesi sürecinde gaz zehirlenmesi yaşanmıştır.	Aritma tesisi kuyusunun temizlenmesi daha önce gerçekleştirilmiş midir?
		Kaza zamanındaki arıtma tesisi kuyusunun temizlenmesi esnasında geçmişten farklı olarak neler yaşanmıştır?

Yukarıda sözü edilen olaylar ve tehlikelerden yola çıkarak, bu tehlikelerin önlenmesi için alınması beklenen önlemleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1. Elevatör Sistemi İle İlgili Gereksinimler:

- Elevatör sistemi düzenli olarak bakım ve periyodik kontrollerden geçirilmeli.

- Sistemdeki arızalar hemen belirlenmeli ve gerekli onarımlar hızla yapılmalı.
- Elevatör sistemi çalışırken çalışanların güvenliğini sağlamak için otomatik kapatma veya acil durum durdurma mekanizmaları bulunmalı.

2. Gaz Algılama ve Solunum Koruma İle İlgili Gereksinimler:

- Arıtma tesisindeki önemli bölgelerde gaz algılama sistemleri düzenli olarak test edilmeli ve kalibre edilmelidir.
- Çalışanlara uygun solunum koruma ekipmanları sağlanmalı ve kullanımı konusunda düzenli eğitim verilmelidir.

3. Acil Durum Müdahale İle İlgili Gereksinimler:

- ISG uzmanı görevlendirilmeli acil durum müdahale ekipleri oluşturulmalı ve düzenli tatbikatlar yapılmalıdır.
- Acil durum müdahale planları belirlenmeli ve tüm çalışanlar bu planlara aşina olmalıdır.

4. Sistem Genelinde Güvenlik Kontrolleri:

- Sistem genelinde güvenlik kontrol yapıları oluşturulmalı ve bunlar düzenli olarak gözden geçirilmelidir.
- Riskleri değerlendirmek için periyodik olarak güvenlik denetimleri yapılmalıdır.

5. Çalışan Eğitimi ve Farkındalığı:

- İşçilere sistemdeki tehlikeler ve güvenlik önlemleri hakkında düzenli eğitimler verilmelidir.
- Sistemdeki değişikliklere veya güncellemelere bağlı olarak güvenlik bilincini artırmak için sürekli eğitim programları oluşturulmalıdır.

6. İletişim ve Raporlama:

- İşçiler arasında düzenli iletişim kanalları kurulmalı ve sistemdeki herhangi bir anormalliği hızla raporlamaları için teşvik edilmelidir.
- İletişim sistemi, acil durumlar veya sistemdeki değişiklikler konusunda tüm çalışanı bilgilendirebilmelidir.

Verilen bilgilere dayanarak, yukarıda söz edilen tehlikelere yönlendiren kusurları ve bu kusurların yol açtığı sonuçları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Tablo 4: Tehlikelere yönlendiren kusurlar ve bu kusurların yol açtığı sonuçlar

	Kusur	Sonuç
1. Elevatör Sistemi Arızası	Atık su arıtma tesisi kuyusundaki elevatör sisteminin görevini kol gücü ile gerçekleştirdiği belirlenmiştir.	İşçiler, arızalı elevatör sisteminin yerine geçmek için manuel olarak görevleri yerine getirmeye çalıştılar
2. Tehlikeli Ortamda Manuel Müdahale	Elevatör sistemi arızası nedeniyle çalışanlar, görevleri manuel olarak yerine getirme yoluna gittiler ve bu da kendilerini tehlikeli koşullara maruz bırakma potansiyeli taşıdı.	İşçiler, kuyuda görevleri manuel olarak yerine getirmeye çalışarak, uygun güvenlik önlemleri olmaksızın gazlara maruz kaldılar.
3. Gaz Algılama Sistemlerinin Eksikliği:	Kuyuda gaz algılama sistemlerinin olmaması veya düzgün çalışmaması.	İşçilere tehlikeli gazların varlığı konusunda bir uyarı yapılmadığı için gazlara maruz kalma durumundan haberdar olmadan çalıştılar.
4. Yetersiz Havalandırma	Kuyuda yeterli havalandırmanın olmaması.	Zayıf havalandırma, toksik gazların birikmesine ve kuyudaki çalışanların zehirlenme riskinin artmasına neden oldu.
5. Acil Durum Müdahale Eksikliği	Etkili acil durum müdahale prosedürleri ve ekipmanın eksikliği.	Uygun acil durum önlemlerinin olmaması nedeniyle çalışanlar, zamanında yardım alamadılar, diğer arkadaşlarına yardım için korunmasız olay yerine geldiler ve olayın ciddiyetine katkıda bulundular.

Yukarıdaki kısımlarda tehlikeler, olaylar tanımlanmıştır. Aşağıdaki bölümde ise fiziksel tasarım eksiklikleri ve bağlamsal faktörler değerlendirilmiş ve meydana gelen kazanın daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır.

Tablo 5: Fiziksel tasarım eksiklikleri

Sistem	Eksiklik	Etki
Havalandırma Sistemi	Kuyudaki gaz birikimini önlemek için yeterli bir havalandırma sistemi olmaması.	Toksik gaz birikmesi, işçilerin zehirlenme riskini artırabilir.
Elevatör Sistemi	Çalışmayan elevatör sistemi	Manuel müdahale gerekliliği, çalışanların daha fazla risk altında olmalarına neden olabilir
Gaz Algılama Sistemleri	Kuyuda gaz algılama sistemlerinin olmaması veya düzgün çalışmaması	Gaz sızıntıları erken tespit edilemez, çalışanların tehlikeli ortamda çalışmalarına neden olabilir
Acil Durum Müdahale Planları	Etkili acil durum müdahale planlarının olmaması	Olay sırasında etkili bir müdahale yapılamaz, kayıpların artmasına neden olabilir.

Tablo 6: Bağlamsal faktörler

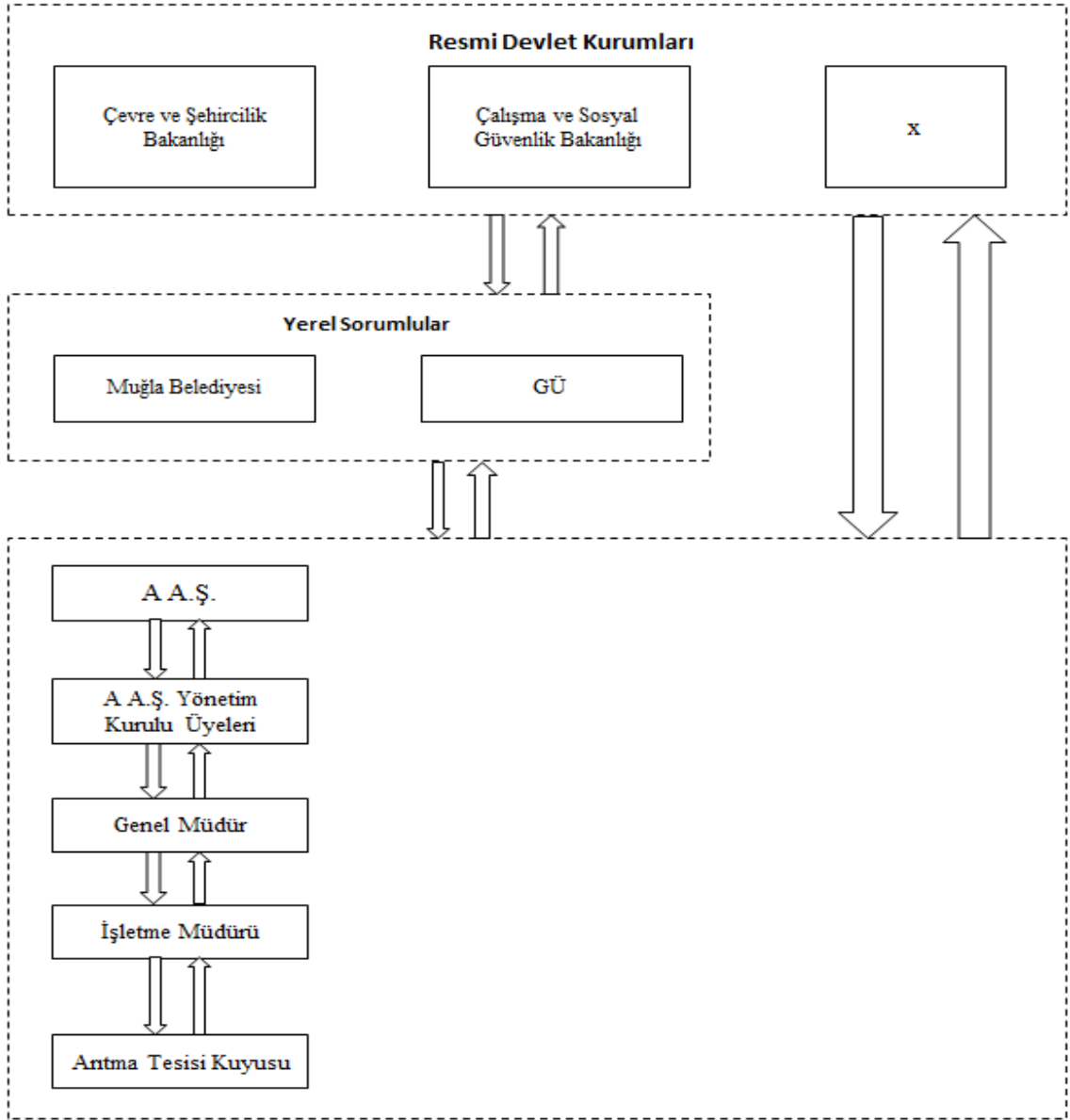
Faktör	Etki
---------------	-------------

Denetim Eksikliği:	X Bankası, belediye ve devlet kurumlarının denetim yapmamış olması.	Denetimsizlik, potansiyel güvenlik eksikliklerinin gözden kaçmasına ve düzeltilmemesine neden olabilir.
Zaman Faktörü	Kaza tesisin açılışından 1538 gün sonra gerçekleşmiştir	Uzun bir süre zarfında herhangi bir olayın olmamış olması, güvenlik tedbirlerinin gözden geçirilmesinde ihmali artırabilir
İletişim Protokolleri	İletişim eksiklikleri	Hızlı tepki verme ve yardım çağrısı yapma süreçlerinde aksaklık yaşanabilir
Çalışan Eğitimi	İşçilere yeterli eğitim verilmemiş olabilir	İşçiler, potansiyel tehlikelere karşı yeterince bilgi sahibi olmayabilir

Bu bölümde, 17.06.2013 tarihinde GÜ Belediyesindeki Atık su Arıtma Tesisinde meydana gelen kaza hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Tesisin elevatör sistemi arızalıydı ve çalışanlar manuel olarak görev yapmaya çalıştılar. Gaz zehirlenmesi sonucu ölümlerin yaşandığı kaza elavatör sistemi arızası, gaz algılama eksikliği, yetersiz havalandırma, acil durum müdahale KKD kullanılmaması ve denetim eksikliği gibi temel nedenlere dayanmaktadır. Önlemler arasında elevatör sistemi bakımı, gaz algılama sistemleri kurulumu, etkili havalandırma, acil durum müdahale planları oluşturma ve düzenli denetimler yer almaktadır. Kazanın bağlamsal faktörleri arasında denetim eksikliği, zaman faktörü, iletişim protokolleri ve çalışan eğitimi eksiklikleri bulunmaktadır.

