

**T.C.**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**BÜYÜK ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE KAZA RİSKLERİNİN VE KÖK**  
**NEDENLERİN TESPİTİ:**  
**ATMOSFERİK DİSTİLASYON KOLONU ÖRNEĞİ**

Uzmanlık Tezi

Begüm Doğan

ANKARA-2015

**T.C.**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**BÜYÜK ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE KAZA RİSKLERİNİN VE KÖK**  
**NEDENLERİN TESPİTİ:**  
**ATMOSFERİK DİSTİLASYON KOLONU ÖRNEĞİ**

Uzmanlık Tezi

Begüm Doğan

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Metin Dağdeviren

ANKARA-2015

**T.C.**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**Büyük Endüstriyel Tesislerde Kaza Risklerinin ve Kök Nedenlerin Tespiti:**

**Atmosferik Distilasyon Kolonu Örneği**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlığı Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Metin Dağdeviren

Tez Jürisi Üyeleri

**Adı ve Soyadı**

**İmzası**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tez Sınavı Tarihi .....

## TEŞEKKÜR

1 Mart 2012 tarihinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzman Yardımcısı olarak memuriyet görevine başladığım üç yıllık hazırlık dönemimi tamamlamış bulunup, “Büyük Endüstriyel Tesislerde Kaza Risklerinin ve Kök Nedenlerin Tespiti: Atmosferik Distilasyon Kolonu Örneği” isimli uzmanlık tez çalışmamı sunmaktayım.

Uzmanlık tezimi hazırlamamda gözstermiş oldukları destekler için başta Merkez Başkanım Sayın İsmail Akbıyık olmak üzere, Merkez Başkan Yardımcısı Sayın Dr. Ali İhsan Sulak’a, meslek hayatındaki tecrübesinden ve ışık tutan yorumlarından yararlandığım tez danışmanım Doç. Dr. Metin Dağdeviren’e, yoğun çalışma temposuna rağmen desteğini esirgemeyen, tez süresince bilgi, yazılı kaynak paylaşımı sağlayan İş Müfettişi Sayın Abdurrahman Akman’a, birlikte çalışmanın hayatımın en güzel deneyimlerinden biri olduğu ve saha çalışmaları sırasında rehberliğini, desteğini esirgemeyen Sayın Gözde Türk, Kadir Dağdemir, Metin Tüfekçioğlu, Volkan Durukan ve Hüseyin Yılmaz’a, tezime iyileştirme süresince sayısız tartışmalarla desteklerini ve önerilerini esirgemeyen kıymetli çalışma arkadaşlarıma, ayrıca tez dönemi süresince zamanlarından çaldığım değerli aileme, kıymetli eşime ve biricik kızlarım Zeynep Ece ve Beyza Ceren’e sonsuz sevgileri, hoşgörülerini ve bu zor süreçte sundukları destekleri için teşekkürü bir borç bilirim.

Büyük endüstriyel kazalar sonucu hayatını kaybedenlerin ve  
yakınlarının anısına...

# İÇİNDEKİLER

<b>TABLolar</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1.Çalışmanın Amacı.....	4
1.1.Çalışma Yöntemi ve Planı .....	5
<b>2 GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>7</b>
2.1. Büyük Endüstriyel Kaza Tanımı.....	7
2.2. Seveso Direktiflerinin Gelişimi .....	9
2.3. Seveso III Direktifinin Getirdiği Yenilikler.....	14
2.4. Seveso Direktifleri Kapsamında Yer Alan Tesisler.....	19
2.5. Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye’de Endüstriyel Tesisler ve Faaliyet Gösterilen Sektörler.....	21
2.6. Büyük Endüstriyel Kazaların Sektörlere Göre Dağılımları .....	26
2.7. Büyük Kimyasal Kazaların Nedenleri .....	31
2.7.1. Atmosferik Distilasyon Kolonunda Meydana Gelen Kazaların Nedenleri ve Kök Nedenleri.....	44
2.8. Kazaların Önlenmesi için Seveso Direktifleri Kapsamında Endüstriyel Tesislerin Yükümlülükleri.....	47
2.8.1.Büyük Kaza Önleme Politika Belgesi .....	50
2.8.2.Güvenlik Raporları .....	52
2.8.3.Dâhili ve Harici Acil Durum Planları .....	57
2.8.4.Güvenlik Yönetim Sistemi.....	63
2.8.5.Tehlikelerin, Risklerin ve Kök Nedenlerin Belirlenmesi .....	68
<b>3 MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>72</b>
3.1.Araştırmanın Tipi ve Amacı .....	72
3.2.Araştırmanın Zamanlaması .....	72
3.3. Seçim Kriterleri.....	73
3.4. Araştırma Soruları.....	73
3.5. Sınırlılıklar .....	74
3.6. Materyal .....	74
3.6.1. İşletmenin Faaliyetleri .....	74
3.6.2. Risk Değerlendirme Ekibi.....	83

3.7. Metot .....	86
3.7.1. Yarı Kantitatif Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP).....	86
3.7.2. Atmosferik Distilasyon Kolonunda Yarı Kantitatif HAZOP Analizi .....	94
3.7.3. Hata Ağacı Analizi (FTA) .....	96
3.7.4. Atmosferik Distilasyon Kolonunda Hata Ağacı Analizi.....	99
<b>4 BULGULAR.....</b>	<b>101</b>
4.1. Yarı Kantitatif HAZOP Analizi Bulguları .....	101
4.1.1. Düğümlerin belirlenmesi ve tanımlanması .....	102
4.1.2. Düğümlerde tespit edilen sapmalar.....	104
4.1.3. Düğümlerdeki Sapma Nedenleri .....	106
4.1.4. Tespit Edilen Kaza Riskleri .....	108
4.1.5. Yarı kantitatif risk analizi sonuçları.....	110
4.1.6. Mevcut bariyerlerin ve önerilerin belirlenmesi .....	115
4.1.7. Önerilerin uygulanması sonucu HAZOP çalışmasının tekrar edilmesi....	117
4.2. Hata Ağacı Analizi Bulguları.....	119
4.2.1. Tepe Olayların Seçimi .....	119
4.2.2. Kök Nedenlerin Belirlenmesi ve Gruplandırılması .....	120
<b>5 GENEL DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>131</b>
5.1. Sonuç .....	133
5.2. Öneriler .....	136
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>143</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>154</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>155</b>
EK I.....	155
EK II .....	156
EK III .....	157
EK IV .....	158
EK V .....	159
EK VI.....	161
EK VII.....	162
EK VIII .....	163
EK IX .....	164
EK X .....	165

EK XI.....	166
EK XII.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>168</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>169</b>



## TABLolar

<b>Tablo 1.</b> 1272/2008 sayılı direktif yükümlülükleri ve başlangıç tarihleri.....	13
<b>Tablo 2.</b> Seveso III direktifinde endüstri kuruluşları için zorunlu tutulan hükümler.....	15
<b>Tablo 3.</b> Kimyasal endüstrilerde kazaya sebep olan temel faktörler .....	32
<b>Tablo 4.</b> Kimyasal kazaların nedenleri .....	34
<b>Tablo 5.</b> Veri tabanlarına göre kimyasal kazalarda Natech olayların yüzdeleri .....	35
<b>Tablo 6.</b> Domino kazalarında tehlikeli maddeler .....	38
<b>Tablo 7.</b> Yönetmelik kapsamındaki işletmelerin yükümlülükleri.....	49
<b>Tablo 8.</b> Büyük kazaların önlenmesi için belirlenen gereksinimler ve eylemler .....	62
<b>Tablo 9.</b> Tesisteki büyük kaza güvenlik yönetim sistemi elemanlarındaki kusurlar sebebiyle oluşan kazaların sıklığı.....	65
<b>Tablo 10.</b> Bariyer olan işletmelerde, güvenlik yönetim sisteminde oluşan hatalarla bağlantılı olan kaza sayısı .....	66
<b>Tablo 11.</b> Ham petrol distilasyon ünitesinde elde edilen ürünler .....	79
<b>Tablo 12.</b> Risk hiyerarşi tablosu.....	85
<b>Tablo 13.</b> HAZOP proses parametreleri.....	88
<b>Tablo 14.</b> Kılavuz kelimeler ve anlamları.....	89
<b>Tablo 15.</b> HAZOP sapma matrisi.....	90
<b>Tablo 16.</b> HAZOP'un güçlü ve zayıf yanları .....	92
<b>Tablo 17.</b> Hata ağacı analizinde kullanılan semboller ve anlamları .....	98
<b>Tablo 18.</b> Hata ağacının güçlü ve zayıf yanları.....	99
<b>Tablo 19.</b> Distilasyon kolonunda meydana gelebilecek kazaların oluşma nedenleri.....	100
<b>Tablo 20.</b> Düğümlere ilişkin sayısal veriler .....	102
<b>Tablo 21.</b> Düğüm ve ekipman tablosu .....	104
<b>Tablo 22.</b> Kılavuz kelimeler ve proses parametrelerin birlikte kullanımı .....	105
<b>Tablo 23.</b> Düğümlere ilişkin olası sapmalar tablosu.....	105
<b>Tablo 24.</b> Sapma nedenlerinin dağılımı .....	106
<b>Tablo 25.</b> Kaza risklerinin dağılımı .....	109
<b>Tablo 26.</b> Risk seviyelerine göre orta ve yüksek seviyedeki bazı kaza riskleri.....	110
<b>Tablo 27.</b> Kaza risklerinin risk kategorileri açısından dağılımı .....	111
<b>Tablo 28.</b> İnsan üzerinde etkili risklerin dağılımı .....	112
<b>Tablo 29.</b> Çevre üzerinde etkili risklerin dağılımı .....	113
<b>Tablo 30.</b> Varlık üzerinde etkili risklerin dağılımı.....	114
<b>Tablo 31.</b> Asiyon listesi.....	118
<b>Tablo 32.</b> Seçilmiş olan tepe olaylara ilişkin bilgiler.....	119
<b>Tablo 33.</b> Tepe olayların gerçekleştiği düğümler ve ilgili kısımlar .....	120
<b>Tablo 34.</b> Kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek nedenlerin dağılımı	121
<b>Tablo 35.</b> HPDK'da gerçekleştirilen FTA sonuçlarının bir kısmı .....	123
<b>Tablo 36.</b> Kolon tepe hattında patlama oluşmasına sebep olabilecek kök nedenlerin yüzde dağılımları.....	127
<b>Tablo 37.</b> Atmosferik distilasyon kolon dip hattında gerçekleştirilen FTA sonuçlarının bir kısmı.....	129

## ŞEKİLLER

Şekil 1. Kimyasalların sınıflandırılması, etiketlenmesi ile ilgili değişiklikler .....	13
Şekil 2. AB üye devletlerinde Seveso Kuruluşlarının yıllara göre dağılımı .....	22
Şekil 3. AB ülkelerindeki Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımı.....	23
Şekil 4. Türkiye'de Seveso Kuruluşlarının coğrafik dağılımı.....	24
Şekil 5. Türkiye Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımı.....	25
Şekil 6. Türkiye ve AB Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımlarının karşılaştırması....	26
Şekil 7. Sektörlere göre büyük kaza frekansları .....	27
Şekil 8. Hidrokarbon sektöründe yer alan sektörlerle ilişkin varlık hasarı yüzde dağılımı	30
Şekil 9. 1994 - 2004 arasında AB ülkelerinde olan MARS sistemine kayıtlı kazaların sektörlere göre dağılımı .....	29
Şekil 10. Yunanistan'da petrokimya sektöründe oluşmuş kazaların yüzde dağılımları ....	33
Şekil 11. Sel felaketinin tetikleyici olduğu olaylarda yer alan maddeler .....	36
Şekil 12. Domino etkisinde tetikleyici olay örneği .....	37
Şekil 13. Kazaların yıllara göre dağılımı .....	39
Şekil 14. Büyük Kimyasal Kazaların nedenlerine ilişkin balık kılıcı modeli .....	43
Şekil 15. Distilasyon kolonunda en sık rastlanılan kaza nedenlerinin yüzde dağılımları .	45
Şekil 16. Petrol rafineri proses akış şeması .....	76
Şekil 17. Atmosferik distilasyon ünitesi proses akış diyagramı .....	78
Şekil 18. HAZOP düğüm seçim örneği .....	91
Şekil 19. Nitel hata ağacı analizinin aşamaları.....	97
Şekil 20. Atmosferik distilasyon kolonuna ilişkin P&ID .....	103
Şekil 21. Sapmaların nedenlerine göre yüzde dağılımları .....	107
Şekil 22. Kaza risklerinin/olası sonuçların yüzde dağılımları .....	109
Şekil 23. İnsan, varlık, çevre ve itibar üzerinde etkili risklerin dağılımı .....	112
Şekil 24. İnsan üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımı .....	113
Şekil 25. Çevre üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımı .....	114
Şekil 26. Varlık üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımı.....	115
Şekil 27. HAZOP önerilerinin yüzde dağılımı .....	117
Şekil 28. HAZOP formu bölüm 8.8.1 .....	121
Şekil 29. Kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek kök nedenlerin yüzde dağılımı.....	122
Şekil 30. Tepe Olay 1 (E1) için oluşturulan hata ağacının bir kısmı.....	124
Şekil 31. HAZOP Formu bölüm 3.6.1 .....	125
Şekil 32. Kolon tepe hattında patlama oluşmasına etki eden kök nedenlerin yüzde dağılımları.....	127
Şekil 33. Tepe Olay 2 (E2) için oluşturulan hata ağacının bir kısmı.....	130

## KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AEK	Avrupa Ekonomik Komisyonu
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFPM	Amerikan Akaryakıt ve Petrokimya Üreticileri
AIChE	Amerikan Kimya Mühendisleri Enstitüsü
AK	Avrupa Komisyonu
ANSI	Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü
API	Amerikan Petrol Enstitüsü
ARIA	Kaza Araştırma İnceleme Bilgi Bankası
AS/NSZ	Austuralya/ Yeni Zelanda
BEKÖH	Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik
BKÖP	Büyük Kaza Önlem Politika Belgesi
BM	Birleşmiş Milletler
CCPS	Amerikan Kimya Proses Güvenliği Merkezi
CFR	Federal Kayıt Kodu
CLP	Tehlikeli Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırması, Etiketlenmesi ve Paketlemesi
ÇASGEM	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi
CSB	Amerika Birleşik Devletleri Kimyasal Güvenlik Kurulu
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DCS	Bilgisayarlı Kontrol Sistemi
DFU	Tanımlanmış Tehlike ve Kaza Koşulları
DOE	ABD Enerji Bakanlığı
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EC	Avrupa Komisyonu
EN	İngilizce
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
ESDV	Acil Kapatma Vanaları
FACT	Kimyasal ve Endüstriyel Kaza Veri Tabanı
FTA	Hata Ağacı Analizi
FPS	Yangın Koruma Stratejisi
GHS	Küresel Uyumlaştırılmış Sistem
GYS	Güvenli Yönetim Sistemi
HAZID	Tehlike Tanımlama
HAZOP	Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi
HDÜ	Ham Petrol Distilasyon Ünitesi
HPDK	Ham Petrol Distilasyon Kolonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisler Enstitüsü
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
LOPA	Koruma Katmanları Analizi
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MARS	Büyük Kaza Bildirim Sistemi
MHIDAS	Büyük Hasarlı Kazalar Bilgi Servisi

MOC	Değişim Yönetimi
MSDS	Malzeme Bilgi Güvenlik Formu
NHS	İskoçya Ulusal Sağlık Hizmetleri Kurulu
NIOSH	Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü
OSHA	ABD İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu
P&ID	Boru Hatları ve Enstrüman Çizimi
PHA	Proses Tehlike Analizi
PFD	Proses Akış Diyagramı
PSA	Norveç Petrol Güvenlik Kurumu
PSM	Süreç Güvenliği Yönetimi
PSV	Proses Güvenlik Vanası
REACH	Kimyasalların Tescillendirilmesi, Değerlendirilmesi, Ruhsatlandırılması ve Kısıtlanması
RMS	Risk Yönetim Sistemi
RP	Tavsiye Kodu
SPIRS	Seveso Kuruluşu Bilgi Alma Sistemi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UK	Birleşik Krallık
ZEMA	Tesislerindeki Kaza ve Hasarlarla İlgili Merkezi Raporlama Sistemi

# 1 GİRİŞ

Yeni kimyasalların keşfi, teknolojik gelişmeler ve endüstrideki karmaşık üretim yöntemlerinin daha da artması, çalışma hayatına yönelik risklerin çoğalmasına sebebiyet vererek yeni riskleri de beraberinde getirmiştir. İtalya'nın Seveso kasabasında 1976 yılında endüstriyel bir tesiste meydana gelen kaza, büyük kazaların önlenmesi alanında çalışmaların başlatılması açısından kilometre taşı olmuştur. Bu elim kaza sonrası Avrupa Komisyonu tarafından kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için çıkarılan direktifler, Seveso direktifleri olarak isimlendirilmiştir. Direktiflerde güncellemelere gidilmesine ve ek önlemler alınmasına rağmen, günümüzde halen büyük kazalar yaşanmaya devam etmiştir.

Geçmişte gerçekleşen büyük endüstriyel kazalar incelendiğinde, meydana gelen büyük kazaların yaklaşık % 30'unun rafinerilerde gerçekleştiği ve risklerin aynı sıklık ve zararlı etkileri gösterme eğilimde olduğu tespit edilmiştir (Kister, 1997: 565 – 567; Hirschberg S., Spiekerman G., Dones R, 1998; Sales, Mushtaq, ve Christou, 2007; EC, 2008; Nolan, 2015).

Petrol rafinerilerinde yanıcı etkisi bulunan hidrokarbonların yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta işlenmesi esnasında, kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik tedbirlerin eksik alınması ve birbirini tetikleyen sebepler sonucunda kazalar oluşabilmekte, kaza anında veya sonrasında etkisi uzun yıllara uzanabilecek ve toplumun önemli kısmını etkileyebilecek büyük kaza riskleri ortaya çıkabilmektedir. Kimyasal kazalar sırasında oluşan reaksiyonlar, geniş çaplı sızıntılar, yangınlar,

patlamalar gibi kontrolsüz birçok fiziko kimyasal işlem, bir dizi olayı başlatır ve anlık veya birikimli etkisi sebebiyle hem canlılar hem de çevre üzerinde kısa ve uzun vadeli etkilerin oluşmasına sebep olur. *Mina Al-Ahmadi (Kuveyt, 2000), Karlsruhe (Almanya, 2004), Teksas (Amerika Birleşik Devletleri, 2005 ve 2008) ve Fort McMurray (Alberta, 2003, 2011)* gibi rafineri kazaları büyük kazaların olası ciddi sonuçlarını göstermesi açısından oldukça önemlidir (EC, 2008: 2).

Petrol rafinerilerinde üretilen mamüllerin ve ara ürünlerin birçok endüstri kolunda ve günlük hayatta sahip olduğu önem neticesinde, bu ürünlere talebin çok yüksek olması ve sürekli artması, büyük operasyon riski barındıran rafinerilerin tam kapasite çalışmaları sonucunu doğurmaktadır. Büyük kazaların oluşmasına sebebiyet verebilecek tehlikelerin çok olması ve iş yoğunluğunun en fazla olduğu alanlardan biri olması sebebiyle petrol rafinerilerinin güvenli işletimi zorunlu bir hal almaktadır.

Türkiye rafinerilerindeki toplam üretim miktarı, dünya rafinaj kapasitesinin % 0,5'ine denk gelmektedir (BP, 2014). Ülke genelinde toplam dört rafineri bulunmaktadır. Bu rafinerilerin kuruldukları yerler ve etrafında bulunan işletmeler göz önüne alındığında, meydana gelebilecek büyük bir kazanın, başta çalışanlar olmak üzere canlılar ve çevre üzerindeki etkileri çok büyük olacaktır. Bunun yanı sıra, böyle bir kazanın meydana gelmesi halinde ülke ekonomisi açısından da büyük zararlar oluşturması kaçınılmazdır. Bu sebeple rafinerilerin güvenli bir şekilde işletilmesinin sağlanması oldukça önemlidir.

Öte yandan Seveso kapsamındaki ülkelerde gerçekleşen kazalar incelendiğinde, meydana gelen büyük kazaların tehlike tanımlanması ve değerlendirilmesi aşamalarında oluşan hatalar ve risklerin tam ve gerçekçi olarak belirlenememesi sonucu meydana geldiği tespit edilmiştir (Buzzelli, 1990: 146 – 148; De Marchi, Ravetz ve Funtowicz, 1998; EPA, 1998; Kletz, 1999: 109; Arendt ve Lorenzo 2000: 3; White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012; Kidam, 2012,: 45, Okoh ve Haugen, 2014). Bu durum, tehlikelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi alanındaki çalışmaların büyük kazaları önleme açısından yeterli düzeyde olmadığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma; direktifler ve ilgili mevzuat kapsamında büyük endüstriyel kazaların önlenmesini sağlamak amacıyla ve meydana gelebilecek kazaların kısa ve uzun vadedeki etkilerinin azaltılması için tehlikelerin belirlenmesi ve risklerin değerlendirilmesine yönelik zorunlu kılınan çalışmalara katkı sağlamak için hazırlanmıştır. Büyük endüstriyel kazaların etkilerinin çok yönlülüğü nedeniyle, bu araştırma süresince yöntem olarak tümdengelim yaklaşımıyla çalışılmıştır. Bu çalışmada, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve sonuçlarının hafifletilmesi konusu genel itibarıyla çalışılmış; kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasının önemine binaen, yaşanan kazalar ve edinilen tecrübeler ışığında konuya ilişkin gelişmelere değinilerek literatürde bulunan çalışmalara yer verilmiş ve konu Seveso direktifleri kapsamında ele alınmıştır. Araştırma, faaliyet alanı petrol ve gaz endüstrisi olan bir petrol rafinerisindeki ham petrol distilasyon kolonunda olması muhtemel kaza risklerinin belirlenmesine ve büyük kazaya sebep olabilecek kaza risklerinin kök nedenlerinin tespitine yönelik yürütülecektir.

## 1.1. Çalışmanın Amacı

Çalışma aşağıdaki amaçlara yönelik olarak yürütülmüştür. Bu çalışmanın;

- Kısa vadedeki amacı; başta petrol ve gaz, kimya, petrokimya olmak üzere farklı endüstrilerde faaliyet gösteren ve yüksek operasyon riski taşıyan işletmelere güvenli çalışma koşullarının temini için, tasarım, kurulum ve işletim sırasında olası kaza risklerinin ve kök nedenlerin nasıl tespit edileceğine, atmosferik distilasyon kolonu örneğinde yarı kantitatif HAZOP ve hata ağacı analizleri uygulanmaları ile katkı sağlamaktır.
- Orta vadedeki amacı; büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması ile ilgili direktiflerin ve yasal düzenlemelerin Türkiye’de uyumlaştırılmasına ve uygulanmasına, dolayısıyla güvenli yönetim sistemlerinin Seveso kapsamındaki kuruluşlarda yerleşmesine ve gelişmesine katkı sağlamaktır.
- Uzun vadedeki amacı; Türkiye’de büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması alanında yürütülen çalışmalara ve yapılacak yasal düzenlemelere katkı sağlamaktır.



## 1.1. Çalışma Yöntemi ve Planı

Çalışmada Seveso direktifleri kapsamında büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması konusu genel bir şekilde ele alınmış, konuya ilişkin literatür incelenmiş ve uygulamada çalışılacak yöntemler seçilmiştir. Uygulama çalışması, bir petrol rafinerisi bünyesinde yer alan atmosferik distilasyon kolonunda iki aşamalı olarak yapılmıştır. İlk aşamada olası kaza riskleri tespit edilirken, ikinci aşamada büyük kazaya neden olabilecek risklerin kök nedenleri analiz edilmiştir.

Araştırma sırasında ilgili emniyet, çevre koruma şefleri ve müdürleriyle birlikte çalışılmış, tesisin tamamında saha gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Saha gözlemleri de iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada rafineri hakkında bilgi edinilirken, sonraki aşamada atmosferik distilasyon ünitesine (HDÜ) yoğunlaşmıştır. Masa başı çalışmalarda ve yapılan görüşmelerde prosese ilişkin bilgi, belge ve çizimler incelenmiş ve görüşmeler sonrasında HDÜ’de en tehlikeli senaryoları verebilecek ekipman olan atmosferik distilasyon kolonunda çalışılmaların yoğunlaştırılmasına karar verilmiştir. Araştırmada ilk olarak saha gözlemi, tesisin güvenli çalışma prosedürleri ve proseslerin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Literatür çalışmalarının derinleştirilmesi ile petrol rafinerisinde ilgili standartlar incelenmiş uygulamada yarı kantitatif HAZOP ve hata ağacı yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan planlama sonrası literatür çalışmaları ve saha çalışmaları sonucunda, büyük endüstriyel kazalara sebep olabilecek riskler belirlenmiş, daha sonra uygulama yapılan bölümlerde bu risklerin kök nedenleri tespit edilmiştir. Kaza risklerinin tespiti için karmaşık proseslerde ve kimya endüstrisinde en

çok kullanılan yöntem (Kletz T. A., 2010: 954; Nolan, 2015: 5) olması sebebiyle yarı kantitatif HAZOP (Hata ve İşletilebilirlik Analizi) yöntemi kullanılırken, kök nedenlerin tespitinde iyi sonuçlar elde edilen ve sık kullanılan bir yöntem olması sebebiyle FTA (Hata Ağacı Analizi) metodu ile çalışılmıştır (Dong ve Yu, 2005; Fan, Yi ve Bao, 2011; Xia, Li, Jiang ve Wang, 2012; Omidvari, Lavasani, ve Mirza, 2014; Labib, 2015; Debray B. et al., 2004; NASA, 2002).

Bu çalışma giriş, genel bilgiler, materyal metot, bulgular, sonuç ve öneriler olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. *Giriş* bölümünde; çalışmanın önemi, amacı, kapsamı, yöntemi ve planı; *genel bilgiler* bölümünde; büyük endüstriyel kazalar ile ilgili genel bilgiler, Seveso direktiflerine uyum süreci, sektör istatistikleri ve bu alanda yapılan daha önceki çalışmalardan örnekler sunulmuştur. *Materyal ve Metot* bölümünde ise, atmosferik distilasyon ünitesi ve kolonuna ilişkin bilgiler, proses bilgileri ve uygulanan risk analizi çalışmasında yararlanılan materyaller, kullanılan yöntemler ve bulguların elde edilmesi için yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde elde edilen bulgular verilmiştir. Son bölüm olan *Genel Değerlendirme* bölümünde ise, çalışmanın öne çıkan sonuçları ve büyük endüstriyel kazaların önlenmesine ve etkilerinin azaltılmasına ilişkin öneriler sunulmuştur.

## 2 GENEL BİLGİLER

### 2.1 Büyük Endüstriyel Kaza Tanımı

Yeni kimyasalların keşfi ve sanayileşme modern yaşamın ayrılmaz bir parçası olmuş, zararlı etkilerine rağmen insan hayatına sağladığı kolaylıklar nedeniyle kimyasalların kullanımı artarak devam etmiştir. Nüfusun hızlı büyümesi ihtiyaçların artmasına, ihtiyaçlardaki artma ise birçok kimyasalın hayatımıza girmesine, dolayısıyla büyük endüstriyel tesislerin kurulması sonucu zararlı kimyasalların üretilmesinde ve depolanmasında artış olmasına sebep olmuştur. Endüstriyel tesisler ürettikleri ürünler sebebiyle hayatı kolaylaştırmasının yanı sıra, insan sağlığı ve çevre için çok büyük riskleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu risklerin kontrol edilememesi neticesinde, canlı yaşamı ve çevre üzerinde kısa ve uzun vadede olumsuz etkilerinin görülebileceği büyük endüstriyel kazalar oluşmuştur (Reniers ve Cozzani, 2013: 1).

Literatürde yer verilen büyük kaza tanımlarına bakıldığında birçok farklı tanım olduğu görülmektedir. Avrupa Komisyonu'nun (AK) 96/82/EC sayılı direktifininin madde 3 "Tanımlar" bölümü 5. fıkrasında büyük kaza; "bir tesiste çalışma sırasında, kontrol edilemeyen gelişmelerden kaynaklanan, işletme içindeki ya da dışındaki insanların sağlığı ve çevre açısından hemen ya da daha sonra ciddi tehlikelerin oluşmasına yol açabilecek, bir ya da daha fazla tehlikeli madde sebebiyle büyük bir emisyon, yangın ya da patlama gibi bir olayın gerçekleşmesi" şeklinde ifade edilmektedir (EC, 1996).

Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre ise "endüstriyel kazalar çevrede hasara, can kaybına yol açan; tesis içinde etkilenenlerin dışında, tesis dışı alanlarda da olağanüstü

müdahale gerektirebilecek, olduğu anda ve sonrasında canlı yaşamında kısa veya uzun vadeli sağlık problemlerine neden olabilecek olaylar” olarak tanımlanmıştır (WHO, 2002: 1).

2012/18/EU sayılı direktifte madde 3 “Tanımlar” bölümünün 13. fıkrasında büyük kaza tanımı; “bir tesiste çalışma sırasında kontrol edilemeyen gelişmelerden kaynaklanan, işletme içinde ya da dışında bulunan insanların sağlığı açısından veya işletmenin bulunduğu çevrede derhal ya da daha sonra ciddi tehlikelerin oluşmasına yol açabilecek, bu direktif kapsamında bulunan bir veya daha fazla tehlikeli maddeyle ilişkili büyük bir emisyon, yangın ya da patlama gibi olayların gerçekleşmesi” şeklinde ifade edilmektedir (EC, 2012).

Uluslararası Petrol ve Gaz Üreticileri Birliği (IOGP) (IOGP, 2010), Amerika Birleşik Devleti’nin (ABD) İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA) ve ABD Çevre Koruma Ajansı’na (EPA) (US EPA ve OSHA, 1996) göre büyük kaza; “tesis içinde veya dışında insanların ölümüne, üç veya daha fazla kişinin hastanede tedavi görmesine ve 500.000 dolarlık ciddi hasara neden olan olay” olarak tanımlanmaktadır.

Proses endüstrisine özgü genel tek bir “büyük kaza” tanımlaması bulunmama ile birlikte Uluslararası Çalışma Örgütü (UÇÖ) (ILO, 1997), Birleşik Krallık (Legislation of UK, 1999) ve Avusturalya mevzuatı (The Commonwealth of Australia, 2007), AK (EC, 2008), İngiltere Sağlık ve Güvenlik Ajansı (HSE) (HSE, 2014), Norveç Petrol Güvenlik Kurulu (PSA) (PSA, 2010) tarafından büyük kaza genel bir ifade ile; “bir veya daha fazla tehlikeli madde sebebiyle büyük tehlike içeren bir faaliyet sırasında

oluşan derhal veya gecikmeli olarak işletmede çalışanlar, halk ya da çevre için ciddi tehlike oluşturan büyük çaptaki emisyon, yangın veya patlama olayları” şeklinde tanımlanmıştır.

Wells ise farklı tanımları bir araya getirerek büyük endüstriyel kazayı, “tehlikeli madde bulunduran tesis içinde en az üç kişinin ölümü veya en az beş kişinin ilk yardım veya hastanede tedavi gerektirecek şekilde yaralanması veya tesis dışında en az bir kişinin ölümü veya en az beş kişinin fiziksel olarak veya doğrudan etkilenmesiyle sonuçlanan kaza” olarak tanımlamıştır (Wells, 1997: 2).

Literatürde yer alan tanımlardan yola çıkarak büyük endüstriyel kaza, hemen veya gecikmeli olarak canlılar, çevre, varlık, işletme ve ülke itibarı üzerinde doğrudan ve dolaylı zararlı etkiler bırakan, tahmin edilemeyen, beklenmedik patlama, yangın, tehlikeli madde salınımı olan olay olarak tanımlanabilir.

## **2.2 Seveso Direktiflerinin Gelişimi**

Büyük endüstriyel kazaların geçmişte yaşanan olumsuz etkilerinin sonucunda, bu alanda düzenleme yapılması gerekliliği gündeme gelmiştir. Bu gereklilik sonucunda, çalışanların ve halkın sağlığını korumaya yönelik düzenlemeler yapılarak 27 Haziran 1967 tarihinde 67/548/EEC sayılı “Tehlikeli Maddelerin<sup>1</sup> Sınıflandırılması, Paketlenmesi ve Etiketlenmesi Direktifi” yayımlanmıştır (EC, 1967).

---

<sup>1</sup> Tehlikeli maddelere ilişkin Avrupa Kimyasal Ajansı'nın (ECHA) veri tabanı: <http://echa.europa.eu/search-chemicals>

Dünya genelinde tehlikeli madde ve karışımların farklı tanımlanması, sınıflandırması, etiketlenmesinden kaynaklanan karışıklıkların oluşturduğu sıkıntılar nedeniyle, Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 1992 yılında Rio Zirvesi'nde bu konu görüşülmüş ve karışıklıkları çözüme kavuşturmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Halkbank, 2009: 16). Küresel sınıflandırma ve etiketleme sisteminin geliştirilmesi ile AK tarafından 1999 yılında 1999/45/EC sayılı “Tehlikeli Karışımların Sınıflandırılması, Paketlenmesi ve Etiketlenmesi Direktifi” çıkarılmıştır (EC, 1999).

Kimyasalların kullanımıyla ilgili güvenli çalışma düzenlemelerinin yapılmasının yanı sıra endüstriyel tesislerde güvenli çalışma ile ilgili düzenlemeler de yapılmıştır. Daha önce yaşanan kazalar ve Seveso kazası, Seveso direktifleri olarak bilinen yasal düzenlemelerin çıkmasını hızlandırmıştır. İtalya'nın Seveso kasabasında 1976 yılında endüstriyel bir tesiste yaşanan teknik bir arıza sonucu oluşan dioksin salınımı, yaklaşık 40 bin kişinin bir kısmının hemen ölümüne, bir kısmının ise ağır derecede cilt yanıklarına yakalanmasına ve geri kalanların da en hafifiyle yüksek kanser riskine maruz kalmasına sebep olmuştur (Vesilind, Morgan ve Heine, 2012: 468). Seveso kazasının ardından endüstriyel kazalarda meydana gelen ölüm ve yaralanmaların sonuçları göz önünde bulundurularak, endüstriyel kazaların tekrar etmesi ve mevcut önlemlerin endüstriyel kazaları önlemede yetersiz kalmasından yola çıkılarak Avrupa ülkeleri tarafından 1982 yılında Seveso I olarak bilinen 82/501/EEC sayılı direktif kabul edilmiştir. Direktifte tanımlamalar yapılmış, tehlike kaynağı olabilecek önemli maddeler ve işlemler belirlenmiş, direktifin hangi işletmeler tarafından

uygulanacağıının yanı sıra kapsam dışı olan işletmeler belirlenerek büyük endüstriyel tesislerin çerçevesi çizilmiştir (EC, 1988).

Direktifin etkin şekilde uygulanması ve kapsamının geliştirilmesi için çevrenin korumasına yönelik ilgili ek şartlar, gelişmiş arazi kullanım planlaması, yeni yönetim sistemleri, kamunun bilgiye erişimini kolaylaştırıcı yükümlülükler, denetim gibi başlıkların eklenmesi ile 1996 yılında 82/501/EEC yeniden düzenlenmiş ve 96/82/EC sayılı “Tehlikeli Maddelerle İlgili Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif” (Seveso II Direktifi) kabul edilmiş ve 82/501/EEC sayılı direktifin yerini almıştır (EC, 1996).

Seveso II direktifinin ardından tehlikeli maddelerin depolanması, işlenmesi gibi faaliyetlerin olduğu işyerlerinde yaşanmaya devam eden kazalar, yeni düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Seveso II direktifinin kabulünden yedi yıl sonra uygulama sorunlarının ve eksikliklerin giderilmesi, uyumun güçlendirilmesi için Avrupa Komisyonu (AK) tarafından direktifin gözden geçirilmesi önerilmiştir (Leonard, 2013).

Tüm önleme çabalarına rağmen 2000 - 2001 yıllarında havai fişek üretimi yapan bir fabrikada (Enschede) ve amonyum nitrat üreten başka bir fabrikada (Toulouse) meydana gelen patlamalar sonucu yaşanan felaketler nedeniyle AK Seveso II direktifinin tekrar gözden geçirilmesi kararını almıştır (Vince, 2011). Enschede, Baia Mare ve Toulouse’da meydana gelen kazaların ardından Seveso II’nin kapsamı genişletilmiş, görülen aksaklıkların çözümü için ek çalışmalar yapılarak (Vince, 2011)

16 Aralık 2003 tarih ve 345/97 sayılı Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde (Eur - Lex) 2003/105/EC sayılı direktif yayımlanmıştır. Seveso II'deki patlayıcı ve yanıcı maddelere amonyum nitrat dahil edilerek kurallar güncellenmiş ve katılaştırılmıştır. Bununla birlikte daha önce kapsam dışı kalan işletmeler bu direktif ile alt seviyeli kuruluşlar olarak kabul edilirken, alt ve üst seviyeli kuruluşlar arasında da bazı yer değişiklikleri yapılması öngörülmüştür (EC, 2003).

31 Aralık 2008 tarihinde 1272/2008 sayılı "*Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması*" (CLP) direktifinin yayımlanması ile kimyasal maddelerin sınıflandırılmasının düzenlendiği 67/548/EEC Tehlikeli Maddeler Direktifi, 1999/45/EC Tehlikeli Karışımlar Direktifi ve 1907/2006/EC sayılı Tüzükte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik yayımdan kaldırılmıştır. Madde ve karışımların sınıflandırma, etiketleme ve ambalajlanması hakkındaki AB'nin bu yeni direktifi, BM'nin sınıflandırma ve etiketlemede "Küresel Uyumlaştırılmış Sistem" (GHS) kriterlerine uyumlu şekilde hazırlanarak, kapsama dâhil olmayan bazı tehlike sınıfları da kapsama alınmış ve GHS'nin ilkeleri ortaya konulmuştur. CLP yönetmeliğinin 16. maddesine göre; ilgili maddelerin ve karışımların sınıflandırılması, tehlikelerin belirlenmesi sorumluluğu sadece üreticiye ait olmayıp, dağıtıcılar, tedarik zincirindeki ithalat ve ihracatçılardan son kullanıcıya kadar tüm kişiler ve kuruluşlar madde ve karışımların tehlikelerini ilgili otoritelere bildirmek zorundadırlar (Euro-Lex, 2008).

CLP/1272/2008 sayılı direktifle Kimyasalların Tescillendirilmesi, Değerlendirilmesi, Ruhsatlandırılması ve Kısıtlanması (REACH) hükümleri çerçevesinde maddelerin













sınıflandırması yapılmıştır. Tablo 1’de direktifte yer verilen yükümlülükler ve yükümlülüklerle dair başlangıç tarihleri sunulmuştur.

**Tablo 1.** 1272/2008 sayılı direktif yükümlülükleri ve başlangıç tarihleri

Yükümlülük	Başlangıç Tarihi
Maddelerin tekrar sınıflandırılması	1 Aralık 2010
Piyasada bulunan tehlikeli maddelerin etiketlenmesi	1 Aralık 2012
Karışımların CLP’ye göre sınıflandırılması	1 Haziran 2015
Piyasada bulunan maddelerin tekrar etiketlenmesi ve yeniden paketlenmesi	1 Haziran 2017

İlgili direktifle daha önce kullanılmakta olan semboller yenilenmiştir R (risk), S (güvenlik) harf sembolleri yerlerini H (zararlılık) ve P (önlem) ifadelerine bırakmıştır. (Şekil 1). 67/548/EEC ile 99/45/EC direktiflerinin yürürlükten kalkması ve yeni bir etiketleme sisteminin (GHS) geliştirilmesi, Seveso II direktifinde de güncelleme yapılması gereğini doğurmuştur (Leonard, 2013).

Eski semboller	GHS ve CLP ye göre yeni semboller	Eski Harflendirmeler	Yeni Harflendirme
	 	R	H
			
			
	 	S	P

**Şekil 1.** Kimyasalların sınıflandırılması, etiketlenmesi ile ilgili değişiklikler

Bununla birlikte daha sağlıklı ve yaşanabilir bir çevrede günümüz ve gelecek nesillerin yaşam haklarının korunmasına katkı sağlanması, çevresel konularda bilgi ve belgeye ulaşım, verilecek kararlarda halkın karar sürecine katılımı ve yargıya başvurma konularını ele alan ve 30 Ekim 2001 tarihinde yürürlüğe giren “evresel Konularda Bilgiye Erişim, evresel Karar Verme Sürecine Halkın Katılımı ve Yargıya Başvuru Sözleşmesi” (Aarhus Sözleşmesi) de (Güneş, 2011: 299) bir anlamda çevresel konularda eksiklikleri bulunan Seveso II direktifinin yeniden düzenlenmesi görüşünü kuvvetlendirmiştir (Leonard, 2013).

Tüm bu gerekçeler sonucunda, Seveso II direktifinde güncellemeye gidilerek 4 Temmuz 2012 tarihli Avrupa Birliği Resmi Gazetesi’nde yayımlanan 2012/18/EEC sayılı Seveso III Direktifi, 26 Haziran 2012 tarihinde AB Bakanlar Konseyi’nde kabul edilmiştir (EC, 2012). 1 Haziran 2015 tarihinde AB lkelerinde Seveso II direktifi kaldırılmış ve Seveso III yürürlüğe girmiştir (EC, 2015).

### **2.3 Seveso III Direktifinin Getirdiği Yenilikler**

Seveso II direktifinde yalnızca tehlikeli maddelerin mevcudiyeti ve firmalara ilişkin tesis içi tehlikelerin tanımlanması yapılırken, yenilenen direktifte bunlara ilaveten kullandıkları tehlikeli maddeler nedeniyle büyük endüstriyel kazalara sebep olabilecek riskleri arttıran tesislerin veya tesis gruplarının konumlarının tanımlanması ve kayıt altına alınması, yerleşim yerlerine yakınlıkları nedeniyle büyük bir kazanın meydana gelme olasılığının artmasının değerlendirilmesi, halkın güvenli bilgiye erişimi ve karar

alma adımlarında daha etkili şekilde yer alması ile denetim mekanizmalarının daha sıkı kurallara tabi olması gibi birçok bileşen ele alınmıştır.