4.2. Tehlikeler İçin Mevcut Güvenlik Kontrol Yapısını Modellemek

Bu bölümde meydana gelen kazanın daha detaylı anlaşılması adına, mevcut güvenlik yapısının modellenmesi gerçekleştirilmiştir. CAST'ın temelindeki söz konusu model, güvenliği bir kontrol sorunu olarak ele almaktadır. Buradaki asıl soru, tehlikeyi önlemek için oluşturulan kontrol yapısı ve kontrollerin etkili olmadığıdır.



Şekil 3: Mevcut güvenlik yapısının modellenmesi

Yukarıdaki şekilde sunulan mevcut güvenlik yapısı incelendiğinde, işletmeyi ve tesisi denetlemede iki farklı otoritenin olduğu görülmektedir. Bunlar kamu kurumları ve yerel kurumlardır. Kamu kurumları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile X Bankası'dır. Yerel sorumlular ise il belediyesi olan Muğla Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyesi olan GÜ Belediyesidir.

İşletmenin çok tehlikeli bir kurum olması nedeniyle Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın işletmeyi sürekli denetlemesi beklenmektedir.

İşletmenin bir atık su arıtma tesisi olması nedeniyle de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na görev düşmektedir. Bakanlık işletmenin çevreye verdiği etkiyi denetimleri ile ortaya çıkarmakta ve gerekli uyarıları yapmakla yükümlüdür.

X Bankası ise projenin finansmanını sağlayan kurumdur. Bu kurum tesisin yapılmasını ihale ile başka bir firmaya devretmiştir. X Bankası, projenin standartlara ve ilk baştaki plana uygun yapıldığından sorumludur.

Yerel sorumlular incelendiğinde ise tesis doğrudan GÜ Belediyesi ve Muğla Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde olduğundan söz konusu iki belediyenin de rutin kontrollerle işletmenin hem çalışma koşullarını, hem güvenlik önlemlerini hem de çevreye verdiği etkileri kontrol edip denetlemesi beklenmektedir.

“6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”nun çerçevesinde bir iş güvenliği uzmanı görevlendirilmesi beklenmektedir.

İşletme içerisinde ise hiyerarşide en yukarıda bir yönetim kurulu yer almaktadır. Yönetim kuruluna bağlı olan bir genel müdürü ve bu genel müdürünün sorumluluğunda bir işletme müdürü bulunmaktadır.

Kazada yer alan tarafların sorumlulukları şu şekilde özetlenebilir:

1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı:

- Arıtma tesisi çevresel etkileri yönetmek ve denetlemek,
- Tesisin çevresel standartlara uygun bir şekilde işletildiğini denetlemek,

2. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı:

- İş sağlığı ve güvenliği standartlarının yerine getirilmesini denetleme,
- İş kazalarının önlenmesi ve çalışanların güvenliği ile ilgili tedbirleri almak,

3. X Bankası:

- Tesisin inşa sürecinde ve işletme aşamasında denetim ve gözetim yapma,
- Finansal ve idari yönden tesisin düzenli işleyişini sağlamak,

4. Muğla Büyükşehir Belediyesi ve GÜ Belediyesi:

- Tesisin kurulumu, işletimi ve güvenliği konularında denetim yapma,
- Tesisin çevresel etkileri yönetme ve halk sağlığını koruma,

5. A Şirketi A.Ş. Yönetim Kurulu Üyeleri:

- İş sağlığı ve güvenliği politikalarının belirlenmesi ve uygulanması,

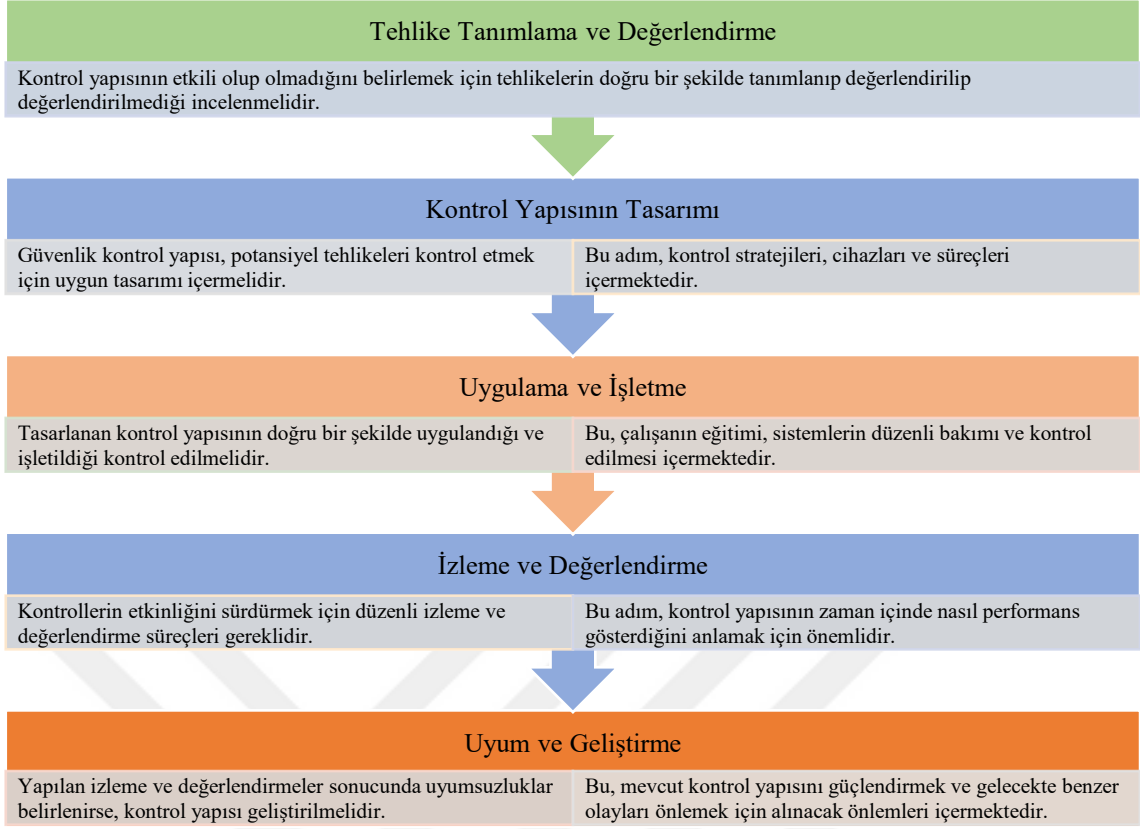
6. A Şirketi A.Ş. İşletme Müdürü,

- Tesisin günlük işleyişi, bakımı ve güvenliği ile doğrudan ilgili görevli olmak,
- İş sağlığı ve güvenliği politikalarını uygulamak, çalışan eğitimleri düzenlemek ve tehlikeleri değerlendirmek.

4.3. Kaybı Önlemede Neden Etkili Olmadıklarını Belirlemek İçin Kontrol Yapısının Bileşenlerini İncelemek

Tehlikeler için mevcut güvenlik kontrol yapısı modellendikten sonraki adım, neden kontrol yapısı mevcut kontrollerin kaza önleyici olmadığını göstermektir. Bu sürecin iki bölümü olacaktır. Bu bölümde açıklanan ilk bölüm, kaza içinde bireysel denetleyicilere ve onların kazadaki rolüne odaklanmaktadır. İkinci bölüm, kontrol yapısının genel işleyişini ve bileşenler arasındaki etkileşimleri inceleyecektir.

Kontrol yapısının bileşenlerini inceleyerek, kaybı önlemede neden etkili olmadıklarını belirlemek, bir olayın güvenlik yönetimi açısından nasıl gerçekleştiğini anlamak ve geliştirmeler yapmak için önemlidir. CAST modeli, bu tür durumları değerlendirmek için bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, olayın kontrolsüz bırakılmasına ve sonuç olarak bir kazaya yol açmasına neden olan temel faktörleri tanımlamaktadır. Kontrol yapısının bileşenlerini inceleyerek neden etkili olmadıklarını belirlemek şu adımları içermektedir:



Şekil 4: Kontrol yapısının bileşenleri

Bu adımların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, kontrol yapılarının neden etkili olmadığını anlamak ve iyileştirmeler yapmak için önemlidir. Her bir kontrol bileşeninin eksik veya zayıf olduğu durumlar belirlenerek, önleyici tedbirler alınabilir ve güvenliği artırmak adına adımlar atılabilir.

A Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda 17 Haziran 2013 tarihinde toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kaza meydana gelmiştir. Kaza, depodan gelen kötü kokuları gidermek ve bozuk olan elavator sisteminin manuel olarak kol gücüyle temizlenmesi amacıyla kuyuya inen çalışanların ve akabinde arkadaşlarını kurtarmak için kuyuya inenlerin zehirlenmesi ile meydana gelmiştir. Kaza incelendiğinde elevatörün üç yıldır çalışmadığı görülmektedir. Elevatör sisteminin çalışmamasından ötürü manuel olarak kol gücü ile çalışanlar çalıştırılmıştır. Söz konusu elevatör sistemi çeşitli tamiratlardan geçmiş ancak buna rağmen çalıştırılmamıştır. Bu yüzden arıtma kuyusunun temizliği esnasında arıtma kuyusuna kol gücü ile inildiği görülmektedir.