Seveso III direktifinde alt ve üst seviyeli kuruluşlara çeşitli ek yükümlülükler getirilmiştir. Seveso II direktifinde kuruluşların acil durum planı hazırlama ve uygulama sorumluluğu bulunurken (EC, 1996), Seveso III'te temel gereklilikler aynı olup alt seviyeli kuruluşlara bazı ek gereklilikler getirilmiştir. Buna göre alt seviyeli kuruluşların dahili acil durum planlarını daha net ve uygulanabilir şekilde hazırlamaları gerekmektedir. Üst seviyeli kuruluşların güvenlik raporu hazırlama zorunluluğu devam ederken, büyük endüstriyel kaza önleme politikasının (BKÖP) kaza tehlikeleri ile orantılı olması ve devletin bu politikanın işletmede uygulandığından emin olması istenmektedir (EC, 2012). Tablo 2'de Seveso III'te, kuruluşlar için zorunlu tutulan hükümler sunulmuştur.

**Tablo 2.** Seveso III direktifinde endüstri kuruluşları için zorunlu tutulan hükümler<sup>2</sup>

Zorunluluklar	Alt Seviyeli Kuruluşlar	Üst Seviyeli Kuruluşlar
Bildirim	√	√
Büyük Kaza Önleme Politika Belgesi ve GYS	√	√
Tehlike Belirleme ve Risk Değerlendirmesi	√	√
Dahili Acil Durum Planları	~ <sup>3</sup>	√
Harici Acil Durum Planları Hakkında Kamuoyunu Bilgilendirme	~	√
Güvenlik Raporları	×	√
Halkı Bilgilendirme	×	√
Planlama Otoritelerini Bilgilendirme	√	√
Tesis içinde Domino Etkisinin Değerlendirilmesi	√	√

<sup>2</sup><http://www.engineersireland.ie/EngineersIreland/media/SiteMedia/groups/Divisions/fire-safety/Seveso-III-Directive-implications-for-Irish-Industry.pdf?ext=.pdf>

<sup>3</sup> Kısmen (~)

Seveso III direktifinde belirtildiği üzere tehlikeli madde bulunduran, işleyen veya depolayan tesislerin, olası büyük kazaları önlemeye yönelik tedbirleri alarak kazaların canlılara ve çevreye verdiği kısa veya uzun vadeli etkileri en aza indirmesi zorunludur. Bununla birlikte işletmelerin bu maddelere, proseslere ve risklere ilişkin bilgileri çalışanlarla, kullanıcılarla ve tesis civarında bulunan halkla paylaşmaları ve komşu tesislerle domino etkisi oluşturacak tehlikeler konusunda işbirliği yapmaları da zorunlu kılınmıştır (Leonard, 2013: 7-11).

Ayrıca Seveso II direktifinin Ek-I kısmında tehlikeli maddelerin ve karışımların sınıflandırılmasının, 1272/2008/EC sayılı Yönetmelik ile uyumlu olacak şekilde işletmelerce yeniden tanımlanması zorunlu kılınmıştır. Buna göre, Seveso II direktifindeki 3 “Çok Toksik” kategorisi Seveso III’ te “Akut Toksik 1”e, “Toksik” kategorisi “Akut Toksik 2”ye (tüm maruziyet yolları) ve “Akut Toksik 3”e (cilt ve soluma yolları) dönüştürülmüş olacaktır (EC, 2012). Sağlığa zararlı maddeler Seveso III direktifinde 1272/2008/EC’deki kategorilere uygun olarak yeniden tanımlanmıştır. Mevcut düzenlemede, daha genel özellikleriyle belirtilen fiziksel tehlikelere ilişkin oksitleyici, patlayıcı, alevlenebilir madde kategorileri tanımlamalarının yerini CLP Tüzüğü’nde yer alan spesifik kategori tanımlamalarına bırakmıştır. Seveso III direktifinde tehlikeli madde isimlendirmeleri yer almış ve tehlikeli maddeler; sağlık tehlikeleri (H), fiziksel tehlikeler (P), çevre tehlikeleri (E), diğer tehlikeler (O) olmak üzere dört kategori başlığı altında toplanmıştır (Leonard, 2013).

Düzenlemede mümkün olabilecek en yüksek seviyede güvenliğin temin edilebilmesi, güvenlik kurallarının eksiksiz ve etkin şekilde uygulanmasının sağlanması amacıyla

alınması gereken önlemlere yenileri eklenmiş, denetim standartları ve mekanizmaları sıkılaştırılmıştır. Ayrıca idari sorumlulukların hafifletilmesi için mevzuatta sadeleştirmeye gidilmiştir. Yine Seveso III ile, halkın direktif kapsamındaki alanlarda güvenlikle ilgili bilgilere erişiminin ve karar mekanizmalarına katılımının artırılmasının yanı sıra, bilginin toplanması, yönetimi ve paylaşımına ilişkin süreçlerin iyileştirilmesi de sağlanmıştır. Bunlara ek olarak ülke sınırlarını aşan kazaların etkilerine dair yeni düzenlemeler getirilerek, Seveso III'te sınırları aşan kazalara yönelik olarak ekolojik ve ekonomik maliyetlerin sadece etkilenen kuruluş veya kuruluşlar tarafından değil, aynı zamanda ilgili üye devletler tarafından da karşılanması zorunlu kılınmıştır (EC, 2012).

Özetle Seveso III direktifiyle getirilen yenilikler şunlardır:

***Kuruluşlar için ana yükümlülükler***

Bildirim (Madde 7);

Büyük kaza önleme politika belgesinin hazırlanması (Madde 8);

Üst seviyeli kuruluşlar için bir güvenlik raporu hazırlanması (Madde 10);

Üst seviyeli kuruluşlar için dahili acil durum planlarının üretilmesi (Madde 12);

Kaza halinde bilgi verilmesi (Madde 16).

***Üye devlet yetkilileri için ana yükümlülükler***

Üst seviyeli kuruluşlar için harici acil durum planlarının hazırlanması (Madde 12);

İşyerlerinde yer seçimi için arazi kullanımını planlaması yapılması (Madde 13);

Gerekli bilgilerin kamuya açık olması (Madde 14);

Kaza sonrası gerekli acil durum önlemleri de dahil olmak üzere tüm önlemleri almak, ve operatörün gerekli düzeltici önlemleri almasını ve etkilenmesi muhtemel kişilerin bilgilendirilmesinin sağlanması (Madde 17);  
Kazaları komisyona raporlama (Madde 18);  
Yasadışı kullanımı ya da işyerlerinde çalışmasını yasaklamak (Madde 19);  
Denetim (Madde 20).

Tüm bu değişikliklerle beraber Seveso III direktifinin uygulanmasında bazı problemlerle karşılaşılacağı da düşünülmektedir. Seveso III direktifi kapsamında işletmelerin Seveso bildirimlerini yenilemeleri gerekecektir. Direktifte yer verilen *“belirlenen yasaklara uymayan işletmelerin, çalışmalarının yasaklanması”* maddesi, işletmeler ve sanayi açısından değerlendirildiğinde önemli bir konudur. Öte yandan hükümetlerin, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi için *“gerekli önlemleri alması ve olası kazaların etkilerinin en aza indirilmesi, büyük kazaların etki ve kapsamlarının titizlikle takip edilmesi, bilgilerin toplanması ve analiz edilmesi, gelecekte oluşabilecek kazaların önlenmesi için çalışmalar yürütülmesi”* gibi konularda sorumlu tutulması da uygulamada üzerinde dikkatle durulması gereken diğer konulardır (Özkılıç, 2014).

Türkiye’de 30.12.2013 tarihli ve 28867 mükerrer sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik (BEKÖH) kapsamında (ÇSGB, 2013) “Arazi Kullanımı Planlaması” çalışmaları henüz yeterli bir düzeyde uyumlaştırılmamışken, Seveso III direktifinde “komşu kuruluş” kavramının eklenmesi ile gereklilikleri genişletilmiş ve kazaların

insan ve çevre sağlığına etkilerinin azaltılıp önlem alınmasına yönelik emniyet mesafeleri uygulaması getirilmiştir. Tüm bu düzenlemeler göz önüne alındığında, Seveso III direktifi ile uyumlaştırma sağlanabilmesi için mevzuatımızda güncellenmelere gidilmesi, kurumların teknik kapasitelerinin ve kurumlar arası koordinasyonun artırılması gerekmektedir.

#### **2.4 Seveso Direktifleri Kapsamında Yer Alan Tesisler**

Büyük endüstriyel kazaların oluşabileceği tesisler, “tehlikeli maddeler listesinde tanımlanmış ve eşik miktar değerleri belirlenmiş maddeleri bünyesinde barındıran ve kaza olması halinde işyerinde ve civarında, canlılara ve çevreye ciddi zarar verme potansiyeli bulundurması sebebiyle güvenlik açısından öncelikli olarak korunması gereken kuruluşlar” olarak ifade edilmiştir. Seveso direktifleri, büyük kazaya sebebiyet verecek miktarlarda tehlikeli madde bulunduran kuruluşlara uygulanmaktadır (ILO, 1997: 2).

Seveso direktiflerinde ve ilgili yasal düzenlemelerde tehlikeli madde içermesi sebebiyle kapsam içi ve kapsam dışı olan tesisler belirtilmiştir. İşletmede yer alan tehlikeli madde miktarı eşik değerinin üzerinde olan işletme direktif hükümlerine tabidir. Kapsama giren kuruluşların belirlenmesinde öngörülebilir veya beklenmedik şekilde endüstriyel prosesin kontrol dışına çıkması sonucu ortaya çıkabilecek tehlikeli maddeler de göz önünde bulundurulmalıdır (ILO, 1997).

Seveso direktifleri rafineriden kimyasal üretim yapılan küçük ve orta ölçekli bir işletmeye, plastik fabrikalarından boya imalathanelerine kadar birçok endüstriyel ve

ticari sektörü kapsamakla birlikte, direktif eklerinde yer verilen maddeleri bulunduran sağlık ve araştırma merkezleri, matbaalar gibi kuruluşları da kapsamaktadır. Kuruluşların kapsam içinde yer alıp almayacağı tehlikeli maddelerin miktarına göre belirlenir ve bu kriter kuruluşun boyutu, konumu, sektörü veya mülkiyetinden bağımsız olarak uygulanır. Ancak sadece kuruluşlarda tehlikeli maddelerin bulunması yeterli olmayıp, aynı zamanda kuruluşların buldukları yerler ve birbirlerine yakınlıkları nedeniyle domino etkisi oluşturması ihtimali ve büyük bir kazanın meydana gelme olasılığının artması söz konusu ise, bahsi geçen kuruluşlar veya kuruluş grupları da “Seveso kuruluşu” sayılır (ILO, 1997).

ILO tarafından hazırlanan “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi Uygulama Kodu”nda büyük tehlike taşıyan kuruluşlar tehlikeli madde türlerine ve miktarına göre: kimya ve petrokimya tesisleri, petrol rafinerileri, LPG depolama mahalleri, gaz ve parlayıcı sıvı depoları, kimyasal madde depoları, yapay gübre tesisleri, klor kullanılan su arıtma tesisleri olmak üzere yedi ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Nükleer ve tamamen askeri amaçlı tehlikeli madde bulunduran kuruluşlar, kendilerine özgü kontrol önlemleri bulundurmaları gerektiği için kapsam dışı bırakılmıştır (ILO, 1991: 2). BEKÖH’ün 3. maddesinde de istisnalar benzer şekilde ifade edilmiştir (ÇSGB, 2013). Kendi bünyelerinde farklı güvenlik önlemleri barındırmaları sebebiyle mevzuatta kapsam dışı bırakılan kuruluşlar ve durumlar şu şekilde sıralanmıştır:

*(a) Askeri kuruluşlar, tesisler ya da depolama tesisleri;*

*(b) İyonize olan radyasyondan kaynaklanan tehlikeler;*



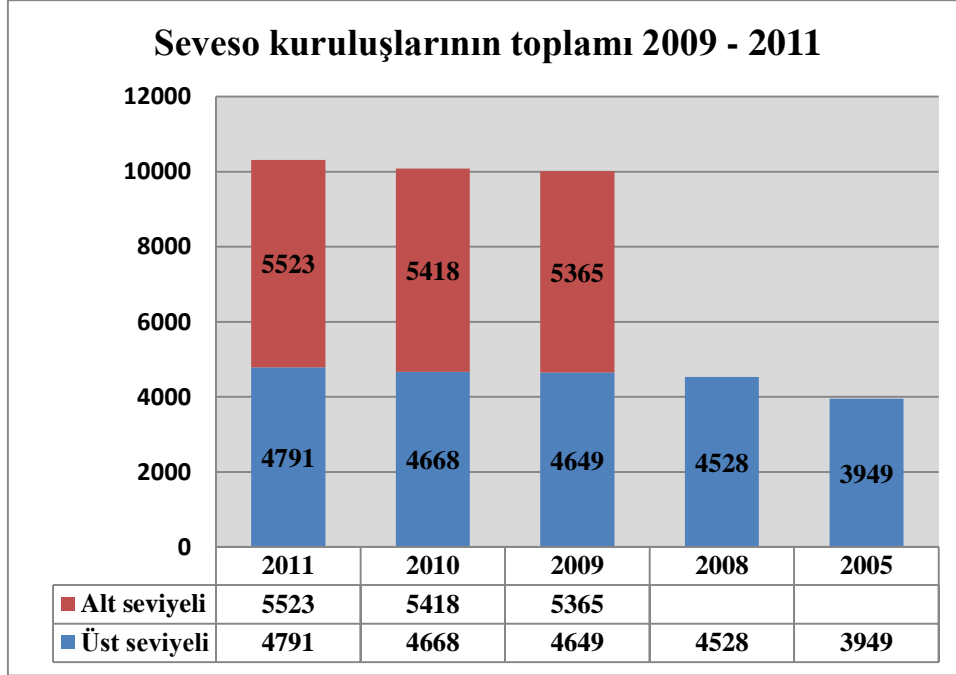
- (c) Tehlikeli maddelerin nakliyesi ve bu direktife dâhil olan yol, demiryolu, iç suyolları, deniz ya da hava ile nakliye sırasında yapılan ara depolama işlemleri, (bu işlemler yükleme ve boşaltma ve limanlarda, askeri limanlarda ya da rıhtımlarda yapılan bir başka nakliye kaynağına aktarımları da içerir);
- (d) Tehlikeli maddelerin bu Direktifin kapsamında bulunan işletmeler dışında pompalama istasyonlarını da içeren boru hatlarıyla nakliyesi;
- (e) Minerallerin maden ocakları ve taş ocaklarında araştırılması ve çıkarılmasıyla veya sondajıyla ilgili maden çıkarma endüstrisi faaliyetleri;
- (f) Atık gömme alanları (EC, 1996).

Direktif, tehlikeli maddeler ile ilgili üst ve alt sınır değerlerin belirtildiği *Adlandırılmış Maddeler ve Adlandırılmamış Maddeler (Genel Madde ve Müstahzar Kategorileri)* başlıklı iki liste içermektedir. Bu kapsam çerçevesinde Seveso III direktifi kapsamında olan kuruluşlar da tehlikeli madde miktarına bağlı olarak üst ve alt seviyeli kuruluşlar olarak iki kategori altında sınıflandırılmıştır. Direktife ve ilgili yasal düzenlemelere göre hem üst hem de alt seviyeli kuruluşlar, kazaları önlemek ve kazaların insan ve çevre üzerindeki sonuçlarını sınırlamak için gerekli tüm tedbirleri almalıdırlar (EC, 1996).

## **2.5 Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye’de Endüstriyel Tesisler ve Faaliyet Gösterilen Sektörler**

Teknolojik gelişmeler Seveso kuruluşlarının sayısını artırırken, yaşanan felaketler ve sonuçları değerlendirildiğinde, bu sonuçlar Seveso direktiflerinin kapsamının

genişletilmesine neden olmuştur. Seveso Kuruluşu Bilgi Alma Sistemi (SPIRS) veri tabanına kayıtlı olan ve Büyük Kaza Raporlama Sistemi (e MARS) tarafından istatistiksel analizi yapılan Seveso kuruluşlarının toplam sayısı Aralık 2011 itibarıyla 10.314'tür (şekil 2) (EC, 2013).

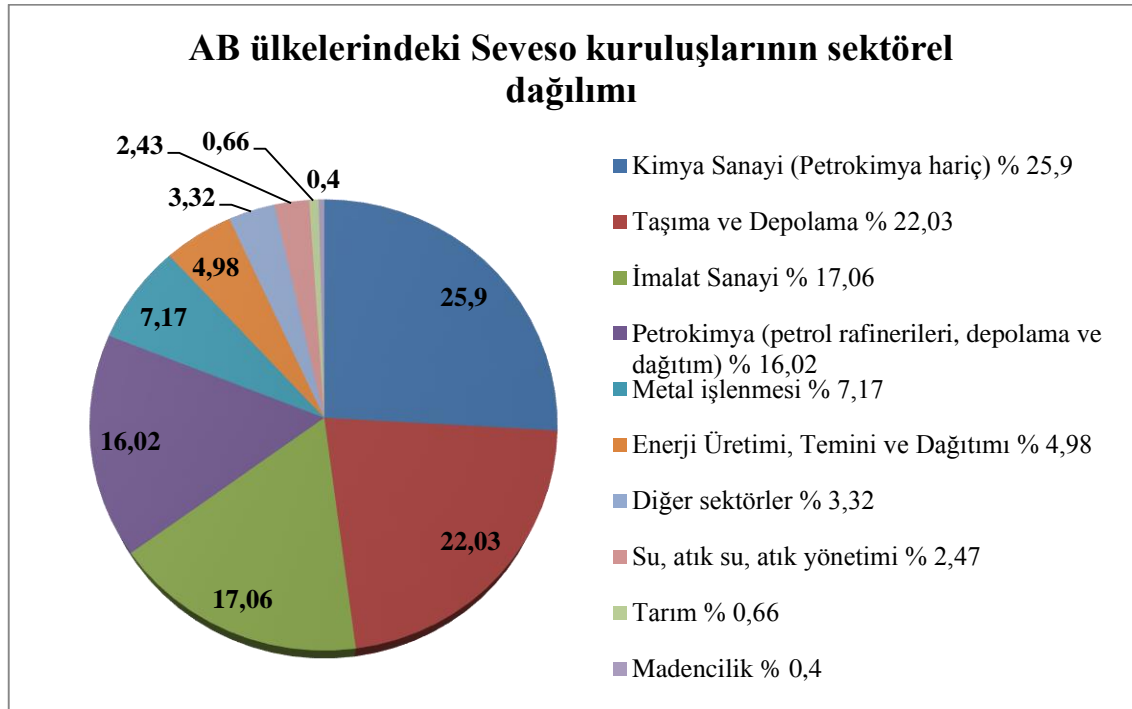


**şekil 2.** AB ye devletlerinde Seveso Kuruluşlarının yıllara göre dağılımı

Bu kuruluşların 5.523' (% 54) st seviyeli kuruluş iken 4.791'i (% 46) alt seviyeli kuruluştur. Son üç yılda (2008 - 2011) st seviyeli kuruluşların sayısında (2008 yılında 4.528) % 6'lık bir artış olmuştur. Toplam 2.405 Seveso kuruluşu ile en gök Seveso kuruluşuna sahip olan Almanya'yı, ikinci sırada 1.196 ile Fransa takip ederken, üçüncü ve dördüncü sırada 1.101 ile İtalya, 1.086 ile İngiltere izlemektedir (EC, 2013: 3). Seveso Kuruluşlarının % 50'sinin benzin depolama, toptan ve perakende depolama ve dağıtım, LPG depolama, genel kimyasal üretimi, organik kimyasalların üretimi, enerji

üretimi ve dağıtımını, LPG üretimi, doldurulması ve dağıtımını olmak üzere toplam yedi endüstriyel sektörde yoğunlaştığı belirtilmiştir (EC, 2013).

AK tarafından hazırlanan 2013 tarihli raporda yüzde dağılımlar belirtilmezken, 2008 tarihli raporda dokuz sektör belirlenmiş ve sektörel yüzde dağılımlara yer verilmiştir. Bu rapora göre, genel kimyasal üretimi, toptan ve perakende depolama alanları Seveso kuruluşlarının en yoğun bulunduğu sektörler olarak tespit edilmiştir (Şekil 3) (EC, 2008).