İşletmede kuyu temizliklerinin de el ile kova yardımıyla yapıldığı tespit edilmiştir. Bilirkişi raporunda yer alan ifadelerle göre geçmişte el ile temizlikten ötürü

rahatsızlananlar olduğu görülmektedir. Bu şekilde 24 saat boyunca periyodik temizlenmesi gereken tesisin talimata aykırı olarak 15 günde bazen ayda bir olacak şekilde insan gücü ve el ile manuel temizliklerin yapıldığı ve biriken organik atıkların Metan ve H₂S gazının oluşumuna neden olduğu anlaşılmaktadır.

Bunun yanında çalışanların işe başladıktan sonra çeşitli konularda eğitimler aldığı ve söz konusu eğitimlerin iki saat sürdüğü görülmüştür. Hayatını kaybedenlerden 3 kişinin de bu eğitimlerde yer aldığı ifade edilmiştir. Ancak bu tüm çalışanların eğitim almadığını ortaya çıkarmaktadır.

Bunun yanında işletmeyi ve atık kuyusunu denetleyecek hiçbir özel veya kamu kurumu çalışanın gelmediği ve kuyunun faaliyetlerine herhangi bir denetim olmaksızın devam ettiği anlaşılmıştır.

Tesiste kazaya neden olan ve kazanın gerçekleşmesi esnasında sorumluluğu bulunan ilk faktör tesis yönetimidir. Tesis yönetiminden beklenen sorumluluklar aşağıdaki gibidir:

- Proses Güvenliği Yönetimi: Tesis yönetimi, işletme süreçlerindeki güvenlik önlemlerini planlamak, uygulamak ve sürekli olarak gözden geçirmekle sorumludur.
- Ekipman Bakım ve Kontrolü: Tesisin donanım ve ekipmanlarının düzenli bakımını ve kontrollerini sağlamak, çalışan sistemlerin güvenli ve etkin bir şekilde çalışmasını temin etmekle yükümlüdür.
- Çalışan Eğitimi: İşçilere güvenlik protokollerini, acil durum prosedürlerini ve tehlike önleme yöntemlerini öğretecek düzenli eğitim programları oluşturmak ve uygulamakla sorumludur.
- Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi: Tesis yönetimi, potansiyel tehlikeleri belirlemek, riskleri değerlendirmek ve etkin bir risk yönetimi stratejisi uygulamakla sorumludur.
- Denetim ve İzleme: Güvenlik kontrollerini düzenli olarak denetlemek, gerekli düzeltici önlemleri almak ve sürekli olarak sistemi izlemekle sorumludur.

- Çalışan Güvenliği: İşçilerin sağlığını ve güvenliğini korumak amacıyla gerekli önlemleri almak, koruyucu ekipmanları sağlamak ve çalışma koşullarını düzenlemekle sorumludur.
- Yasal Uyumluluk: İlgili yasal düzenlemelere uymak ve gerektiğinde düzenleyici kurumlarla işbirliği yapmakla sorumludur.
- Acil Durum Hazırlığı: Tesis yönetimi, acil durumlar için planlar oluşturmalı, tatbikatlar düzenlemeli ve kriz durumlarında etkili bir şekilde müdahale etmekle sorumludur.
- İletişim ve İşbirliği: İlgili taraflarla, özellikle de devlet kurumları ve denetleyici otoritelerle etkili bir iletişim kurmalı ve işbirliği yapmakla sorumludur.

Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, tesis yönetiminin kaza ile ilgili olarak eksiklikleri aşağıdaki gibidir:

- Elevatör Sistemi Bakımı ve Kontrolü: Elevatör sisteminin eksik veya arızalı oluşu, düzenli bakımın yapılmamasına veya arızaların zamanında giderilmemesine işaret edebilir. Bu durum, kontrol yapısının zayıflıklarını ortaya koyabilir. Kaza incelendiğinde elevatörün üç yıldır çalışmadığı görülmektedir. Elevatör sisteminin çalışmamasından ötürü manuel olarak kol gücü ile çalıştırılmıştır. Söz konusu elevatör sistemi çeşitli tamiratlardan geçmiş ancak buna rağmen çalıştırılmamıştır. Bu yüzden arıtma kuyusunun temizliği esnasında arıtma kuyusuna kol gücü ile inildiği görülmektedir. Bakım veya kontrol çalışma yapılmış olsaydı, bu durumda elevatör sistemindeki arızalar çok daha önceden giderilebilirdi. Bu durumda çalışanların gaz varlığını tespit ettiği anda, kaza alanını terk etmesini kolaylaştırırdı.
- Gaz Algılama Sistemlerinin Eksikliği veya Etkisizliği: Gaz zehirlenmesini tespit etmek için gerekli olan gaz algılama sistemlerinin eksik veya etkisiz olması, tehlikeli durumların erken tespit edilememesine neden olmuştur. Bu durum aslında iç bir proses kontrol sistemi eksikliği ile de bağdaştırılabilir. Herhangi bir gaz algılama sisteminin varlığı, çalışanın atık su kuyusuna inmesini engelleyebilirdi.

- Havalandırma Sistemi Eksiklikleri: Kuyudaki yetersiz havalandırma sistemi, toksik gaz birikmesine (Metan ,H₂S) ve çalışanların zehirlenme riskine yol açmıştır. Bilirkişi raporlarında, tesiste havalandırma sistemi bulunduğu ancak bunun kötü koku yaydığı gerekçesi ile iptal edildiği yazmaktadır. Bu durum zehirli gazların atık su tesisinden tahliye edilememesine neden olarak kayba yol açmıştır.
- Acil Durum Müdahale Planlarının Eksikliği: Kazanın ardından etkili bir acil durum müdahale planının olmaması veya uygulanamaması, olayın kontrol altına alınmasını ve kaybın azaltılmasını zorlaştırmıştır. Bu durumda tesisin bir acil müdahale planı bulunması, zehirlenen çalışanları kurtarmak için atık su tesisine yeniden inen çalışanların zehirlenmesini önleyebilirdi. Diğer bir ifade ile bir acil durum müdahale planı, kayıpların sınırlı olmasını sağlayabilirdi.
- Eğitim ve Farkındalık Eksiklikleri: İşçilere yeterli güvenlik eğitimi verilmemesi veya güvenlik bilincinin düşük olması, tehlikeli durumların erken fark edilmemesine ve uygun önlemlerin alınmamasına sebep olmuştur. Verilen eğitimlerin her çalışana verilmediği ve verilmiş eğitimlerin de 2 saatle sınırlı olduğu ve tek seferlik olduğu görülmüştür. Bu durum çalışanın acil duruma nasıl müdahale edeceğini bilmemesine neden olmuştur.
- İletişim Protokollerinde Zayıflıklar: İlgili taraflar arasında etkili bir iletişim kurulamaması veya kriz durumlarında hızlı bir şekilde tepki verilememesi, olayın kontrolünü zorlaştırmıştır. Tesise inen çalışanların zehirli gazla zehirlenmesi sonucunda diğer çalışanların bu durumu derhal yetkililere bildirmesi gerekmektedir. Ancak diğer çalışanlar, gaz zehirlenmesi yaşayan arkadaşlarını kurtarmaya çalışırken zehirlenmiştir.
- Denetim Eksikliği: X Bankası, belediye ve devlet kurumları gibi denetleyici otoritelerin düzenli denetim yapmamış olması, güvenlik kontrollerinin yetersiz olduğunu göstermektedir. Bilirkişi raporlarında herhangi özel ve kamu kuruluşunun tesisi hiçbir şekilde denetlemediğine yer verilmiştir. Kapsamlı bir denetleme ile tesisteki eksiklikler erkenden tespit edilip kaybın önüne geçmesi sağlanabilirdi.

Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, çalışanların da sorumluluk ve eksiklikleri bulunmaktadır. Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, çalışanlardan beklenen sorumluluklar aşağıdaki gibidir:

- İş Ekipmanlarını İnceleme ve Bildirme: Çalışanlar, kullanacakları iş ekipmanlarını düzenli olarak incelemeli ve herhangi bir arıza veya eksiklik durumunda üst yönetimi veya teknik ekibi bilgilendirmelidir.
- 6331 Sayılı kanun hükmünce çok tehlikeli işyerlerinde zorunluğu olan A sınıfı iş güvenliği uzmanı görevlendirilmelidir.
- Güvenlik Talimatlarına Uyma: Çalışanlar, iş güvenliği talimatlarına ve prosedürlerine tam anlamıyla uymalıdır. Güvenlik ekipmanlarını doğru bir şekilde kullanmalı ve bu konuda verilen eğitimlere dikkatlice katılmalıdır.
- Risk Değerlendirmelerine Katılım: Çalışanlar, işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmelerine katılmalı ve olası tehlikeler konusunda bilinçlenmelidir. Potansiyel riskleri tanımlamak ve bildirmek, kazaların önlenmesine katkı sağlar.
- Acil Durum Prosedürlerine Hakim Olma: Çalışanlar, işyerindeki acil durum prosedürlerini bilmeli ve bu prosedürlere uygun şekilde tepki göstermelidir. Acil durum tatbikatlarına düzenli olarak katılım, hazırlıklarını artırmaktadır.
- Çalışma Ortamındaki Anormallikleri Bildirme: Çalışanlar, işyerinde fark ettikleri güvenlikle ilgili anormallikleri hemen üst yönetimine veya güvenlik birimine bildirmelidir. Potansiyel tehlikelerin hızla tespiti önleyici tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktadır.
- Güvenlik Eğitimlerine Katılma: Çalışanlar, iş güvenliği ile ilgili düzenlenen eğitimlere düzenli olarak katılmalıdır. Bu eğitimler, güvenlik bilincini artırarak kazaların önlenmesine katkı sağlamaktadır.
- Kişisel Koruyucu Ekipman Kullanımı: Çalışanlar, kendilerine sağlanan kişisel koruyucu ekipmanları düzenli olarak kullanmalı ve bu ekipmanların bakımını kontrol etmelidir.

Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, çalışanların eksiklikleri aşağıdaki gibidir:

- Ekipman Bilinci Eksikliği: Çalışanlar, kullanacakları iş ekipmanlarına yönelik yeterli bilince sahip değillerdir. Çalışanlar atık su kuyusunu temizlemek için tam bir ekipmanla iniş yapmamıştır. Bu durumda çalışanlar eksikliği amirlerine bildirmeli ve tam ekipmanla çalışma yapmalıdırlar.
- Güvenlik Talimatlarına Uyumsuzluk: Çalışanlar, iş güvenliği talimatlarına tam olarak uymamış durumdadır. Atık su tesisleri yoğun metan ve H₂S gazı biriken yerlerdir. Geçmişte gaz sızıntısının yaşanmaması, yaşanmayacağı anlamına gelmemektedir. Bu durumda çalışan hem arızalı bir elevatör sistemi kullanmış, hem de güvenli bir şekilde atık su kuyusuna inmemiştir.
- Risk Değerlendirmelerine Yetersiz Katılım: Çalışanlar, işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmelerine yeterince katılmamıştır. Bilirkişi raporlarında çalışanın eğitimlere tam katılmadığı görülmektedir.
- Acil Durum Prosedürlerine Yeterli Hakimiyet Eksikliği: Çalışanlar, işyerindeki acil durum prosedürlerine yeterince hakim değillerdir. İşletmede bir acil durum müdahale planı olup olmadığı dahi belli değildir. Çalışanlar atık su kuyusunu temizlemeye inen ilk çalışanların metan ve H₂S gazından zehirlenmesinden sonra, onlara benzer şekilde önlem almadan aynı kuyuya iniş yapmıştır.

Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, üçüncü bir sorumluluğu olan ise kamu kurumları ve belediyelerdir. Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, kamu kurumları ve belediyelerden beklenen sorumluluklar aşağıdaki gibidir:

- Denetim ve İzleme: Kamu kurumları ve belediyeler, iş güvenliği ve çevresel standartlara uygunluğu denetleyerek düzenli izleme yapmalıdır. İşletmeleri, tehlikeleri ve uyumsuzlukları belirleyerek gerekli düzeltici önlemleri almaya teşvik etmelidir.
- Lisans ve İzin Kontrolleri: İşletmelere lisans ve izin verilirken, güvenlik standartlarına ve prosedürlere uygunluğu sağlamak için etkin bir kontrol mekanizması uygulanmalıdır.
- Eğitim ve Bilinçlendirme: Kamu kurumları ve belediyeler, işletme sahiplerini ve çalışanları düzenli olarak güvenlik eğitimleri konusunda teşvik etmeli ve bilinçlendirmelidir. İşletmelerin güvenlik standartlarına

uygun bir şekilde işlemlerini sağlamak için sürekli eğitim programları desteklenmelidir.

- Çevresel Denetimler: Çevresel risklerin kontrol edilmesi ve çevre dostu uygulamaların teşvik edilmesi amacıyla düzenli çevresel denetimler gerçekleştirilmelidir.
- Acil Durum Hazırlıkları: Kamu kurumları ve belediyeler, işletmelerin acil durum hazırlıklarını denetleyerek ve destekleyerek hızlı ve etkili müdahale yeteneklerini artırmalıdır.

Kaza sonucunda kaybın önlenmesi hususunda, kamu kurumları ve belediyelerin eksiklikleri aşağıdaki gibidir:

- X Bankası'nın tesisinin yapılışına finansman olduğu ancak tesisin yapılışını başka bir şirkete devrettiği görülmektedir. Ancak X Bankası, tesisin inşaatını yapan kuruluşu denetlememiştir. Havalandırma sisteminin ilk inşaat itibarıyla yetersiz olduğu görülmüştür.
- İşletme, çok tehlikeli bir tesis durumundadır. Bu durumda Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın rutin kontroller yapması gerekmektedir. Bilirkişi raporlarında tesiste herhangi bir kontrol ya da denetim olmadığı görülmüştür.
- Muğla Büyükşehir Belediyesi ve GÜ Belediyesi çok koku yaptığı için havalandırma sisteminin devre dışı bırakılmasına müdahale etmemiştir.

Yukarıdaki ifadeler tekrar göz önüne alındığında kazada kaybın önlenmesi konusunda sorumluluğu olan 3 ana unsur tespit edilmiştir. Bunlar işletme yönetimi, çalışanlar ve kamu kuruluşlarıdır. İşletme yönetimi bir süreç kontrol sistemi oluşturmamıştır. Bu sistem ile tüm olağandışı durumlar tespit edilebilirdi. Bunun yanında işletme yönetimi, atık su kuyusundaki arızalara müdahale etmemiştir. Çalışanlar ise güvenlik kontrollerini tamamlamamış ve güvenliksiz olarak atık su kuyusuna inmiştir. Kamu kurumları ise işletmedeki tesisin yapılışını, faaliyetlerini ve güvenlik sistemlerini denetimsiz bırakmıştır.

Kazada işletme yönetimi, çalışanlar ve kamu kurumları arasında belirlenen kusurlar doğrultusunda her bir taraf için öneriler şu şekilde olabilir:

İşletme Yönetimi:

- Süreç Kontrol Sistemi Oluşturulması: İşletmede gaz varlığı, havalandırma problemleri, acil durum uyarı sistemi gibi aşamaları içeren bir süreç kontrol mekanizması oluşturulmalıdır.
- Güvenlik Standartlarına Uyum: İşletme yönetimi, güvenlik standartlarına tam uyum sağlamalı ve sürekli güvenlik denetimleri yaparak eksiklikleri gidermelidir.
- Eğitim ve Farkındalık Programları: Çalışanlara düzenli olarak güvenlik eğitimleri düzenlenmeli ve tehlikeler konusunda farkındalık artırıcı programlar geliştirilmelidir.
- İş Sağlığı ve Güvenliği Politikalarının Güncellenmesi: İş sağlığı ve güvenliği politikaları, değişen koşullara uygun olarak düzenli olarak gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir.
- Acil Durum Hazırlıkları: Acil durum hazırlık planları oluşturularak işletme çalışanına bu planlar detaylı bir şekilde öğretilmeli ve düzenli tatbikatlar düzenlenmelidir.

Çalışanlar:

- Güvenlik Eğitimlerine Katılım: Çalışanlar, düzenlenen güvenlik eğitimlerine aktif bir şekilde katılmalı ve güvenlik prosedürlerini anlamaları teşvik edilmelidir.
- İhlal Raporlama Kültürü: Çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği ihlallerini raporlama konusunda cesaretlendirici bir kültür oluşturulmalıdır.
- Kişisel Koruyucu Donanımın Kullanımı: Çalışanlara, işlerini yaparken gerekli olan kişisel koruyucu ekipmanları düzenli olarak kullanma konusunda eğitim verilmelidir.
- İletişim ve İşbirliği: Çalışanlar arasında etkili iletişim ve işbirliği teşvik edilmeli, tehlikeleri raporlamada açık bir iletişim kanalı sağlanmalıdır.

Kamu Kurumları:

- Düzenli Denetimler ve İzleme: Kamu kurumları, işletmelerin düzenli olarak denetlenmesini ve izlenmesini sağlamalıdır.

- Ceza Politikalarının Güçlendirilmesi: Güvenlik standartlarına uymayan işletmelere caydırıcı cezalar uygulanmalı ve bu politikaların etkin bir şekilde işlemesi sağlanmalıdır.
- Eğitim ve Bilinçlendirme: İş sağlığı ve güvenliği konusunda kamu çalışanı arasında eğitim ve bilinçlendirme programları düzenlenmelidir.
- İşbirliği ve Koordinasyon: Kamu kurumları, belediyeler ve işletmeler arasında etkili bir işbirliği ve koordinasyon sağlanmalıdır. Özellikle acil durum müdahaleleri için bir plan oluşturulmalıdır.

4.4. Kayba Katkıda Bulunan Kontrol Yapısındaki Kusurları Bir Bütün Olarak (Genel Sistemik Faktörler) Belirlemek

Bu ana kadar açıklanan CAST analiz süreci, bireysel sistem bileşenlerine ve bu bileşenlerin diğer bileşenler üzerindeki kontrolüne odaklanmaktaydı. Buna karşılık, CAST analizinin bu bölümü, kontrol yapısını genel olarak ve tasarlanan kontrollerin etkisizliğine yol açan sistemik faktörleri incelemektedir. Bu sistemik faktörler, bireysel bileşenlerin neden bireysel güvenlik sorumluluklarını yerine getiremeyeceğini ve neden bir arada davranışlarının sistem güvenlik kısıtlamalarını karşılamadığını anlamak için farklı bir yol sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle sistemik nedensel faktörler, birçok veya hatta tüm bileşenlerin davranışını olumsuz etkileyebilir.

Bu süreçte en çok üzerinde durulan konu iletişim, yönetim yapısı, güvenlik sistemi, bilgi sistemleri, işletme sistemi ve çevresinde meydana gelen değişimler ve dış ekonomik faktörlerdir.

Burada tesisteki en büyük eksikliğin aslında güvenlik yapısı, diğer bir ifadeyle otomatik bir süreç kontrol sistemi olduğu görülmektedir. Otomatik bir süreç kontrol sistemi, bu tarz tesisler için standart bir denetleyicidir. Bu nedenle, kazayı anlamanın uygun bir noktasıdır. Otomatik süreç kontrol merkezinden beklenen sorumluluklar aşağıdaki gibidir:

- Proses İzleme: Proses parametrelerini, arıtma tesisi kuyusundaki gaz seviyelerini izlemek, gaz zehirlenmesi gibi tehlikeli durumların erken tespiti için hayati önem taşır. Bu senaryoda etkili izleme eksikliği, tehlikenin gecikmiş tanımlanmasına katkıda bulunabilir.