**Şekil 3.** AB ülkelerindeki Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımı (EC, 2008)

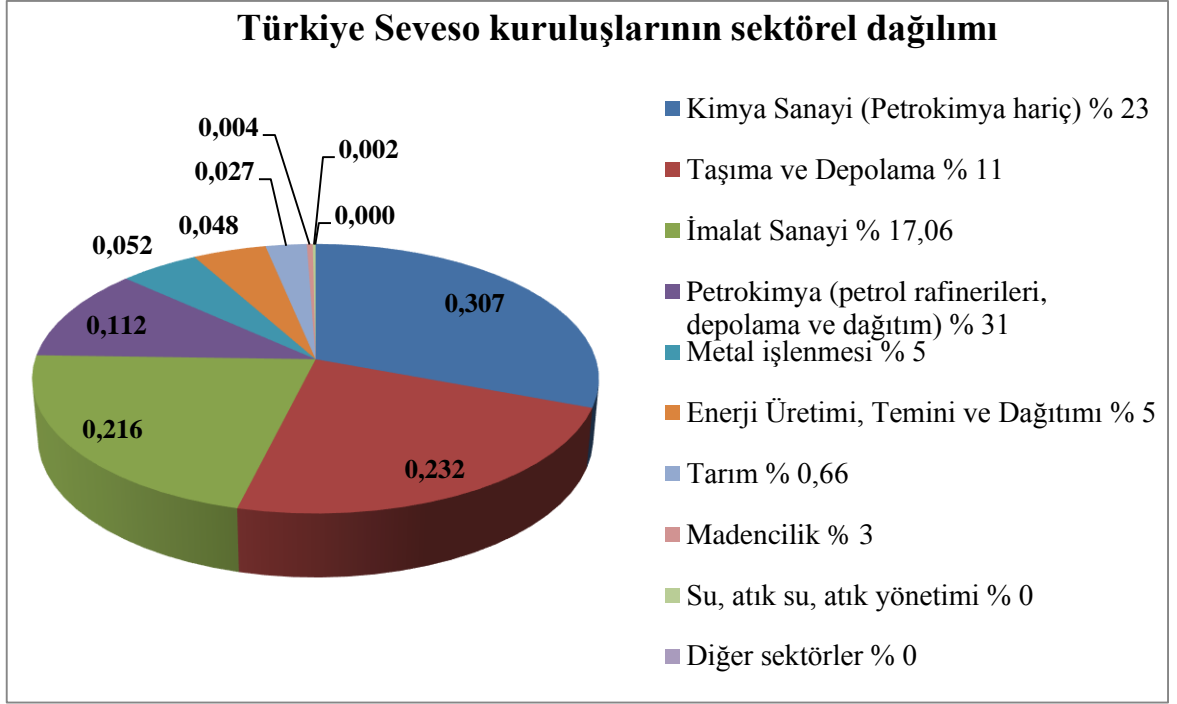
Türkiye’de ise T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) *Seveso Bildirim Sistemi*’nde ‘Seveso Kuruluşu’ olarak kayıtlı olan tesislerin sayısı, Aralık 2011 itibarı ile 518’dir. Bu kuruluşların % 48,5’i (251) üst seviye , % 51,5’i (267) alt seviye olarak BEKÖH kapsamına girmiştir (REC Türkiye ve Jacobs, Cordova ve Associates, 2012).

Türkiye’de Seveso kuruluşları ülke geneline yayılmış haldedir. Birçok Seveso kuruluşunun yerleşim alanları ile çakıştığı tespit edilmiştir Seveso kuruluşlarının yarısından fazlası (% 50,2) Ankara, İstanbul, İzmir, Kırıkkale, Kocaeli ve Tekirdağ olmak üzere altı ilde yoğunlaşmış şekilde bulunmaktadır (Şekil 4). Sistemde yer alan Seveso kuruluşlarının bir kısmı küçük ve orta büyüklükte işletmelerdir (REC Türkiye ve Jacobs, Cordova ve Associates, 2012).



Şekil 4. Türkiye'de Seveso Kuruluşlarının coğrafik dağılımı (REC Türkiye ve Jacobs, Cordova & Associates, 2012).

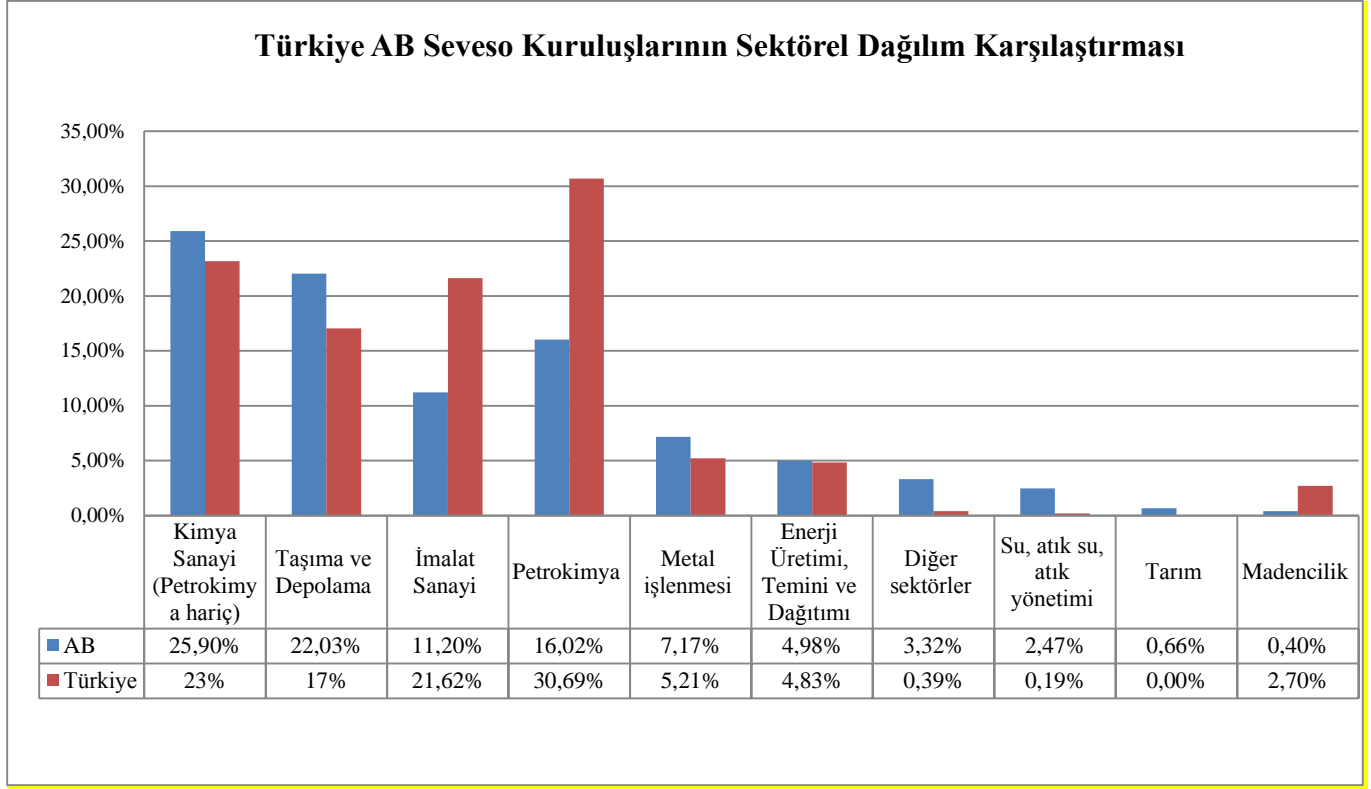
Türkiye’de Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımına ilişkin sayılar ve yüzde dağılımlarının gösterildiği Şekil 5’te görüleceği üzere Seveso Kuruluşlarının % 31’i petrokimya sektöründe bulunmaktadır.



**Şekil 5.** Türkiye Seveso kuruluşlarının sektörel dağılımı (ÇŞB, 2012)

AB Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımının Türkiye ile karşılaştırılması Şekil 6'da sunulmuştur. AB ülkelerinde Seveso Kuruluşları en çok kimya sanayisinde faaliyet gösterirken, Türkiye'de petrokimya sektörü ilk sırada bulunmaktadır.

Petrol rafinerileri AB Seveso Kuruluşları içinde % 16,02'lik pay ile üçüncü sırada yer alırken, Türkiye'deki rafineriler tüm sektörler içinde % 30,69'luk payla ilk sırada yer almıştır (REC Türkiye ve Jacobs, Cordova ve Associates, 2012).

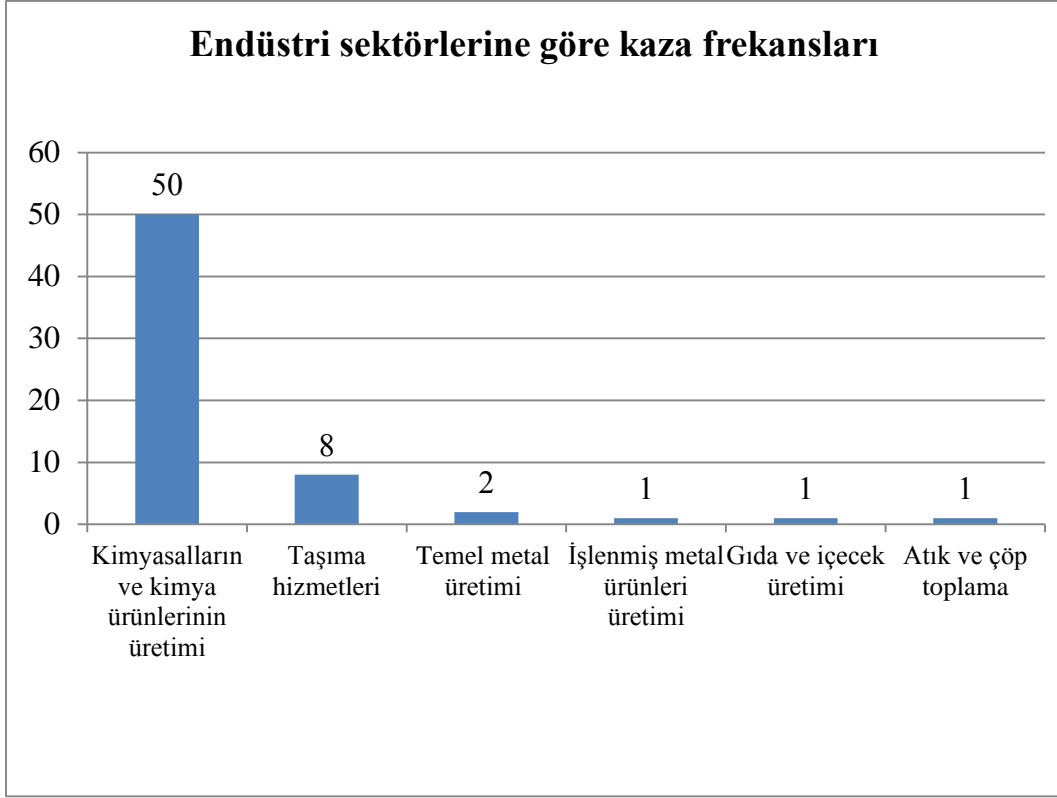


**Şekil 6.** Türkiye ve AB Seveso Kuruluşlarının sektörel dağılımlarının karşılaştırması  
(ÇŞB, 2012)

## 2.6 Büyük Endüstriyel Kazaların Sektörlere Göre Dağılımları

Büyük endüstriyel kazalar gerçekleştiği sektörlere göre on başlıkta toplanmıştır: kimya sanayi (petrokimya hariç); taşıma ve depolama; imalat sanayi; petrokimya; metal işlenmesi; enerji üretimi, temini ve dağıtım; su, atıksu, atık yönetimi; tarım; madencilik ve diğer (EC, 2008).

HSE ile White Queen BV kaza sıklıklarını hesapladıkları çalışmalarında kimyasal üretim yapan sektörlerde kaza sıklığının en yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır (Şekil 7) (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012: 51).



**Şekil 7.** Sektörlere göre büyük kaza frekansları (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012)

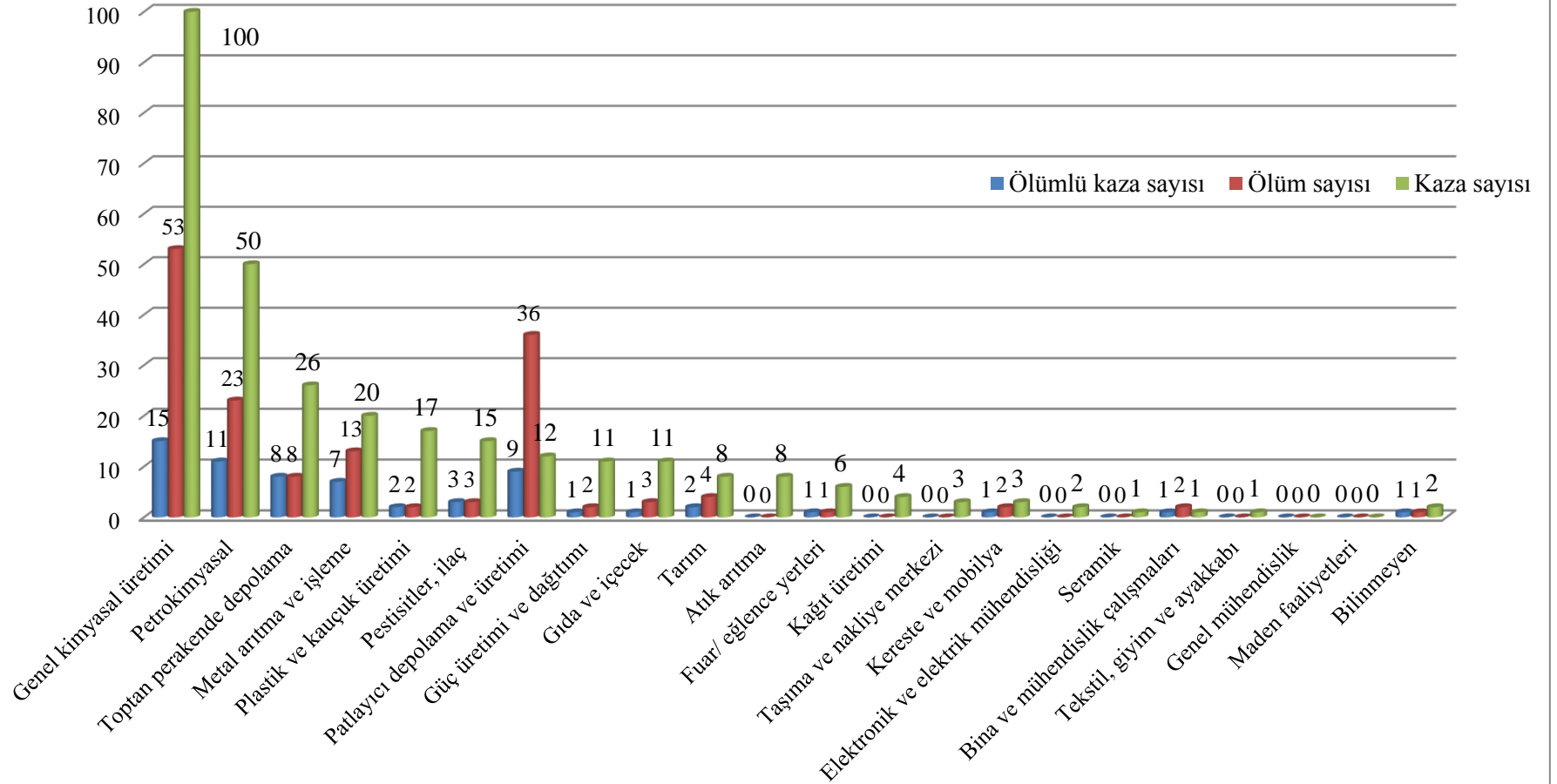
AK tarafından hazırlanan “Report from the Commission Report on the Application in the Member States of Directive 96/82/EC on the control of major accident hazards involving dangerous substances for the period 2009 – 2011” isimli raporda 2000 – 2011 yılları arasında ortalama her yıl 27 büyük kaza olduğu ve ramak kala olayların geçmiş yıllara göre daha az raporlandığı belirtilmiştir. Büyük kazaların en çok olduğu sektörlerin; genel kimya üretimi, petrokimya üretimi, petrol rafinerileri ve metal işleme endüstrileri olduğu ve 2002, 2003, 2011 yılları hariç büyük kazaların en sık toksik madde salınım sebebiyle meydana geldiği tespit edilmiştir (EC, 2013).

Sales, Mushtaq, ve Christou Avrupa Komisyonu Büyük Kaza Raporlama Sistemi'ne (e Mars) kayıtlı 1994 - 2004 yılları arasında meydana gelen kaza sayısı, ölümlü kaza ve kazalarda meydana gelen ölümlerin sektörlere göre dağılımını incelemiştir. Şekil 9'da görüldüğü üzere kazalar çoğunlukla kimya üretimi yapılan işletmelerde olmuştur, ayrıca bu işletmeler içinde meydana gelen kazaların yaklaşık % 50'si genel kimyasal ve petrokimya üretimi alanında gerçekleşmiştir (Şekil 8) (Sales, Mushtaq, ve Christou, 2007).

Okoh ve Haugen 2002 - 2011 yılları arasında meydana gelen 183 kazayı inceledikleri çalışmalarında, kazaların olduğu sektörler arasında % 46 ile ilk sırada kimya üretim tesislerinin, ikinci sırada ise % 15 ile petrol rafinerilerinin olduğunu ortaya koymuşlardır (Okoh ve Haugen, 2014).

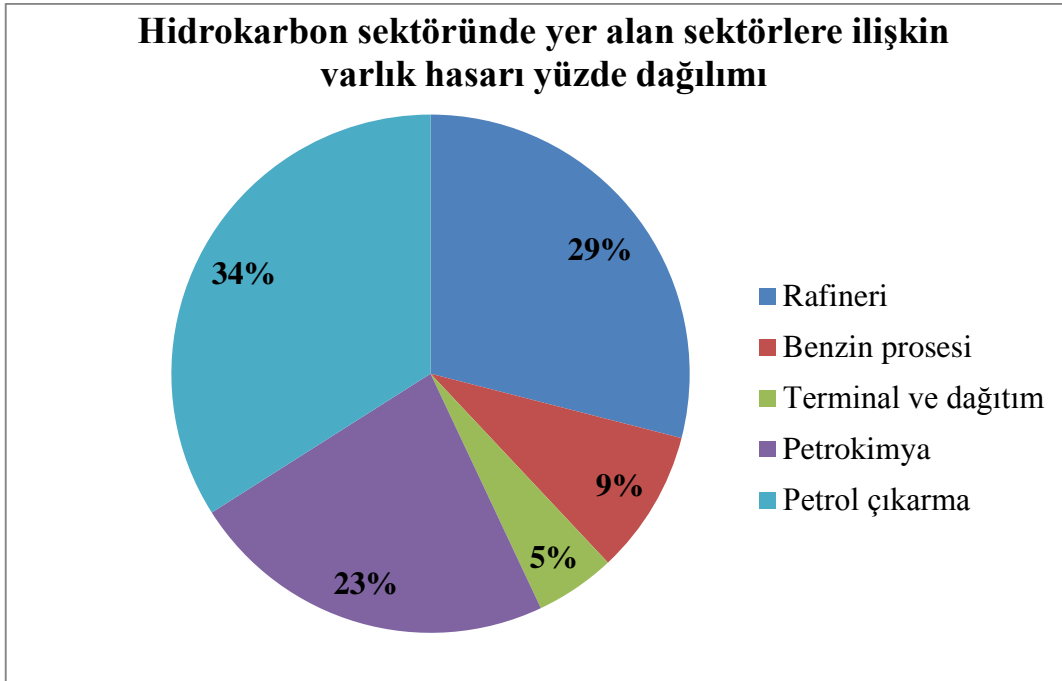


### 1994 - 2004 arasında AB ülkelerinde olan e Mars sistemine kayıtlı kazaların sektörlere göre dağılımı



Şekil 8. 1994 - 2004 arasında AB ülkelerinde olan eMARS sistemine kayıtlı kazaların sektörlere göre dağılımı (Sales, Mushtaq, & Christou, 2007)

Kaza veri tabanları incelendiğinde sektörlere ilişkin şirketlerin uğradığı maddi hasarların büyüklüğü de dikkat çekicidir. Sigorta ve risk danışmanlık şirketi Marsh, her yıl söz konusu kayıplara ilişkin “The 100 Largest Losses” isimli bir rapor düzenlemektedir. Hidrokarbon endüstrisindeki en büyük şirket varlıklarındaki kayıpların incelendiği 2014 tarihli rapora göre, 1974 - 2013 yılları arasında en çok varlık hasarının olduğu sektörler sıralamasında rafineriler % 29’luk payla ikinci sırada yer almıştır (Şekil 9) (Marsh ve Maclanen Companies, 2014).



**Şekil 9.** Hidrokarbon sektöründe yer alan sektörlere ilişkin varlık hasarı yüzde dağılımı (Marsh ve Maclanen Companies, 2014).

Petrol ve kimya sigorta şirketleri 1993 – 2013 yılları arasında sektörde varlık ve iş kaybı açısından 32 milyon dolarlık zarar oluşturan 1.100 büyük kazayı inceledikleri çalışmalarında, risklerin aynı sıklık ve zararlı etkileri gösterme eğiliminde olduğunu ortaya koymuşlardır (Nolan, 2015).

Sigorta şirketi Ace Bermuda, 2004 yılından itibaren üyesi olan rafinerilerde meydana gelmiş ve en yüksek zarar oluşan kazaları inceledikleri “Liability Limit Benchmark and Large Loss Profile by Industry Sector” isimli raporlarında, 28 rafineride oluşan kazanın 18 milyar dolardan fazla maddi zarar içerdiğini belirtmiştir (Ace, 2015: 22).