- Acil Kapanma (ESD) Sistemleri: Etkili bir ESD sistemi, tehlikeli koşullar ortaya çıktığında işlemi hızla kapatmak için esastır. Eğer ESD sistemi düzgün çalışmıyorsa veya yoksa, yanıtın gecikmesiyle olayın ciddiyetine katkıda bulunabilir.
- Alarm Sistemleri: Doğru yapılandırılmış bir alarm sistemi, operatörlere anormal durumlar hakkında zamanında uyarılar sağlamak için kritiktir. Alarm sistemleri istenildiği gibi çalışmıyorsa veya yetersiz yapılandırılmışsa, operatörler gaz zehirlenmesi konusunda zamanında uyarı alamayabilir, bu da tepki verme yeteneklerini etkileyebilir.
- Tehlike Analizi ve Risk Değerlendirmesi: Kritik tehlikeleri belirlemek için kapsamlı bir tehlike analizi ve risk değerlendirme, potansiyel risklerin gözden kaçırılmasını önemli ölçüde azaltır. Eğer bu değerlendirmeler eksik veya düzenli olarak güncellenmiyorsa, gaz maruziyeti gibi kritik tehlikelerin gözden kaçırılmasına neden olabilir.
- Kilit Sistemleri: Kilit sistemleri, çeşitli bileşenlerin işleyişini koordine ederek güvenli olmayan koşulları önler. Eğer kilit sistemleri yoksa veya düzgün çalışmıyorsa, tehlikeli olayların meydana gelmesine katkıda bulunabilir.
- Proses Tehlike Analizi (PHA): PHA, potansiyel tehlikeleri sistemli bir şekilde belirleme ve kontrol etme açısından hayati öneme sahiptir. Eğer bu değerlendirmeler eksik veya güncellenmiyorsa, kritik tehlikelerin gözden kaçırılmasına neden olabilir.

Bir sonraki aşamada, kaybın içindeki rolünü belirlemek için otomatik bir süreç kontrol sisteminin sorumluluklarını yerine getirilip getirilmediğini belirlenmektedir. Bu durumda, süreç kontrol sistemi kazaya şu şekilde katkıda bulunmuş ve kaybın önlenmesinde şu nedenlerden ötürü etkisiz kalmıştır:

- Gaz Algılama Sistemleri: Tesiste bir otomatik süreç kontrol sistemi olmayışı, gaz algılama sistemlerinin mevcut olmamasına neden olmuştur. Bu durumda da kuyuya inen çalışanlar gaz yoğunluğunu önceden fark edememiştir.
- Etkisiz Acil Durum Kapatma Sistemleri: Tesiste bir otomatik süreç kontrol sistemi olmayışı, acil durum sistemlerinin de olmamasına yol açmıştır. Bu

sayede kazanın meydana gelmesinden önce çalışanlar ters giden bir şeylerin olduğunu fark edememiştir.

- Alarm Sistemleri: Tesiste bir otomatik süreç kontrol sistemi olmayışı, alarm sistemlerinin de olmadığı anlamına gelmektedir. Su kuyusuna inen çalışanın gaz zehirlenmesini alarm sistemleri diğer birimlere bildirebilirdi. Bu sayede hem çalışanlar kurtarılabilir hem de diğer arkadaşlarının ekipmansız inmesi önlenebilirdi.

Özetle, tesiste herhangi bir Proses Kontrol Sistemi olmayışı, gaz tespiti, acil durum kapatma, alarm sistemleri, güvenlik enstrümantasyon sistemleri ve çeşitli güvenlik fonksiyonlarının eksikliğini ortaya çıkarmıştır. Bu sistemin olmayışı kazayı medyana getirmese de bile, kazanın can kaybı olmadan atlatılabilme olasılığını ortadan kaldırmıştır.

Bu aşamada karşıya çıkan bir diğer problem ise iletişim sıkıntılarıdır. Özellikle kaza meydana geldikten sonra ortaya çıkan iletişim problemleri kayıpların daha da yüksek olmasına neden olmuştur. Bu eksiklikleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Acil Durum Haberleşmesi: Acil durum anında çalışanlar arasında ve yönetim ile çalışanlar arasında etkili bir iletişim planının olmadığı görülmüştür. Acil durum anında hızlı ve kesintisiz bir haberleşme protokolü eksikliği nedeniyle kazadan sonra çalışanlar arkadaşlarını kurtarmak için kuyuya inmiş ve onlar da zehirlenmişlerdir.
- İşçiler Arası İletişim: İşçiler arasında iş sağlığı ve güvenliği konularında yeterli bilgi alışverişi sağlanmamıştır. Özellikle riskli durumları bildirme ve işbirliği konusunda eksiklikler göze çarpmaktadır. İlk inen çalışanlar, gaz sıkıntısını bir iletişim sistemi ile bildirmiş olsa, kayıplar sınırlandırılabilirdi.
- Üst Yönetim İle Alt Kademe İletişimi: Üst yönetimden alt kademe çalışanlara güvenlik politikaları, prosedürler ve güncellemeler konusunda düzenli bir iletişimin yapılmadığı gözükmektedir. Kaza anında ve sonrasında çalışanlar ve üst yönetim etkili iletişim kuramamıştır.
- Kamu Kurumları ile İletişim: İşletme ile kamu kurumları arasında düzenli bir iletişim protokolü yoktur. Denetimler, izinler ve güvenlik kontrolleri konusundaki iletişim eksikliği göze çarpmaktadır. X Bankası, Çalışma ve

sosyal güvenlik Bakanlığı, belediyeler ile işletme arasında denetim tabanlı iletişim kurulmamıştır.

4.5. Gelecekte Benzer Bir Kaybı Önlemek İçin Kontrol Yapısında Değişiklik Önerileri Oluşturmak

CAST analizinin en son bölümü olan bu bölümü, benzer kayıpların önüne geçilmesi adına öneriler oluşturulmasını içermektedir.

Meydana gelen kazada temel neden işletmede otomatik bir süreç kontrol sistemi olmayışıdır. Bu durum atık suların arıtıldığı atık su kuyusunda metan ve H₂S gazının birikmesi sonucunda çalışanların ölmesine neden olmuştur. Otomatik bir süreç kontrol sistemi ile gaz birikmeleri otomatik tespit edilebilecek, bu durum da çalışan ölümlerinin önüne geçebilecekti.

Bunun yanında kamu denetimi eksikliği, çalışanların güvenlik ekipmanlarının eksikliği ve yetersiz iletişim sistemi kazaya neden olan diğer nedenler arasındadır. Kamu denetimi eksikliği sonucunda işletmede havalandırma sistemi, elavator sistemi denetlenmemiş ve çalışanların güvenlik teçhizatı kontrol edilmemiştir. Bunun yanında çalışanların güvenlik ekipmanları olmaksızın arıtma kuyusuna inmesi ve zehirlenenlere yardım için inen diğer kişilerin de aynı nedenden ölmesi büyük bir iletişim eksikliğini ortaya koymaktadır.

Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11-12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda 17 Haziran 2013 tarihinde toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kaza ile ilgili öneriler aşağıdaki gibidir:

İşletme kapsamında:

- Güvenlik Kontrollerini Güçlendirme: Tesis içindeki güvenlik kontrol yapılarını gözden geçirme ve eksiklikleri giderme sağlanmalıdır. Elevator sistemi gibi kritik ekipmanların düzenli bakım ve testleri gerçekleştirilmelidir.
- Eğitim ve Farkındalık: iş güvenliği uzmanı görevlendirilmeli ,çalışanlara düzenli olarak güvenlik eğitimleri verilmelidir. Gaz zehirlenmesi gibi potansiyel tehlikelere karşı bilinçlendirme programları düzenlenmelidir.

- İletişim Protokolleri Güçlendirme: Acil durum iletişim protokolleri güçlendirilmelidir. İşçiler arası, yönetim ile çalışanlar arası ve kamu kurumları ile düzenli iletişim kanalları kurulmalıdır.
- Güvenlik Denetimleri: Tesis içinde düzenli ve etkili güvenlik denetimleri gerçekleştirilmelidir. Denetim sonuçlarına uygun önlemleri alarak sistemdeki zayıf noktalar güçlendirilmelidir.
- Acil Durum Planları ve Tatbikatlar: Acil durum müdahale planları güncellenmeli ve düzenli tatbikatlarla çalışanın bu durumlarla başa çıkma becerisi artırılmalıdır.
- Hava Kalitesi Kontrolü: Arıtma tesisi kuyusundaki hava kalitesini düzenli olarak kontrol edilmelidir. Gaz algılama sistemleri kurulmalı ve düzenli olarak test edilmelidir.
- Üst Yönetim Denetimleri: Üst yönetimin, güvenlikle ilgili önemli kararlar almak üzere düzenli denetimler gerçekleştirilmelidir. Güvenlik politikalarını belirlemeli ve bu politikaların uygulanmasını denetlemelidir.
- Stakeholder İşbirliği: İşletmenin ilgili taraflarıyla daha etkili bir işbirliği kurmalıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı gibi kurumlarla düzenli diyaloglar sağlamalıdır.
- İşletme kapsamında alınacak önlemler şekil olarak özetlenebilir.



Şekil 5: İşletme odaklı önlemler

Çalışanlar kapsamında:

- Güvenlik Eğitimlerine Katılma: İşçilere düzenli olarak güvenlik eğitimleri sağlanmalıdır. İşçiler de bu eğitimlere eksiksiz katılmalıdır. Bu eğitimler, çalışanların tehlikeli durumları tanıma, acil durum müdahaleleri ve koruyucu ekipman kullanımını konusunda bilinçlenmelerini sağlar.
- İş Güvenliği Prosedürlerinin Bilinmesi: İşçiler, iş güvenliği prosedürlerini iyi bilmeli ve bu kurallara sıkı bir şekilde uymalıdır. Çalışanlar, kendi güvenlikleri ve işyerindeki diğer kişilerin güvenliği için prosedürlere titizlikle uymalıdır.
- Risklerin Bildirilmesi ve İletişim: İşçiler, fark ettikleri güvenlik risklerini hemen üst yönetim veya güvenlik birimine bildirmelidir. Etkili iletişim, olası tehlikelerin hızlı bir şekilde çözülmesine katkı sağlar.
- Acil Durum Prosedürlerine Hakimlik: Çalışanlar, iş yerindeki acil durum prosedürlerini iyi bilmeli ve bu durumlar için belirlenen güvenli bölgelere nasıl ulaşacaklarını bilmelidir.
- Hava Kalitesi ve Ortam Kontrolü: İşçilere, çalıştıkları ortamın hava kalitesini kontrol etmeleri ve gaz algılama ekipmanlarını kullanmaları konusunda eğitim verilmelidir. Potansiyel tehlikeler hakkında farkındalıklarını artırmak önemlidir.
- İş Değişikliklerinde Yeniden Eğitim: İşçilere yeni iş alanlarına geçtiklerinde veya yeni ekipmanlar kullanmaya başladıklarında yeniden eğitim verilmelidir.

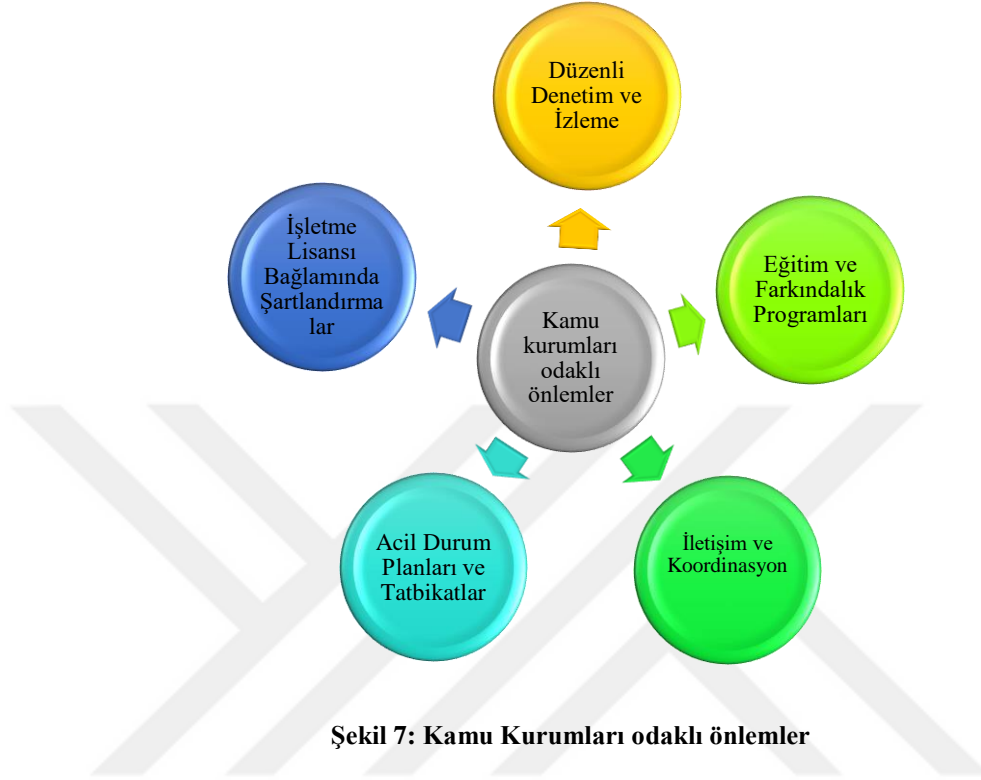


Şekil 6: Çalışan odaklı önlemler

Kamu kurumları kapsamında:

- Düzenli Denetim ve İzleme: Kamu kurumları, atık su arıtma tesislerini düzenli olarak denetlemeli ve izlemelidir. Denetimler, tesislerdeki güvenlik önlemlerinin ve ekipmanların düzgün çalışmasının sağlanmasına yardımcı olabilir.
- İşletme Lisansı Bağlamında Şartlandırmalar: Kamu kurumları, atık su arıtma tesislerine işletme lisansı verirken belirli güvenlik standartlarına uymalarını şart koşmalıdır. Bu şartlar, tesislerin sürekli güvenlik kontrolü altında olmasını sağlayabilir.
- Eğitim ve Farkındalık Programları: Kamu kurumları, atık su arıtma tesislerinin çalışanlarına düzenli güvenlik eğitimleri ve farkındalık programları düzenlemelidir. Bu programlar, çalışanların güvenlik konusunda bilinçlenmelerine yardımcı olabilir.
- Acil Durum Planları ve Tatbikatlar: Kamu kurumları, atık su arıtma tesislerindeki acil durum planlarının oluşturulmasını ve düzenli tatbikatların yapılmasını sağlamalıdır. Bu, olası acil durumlara hızlı ve etkili müdahaleyi mümkün kılar.

- İletişim ve Koordinasyon: Kamu kurumları, atık su arıtma tesisleriyle etkili iletişim ve koordinasyon mekanizmalarını güçlendirmelidir. Acil durumlar veya güvenlik ihlalleri hakkında hızlı bilgi akışı sağlanmalıdır.



5. TARTIŞMA

6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu 20.06.2012 tarihinde zorunlu hale getirilmiş ve kaza bu kanundan hemen sonra 17.06.2013 da meydana gelmiştir. Bir bölgede etkili kaza nleme tedbirlerinin geliştirilmesi, o bölgedeki tipik kazaların detaylı ve derinlemesine analiz edilmesi ile büyük fayda sağlamaktadır. Bu analizler, kaza olaylarının kök nedenlerini ve arka planındaki faktörleri anlamak için kritik öneme sahiptir. Kazaların derinlemesine incelenmesi, sadece belirli bir olayı değil aynı zamanda genel olarak güvenlik durumunu etkileyen sistemik sorunları da açığa çıkarmaktadır. Bu Şekilde kazaların tekrarlanmasını önlemek için daha etkili ve uygun önlemler geliştirilebilir. Bu nlemler, güvenlik kültürünün güçlendirilmesinden işletme süreçlerinin iyileştirilmesine kadar geniş bir yelpazeyi kapsayabilir. Bu nedenle, kazaların ayrıntılı analizi, işyerlerinde güvenliği artırmak ve çalışanların sağlığını korumak için hayati bir araçtır.

Atık su arıtma tesisleri, iş sağlığı ve güvenliği açısından çeşitli riskli durumu bir arada barındırdığından iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önüne geçilmesi için önlemler alınması ve uygulanması önem arz etmektedir (Türkmen, 2019). Ancak ihtiyaç duyulan tedbirlerin alınmaması, yaşanan olumsuz sonuçların derinlemesine incelenip nedenleriyle birlikte ortaya konulmamasından dolayı kazaların tekrar etme olasılığı artmaktadır. Bu araştırmada CAST metodolojisiyle 17 Haziran 2013 tarihinde Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda meydana gelen kaza incelenmiştir. CAST tabanlı nedensel analiz, CAST yaklaşımının atık su arıtma tesisi kazalarının analizine uygulanabilirliğini göstermeyi ve bu trajediye katkıda bulunan sistematik nedenleri ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda meydana gelen kaza, CAST analizinde tanımlanan beş aşamaya göre incelenmiştir. Yapılan incelemede elde edilen ilk bulgu, gaz zehirlenmesi sonucu can kaybının yaşanmasıdır. 7 kişinin arka arkaya kuyuya inmesi sonucu gerçekleşen can kaybında en önemli ayrıntı, kuyuya giren çalışanları kurtarmak için giren çalışanların de zehirlenmeye maruz kalıp yaşamını

yitirmesidir. Bu durum, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi bir trajediyi temsil etmektedir. Arıtma tesisi kuyusunda meydana gelen gaz zehirlenmesi (Metan H₂S) sonucu yaşanan can kaybı, işyerlerinde alınması gereken güvenlik önlemlerinin yetersizliğini ve risklerin yeterince değerlendirilmediğini göstermektedir. Ölen kişilerin, kuyuya ilk inenler ve onları kurtarmak için kuyuya girenlerden oluşması, acil durumlarda uygulanması gereken prosedürlerin veya eğitimlerin yetersiz olduğuna işaret etmektedir. Bu tür bir olay, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin daha titizlikle ele alınması ve sürekli olarak gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca bu tür trajik olaylardan ders çıkararak benzer vakaların önlenmesi için daha etkili önlemler alınmasının da önemini ortaya koymaktadır.

CAST modeli ile yapılan analize göre elde edilen ikinci bulgu, atık su arıtma tesisinde maddi hasarın da oluşmasıdır. Maddi hasarın oluşmasının nedeni, tesiste eksiklikler ve güvenlik açığının bulunmasıdır. Ayrıca kamu denetimi eksikliği bu aşamada tespit edilen ve altı çizilmesi gereken önemli bir bulgudur. Bulgulara göre işletmenin sadece insan kaybıyla değil aynı zamanda maddi hasarla da karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Atık su arıtma tesisindeki eksiklikler ve güvenlik açıkları, tesisin operasyonlarında aksamalara ve dolayısıyla maddi zarara neden olmuştur. Bu tür maddi kayıplar, işletmenin uzun vadeli işletme maliyetlerini artırabilir ve itibar kaybına yol açabilir. Ayrıca kamu denetimi eksikliği, kamu ve özel kuruluşlar arasındaki işbirliğinin önemini vurgulamaktadır. Kamu denetiminin yetersizliği, işletmelerin uygun güvenlik standartlarını sağlamak ve mevzuata uygun şekilde faaliyet göstermek için daha fazla sorumluluk üstlenmesini gerektirebilir. Bu tür bir işbirliği ve denetimlerin güçlendirilmesi, benzer olayların tekrarlanmasını önleyebilir ve işletmelerin daha güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde faaliyet göstermesine yardımcı olabilir.

CAST modeline göre yapılan analizde üçüncü aşama, sorumlu tarafların belirlenmesini içermektedir. Bulgulara göre kazada yer alan sorumlu taraflar; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, X Bankası, Muğla Büyükşehir Belediyesi, GÜ Belediyesi, GÜ A.Ş. yönetim kurulu üyeleri, işletme müdürü, bulunmaktadır. İşletme yönetiminin otomatik süreç kontrol sistemi oluşturmaması, atık su arıtma tesisinde metan gazı oranını tespit etmeyi önlemiş, kuyuya ilk giren çalışanlarda zehirlenme metan gazına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, işletmenin çalışanların güvenliğini sağlama yükümlülüğünü ihlal ettiğini göstermektedir.