Literatür incelemesi sonucu büyük kazaların, petrokimya ve rafineri alanında faaliyet gösteren tesislerde meydana gelmesi sebebiyle, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde büyük kimyasal kazaların nedenleri daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

## **2.7 Büyük Kimyasal Kazaların Nedenleri**

Uluslararası Çalışma Örgütü’ne göre büyük kimyasal kazalar, çoğunlukla tesis içinde veya dışında çok sayıda insanın ölmesine ve yaralanmasına, geniş çapta varlık ve çevre zararına ya da her ikisine neden olan patlama, yangın ya da toksik maddelerin salınımına sebep olan kontrolsüz olaylar nedeniyle olmaktadır (Bertazzi, 1988).

Büyük kimyasal kazaların nedenleri, birçok kaza sınıflamasında olduğu gibi *“istenmeyen olayın hemen öncesinde oluşan doğrudan nedenler ve olayların altında yatan sebeplere katkısı olan dolaylı olaylar”* (Anderson, 2015: 1) olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılabilir. Bununla birlikte büyük kazaların nedenlerinin tespitinde raporlamalardan kaynaklı eksiklikler ve sorunlar nedeniyle farklılıklar oluşmakta ve büyük kazaların doğrudan ve dolaylı nedenlerinin belirlenmesi ve genelleme yapılması zorlaşmaktadır. Bazı ülkelerde büyük kaza raporlarında kök nedenlere ilişkin detaylar verilirken diğerlerinde sadece doğrudan nedenlere yer verilmiştir (Lees, 1996).

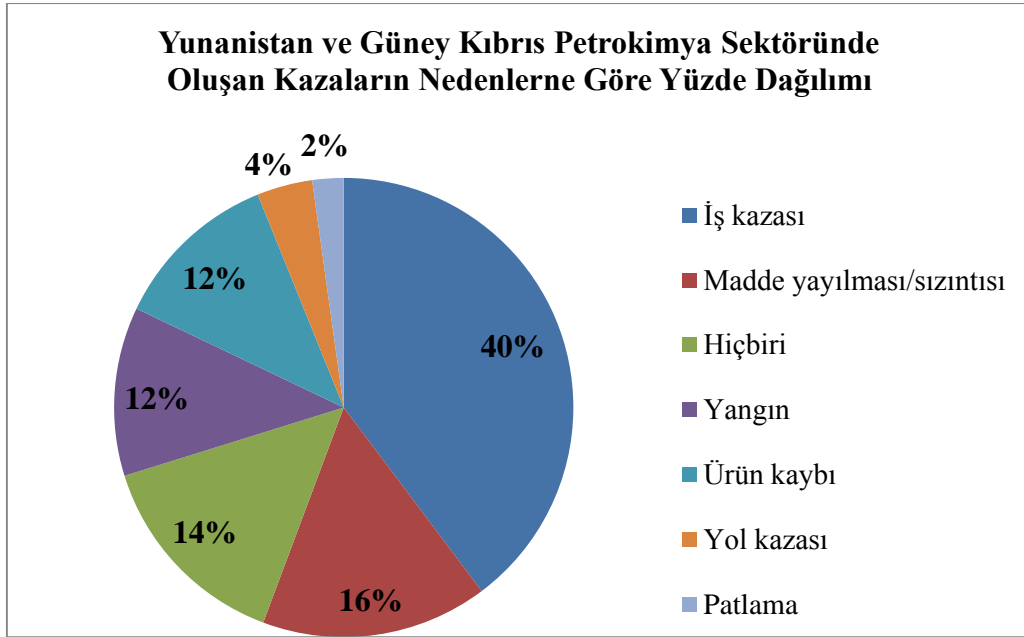
Öte yandan yapılan araştırmalara, büyük kaza veri tabanlarından elde edilen verilerin dahil edilip, veri tabanlarında kayıtlı olmayan kazaların dışarda bırakılması da büyük kaza nedenlerinin tespitinde yetersizliğe sebep olmaktadır. Kayıtlı verilerin azlığı sebebiyle örneklem çapının küçülmesi yığının temsil edilme gücünü düşürdüğünden, literatürdeki birçok çalışma kapsayıcılığı bağlamında büyük kazaların nedenlerini ortaya koyma açısından yetersiz çalışmalar olarak karşımıza çıkmakta ve büyük kazaların nedenleri için geneli temsil eden bilgilerin sunulması zorlaşmaktadır.

Bu sebeple Lees büyük kimyasal kazaların nedenlerini tanımlamak için, büyük kimyasal kazaların kök nedenlerini dikkate almayıp sadece en sık karşılaşılan nedenleri değerlendirerek, yedi ana başlık altında toplamıştır. Tablo 3’de görüldüğü üzere ekipman hataları birinci, operasyonel hataları ikinci sıradadır. Bununla birlikte ekipman ve operasyonel hataların toplamı, kaza nedenlerinin yaklaşık % 50’sini oluşturmaktadır (Tablo 3) (Lees, 1996).

**Tablo 3.** Kimyasal endüstrilerde kazaya sebep olan temel faktörler (Lees, 1996)

<b>Kimyasal kaza nedenleri</b>	<b>Sayı</b>	<b>Yüzde Oranı (%)</b>
Ekipman hatası	223	29,2
Operasyonel hata	160	20,9
Yetersiz malzeme değerlendirmesi	120	15,7
Kimyasal proses problemleri	83	10,9
Malzeme hareket problemleri	69	9,0
Etkisiz kayıp önleme programı	47	6,2
Tesis içi problemler	27	3,5
Yetersiz tesis yerleşimi	18	2,4
Kullanım şartına uymayan yapılar	17	2,2

Nivolianitou, Konstandinidou, Kiranoudis ve Markatos Yunanistan'da ve Güney Kıbrıs'ta yer alan 1997 - 2003 yılları arasında petrokimya endüstrisi işletmelerinde oluşan e Mars'da kayıtlı kazaları incelemiştir. Kaza nedenlerinin organizasyonel ve yönetsel faktörler, cihaz arızası, dış faktörler (elektrik, su, gaz vb), insan hatasından kaynaklı faktörler olmak üzere dört başlıkta toplandığı çalışmada, ramak kala oranının % 26 çıkması değerlendirilmiş ve büyük kazaların önlenmesinde ramak kala kayıtlarının tutulmasının önemine değinilmiştir (Nivolianitou, Konstandinidou, Kiranoudis, ve Markatos, 2006). Şekil 10'da petrokimya sektöründe meydana gelen kazaların nedenlerine göre yüzde dağılımı sunulmuştur.



**Şekil 10.** Yunanistan'da petrokimya sektöründe oluşmuş kazaların yüzde dağılımları (Nivolianitou, Konstandinidou, Kiranoudis ve Markatos, 2006)

Okoh ve Haugen büyük kazaya neden olan maddeleri incelemişler ve % 22'sinin petrokimyasallar, % 26'sının zehirli maddeler, % 18'inin ham petrol ve doğalgaz

olduğunu tespit etmişlerdir. Kazaların % 60'ının emisyon, % 44'ünün patlama, % 34'ünün yangın, % 3'ünün ise yapısal yetersizliklerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Kazaların kök nedenlerinin de incelendiği çalışmada, kazaların % 44'ünün bakım kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Okoh ve Haugen, 2014).

Sovacool, büyük enerji kazalarının sosyal ve ekonomik maliyetlerinin incelediği çalışmasında 1907 – 2007 yılları arasındaki 279 kazanın 182.156 kişinin ölümüne ve 41 milyar dolarlık maddi hasara neden olduğunu tespit etmiştir. Araştırmada petrol sektöründe oluşan kazalar sonucunda 3.330 (% 1,8) kişinin öldüğü ve 10.1 milyar dolarlık maddi hasar oluştuğu tespit edilmiştir. Enerji alanında kazaya en sık neden olan hammadde kaynaklarına bakıldığında ise petrolün % 25'lik bir orana sahip olduğu ortaya konulmuştur (Sovacool, 2008: 1818 - 1820).

Dabra ve Casal 1961 – 2007 yılları arasında meydana gelen 225 kaza ve 335 maddeyi incelemiş, en sık karşılaşılan kaza nedenlerinin dış olaylar ve mekanik arızalar sebebiyle olduğu ortaya konulmuştur. Bu kazaların % 20,9 insan faktörü, % 17,8 çarpma arızası, % 9,3 kontrolsüz kimyasal tepkimeler sebebiyle olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4) (Casal ve Darbra, 2013: 14).

**Tablo 4.** Kimyasal kazaların nedenleri (Casal ve Darbra, 2013: 14)

Nedenler	Olay sayısı	%
Dış etkenler	69	30,7
Mekanik hata	65	28,9
İnsan faktörü	47	20,9
Çarpma arızaları	40	17,8
Kontrolsüz kimyasal tepkimeler	21	9,3
Enstrüman arızası	8	3,6
Süreç koşullarının bozulması	5	2,2
Bakım onarım hatası	3	1,3

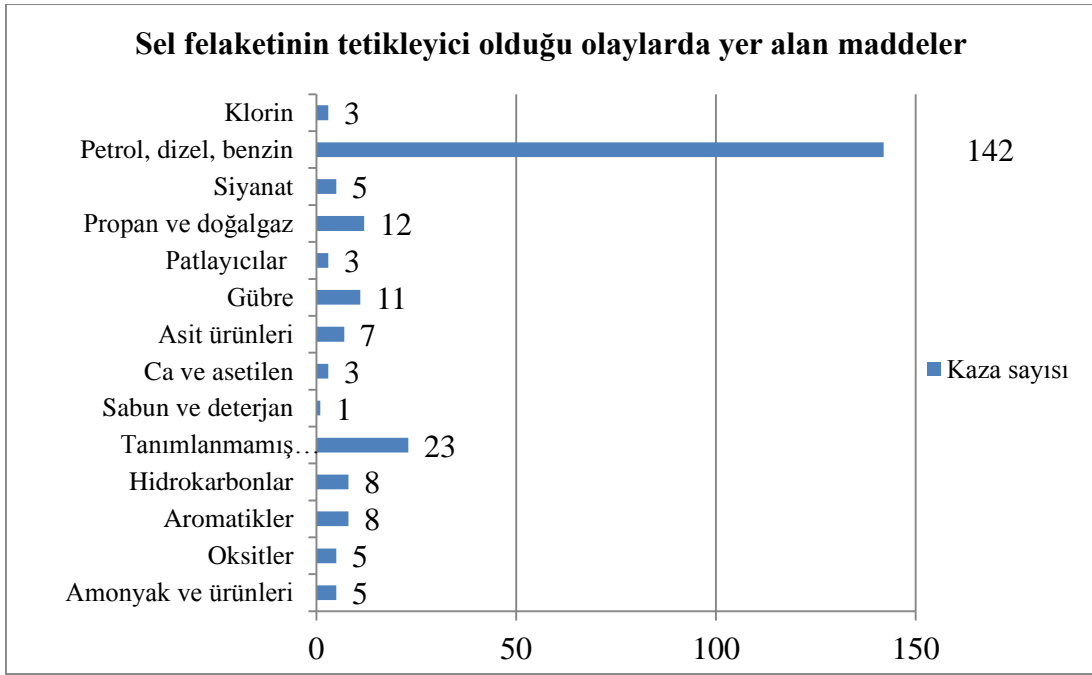
Literatürde büyük kazaların doğrudan nedenlerinin incelendiği çalışmaların yanı sıra dolaylı nedenlerin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar sonucu büyük kimyasal kazaların dolaylı nedenlerinin doğal afetler (Cozzani, 2010), sabotaj, üretim açısından bozulma veya sistemin durmasına sebep olabilecek iç ve dış tehditler ile proses emniyetini tehlikeye atabilecek siber tehditler (Leith ve Piper, 2013: 982) olduğu görülmektedir.

Campedel farklı veri tabanlarına kayıtlı kazaların doğal afetler sonucu olanlarını incelemiş ve büyük kimyasal kazaların % 3'ünün doğal afetler nedeniyle meydana geldiğini ortaya koymuştur. Geçmişte doğal afetler sebebiyle meydana gelen kazaların sıklığı, çalışmaların bu alanda yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Tablo 5'te çeşitli veri tabanlarına kayıtlı kazaların sayısı ve bu kazalar içinde doğal afetlerden kaynaklanan ve literatüre Natech kazaları olarak geçen kazaların yüzdeleri sunulmuştur (Campedel, 2008: 16).

**Tablo 5.**Veri tabanlarına göre kimyasal kazalarda Natech olayların yüzdeleri (Campedel, 2008: 16)

Veri tabanları	Kayıtlı kaza sayısı	Natech olayların yüzdesi
ARIA (BARPI)	30859	2-3
FACTS(TNO)	22214	2-3
ICHEME	-	-
MARS (MHABS)	602	4-5
MHIDAS (HSE)	7000	2
NRC	-	-

Campedel, ayrıca sel felaketinin tetiklediği büyük kazaların % 74'ünün depolama tanklarında, % 17'sinin iletim hatlarında, % 5'inin silindir kaplarda, % 4'ünün de kompresör ve pompalarda meydana geldiğini tespit etmiştir. Çalışmada sel nedeniyle oluşan büyük kazaların en fazla petrol ve benzin bulunan tesislerde meydana geldiği ortaya konulmuştur (Şekil 11) (Campedel, 2008: 21 - 22).

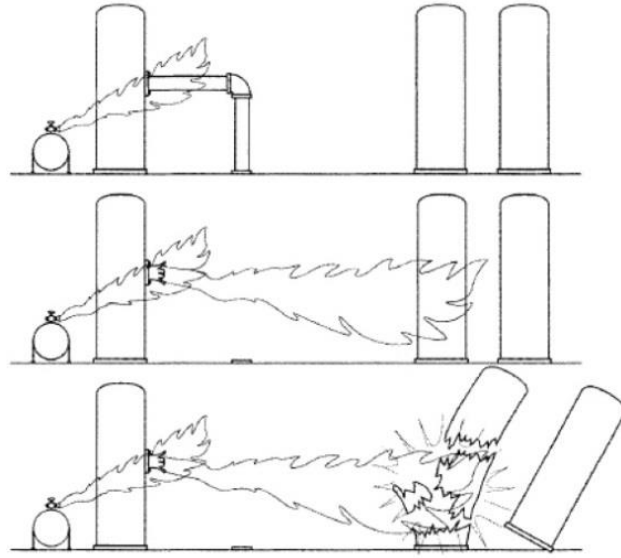


**Şekil 11.** Sel felaketinin tetikleyici olduğu olaylarda yer alan maddeler (Campedel, 2008: 22)

Büyük kazaların dışsal nedenleri arasında yer alan domino etkisine, tesislerin değerlendirmeleri gereken bir kavram olarak Seveso direktiflerinde özellikle vurgu yapıldığı için, tezin dışsal/ dolaylı nedenlerle ilgili kısmında bu hususa diğer dışsal nedenlerden daha fazla yer verilmiştir. Domino etkisi kavramı, çok geniş bir kavram olması nedeniyle kimya proses endüstrisi ile ilgili olarak tek bir tanım yapabilmek oldukça güçtür. Bu kavram, zamana, sektörlere ve topluma göre değişiklikler



göstermektedir. En genel ifadeyle Seveso II direktifinde; kaza veya riske ilişkin yapılacak değerlendirmenin sadece tesis içinde değil, aynı zamanda tesis dışında da geniş çaplı bir şekilde yapılması gerektiğine yer verilerek domino etkisi tanımlanmıştır (Kadri ve Chatelet, 2014: 1). Şekil 12’de domino etkisine ilişkin bir örnek sunulmuştur.



**Şekil 12.** Domino etkisinde tetikleyici olay örneği

Büyük endüstriyel kazaların sonuçları açısından en zararlı olanları incelendiğinde, kazaya sebep olan birincil etkenin birden fazla ekipmanı ile tesis birimlerini etkileyerek *kazanın büyümesine* sebep olan *domino etkisi* olduğu tespit edilmiştir (Casal ve Darbra, 2013: 13).

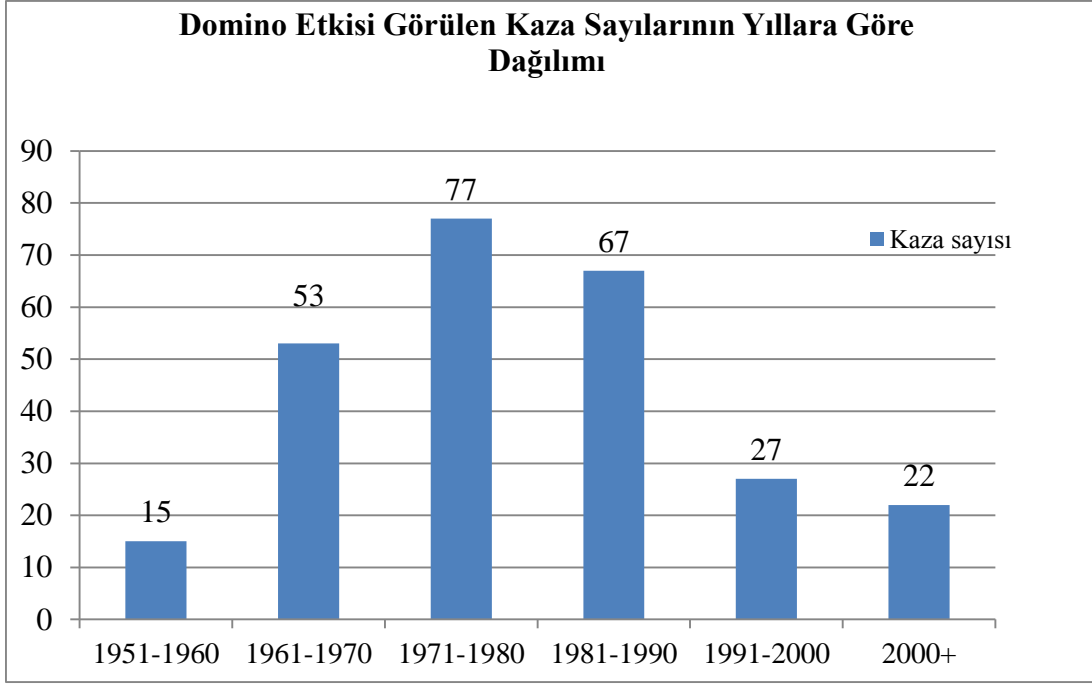
Bir başka çalışmada hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki kazaların % 76’sının ikincil olaylar sonucu oluştuğu, % 24’ünün ise üçüncül veya daha sonraki

olaylardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Kazaların yaklaşık % 90'ının yanıcı maddelerden kaynaklandığı, % 9,4'lük kısmının ise ham petrol sebebiyle oluştuğu ortaya konulmuştur (Tablo 6) (Chen, Zhang, Guo, ve Jiang, 2012: 156-158).

**Tablo 6.** Domino kazalarında tehlikeli maddeler (Chen, Zhang, Guo, ve Jiang, 2012)

Madde	Madde isimleri	Kaza sayısı	%
<b>Yanıcı maddeler</b>	LPG	72	22.6
	Gaz	31	9.7
	Ham Petrol	30	9.4
<b>Yanıcı olmayan maddeler</b>	Klorin	10	3.1
	Anhidroz amonyum	5	1.6
	Nitrat	5	1.6

Clini, Darbra, Casal Büyük Tehlikeli Olaylar Veri Servisi'nde (MHIDAS) kayıtlı domino etkisi bulunan 261 kazayı analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre kaza sayılarının yıllara göre dağılımı Şekil 13'te gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde kimya endüstrisindeki gelişmelerin etkisiyle kaza sayılarında 1970'li yıllara kadar bir artış olduğu görülmektedir. Sonraki yıllarda ise büyük endüstriyel kazaları önleme çalışmaları, risk analizi tekniklerinin gelişimi, direktiflerdeki yaptırımlar sonucu kazalarda sayısal olarak azalma görülmüştür (Clini, Darbra ve Casal, 2008).



**Şekil 13.** Kazaların yıllara göre dağılımı <sup>4</sup>

Clini, Darbra ve Casal domino etkisi görülen kazaların oluşum sıklıkları açısından şu sonuçları bulmuşlardır: kazaların % 31’i dış olaylar, % 30’u mekanik arızalar, % 21’i insan hatası kaynaklıdır. Domino etkisi görülen kazaların en yoğun meydana geldiği yerlerinise depolama alanları (% 37) ve proses tesisleri (% 27) olduğu tespit edilmiştir. En yaygın domino dizilerinin “patlama - yangın” (% 21), “madde açığa çıkması - yangın – patlama” (% 15) ve “yangın – patlama” (% 14) olduğu tespit edilmiştir (Clini, Darbra, ve Casal, 2008).

Sonuç olarak domino etkisinin oluşmasına direk veya dolaylı olarak sebep olan faktörler kısaca, ısı yükü, yüksek basınç ve patlama dalgaları, parçaların patlama dalgalarının veya parçalarının etkisi ile zehirli ve tahrip edici kimyasal maddelerin serbest kalması, diğer tehlikeli maddelerin yayılımı, operatör hataları, kontrol kaybı,

<sup>4</sup><http://www.aidic.it/CISAP4/webpapers/40Clini.pdf>

operatörlerin eğitimlerinin eksikliği ile güvenlik kültürünün eksikliğidir (Cozzani, Krausmann, ve Reniers, 2013: 155 - 156).