Çalışanların koruyucu ekipman olmadan kuyuya arkadaşlarını kurtarmak için girmeleri sonucu ölüm vakasının gerçekleşmesi bilinçsiz bir şekilde tehlikeli bir duruma girmek suretiyle kendi güvenliklerini tehlikeye attıklarını ortaya koymaktadır. Alan yazın incelendiğinde Özkars ve Yıldız (2013) tarafından yapılan araştırma sonucunda da fiziksel yapıları ve çalışma ortamları nedeniyle atık su arıtma tesislerinde gerekli önlemlerin alınmaması durumunda ciddi sonuçlarla karşı karşıya kalınacağı bildirilmektedir. 24 atık su arıtma tesisinde çalışan 234 katılımcıyla yürütülen araştırmada katılımcıların koruyucu eldiven, kask kullanmaktan kaçındıkları, araştırma sonucu olarak belirtilmiştir. Bu araştırma sonucunda da ortaya konulduğu üzere çalışanların güvenlik tedbirleri konusunda bilinçsiz oldukları belirtilebilir. Mevcut araştırmada elde edilen bulgular da göstermektedir ki çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilinçlendirilmesi ve yöneticiler tarafından kuralların uygulanması konusunda takiplerinin yapılması gerekmektedir. Mevcut araştırma sonucunu destekler nitelikte Göymen (2021) araştırmasında da çalışan ve idarecilerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgilendirilmeleri gerektiğinin altı çizilmiştir.

Araştırmanın bu aşamasında elde edilen bulgulardan bir diğeri de sorumlu taraflardan kamu kurumlarının havalandırma sisteminin kapatılmasıyla ilgili gereken denetimleri yapmamış olmasıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ve diğer kamu kurumları, iş sağlığı ve güvenliği standartlarının ihlal edilmesi durumunda denetim ve düzenlemeleri yürütmekle sorumludur. Bulguya göre bu kurumlar gerekli denetimleri yapmamış veya ihlalleri tespit etmemişlerdir, bu durum kamu otoritelerinin ihmali olarak değerlendirilebilir. 232 kazaya yönelik veri tabanından inceleme yapan Trávníček, Junga, Kotek ve Vítěz'in (2022) çalışmasının sonucunda denetim eksikliğine bağlı olarak cihaz ve yapısal sorunların kazaların nedenleri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu bağlamda örtüşen araştırma sonuçlarına dayanarak denetimlerin dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesi vurgulanabilir.

Araştırmada CAST analizinin üçüncü aşaması olan sorumlu taraflar ve hukuki yaptırımlar aşamasında ulaşılan tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde iş kazalarının ciddiyetini ve işletmelerin, çalışanların ve kamu kurumlarının iş sağlığı ve güvenliği konusundaki sorumluluklarını vurgulamaktadır. Bu tür durumlar, hukuki ve idari yaptırımlara neden olabilir ve benzer kazaların önlenmesi için daha etkili önlemlerin alınmasını gerektirebilir.

Araştırmada CAST analizinin dördüncü aşamasında ulaşılan bulgular, atık su arıtma tesisindeki güvenlik kontrol yapısındaki eksikliklerin kazaya yol açan ana nedenlerden biri olduğunu göstermektedir. CAST modellemesi, güvenlik kontrollerindeki bu eksiklikleri analiz etmek için kullanılmış ve tesisin güvenlik kontrol yapısının yetersiz olduğu sonucunu nedenleriyle açıklamıştır. Çalışanın koruyucu ekipman olmaksızın atık su kuyusuna girmesi, güvenlik önlemlerinin yetersizliğini ve işletmenin güvenlik standartlarının zayıflığını göstermektedir. Bu durum, işletmenin çalışanların güvenliğini sağlama konusundaki ihmali ve güvenlik protokollerinin yeterince uygulanmamasıyla ilgili sorunları ortaya koymaktadır. Bu tür durumlar, işletmelerin güvenlik standartlarını iyileştirmesi ve güvenlik önlemlerini daha etkin bir şekilde uygulaması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca işletmelerin güvenlik kültürünü güçlendirmek ve çalışanları güvenlik konusunda bilinçlendirmek için daha fazla çaba sarf etmeleri gerekmektedir. Bu şekilde benzer kazaların önlenmesi ve işyerinde güvenli bir ortamın sağlanması mümkün olabilir.

İhmal edilen güvenlik kontrolleri ile ilgili hukuki yaptırım, 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu ile kendini göstermektedir. Bu kanunun iş yerlerinde sağlıklı ve güvenli çalışma ortamlarının oluşturulmasını güvence altına aldığı belirtilmektedir (Adem, 2022). Bu bağlamda kanuna aykırı hareket edilmesi, yasal dayanağın yok sayıldığı anlamına gelmektedir ve daha da önemlisi iş sağlığı ve güvenliğinin tehlike altında olduğunu düşündürmektedir. Mevcut araştırmada CAST analizi ile tespit edilen kaza nedeni (güvenlik kontrollerinin ihmali) iş sağlığı ve güvenliğinin tehlikeye atıldığını ve bu durumun 7 çalışanın yaşamına mal olduğunu göstermiştir.

Araştırmada CAST analizine göre beşinci aşamada kazaların önlenmesine yönelik önerilerle ilgili bulgulara bakıldığında yapılan analiz sonucunda güvenlik kontrollerinin güçlendirilmesi, eğitim programlarının artırılması, düzenli denetimlerin yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Öneriler, benzer olayların gelecekte önlenmesi için alınacak önlemleri içermektedir. Güvenlik kontrollerinin güçlendirilmesi, çalışanın eğitimi, düzenli denetimler ve gözetim gibi alanlara odaklanmak, işletmenin güvenlik standartlarını artırarak benzer kazaların tekrarlanmasını önleyebilir.

Leveson (2019) CAST metodunu açıkladığı el kitabında uzmanların bu metodu kullanarak derinlemesine düşünebileceğini ve etkili öneriler sunacağını belirtmiştir. Mevcut araştırmada son aşama olan öneriler basamağında kazanın nedenlerine yönelik

tespit edilen eksikliklerle ilgili uygun çözümler geliştirilmiş olması Leveson'un (2019) görüşlerini haklı çıkarmaktadır. Bu durum göstermektedir ki CAST metodu, analizi yapan uzman için derinlemesine anlayış olanağı sunmuştur.

Güvenlik kontrollerinin güçlendirilmesi, potansiyel tehlikeleri belirleme ve bunlara uygun önlemleri alma açısından kritik öneme sahiptir. İşletme, mevcut güvenlik protokollerini gözden geçirerek eksiklikleri belirlemeli ve güvenlik standartlarını yükseltmek için gerekli düzenlemeleri yapmalıdır. Bununla birlikte çalışanın eğitimi ve bilinçlendirilmesi, güvenlik kültürünün güçlendirilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Çalışanlar, potansiyel tehlikeleri tanıma, koruyucu ekipman kullanma ve acil durumlara nasıl tepki vereceklerini bilme konusunda eğitilmelidirler.

Düzenli denetimlerin yapılması da her işletme için önem taşıdığı kadar yüksek güvenlik riski taşıyan atık su arıtma tesisleri için de önemlidir. Bu konuda gösterilecek hassasiyet, güvenlik standartlarının sürekli olarak izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayacaktır. İşletme, güvenlik kontrollerinin etkinliğini düzenli olarak gözden geçirmeli ve gerekli iyileştirmeleri yapmalıdır. Kazadan ders çıkarmak ve önlemler almak, işletmenin güvenlik kültürünü güçlendirmesi ve çalışanların sağlığını ve güvenliğini ön planda tutması açısından önemlidir. Bu önerilerin uygulanması, benzer olayların tekrarlanmasını önleyerek işyerinde daha güvenli bir ortamın oluşturulmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışma, yalnızca gözlemlenebilir fiziksel arızaları değil, aynı zamanda kazaya yol açan kararların ve süreçlerin ardındaki mantığı da ortaya çıkararak kaza mekanizmalarına daha geniş bir perspektiften bakmaktadır. Bu yaklaşım, sadece yüzeysel semptomları ele almaktan ziyade, temeldeki nedenlere odaklanarak daha kapsamlı bir anlayış sağlar. Kazaların sadece fiziksel koşullarla ilişkilendirilmemesi, aynı zamanda insan faktörleri, organizasyonel yapılar ve karar alma süreçleri gibi daha karmaşık etkenlerin de dikkate alınmasını gerektirir. Bu şekilde, kaza mekanizmalarını anlama ve önleme konusunda daha etkili stratejiler geliştirilebilir. Bu çalışma, güvenlik kültürünün geliştirilmesi ve iş yerlerinde daha güvenli bir ortamın sağlanması için önemli bir adımdır.

Alan yazın incelendiğinde Li ve diğ. (2020) araştırmasında yıkıcı yeraltı boru hattı gaz patlamasının CAST metoduna göre incelendiği görülmektedir. Araştırmacılar yapılan

inceleme sonucunda CAST metodunun güvenlik kusurlarını sistematik olarak ortaya koyduğunu ve felaket niteliğindeki gaz patlamasına yol açan kararların ardındaki derinlemesine mantığı anlaşılır hale getirdiğini ifade etmişlerdir. Araştırma sonuçlarının CAST'ın yeraltı boru hattı gaz kazaları gibi karmaşık sosyoteknik kazaların analiz edilmesine olanak sağladığını da belirtmişlerdir. Özay (2022) araştırmasında tank patlamasına ilişkin CAST metodu kullanılarak analizler yapılmış ve araştırmacı, Li ve diğ., (2020) araştırmasına benzer sonuçlar elde ettiğini açıklamıştır. Düzgün ve Leveson (2018) araştırmasında da CAST metodunun maden kazasını analiz etmek ve kazanın ardındaki sebepleri ortaya koymak için uygun bir analiz yöntemi olduğu belirtilmiş ve diğer araştırmalara benzer sonuçlara ulaşıldığı ifade edilmiştir. Atık su arıtma tesisinde gerçekleşen kazanın nedenlerini CAST metoduyla analiz eden bu araştırma için de benzer sonuçlara ulaşılmış ve bu yönüyle alandaki diğer çalışma sonuçlarıyla örtüşen sonuçlara ulaşılmıştır. Mevcut araştırmanın sonuçları diğer araştırmalarda olduğu gibi CAST metodunun kazaların nedenlerini belirlemek için uygun bir analiz yöntemi olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

A şirketine ait Atık su Arıtma Tesisi 4 nolu Terfi Merkezi içerisinde yer alan kapalı kap niteliğinde 11 -12 m derinliğindeki arıtma tesisi kuyusunda 17 Haziran 2013 tarihinde toplam 7 kişinin ölümüne neden olan kaza meydana gelmiştir. Kaza, depodan gelen kötü kokuları gidermek kuyuya inen çalışanların ve akabinde arkadaşlarını kurtarmak için kuyuya inenlerin zehirlenmesi ile meydana gelmiştir. Bu kaza CAST modeli ile beş aşamada incelenmiştir. İnceleme sonucunda ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- **Can Kaybı:** Kazada, arıtma tesisi kuyusunda meydana gelen gaz zehirlenmesi sonucunda toplam 7 kişi yaşamını yitirmiştir. Bu kayıplar, kaza sonucunda oluşan trajedik bir insan kaybını temsil etmektedir. Kazada ölen kişiler ilk kuyuya inenler ve ardından zehirlenen bu arkadaşlarını kurtarmak için kuyuya inenlerden oluşmaktadır.
- **Maddi Hasar:** Olay, atık su arıtma tesisindeki eksiklikler ve güvenlik açıklarından kaynaklandığı için maddi hasar da meydana gelmiştir. Tesisin operasyonlarındaki aksaklıklar, uzun vadede işletme maliyetlerine ve itibar kaybına neden olmuştur. Bunun yanında kamu denetimi eksikliğinin ortaya çıkması da kamu – özel kuruluşlar arasındaki işbirliğinin önemini gözler önüne sermiştir.
- **Sorumluluk ve Hukuki Sonuçlar:** Kazada yer alan taraflar arasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, X Bankası, Muğla Büyükşehir Belediyesi, GÜ Belediyesi, A şirketi A.Ş. yönetim kurulu üyeleri, işletme müdürü, bulunmaktadır. İşletme yönetimi, tesiste bir otomatik süreç kontrol sistemi kurmamıştır. Bu durum atık su kuyusunda metan gazı fazlalığını tespit etmeyi önlemiştir. Çalışanlar ise bilinçsiz bir şekilde arkadaşlarını kurtarmak için koruyucu ekipman olmadan kuyuya girmiştir. Bu durum ölümleri artırmıştır. Kamu kurumları ise havalandırma sisteminin kapatılması ile ilgili denetim yapmamış, çok tehlikeli olan bu tesisi denetlememiştir.
- **Güvenlik Kontrol Yapısında Eksikliklerin Ortaya Çıkması:** CAST modellemesi çerçevesinde, güvenlik kontrollerindeki eksikliklerin analizi sonucunda, atık su arıtma tesisinin güvenlik kontrol yapısının yetersiz

olduğu ve kazanın bu eksikliklerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışanın güvenlik önlemi olmaksızın atık su kuyusuna inmesi, kazanın diğer nedenleri arasındadır.

- Önleme İçin Öneriler: Kazadan çıkarılan dersler doğrultusunda, benzer olayların önlenmesi için çeşitli öneriler getirilmiştir. Bu öneriler, güvenlik kontrollerinin güçlendirilmesi, eğitim programlarının artırılması, düzenli denetimlerin yapılması gibi alanlarda odaklanmaktadır.

Araştırma sonuçlarından hareketle şu öneriler sunulabilir:

- İşyerindeki potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve risklerin değerlendirilmesinin düzenli aralıklarla yapılarak zehirli gaz ölçümleri hassasiyetle uygulanmalıdır.
- Çalışanlara düzenli olarak iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmeli ve acil durum prosedürleri konusunda çalışanlar bilinçlendirilmelidir. Bu, çalışanların riskleri tanımalarına ve güvenli çalışma uygulamalarını benimsemesine yardımcı olabilir.
- İşyerinin fiziksel düzenlemesi, tehlikelerin en aza indirilmesine yardımcı olabilir. Örneğin, gaz sızıntılarına karşı etkili bir havalandırma sistemi kurulabilir veya tehlikeli alanlara erişimi sınırlayan güvenlik önlemleri alınabilir.
- İşyerinde acil durumlar için hazırlıklı olmak önemlidir. İşçilere acil durum ekipmanlarının kullanımı konusunda eğitim verilmeli ve acil durum tatbikatları düzenlenmelidir.
- İşletme, düzenli olarak güvenlik denetimleri gerçekleştirmeli ve eksiklikleri gidermek için gerekli iyileştirmeleri yapmalıdır. Bu, tesisin güvenlik standartlarını sürekli olarak yükseltecek ve potansiyel riskleri azaltacaktır.
- İşletme, kamu denetimleri ve düzenlemelerine tam uyum sağlamalı ve düzenli olarak işbirliği yapmalıdır. Bu, işletmenin güvenlik performansını artırırken aynı zamanda kamuyla olan ilişkilerini güçlendirecektir.
- İşletme, potansiyel riskleri belirlemeli ve etkili bir risk yönetim planı oluşturmalıdır. Ayrıca uygun sigorta politikalarıyla maddi kayıpların en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

- İşletme olarak otomatik Elavator sistemi olmalı ve olmaması durumunda derhal işletmenin kapatılması için yasal süreç başlatılmalıdır.



KAYNAKLAR

- Ackoff, R.L. (1971). Towards a system of systems concepts. *Management Science*, 17(11), 661–671.
- Adem, A. (2022). İş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan risk analizi tekniklerinin değerlendirilmesi için bir rehber önerisi. *Politeknik Dergisi*, 25(3), 1319-1328. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1114897>
- Adıgüzel İ. (2019) Atık su Arıtma Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Akı, E. (2014). 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu ve çalışma yaşamına etkileri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 15 (Özel Sayı), 3-24.
- Altabbakh, H., AlKazimi, MA, Murray, S. and Grantham, K. (2014). STAMP–Holistic system security approach or another risk model? *Journal of loss prevention in process industries*, 32, 109-119.
- Anayasa Mahkemesi (2019). T.C. Anayasa Mahkemesi. Erişim adresi: <https://kararlarbilgibankasi.anayasa.gov.tr/BB/2019/7923>.
- Baloğlu C. (2013) İşverenlerin iş sağlığı ve güvenliği yükümlülükleri ve aykırılık hallerinde uygulanacak yaptırımlar, *Kamu-İş*, 13(2): 297-312.
- Bayraktaroğlu, S., Mustafa, M., & Atay, E. (2018). Çalışanlarda iş güvenliği ve iş kazası algısı: mavi yakalılar üzerine bir araştırma. *Uluslararası Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(9), 1-15.
- Bünger J., Schappler-Scheele B., Hilgers R., Hallier E. (2007). A 5-year followup study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(4): 306-312.
- Checkland, P. (1981). *Systems thinking, systems practice*. New York: John Wiley & Sons.
- Çakır H.A. (2015) OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kapsamında Otel Mutfaklarının Ergonomik Açısından İncelenmesi: Bir Uygulama, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Çırpan M. (2016) Risk Değerlendirmesi; Bir Üniversite Uygulaması, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Demir, K. (2020). Çalışanların 6331 sayılı kanundan doğan yükümlülükleri ve yükümlülükleri ihlalin sonuçları. *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi*, 10(2), 393-412.
- Düzgün, HS and Leveson, N. (2018). Analysis of soma mine disaster using causal analysis based on systems theory (CAST). *Security science*, 110, 37-57.
- Eken G. (2011) İş Kazalarını Önlemede İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Etkinliği: Perakende Sektöründe Bir Uygulama, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Emrem O.Ü. (2018) Avrupa Birliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürünün Gelişimi ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğinin Düzeyi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Eyrenci, Ö., Taşkent, S. ve Ulucan, D. (2005). *Bireysel iş hukuku*. İstanbul: Legal Yayıncılık.
- Göymen, Y. (2021). Atık su arıtma tesislerinin iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 204-210...

- Gül T. (2019) İş Sağlığı ve Güvenliği Önlisans ve Lisans Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgi Düzeylerinin Karşılaştırılması, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güler H.E. (2017) Belediyelerde İş Sağlığı ve Güvenlik Sistemi Akışı Süreci-Toroslar Belediyesi Örneği / Belediye İş Sağlığı ve Güvenliği Süreci-Toroslar Belediyesi Örneği, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Gümüş B. (2016) Okullarda İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları ve Öğretmenlerin Bu Konudaki Bilgi Düzeylerinin İrdelenmesi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güner, E. D. (2017). Biyolojik atık su arıtma tesisi çevresel risk analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 476-480.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- Karacan, E. ve Erdoğan, Ö.N. (2011). “İşçi sağlığı ve iş güvenliğine insan kaynakları yönetimi fonksiyonları açısından çözümsel bir yaklaşım.” *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21):102-116.
- Kim, TE, Nazir, S. ve Øvergård, KI (2016). A STAMP-based causal analysis of the Korean Sewol ferry accident, *Saf. Sci.* , 83 , 93-101.
- Leveson, N. (1995). *Safeware*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Leveson, N. (2009). *System Safety Engineering: Back to the Future (tentative title), unpublished draft*. Erişim adresi: <http://sunnyday.mit.edu/book2.htm>
- Leveson, N. (2011) Applying systems thinking to analyze and learn from events, *Saf. Sci.* 49(1), 55–64.
- Leveson, N. (2012). *Engineering a safer world: systems thinking applied to safety*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Leveson, N. (2018). *CAST handbook: how to learn more from incidents and accidents*. Nancy G. Leveson. <http://sunnyday.mit.edu/CAST-Handbook.pdf> accessed.
- Li, F., Wang, W., Xu, J., Dubljevic, S., Khan, F., and Yi, J. (2020). CAST-based causal analysis of the devastating underground pipeline gas explosion in Taiwan. *Engineering failure analysis* , 108 , 104343.
- Ozay, M.E., (2022), Cast application: A case study of Capeco multiple tank explosion, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 10(1), 74-83
- Özaslan B. (2011) İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerde Bir Araştırma, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Özel, K. (2004). *İş sağlığı ve güvenliği*. İstanbul: İstanbul Barosu Yayınları.
- Özkars A. (2010) Sivas Atık su Arıtma Tesisi İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sisteminin Oluşturulması, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Özkars, A., & Yıldız, M. (2013). Türkiye’deki atık su arıtma tesislerinin iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(3), 254-261.
- Özkılıç, Ö. (2005). *İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Federasyonu.