Proses endüstrisinde oluşan kazaların nedenlerinin tespiti için yapılan çalışmalara ek olarak 2013 yılında Norveç Petrol Güvenlik Kurulu (PSA) petrol endüstrisindeki büyük kazalara sebep olan, “*tanımlanmış tehlike ve kaza koşulları*”nı şu şekilde tanımlamıştır:

- Yanıcı gazların ve sıvıların sızıntısı
- Kontrol eksikliğinden kaynaklı kazalar
- Diğer alanlarda oluşan yangın/patlama
- Bir faaliyette oluşan paslanma ve yapısal arızalar
- Boru hatları, ilgili ekipman ve deniz üretim tesislerinde oluşan ürün kayıpları, kaçaklar (PSA, 2013).

Kazaların görünen nedenleri dışında, altında yatan nedenler de bulunmaktadır. Bunların da tespit edilmesi gelecekte meydana gelebilecek kazaların tekrarlanmasının önlenmesi için oldukça önemlidir. Kök nedenlerin tespitinde soruna neden olan süreç ve sistem tespit edilip, problemin niçin ve nasıl meydana geldiği öğrenilerek, sistemdeki aksaklıkların düzeltilmesi esas alınır.

Fabiano ve Curro büyük kazaların kök nedenlerini inceledikleri çalışmalarında “*tesis ve proses kaynaklı kazaların*” kök nedenlerinin; % 36,6 “*reaktör, vana, ekipman hatası*”, % 23,8 “*içerik hatası ve arızası*”, % 21,9 “*boru hatlarında bütünlük kaybı*”,

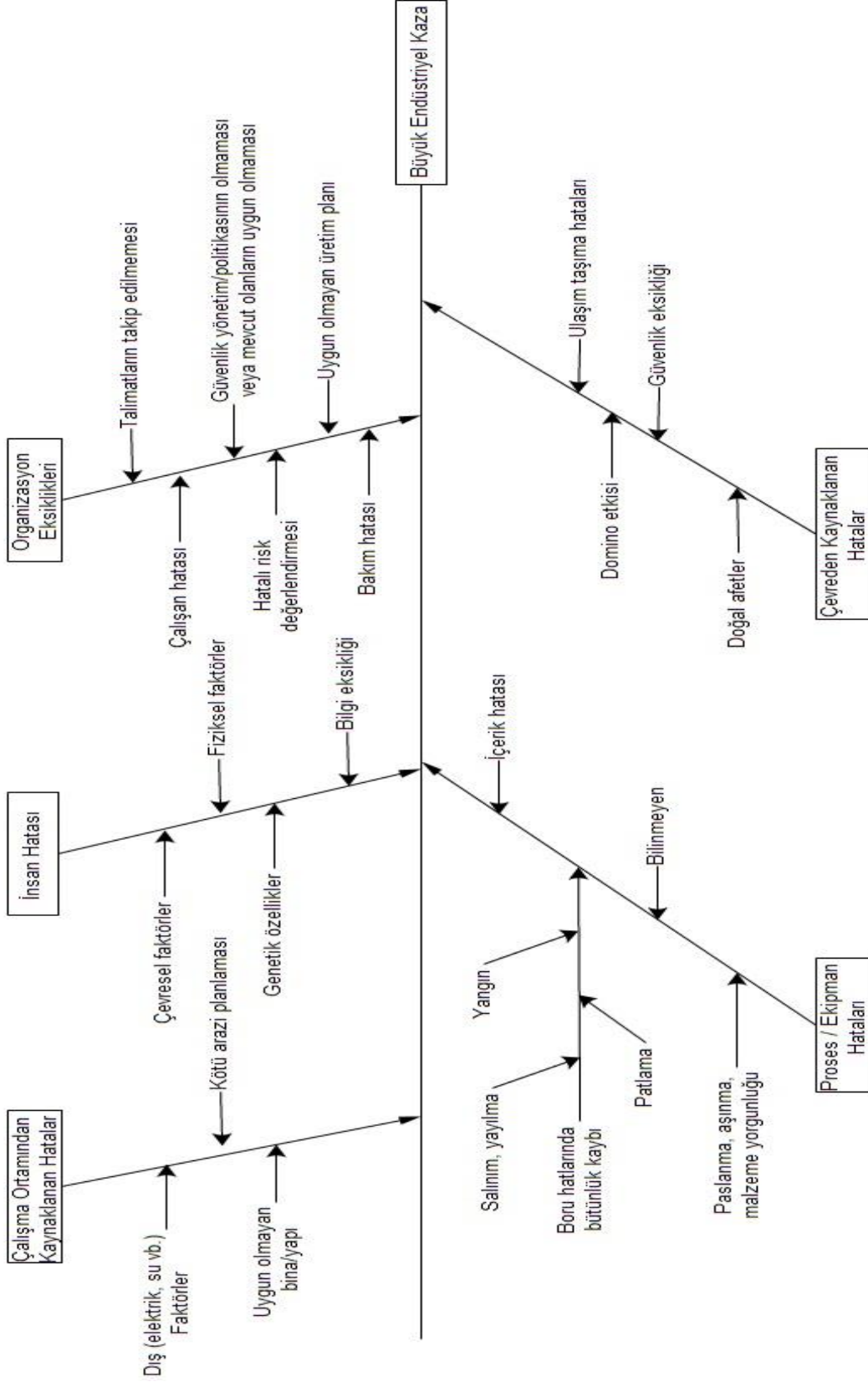
% 6,8 “paslanma, malzeme yorgunluğu, aşınma”, % 6 “tanker yükleme, boşaltma, yol kazası”; % 4 “bilinmeyen nedenlerden” kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Organizasyondan kaynaklı kazaların oluşmasında doğrudan etkisi olan olaylara bakıldığında; % 50,9'luk payla “çalışan hatası”, % 10'luk payla “uygun olmayan yönetim ve planlama politikası”, % 7,8'lik payla “talimatların ve kuralların izlenmemesi”; % 5,8'lik payla “bakım”, % 5,7'lik payla “uygun olmayan üretim/yapı”, % 14,2'lik kısmının ise “diğer” sebeplerden kaynaklandığını bulmuşlardır. Çevre ve çalışma koşulları altında ise; “doğal afetler, diğer olaylardan kaynaklanan domino etkisi, ulaşım kazaları, nesne çarpması/ düşmesi, bina/ faaliyet hatası, güvenlik eksikliği” nedeniyle olduğunu tespit etmişlerdir (Fabiano and Curro, 2012: 359 - 360).

Yine bu çalışmayla on veya daha fazla ölümün gerçekleştiği kazaların meydana gelme olasılığının yüz veya daha fazla ölümlü kazalara göre 11 kat daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca ramak kala olaylarının % 49,5'inin tesis ve proses, % 43,1'inin organizasyon, % 7,4'ünün dışsal kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Ramak kala olaylarının ilk nedenlerinin % 14,5'inin bileşik hatası ve arızası, % 9,8'inin “boru hatlarında bütünlük kaybı”, % 8,6'sının “talimatların ve kuralların izlenmemesi”nden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Dışsal kaynaklı nedenlerin % 28,1'i “doğal afetler”; % 27'si “ulaşım kazaları”, % 39,3'ü “güvenlik eksikliği” dir (Fabiano and Curro, 2012: 359 - 60).

Okoh ve Haugen büyük kazaların kök nedenleri arasında “bakım bariyerinin olmayışı”nın % 50, “eksik tasarım, organizasyon ve kaynak yönetimi”nin % 85 ve

“yetersiz planlama / programlama / arıza teşhis”in % 69 oranında olduğunu ortaya koymuşlardır. Kazaya ilişkin nedenlerin farklı kombinasyonları değerlendirildiğinde, tüm hata kombinasyonları içinde ilk sırada % 42’lik pay ile bakımın yer aldığı ve bakım kaynaklı hataların yeni tehlikeler getirdiği dolayısıyla da bakımın başlatıcı olay olduğu belirtilmiştir. Bunu % 36 ile “eksik risk değerlendirmesi - eksik tasarım, organizasyon ve kaynak yönetimi” ve % 33 ile yetersiz planlama/ programlama/ arıza teşhisi - eksikliği” izlemektedir (Okoh ve Haugen, 2014: 355).

Büyük kimyasal kazaların nedenleri, beş temel başlık altında toplanarak kök nedenlerin sunulduğu bir balık kılıcı diyagramında gösterilebilir. Literatürde yer alan çalışmalar ışığında hazırlanmış olan balık kılıcı modeli, farklı çalışmalarla zenginleştirilmiş bir literatür çalışmasında dallandırılarak genişletilebilir (Şekil 14).



Şekil 14. Büyük Kimyasal Kazaların nedenlerine ilişkin balık kılçığı modeli

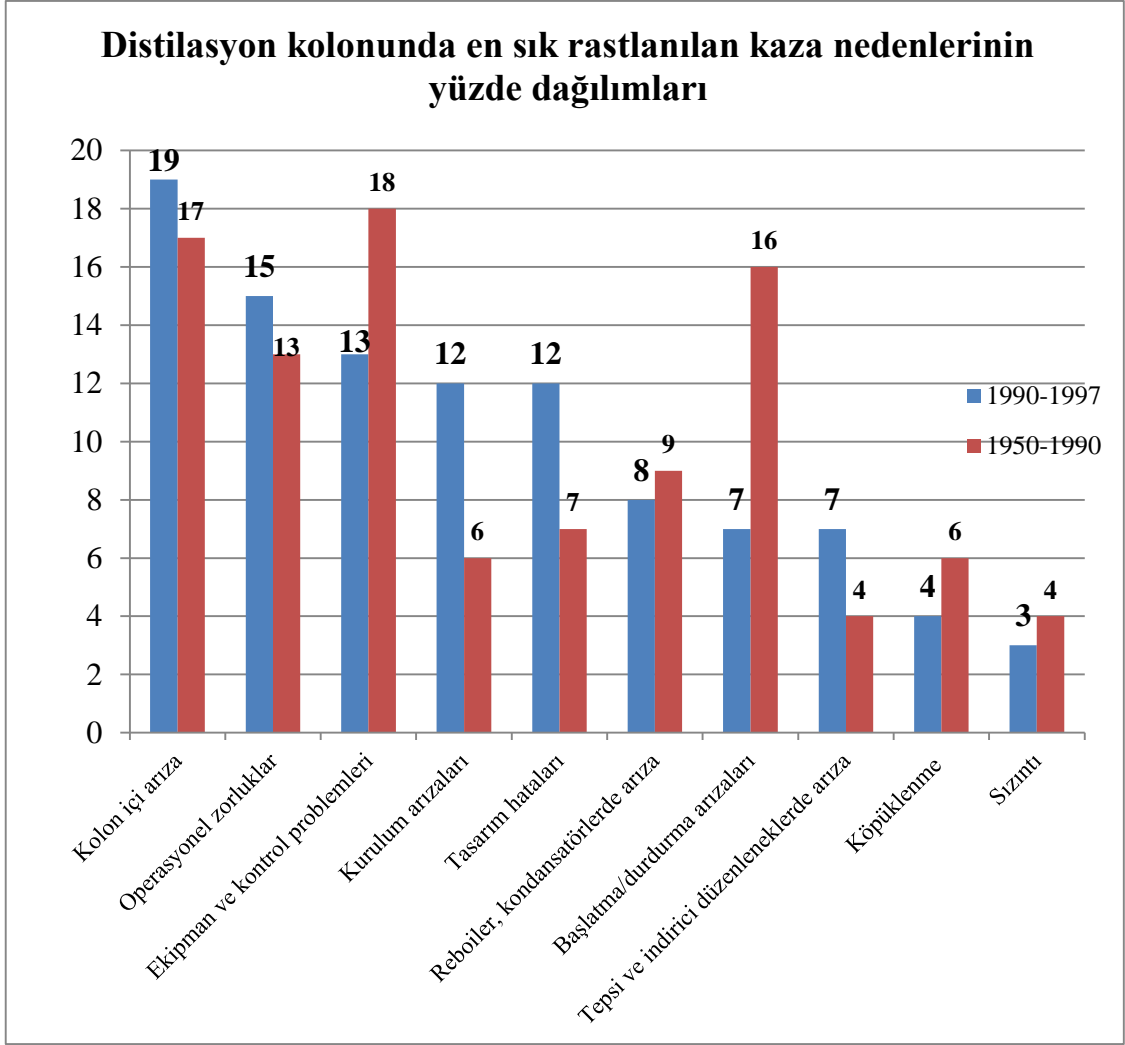
### **2.7.1 Atmosferik Distilasyon Kolonunda Meydana Gelen Kazaların Nedenleri ve Kök Nedenleri**

Distilasyon kolonunda yürütülen büyük kaza araştırma çalışmaları incelendiğinde, ısı değiştiriciler, vakum ve proses pompalarının kritik ekipmanlar olduğu görülmektedir. Bu ekipmanlarda oluşabilecek sızıntı, kirlenme, köpüklenme, koklaşma, yüksek basınç, yüksek sıcaklık, ters akış gibi tehlikeler; kolon kapasitesi ve proses üzerinde büyük kazalara sebep olabilecek olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Harrison & France, 1989).

Kister; 1950 – 1990 yılları arası oluşan 297 kazanın % 37'sinin, 1990 - 1997 arası oluşan 300 kazanın ise % 32'sinin petrol rafinerilerinde olduğunu ortaya koymuştur. Kister'in çalışmasında distilasyon kolonunda oluşan arızalar on başlık altında toplanmış ve kolon içi arızalar, operasyonel zorluklar, ekipman ve kontrol problemleri ilk üç sırada yer almıştır. Aynı çalışmada ekipman ve kontrol problemleri, kolon içi arızalar, operasyonel zorluklar, tasarım ve kurulum arızalarının gün geçtikçe artmış olduğu tespit edilmiştir. Distilasyon kolonundaki kaza risklerinin yüzde dağılımları Şekil 15'de sunulmuştur (Kister, 1997: 565 - 567).

Kister çalışmasında, en önemli kolon arızalarının koklaşma, yanlış bakım, kötü malzeme, baca ve tepsi problemleri, kimyasal reaksiyon, köpüklenme, gazın yanlış dağılımı, hat, eşanjör ve kolon kaçakları, seviye kontrol problemleri, sıcaklık kontrol problemleri, kapatma problemleri, basınç dalgalanmaları gibi nedenler olduğunu tespit etmiştir (Kister, 1997).





**Şekil 15.** Distilasyon kolonunda en sık rastlanılan kaza nedenlerinin yüzde dağılımları (Kister, 1997: 565-567)

Kister, distilasyon kolonlarında son elli yılda oluşan arızaları incelediği başka bir araştırmasında; koklaşma, kolon dip ve reboiler (ısı değiştiricisi) dönüşü, kurulum arızaları, sızıntı, yüksek basınç, kaçak, yangın gibi birçok neden tespit etmiştir. Araştırmaya göre, yüksek basınç sonucu gerçekleşen 24 olayın 18'i rafinerilerde gerçekleşmiştir. Rafinerilerde oluşan kaçak olaylarının en çok eşanjör ve kolon

kaçakları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada; 57 sızıntı olayının 16'sının eşanjörde, 13'ünün kolonda olduğu ortaya konulmuştur (Kister, 2003).

Can, distilasyon arızalarının % 18'inin ekipman ve kontrol problemlerinden, % 17'sinin kolon içi arızalardan ve % 16'sının ise tasarımdan kaynaklandığını ortaya koymuştur (Can, 2004). Fahim, Elkilani ve Al-Sahhaf ise distilasyon kolonunda sızıntı, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç sebebiyle olası yangın, patlama ve varlık kaybı oluşma tehlikesini ortaya koymuşlardır (Fahim, Elkilani, & Al-Sahhaf, 2010).

Birçok kazanın görünürde tek bir nedeni olmasına rağmen, aslında kazalar bir dizi olayın birleşmesi sonucu meydana gelmektedir ve kaza nedenlerinin altında yatan birçok kök neden bulunmaktadır. Kletz'e göre kimyasal kazaların önlenmesi için kazaların kök nedenlerinin incelenmesi gerekmektedir. Kaza inceleme raporlarında belirlenen nedenlerin, çoğunlukla kaza zincirinin son halkasını oluşturduğu, oysa kazaların birbiri ardına gelen olaylar sonucu oluştuğunu ortaya koyan Kletz, tasarımcı hatalarından yanlış vanayı kapatan operatörlere kadar birçok kişi veya olayın kazalara neden olduğuna değinmiştir (Kletz P. T., 2005).

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ise, kök neden çalışmaları neticesinde; işletmelerde reaktörleri güvenli moda çalıştırmaları için çalışanlara yeterli derecede teşvik olmadığını, insan faktörünün olumsuz etkisini, operasyonel ve mekaniksel değişim yönetiminin olmayışını, bakım eksikliğini, operatörlerin eğitimindeki yetersizlikleri, prosedürler ve operasyona ilişkin belgelerin güncellenmemiş olduğunu, proses tehlike analizlerinin hatalı yapıldığını tespit etmiştir (EPA, 1998).

ABD’de, 1988 yılında atmosferik distilasyon kolonunda meydana gelen sızıntı sonucu oluşan kazanın kök nedenlerinin; atmosferik kalıntı sonucu tabakalaşma, yüksek basınç sebebiyle kabukta yırtılma ve operatör hataları gibi nedenler olduğu tespit edilmiştir (eMars, 1988).

Fransa’da 2005 yılında, atmosfere hidrokarbon salınımı sonucu oluşan büyük kazanın kök nedenleri arasında; başlatma talimatlarının doğru uygulanmaması, atık geri kazanım vanalarının yetersizliği, vardiya geçişlerinde bilgilendirme eksiklikleri, kontrol seviye göstergelerinin devre dışı kalması, operatör hatası, eğitim yetersizliği ve kontrol odasındaki alarmların dikkate alınmaması gibi birçok neden tespit edilmiştir (French Ministry of Environment, 2007). Bununla birlikte, distilasyon kolonundaki kazaların genellikle bilgi eksikliği ve güvenli yönetim sistemlerindeki eksikliklerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur (Soley, Martin, & Hartman, 1997).

## **2.8 Kazaların Önlenmesi için Seveso Direktifleri Kapsamında Endüstriyel Tesislerin Yükümlülükleri**

Seveso II ve III direktiflerinde büyük kazaların önlenmesi için işletmelere bazı yükümlülükler yüklenmiş, işletmecilerin yükümlülüklerinin belirtildiği madde 5’e göre, işletmeciler büyük kazaları önlemek ve büyük bir kazanın meydana gelmesi durumunda, etkilerini çevre ve insanlara en az zarar verecek şekilde sınırlamak için gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlü tutulmuşlardır (EC, 1996, 2013).

Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi alanında, Seveso direktiflerinde üst seviyeli ve alt seviyeli kuruluş kapsamında olan işletmelere; bildirim yapmak, büyük kazalar

hakkında yetkili otoritelere bilgi vermek, değişiklik yönetimi, yetkili otoritelerin denetimine tabi olmak ve arazi kullanım planlaması yapmak gibi ortak sorumluluklarının yanında farklı sorumluluklar da yüklenmiştir. Üst seviyeli kuruluşların alt seviyeli kuruluşlara göre daha çok yükümlülükleri bulunmaktadır. Alt seviyeli kuruluşlar; işletmede bulunan tehlikeli maddeleri ve ilgili detayları bildirmek, büyük kazaları önlemek için bir politika hazırlamak ve bu politika belgesinin tam ve doğru olarak uygulanmasını garanti altına almak zorundayken, üst seviyeli kuruluşlar; tüm bu sorumlulukların yanında alt seviyeli kuruluşlardan farklı olarak güvenli yönetim sistemi (GYS) kurma, güvenlik raporu hazırlama, dâhili ve harici acil durum planı hazırlama, yetkilileri ve kamuoyunu bilgilendirme gibi yükümlülükleri yerine getirmek zorundadırlar. Ayrıca işletmelerin, idari yetkili otoritelerle birlikte domino etkisinin değerlendirilmesi, harici acil durum planı hazırlanması (HADP), arazi planlaması gibi çalışmalarını yürütme ve istenilen bilgileri idari yetkili otoritelere hazırlayıp sunma sorumlulukları vardır (EC, 1996).

Türkiye’de bu yükümlülükler BEKÖH kapsamında düzenlenmiştir. Yönetmelik ekinde, tehlikeli kimyasal maddeleri bulunduran tesislerin bulundurdukları maddeler ile madde miktarlarını *Seveso Bildirim Sistemi* üzerinden ÇŞB’ye beyan etmeleri gerekmektedir. Bu beyan, *Seveso Bildirimi* olarak adlandırılmaktadır. *Seveso Bildirimi*<sup>5</sup> sonrası gerekli incelemeler yapıp sistem tarafından işletmeler; *kapsam dışı* veya *kapsamda* olarak belirlenir, kapsamda bulunan tesisler *alt* ve *üst seviyeli kuruluşlar* olarak sınıflandırılır. Böylece kuruluşlar istenilen belgeleri hazırlarlar

---

<sup>5</sup><http://online.cevre.gov.tr/>

(ÇSGB, 2013). 2013 yılında yayımlanan BEKÖH kapsamında işletmecilere yüklenen yükümlülükler ve başlangıç tarihleri Tablo 7’de listelenmiştir:

**Tablo 7.** Yönetmelik kapsamındaki işletmelerinyükümlülükleri

<b>Yönetmelik Kapsamında Yükümlülükler</b>		
<b>Yükümlülük</b>	<b>İlgili Madde</b>	<b>Başlangıç Tarihi</b>
Bildirim	Madde 7	30.12.2013
BKÖPB	Madde 10	01.01.2016
Mümkün olan en yüksek önlem seviyesinin sağlanması yükümlülüğü	Madde 9	01.01.2017
Güvenlik Raporu - Hazırlanması, Gözden Geçirilmesi, Güncellenmesi	Madde 11	01.01.2016
Acil Durum Planı - Hazırlanması, Uygulanması	Madde 13 - 14	Dâhili Acil Durum Planı (01.01.2016) Harici Acil Durum Planı (01.01.2017)
Kamunun Bilgilendirilmesi	Madde 15	01.01.2016

İlgili tarihlere kadar gerekli çalışmaların tamamlanmış olması gerekmektedir. Bu sebeple bu çalışmanın sonraki bölümlerinde endüstriyel tesislerin hazırlamaları gereken belgelere ve güvenlik yönetim sistemine ilişkin genel bilgiler verilecektir.

### 2.8.1 Büyük Kaza Önleme Politika Belgesi

Güvenlik politika belgesi, işletmelerde toplumu ve çevreyi etkileyen büyük kazalara neden olabilecek riskleri minimize etme ve sürekli iyileştirme konusunda işverenin hedeflerini, bunlara bağlılıklarını ve güvenlik kültürüne katkıda bulunabilecek tüm çalışmaları genel hatlarıyla ele alan bir belgedir (J.L.Hawksley, 1999: 110).

Hem üst hem de alt seviyeli kuruluşların işletmecileri, kazaların insan ve çevre üzerindeki sonuçlarını sınırlamak için gerekli tüm tedbirleri alarak kazaları önlemek zorundadırlar. Ayrıca, işletmeler büyük kazaları önlemek için bir politika (Direktif Madde 7, Ek III) oluşturmalı, bu politikanın tam ve doğru olarak uygulanmasını garanti altına almalıdır (EC, 2003).

Büyük kaza önleme politika belgesinin (BKÖPB) oluşturulmasında, üst ve alt seviyeli işletmeler arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Alt seviyeli işletmelerin işletmecileri, yetkili mercinin talebi üzerine bu politikayı sunacaklardır. Dolayısıyla bu işletmelerin büyük kaza önleme politikasını belirleyen yazılı bir belgeyi yetkili mercilere iletme yükümlülükleri bulunmamaktadır. Ancak, üst seviyeli işletmeler güvenlik raporlarında işletmede büyük kaza önleme politikası (BKÖP) uygulanmakta olduğunu belirtmeleri ve bu raporu da yetkili mercilerine iletmeleri gerekir (Wetting & Kirchsteiger, 1999).

Seveso III Direktifi, madde 8'de bahsedilen Seveso kuruluşlarının hazırlamaları gereken BKÖPB güvenlik yönetim sistemini detaylı olarak içermemekle birlikte, Ek III (a) bendinde yer alan; güvenli çalışma, büyük tehlikeler ve organizasyon

düzenlemelerinin ana hatlarının yer aldığı tesis faaliyet yapılarını, çalışanlara, komşu tesislere ve çevreye yükümlülükleri içeren ve bunların yapılması için gerekli kaynaklara sahip olduğunu gösteren kısa, yazılı ve anlaşılır bir belge olmalıdır. Ayrıca bu belge, büyük kaza tehditlerinin kontrol edilmesine yönelik olarak kuruluşun genel amaçlarını ve ilkelerini de içermelidir (J.L.Hawksley, 1999: 110).

Seveso III direktifi ile, işletmecilere; büyük kazaların önlenmesi için işletmede; yüksek koruma sağlanmasına yönelik politikaların yer aldığı BKÖP belgesini hazırlamaları; bu politikaların etkili şekilde uygulanmasını sağlamaları şart koşulmuştur. Belgede belirtilen gereklilikler işletmenin riskleri ile orantılı olmalı, ilgili mevzuat değişikliklerine göre güncellenmeli ve bunlara ek olarak, belirlenen politikaların uygulandığının iç denetimlerce tespit edilmesi gerekmektedir. Denetim ile ilgili hükümleri içeren madde 18’de yetkili mercilerin kapsam dâhilindeki Seveso işletmelerini denetlemeleri ve gerekli tüm önlemlerin alındığını kanıtlamaları gerekmektedir. Ayrıca BKÖP’ün işletme için uygun ve uygulanmakta olduğu da kontrol edilmelidir (EC, 2013).

BEKÖH’ün 10. maddesine göre alt seviyeli kuruluşlar BKÖP belgesini ayrı bir doküman olarak hazırlarken, 11. maddesine göre ise, üst seviyeli kuruluşlarda BKÖP belgesi ayrı bir belge olmayıp güvenlik raporunun bir parçasıdır. BKÖP belgesi yükümlülüğü 01/01/2016 tarihinden itibaren başlayacaktır (ÇSGB, 2013). BKÖP belgesinin içermesi gereken bilgiler kısaca şu kapsamda olmalıdır:

- i. Tehlikelerin tanımlanması
- ii. Tesis için uygun tasarım, test etme ve işletme sırasında yapılan çalışmalar
- iii. Büyük kazaları önlemek ve kaza sonuçlarını en aza indirmek için yapılan çalışmalar
- iv. Çalışan eğitimlerinin verildiği ve onlara güvenlik ekipmanı sağlandığını gösteren bir program
- v. Büyük kaza oluşması halinde neler yapılacağına dair acil durum planlaması, planların güncellenmesi ve hazırlanması için gerekli olan prosedürler
- vi. Büyük kaza olması durumunda tehlikenin doğası gereği kazanın yayılımından etkilenebilecek tesis dışında kalan kişilerin bilgilendirilmesive çalışanlarla tesis dışında kalan kişilerin ne yapmaları gerektiğini gösteren prosedürler
- vii. Harici bir acil durum planı hazırlanmasında yerel yönetimlerle işbirliği yürütmek üzere politikalar (R.K.Sinnott, 2005: 394).

### **2.8.2 Güvenlik Raporları**

Güvenlik raporu; işletmelerde BKÖP'ün ve güvenlik yönetim sisteminin etkili şekilde uygulandığını, büyük kaza tehlikelerinin ve kazaların önlenmesi, çevre ve insan üzerindeki sonuçlarının sınırlandırılması için gerekli tüm önlemlerin alındığını, tasarım, kurulum, çalışma, bakım ve onarım aşamalarında güvenliğin ve güvenilirliğin sağlandığını, harici durum planlarına gerekli bilgilerin sağlanabileceği acil durum planlarının yapıldığını ve uygulandığını gösteren ve ayrıca arazi kullanım planlaması hakkında bilgiler içeren bir rapordur (EC, 2005: 7 - 8).



Seveso III olarak bilinen direktifin temelinde, sıfır kaza ve sıfır risk hedefi bulunmaktadır. Direktifin 5. maddesinde “İşletmecinin Genel Yükümlülükleri” başlığı altında; “işletmecinin büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve insan ve çevre için sonuçlarının sınırlandırılması için gerekli bütün önlemleri alacağını garanti etmesi” ve “yetkili mercie herhangi bir zamanda direktifte belirtilmiş teftiş ve kontrol için tüm gerekli önlemleri aldığını ispatlaması gerektiği” belirtilmiştir. Direktifin 10. maddesinde ise, büyük kaza önleme politikası ve güvenli yönetim sistemi gibi ek gerekliliklerin olduğu daha kapsayıcı bir güvenlik raporu kavramı ortaya konulmuş ve zorunlu kılınmıştır (EC, 2013).

Seveso III direktifinin 10. maddesinin 1. fıkrasında güvenlik raporunun hazırlanması; *“büyük kaza tehlikelerinin tanımlandığının ve bu tür kazaların önlenmesi ve insan ve çevre üzerinde etkili olan sonuçlarının sınırlandırılması için gerekli önlemlerin alındığının gösterilmesi, güvenlik yönetim sisteminin Ek III’te verilmiş olan bilgilere göre yürürlüğe konulduğunun gösterilmesi”* gibi çeşitli amaçlar çerçevesinde zorunlu tutulmuştur (EC, 2013).

Güvenlik raporunun, mevcut üst seviye kuruluşlar tarafından Seveso II direktifinin yürürlük tarihini müteakip, en geç bir yıl sonra ve yeni kuruluşlar tarafından ise inşaatı başlamadan veya faaliyete geçmeden makul bir süre önce sunulması gerekmektedir. AB’ye üye devletler, bu süreye kendileri karar verebilirler. Güvenlik raporunun işletmeciler tarafından her beş yılda bir incelenmesi ve güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca, yetkili idare şu durumlarda güvenlik raporunun incelenmesini veya güncellenmesini talep edebilmektedir:

- Yeni gereçler
- Güvenlik konusunda yeni teknik bilgi
- Tehlike değerlendirmesi hakkında yeni bilgi
- Kuruluşta değişiklikler olduğu durumlarda (REC Türkiye ve Jacobs, Cordova & Associates, 2012).

*6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 29. maddesinde güvenlik raporu hazırlanması zorunlu tutulmuş ve olmaması durumunda işletmelere işi durdurma cezası uygulanması, ayrıca işverenlere güvenlik raporu ve büyük kaza nleme politika belgesi hazırlamamaları halinde idari para cezası ödeme zorunluluğu getirilmiştir. Yine bu maddede (2) bulunan fıkra gereği işverenlere işyerlerini işletmeye açabilmeleri için, hazırlamış oldukları güvenlik raporlarının içerik ve yeterliliklerini ÇSGB incelemesine sunma zorunluluğu getirilmiştir (ÇSGB, 2012).*

BEKH'in 11. maddesine göre üst seviyeli kuruluşlar, büyük kaza nleme politikasının ve güvenlik yönetim sisteminin bulunduğu bir güvenlik raporu hazırlarlar. Raporda tesislerin; büyük kazaların önlenmesi, canlılar ve evre üzerinde bıraktığı etkilerin sınırlandırılması için gerekli tüm tedbirleri almış olduğunu ve büyük kazaya yol açabilecek herhangi bir riske karşı güvenliğin sağlandığını kanıtlamaları zorunludur. Bunların dışında güvenlik raporunun, dahili acil durum planlarının hazırlandığını göstermesi, harici acil durum planına destek olacak bilgiyi sağlaması ve yetkili idarelere arazi kullanım planlamasında yardımcı olmak için yeterli bilgiyi kapsamaması gerekmektedir (ÇSGB, 2013).

İlgili yönetmeliğin Ek II bölümüne göre güvenlik raporunda; “büyük kazaların önlenmesi ile ilgili olarak, kuruluşun yönetim sistemi ve organizasyonu hakkında bilgi, kuruluşun çevresi hakkında bilgi, tesisin tanıtımı, kaza risklerinin analizi ve önleme yöntemlerinin tanımlanması, bir kazanın sonuçlarının sınırlandırılması için uygulanacak koruma ve müdahale önlemleri” yer almalıdır (ÇSGB, 2013). Güvenlik raporlarında “Orantılı ve İspat Yaklaşımı” izlenmelidir. Orantılı yaklaşımda, işletmeye ilişkin olası riskler, işletme ile orantılı olacak şekilde ayrıntılı bilgiler vermelidir. Güvenlik raporunun sadece büyük kaza risklerini değil, işletmedeki tüm kaza risklerini özetleyecek nitelikte olması ve gerekli şartları yerine getirdiğinden işletmenin emin olması gerekmektedir. İspat yaklaşımı ise, sistematik analiz ve ayrıntılı kanıt olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Tehlike tanımlama ve risk değerlendirme süreci sistematik şekilde yapılmalı, büyük kazaya neden olabilecek tehlikeler belirlenmeli, sıklığı, etkileri ve olası senaryolar tanımlanmalıdır (EC, 2005).

Üst seviyeli kuruluşların sorumlulukları arasında en temel ancak en zor ve zahmetli olan işlemlerden biri, güvenlik raporlarının hazırlanmasıdır. Çünkü güvenlik raporlarının hazırlanmasında en önemli başlangıç noktası risk değerlendirmesi aşamasıdır. Özellikle karmaşık proseslerin olduğu rafineri gibi tesislerde risk değerlendirmesi çalışmaları çok karışık hale gelebilmekte, dolayısıyla kaynak, zaman ve konusunda uzman eleman gerektirmektedir (Bağcı, 2013). Tesisin emniyet içinde işletilmesi, iş ve proses güvenliğinin sürekli geliştirilmesi için gerekli olan tüm bilgileri içeren güvenlik raporu; tesisin tanımlanması, yürütülen faaliyetler, güvenli yönetim sistemi, organizasyon ve personel teşkilat yapısı, risk değerlendirmesi, büyük kazaların belirlenmesi ve değerlendirilmesi, acil durumlar için planlama, işletim

kontrolü, değişim yönetimi, performansın izlenmesi, denetleme ve inceleme gibi bir takım bileşenlerden oluşmaktadır.

AK tarafından üye devletlerde yürütölen bir araştırmaya göre güvenlik raporlarının % 76'sı işletmeciler tarafından hazırlanırken, % 63'ü danışmanlar tarafından hazırlanmıştır. Kuruluşların % 71'i, güvenlik raporlarında yer alan risk analizlerinin bir sonucu olan önleme ve hafifletmeye yönelik hesaplamaları yapmadıklarını belirtmişlerdir. Katılımcıların % 71'i, proses emniyeti açısından güvenlik raporlarının etkisinin çok güçlü olduğunu belirtmişlerdir. Büyük kazaların etkilerinin azaltılmasında güvenlik raporlarının iki temel bileşeni olan risk değerlendirmesi ve güvenlik bariyeri yaklaşımı süreçleri, güvenliğin sürekli geliştirilmesini sağlamıştır. Katılımcıların % 74'ü, tesis içi güvenlik raporu hazırlama zorunluluğunun, işlemlerini tekrar gözden geçirmelerini ve ek güvenlik ölçümlerinin yapılmasını sağladığını belirtmişlerdir. Güvenlik raporlarının hazırlanması için gerekli olan kişi sayısını katılımcıların; % 62'si ayda 10 kişiden az, % 16'sı ayda 10 ile 30 kişi, % 10'u ise ayda 30'dan fazla kişi olarak belirtmişlerdir (EC, 2008).

Ülkemizde, Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği tarafından, derneğe üye kuruluşlar arasında güvenlik raporunun hazırlanmasına yol göstermek ve durum tespiti amacıyla yapılan anket çalışmasına ilişkin sonuçlar, *1. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi* 'nde Bağan tarafından paylaşılmış ve üye kuruluşların büyük çoğunluğunun güvenlik raporu hazırlanması konusunda nereden başlayacaklarını bilemedikleri ve yeterince hazır olmadıkları belirtilmiştir. Anket sonuçlarına göre ankete katılan 13 tesisten 9'u risk analiz yöntemini belirlemiş olmakla birlikte,

güvenlik raporlarının hazırlanmasında sadece birkaç üye kuruluşun yol almış olduğu belirtilmiştir (Bağın, 2014). İlgili ankete ilişkin sorular ve cevaplar Ek I'de sunulmuştur.

### **2.8.3 Dâhili ve Harici Acil Durum Planları**

Bir acil durum planı, normal prosedürler dışında,olası kazaların acil etkilerini en aza indirmek ve kontrol etmek için acil düzeltici önlemler gerektiren, canlıları ve çevreyi korumak, yaralanmaları en aza indirmek, kayıp kontrolünü optimize etmek ve fiziksel maruziyeti azaltmak için hazırlanan ve uygulanan ayrıntılı bir eylem programıdır (OSHA, 2004).

Bütün işletmelerde olduğu gibi büyük endüstriyel tesislerde de doğal afetlere ve kaza risklerine karşı acil tahliye prosedürleri, müdahale, arama kurtarma çalışmaları, sağlık hizmetleri, raporlama, kamuoyunun bilgilendirilmesi, kaza sırasında ve sonrasında etkin iletişimin sağlanması, tesis içinde veya komşu tesislerle işbirliğinin sağlanması gibi hususların yer aldığı dâhili ve harici acil durum planları hazırlanmalı, belli periyotlarla gözden geçirilmeli, güncellenmeli, tatbikatlar yapılmalı ve prosedürleri uygulanmalıdır (HSE, 1999: 17 - 21).

Tehlikelerin belirlenmesi ve risk değerlendirmesi çalışmaları ile doğal afetler, tesis içinde oluşabilecek veya dışarıdan gelebilecek tehlikeler belirlenerek, acil durumlarda riskten etkilenebilecek kişiler; olayın diğer tetikleyici etkenlere sebep olup olmayacağı; çevreye, varlığa ve canlılara verebileceği zararlar gibi hususlar tespit

edilerek, öncelikler belirlenmelidir. Harici ve dahili acil durum planları, gerekli tüm önlemler alındıktan sonra olası kazaların etkilerinin azaltılması için hazırlanmalıdır (HSE, 1999: 22).

Seveso III Direktifi Ek IV'te bulunan bilgileri içeren acil durum planları hakkında yetkililere gerekli bilgiler sağlanmalıdır. Dahili acil durum planları çalışanlara danışılarak hazırlanmalı ve harici acil durum planları için kamuyla fikir alışverişinde bulunulmalıdır. Bu planlarla ilgili tüm kamu ve özel kuruluşlarla kamuoyunun bilgilendirilmesi gibi birçok zorunluluklar bulunmaktadır (EC, 2013, md.12).

*BEKÖH*'in 13. maddesinde dahili acil durum planlarının hazırlanmasına ilişkin bilgiler bulunurken, güvenlik raporunun kabulünün bildirilmesinden itibaren 20 işgünü içinde, işletmelerin dahili acil durum planını göndermeleri belirtilmektedir. Hazırlanan acil durum planının ÇSB'ye ulaşmaması halinde dâhili acil durum planının olmadığı kabul edilecektir (ÇSGB, 2013).

Bir acil durum planında bulunması gereken bazı temel esaslar vardır. Örneğin; kaza anında veya sonrasında yapılması gerekenler, güvenlik tedbirleri, müdahale işleminin ne kadar sürede uygulamaya konulacağı, kimlerin görev alacağı, görevlendirilenlerin eğitimleri, aralarındaki işbirliğinin ve ilişkilerinin belirlenmesi, müdahale kaynaklarının ve malzemelerinin belirlenmesi, olay yerine malzemenin ve görevli kişilerin süratle ulaştırılması gibi birçok bilgi acil durum planlarında bulunmalıdır (Dağ, 2012).

Acil durum planları, öngörülen kaza senaryolarındaki durumlara hazırlıklı olmak için normal durumlarda ve büyük kazaya sebep olacak özel durumlarda yapılacaklara ilişkin; kuruluş özelliklerini, çalışan sayısını, kuruluşun yerini vb. bilgileri ve çeşitli farklılıkları bünyesinde barındıran düzenlemeleri içermelidir (ÇŞB, 2010).

Ayrıca; acil durumun bittiğini saptayan ve tesise girişe izin vermeye sorumlu olan kişiler, izinsiz girişin engellenmesi için uygulanacak prosedürler, acil durumun bittiğini kamuoyuyla ve çalışanlarla paylaşacak kişiler, acil durum sonrası soruşturma ve incelemeyi yapacak tesis içi kişilerden oluşan ekiplerin oluşturulması, kaza bölgesinin temizlenmesi ve olası uzun vadeli etkilerinin izlenmesi ile tutulan kayıtların raporlanması prosedürleri gibi acil durum sonrası yapılacak işlemler de acil durum planlarında yer almalıdır (Dağ, 2012).

Acil durumlar konusunda eğitim ve tatbikatların yapılması hazırlıklı olma ve olası eksikliklerin tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu eğitimler kapsamında sorumlu kılınacak kişileri kimlerin eğiteceği, hangi alanlarda eğitim alacakları, müdahale anında kullanılacak ekipmanın nasıl kullanılacağı ve kontrollerinin kimler tarafından nasıl yapılacağı ve eğitimlerin sıklığı hususları düzenlenmelidir. Büyük bir kazanın ülke dışına taşıyacak etkileri bulunması halinde komşu ülkelerin acil durum servislerine bilgi sağlamaya yönelik düzenlemeler bulunmalıdır (ÇŞB, 2010).

Kaza riskleri, olası etkileri, kaza olduktan sonra yapılacağı çalışanlarla, civardaki yerleşim yerlerindeki kişilerle, kamu ve özel kuruluşlarla, ayrıca kazadan etkilenebilecek komşu tesislerle de paylaşılmalıdır. Ayrıca acil durum planlarında acil

bir durum sırasında tesis civarında olaydan etkilenebilecek halkın zarar görmesini engellemek için, tehlikeli madde bulunduran tesislerdeki değişikliklerden ve düzeltmelerden kaynaklanacak durumlar da kamuoyuyla paylaşılmalıdır. Olası bir paniğin önüne geçilmesini sağlamaya yönelik, tesis çevresinde yaşayanların ve toplumun acil duruma nasıl müdahale edilebileceğinden ve kazaların etkilerini en aza indirmek için acil durum servisleriyle irtibata geçilmesi dâhil, alınan tüm tedbirleri kamuoyunun tamamen anlamış olduğundan emin olunmalıdır (ÇŞB, 2010).

Bununla birlikte acil durum planlarında medya ve halkla iletişimi sağlayacak kişiler ve iletişimin nasıl sağlanacağı, kimyasal maddelerden zarar görmüş kişilerin tedavileri için yeterli imkânlara sahip sağlık kuruluşlarına sevki, olaydan sonra bölgenin boşaltılması veya geçici bir yere yerleştirilmesi gereken kişilerin barındırılması için imkân ve işlemler belirlenir. Bölgeyi terk edenler için sığınaklar ya da diğer yerler belirlenir. Komşu kuruluşlarla karşılıklı malzeme, uzman ve diğer yardım imkânları için yazılı anlaşmalar yapılır. Koruyucu tedbirlere ve işlemlere ne zaman ihtiyaç kalmadığını saptamak için kullanılacak yöntemler belirlenir (ÇŞB, 2010).

BEKÖH madde 14 uyarınca, harici acil durum planlarının ve dahili acil planlarının onaylanıp kayıt sistemine yüklenmesinden sonra hazırlanacağı belirtilmiştir. İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nün koordinatörlüğünde hazırlanan harici acil durum planı taslağı en az otuz gün süreyle Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından kamunun erişimine açık tutulmakta ve valiliklerce bu görüşler dikkate alınarak harici acil durum planına son şekli verilerek, bu planın birer nüshasını



Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na gönderilmektedir (ÇSGB, 2013).

Harici acil durum planları hazırlanırken merkezi ve yerel yönetimlerle işbirliği içinde çalışılmalıdır. Türkiye'de harici acil durumlar için altı bölge ve işbirliğinden sorumlu valilikler belirlenmiştir. Marmara Bölgesi için Kocaeli Valiliği, Karadeniz Bölgesi için Trabzon Valiliği, Ege Bölgesi için İzmir Valiliği, İç Anadolu Bölgesi için Kırıkkale Valiliği, Akdeniz Bölgesi için Adana Valiliği, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Diyarbakır Valiliği bölgesel işbirliğinden sorumludur (ÇŞB, 2010).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 12 Temmuz 2010 tarihinde yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalar İçin Yerel Acil Durum Planı Genelgesi'ne göre, planların uygulanmasından valiler sorumludur. Valiler acil durum planının hazırlanmasını ve uygulanmasını temin etmek amacıyla ilgili Bakanlıkların yetkili il ve bölge müdürlerinden oluşan bir "Acil Durumlara Hazırlık Komisyonu" nu kurarak, bu komisyona başkanlık ederler (ÇŞB, 2010).

Valilikler, yetkili makamlarda sorumlu kişileri belirlemek, acil durum uyarılarını, alarm ve uygulama adımlarını belirlemek, uygulama için gerekli kaynakların koordine edilmesine ilişkin düzenlemeleri yapmak, tesis içi risk azaltıcı/düzeltilici faaliyetlere ilişkin düzenlemeleri yapmak, halkın bilgilendirilmesi ve yapması gerekenlere ilişkin düzenlemeleri hazırlamak zorundadır (ÇŞB, 2010). İşletmeciler, harici acil durum planının hazırlanması için istenilen herhangi bir ek bilgiyi, talep edilen süre içerisinde

sağlamak zorundadır (ÇSGB, 2013). Teknolojik afetlerin önlenmesi için belirlenen gereksinimlere ilişkin eylemler Tablo 8’de sunulmuştur (AFAD, 2014).

**Tablo 8.** Büyük kazaların önlenmesi için belirlenen gereksinimler ve eylemler

Gereksinim	İlgili Kuruluşlar	Gerçekleşme Dönemi	Eylemler
<b>Seveso Direktifi’nin uygulanmasını kolaylaştırıcı çalışmalar</b>	<i>Özel sektör ve STK’lar</i>	2014-2017	Büyük kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için sorumlu kuruluşlar arasındaki işbirliğinin artırılması
	ÇSGB, ÇSB	2014 - 2016	Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında değerlendirme ve denetimlerin, mevzuat çalışmalarının, yetkili otoriteler arasında işbirliğinin, eğitim faaliyetlerinin, stratejik planların, yeni projelerin vb. konuların daha etkin ve koordineli bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla konusunda uzman kişilerden oluşan yeni bir üst yapının kurulması
	<i>Özel sektör ve STK’lar</i>	2014 - 2016	Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili yükümlülüklerin işletme sahipleri tarafından yerine getirilmesinin sağlanması için ilgili konular hakkında eğitim programları oluşturmak
	AFAD	2015-2017	Kirleten öder sistemine göre kaza sonrası harcamak üzere acil durum fon politikaları oluşturmak
<b>Domino etkisini kontrol için bilgi alışverişinin sağlanması</b>	ÇSB, ÇSGB	2015-2016	Seveso Bildirim Sistemine doğru ve güvenilir bilginin girilmesinin sağlanması
	ÇSB, ÇSGB	2016-2019	Büyük kaza etkilerine maruz kalacak bireylere ve AB’ye üye olunması durumunda diğer üye ülkelere güvenlik önlemleri ve prosedürleri konularında bilgi vermek
	<i>İçişleri Bakanlığı</i>	2016-2017	Büyük kaza riski bulunan kuruluşlar arasında bilgi paylaşımını sağlayacak yol ve yöntemler geliştirilip, prosedürler oluşturmak.
<b>Arazi kullanım planlaması</b>	<i>İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı</i>	2015 - 2017	Arazi kullanım planlaması ile ilgili hukuksal ve kurumsal politikalar oluşturmak
<b>Risk Değerlendirme Metodolojisi ve Kaza Senaryoları</b>	<i>İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Özel Sektör</i>	2015 - 2017	Kaza analizi ve risk değerlendirme çalışmalarının yapılmasını sağlamak ve değerlendirme için; Eğitim planlama çalışmaları yaparak tatbikatlar ve senaryolar hazırlamak. Bu çalışmaların nasıl yapılacağı detaylandırılarak projeler geliştirmek.
<b>Büyük Endüstriyel Kaza Sırasında Uygulanacak Harici Acil Durum Planlarının Hazırlanması, Gözden Geçirilmesi, Test ve Revize Edilmesi</b>	ÇSB, ÇSGB, <i>İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Sanayiciler</i>	2015 -2017	Harici eylem durum planı hazırlanması konusunda İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerinin eğitimlerinin sağlanması ülke genelinde endüstriyel kazalara ilişkin risk haritasının çıkarılması ve domino etkilerinin belirlenmesi için çalışmalar yapmak.
<b>Büyük Endüstriyel Kazaların Araştırılması, Raporlanması ve Denetimi</b>	ÇSB, ÇSGB	2014 -2016	Seveso Kuruluşlarının denetim için prosedür hazırlamak ve uygulamak
	ÇSB	2014 - 2015	Büyük endüstriyel kaza sonrası raporlamanın yapılması için kaza rapor formatı belirlemek.

#### 2.8.4 Güvenlik Yönetim Sistemi

Seveso direktiflerinde güvenlik yönetim sisteminin gerekli kılınmasının sebeplerinden birisi, 1984 yılından itibaren e Mars'a raporlanan kaza sayısının fazla olmasıdır. Verilere göre; birçok kaza, teknik önlemlerin yetersizliği nedeniyle olmakla birlikte, organizasyon ve yönetimde yaşanan başarısızlıkların da payı büyüktür (Mitchison ve Papadakis, 1999).

Endüstriyel tehlikeler ve kazalar, sistemlerde oluşan beklenmedik olaylar ve ekipman arızaları sonucu oluşabileceği gibi jeolojik, atmosferik, ekolojik, psikolojik ve sosyal etkenlerden de kaynaklanabilmektedir. Güvenlik yönetim sistemlerinde birçok etkenin bir araya gelmesiyle artan risklerin azaltılması ve etkilerinin hafifletilmesi için, bütüncül risk yönetimi yaklaşımı içinde barındıran ve çevresel faktörlerinde değerlendirildiği bir çerçeve geliştirilmelidir (Gupta ve Nair, 2012). Güvenlik yönetim sistemi, işyerindeki güvenlik elemanlarının yönetimi için tasarlanmış bütüncül, kapsamlı bir iş yönetim sistemidir (Ducker, 2014: 93).

Seveso III direktifinde, üst seviyeli işletmeler için güvenlik yönetim sistemi kurulmasına ilişkin detaylar bulunmaktadır. Genel olarak güvenlik yönetim sistemiyle, tüm çalışanları ve çalışma prosedürlerini kapsayacak görev ve sorumlulukların belirlenmesi, sistematikleştirme, prosedür oluşturma ve talimatlandırma, izleme ve gözden geçirme gibi sistem bileşenlerinin oluşturulması amaçlanır. Güvenlik yönetiminin uygulama adımları işletme kuruluşunun özelliklerine uygun şekilde oluşturulmalıdır. Güvenlik yönetim sistemi Ek III ile belirlenen konuları ele almalıdır. Direktifte GYS için belli bir model belirtilmemekle birlikte genel çerçevesi çizilmiştir.

Ancak işletmelerde kurulması istenen güvelik yönetim sistemi yedi başlıkta incelenmiştir. Bunlar; organizasyon ve personel, büyük tehlikelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi, operasyonel kontrol, değişikliklerin yönetimi, acil durumlar için plan yapılması, izleme performansı, denetim ve incelemedir (Wetting ve Kirchsteiger, 1999; European Communities Regulations, 2000; EC, 2013).

Sigorta ve danışmanlık şirketi olan Comcare GYS'nin sahip olması gereken beş ana ilkeyi (güvenlik politikası, planlama, uygulama, ölçme ve değerlendirme, yönetimin gözden geçirilmesi) temel alarak işletmelerin farklı yapılandırmalara gidebileceğini belirtmiştir (Comcare, 2013).

Güvenlik yönetim sistemleri ile ve ilgili direktif gereksinimleri hakkında daha ayrıntılı bilgi ve destek sağlamak amacıyla, AK tarafından üye devletler ile işbirliği içinde çalışılarak rehber bir belge (Guidelines on a Major Accident Prevention Policy and Safety Management System, as required by Council Directive 96/82/EC) hazırlanmıştır. Bu kılavuza göre, rapor edilen kazaların % 85'i yönetim sisteminde karşılaşılan hatalar ve eksiklikler nedeniyle olmaktadır (EC, 1998).

HSE ve White Queen VB tarafından Seveso kapsamındaki işletmelerin hazırlaması gereken büyük kaza önleme politika belgesi ile güvenli yönetim sisteminin yedi unsuru üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Kaza denetim raporlarının incelendiği araştırmada, Almanya verilerine göre kaza sıklığına en çok etki eden unsurun, "operasyonel kontrol" eksikliğinden kaynaklanan hatalar olduğu görülmüştür. İkinci sırada ise; "büyük tehlikelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi" hatalarının olduğu tespit

edilmiştir (Tablo 9). “Değişim yönetimi” de önemli diğer bir başlık olarak karşımıza çıkmaktadır (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012).

**Tablo 9.** Tesisteki büyük kaza güvenlik yönetim sistemi elemanlarındaki kusurlar sebebiyle oluşan kazaların sıklığı (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012: 48)

<b>Tesislerde Bulunan Güvenli Yönetim Sistem Elemanları</b>	<b>Oluşan kaza sayısı</b>
Büyük kaza önleme politikası	2
1. Organizasyon ve personel	8
2. Büyük tehlikelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi	20
3. İşletim kontrolü	31
4. Değişim yönetimi	16
5. Acil durum planlamaları	4
6. Performansın izlenmesi	11
7. Denetim ve gözden geçirme	5
Bilinmeyen	8
Kusur tespit edilemeyen kazalar	9

Araştırmada güvenlik bariyerleri olan işletmelerde Tablo 10’da sunulduğu üzere kaza sıklıklarında azalma olduğu görülmektedir, ancak güvenlik yönetim sisteminin bir bileşeni olan “işletim kontrolü” kaynaklı hataların kazaların sıklığında artış meydana getirmesi neticesinde ilk sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca büyük tehlikelerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve acil durum planlamalarından kaynaklı hataların, ikinci ve üçüncü sırada kazalara neden olduğu ortaya konulmuştur. Büyük tehlikelerin tanımlanmasında ve belirlenmesinde oluşan hatalar veya eksiklikler her iki durumda da

(bariyerin mevcut olduğu veya olmadığı) etkili bir kaza nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012).

**Tablo 10.** Bariyer olan işletmelerde, güvenlik yönetim sisteminde oluşan hatalarla bağlantılı olan kaza sayısı (White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM, 2012,s. 49)

<b>Tesislerde Bulunan Güvenli Yönetim Sistem Elemanları</b>	<b>Oluşan kaza sayısı</b>
Büyük kaza önleme politikası	0
1. Organizasyon ve personel	6
2. Büyük tehlikelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi	23
3. Operasyonel kontrol	139
4. Değişim yönetimi	14
5. Acil durum planlamaları	25
6. Performansın izlenmesi	2
7. Denetim ve gözden geçirme	0

İşletim kontrolündeki hataları gidermek ve kontrolü geliştirmek için, operatörlerin ve işletme sorumlularının her durumda maliyet ve üretime dayalı kararlar yerine güvenlik temelli kararlar almaları gerektiği konusunda taviz vermemeleri sağlanmalıdır. Ayrıca, tüm çalışanların performans hedefleri ve işletme riskleri hakkında etkin bir şekilde bilgilendirilmeleri gereklidir. Tesis yönetimi tarafından güvenli, ulaşılabilir çalışma limitleri ayarlanmalı ve oluşabilecek sapmalar tolere edilmemelidir. İşletim limitlerinden sapmaların, operatörler tarafından açık şekilde anlaşılması gerekmektedir. Yönetim, gerektiğinde operatörlere acil kapatma prosedürlerini takip etmeleri için elverişli bir çalışma ortamı sağlamak zorundadır.

Etkili bir GYS için güvenliği tehdit eden durumlarda çalışanlara işi durdurma gibi uygulamaya dönük yetkiler verilmelidir (EPA, 1998).

Ayrıca kuruluşlar iş sağlığı ve güvenliği (İSG), çevre, kalite ve iş geliştirilmesinin birlikte göz önünde bulundurulduğu bir güvenlik yönetim sisteminin etkin şekilde yürütülmesi için kendi içlerinde yeni düzenlemeler geliştirmelidirler. Oluşturulacak güvenli yönetim politika belgesinde yer alan hedeflerin gerçekçi olması ve ulaşılabilirliğinin kontrolü için performans sonuçlarının düzenli olarak üst yönetime bildirilmesi gerekmektedir. Mevcut sistemdeki boşlukları belirleyen, eksiklikleri gideren sistemler işletme risklerinin belirlenmesi için önemlidir. Üst düzey yöneticilerin nasıl bir güvenlik sistemini kontrol ettiklerini anlamaları, yönetim sisteminin başarısına ve sürdürülebilirliğine de katkı sağlamaktadır. Sektörde ve işletme etrafında olup bitenlerin gözlemlenmesi, işletme dışından kaynaklanacak risklerin kontrolü, dış etkenlerin göz önüne alınması ve iyi uygulamaların yaygınlaştırılması oldukça önemlidir (HSE, 2006).

Ancak İSG ve proses güvenliği çalışmalarının, yönetime sunulması gereken çalışmalar gibi aşağıdan yukarıya işletilmesinin uygulamada oluşturacağı eksiklikler düşünüldüğünde, entegre yönetim sistemlerinin yönetim kurulu içinde oluşturulan bir yapıyla yukarıdan aşağı yürütülmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır (İnanç, 2014). Bununla birlikte GYS'nin dinamik bir yapı olması sebebiyle kontrol döngüleri aracılığıyla sürekli iyileştirme faaliyetleri yürütülmeli ve sistem performans göstergeleri aracılığıyla belli periyodlarla izlenmelidir. Planlama, organizasyon, uygulama, değerlendirme, plan sonuçlarının kontrol edilmesi ve düzeltici faaliyetlerin

düzenlenmesi ve alınması, bu kontrol döngüsünün ögeleridir. Teknoloji, personel, prosesin ve her tür değişimin yönetildiği “değişim yönetimi”, güvenliğin etkinliğini artırmaktadır (Wetting ve Kirchsteiger, 1999).

Büyük endüstriyel kazalar, büyük tehlikelerin kontrol edildiği güvenlik yönetim sistemleri ile önlenemez veya etkileri azaltılabılır. Güvenlik yönetim sistemleri ne kadar etkili olursa kazaların önlenmesinde de o kadar başarı sağlanır. Kazaların oluşma nedenlerinin belirlenmesi kazaların önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Sanılanın aksine kazalar tek bir hata sebebiyle oluşmaz aksine kazalar genellikle çok karışık sebepler zinciri sonucu meydana gelir. Çalışanlara kazaların kök nedenlerin basitleştirilmiş şekilde anlatılması, GYS'nin geliştirilmesi ve çalışan katılımının artırılması açısından oldukça önemlidir (Safety Institute of Australia Ltd., 2012).

Çalışanların katılımı tüm yönetim süreçlerinde sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Çalışanlar güvenlik denetimlerine ve risk değerlendirmelerine, iş güvenliği alanında yapılan çalışmalara dahil edilerek bütüncül yaklaşım oluşturulabilir. Bunlara ek olarak, etkin bir GYS için çeşitli bilinçlendirme faaliyetleri ve eğitimler yapılarak çalışanların farkındalığının artırılması, bilgi paylaşımının sağlanması ve çalışanları katılımının güçlendirilmesi sağlanmalıdır.

### **2.8.5 Tehlikelerin, Risklerin ve Kök Nedenlerin Belirlenmesi**

Büyük kazaların önlenmesinde risk değerlendirme çalışmaları önemli bir adımdır ve bu adımda yapılan hatalar sebebiyle büyük kazalar yaşanmaya devam etmektedir. Endüstriyel tesislerin hazırlamaları ve uygulamaları gereken büyük kaza önleme



politika belgesi, güvenlik raporları ve dâhili acil durum planları gibi belgelerin ve yetkili makamlarca hazırlanacak olan harici acil durum planlarının hazırlanması için ilk olarak olası tehlikelerin ve risklerin tanımlanması ve tespit edilmesi gerekmektedir (Delvosalle, Fievez, Pipart, ve Debray, 2006: 200).

Türkiye’de risk değerlendirilmesi yapılması zorunluluğu 30.06.2012 tarihli ve 28339 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 6331 sayılı “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” ile zorunlu tutulmuştur. 6331 sayılı kanunun 25. maddesinde büyük endüstriyel kazaların olabileceği işyerlerinde, risk değerlendirmesinin yapılmadığı hallerde işin durdurulacağı belirtilmiştir (ÇSGB, 2012).

Risk değerlendirmesinin usul ve esasları 29.12.2013 tarihli ve 28512 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan *İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği*’nde düzenlenmiştir. Yönetmelik 4. bölüm madde 13’te “*büyük kaza önleme politika belgesi veya güvenlik raporu hazırlanan işyerlerinde; bu belge ve raporlarda değerlendirilmiş riskler, bu Yönetmeliğe göre yapılacak risk değerlendirmesinde dikkate alınarak kullanılır*” ifadesine yer verilmiştir (ÇSGB, 2013).

İşletmeler risk değerlendirmesi çalışmasında, sadece yüksek olasılıklı ve düşük etkili sonuçlara sahip olası kazalardaki risk seviyelerini değil, aynı zamanda düşük olasılıklı ve yüksek etkili sonuçlara sahip kazalardaki risk seviyelerini de düşürecek güvenlik yönetim sistemi politikalarının olduğunu göstermelidir (ÇSGB İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2012).

Kazaların önlenmesinde, sadece kazaya neden olabilecek faktörlerin değerlendirilmesi yeterli olmayıp, gelecekte meydana gelebilecek kazaların tekrar etmesinin önüne geçilebilmesi için kazaların altında yatan nedenlerin tespiti de oldukça önemlidir. Kök nedenlerin tespitinde başlangıç olayının ortaya çıkmasına neden olabilecek sebepler ortaya konulup, sorunun nedenlerinin bulunması ve kalıcı olarak ortadan kaldırılması için çalışılmalıdır. Proses endüstrisinde belirsizliklerin çokluğu sebebiyle kök neden aralığı oldukça geniştir (Wang Y. , 2004: 17-18).

#### **2.8.6 Petrol Rafinerilerinde Kaza Risklerinin ve Kök Nedenlerin Tespiti**

Petrol doğası gereği birçok riski içinde barındırmaktadır. Petrol rafinerilerinde üretilen ürünler, hidrokarbonlar, yakıt ve ham ürünler, birçok endüstri kuruluşu için oldukça önemlidir. Bu sebeple petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan, elde edilen yanıcı ve tehlikeli maddeler sebebiyle, ağır kayıplı kazaların yanında sonuçları açısından nispeten daha hafif olaylar da oldukça sık yaşanır. Ancak yıllar geçtikçe sektörde tespit edilen kayıtlı ramak kala olaylarında, kaza ve sonuç göstergelerinin eğiliminde oluşan düşüş, risk yönetiminin de geliştiğini göstermektedir. Bununla birlikte büyük kaza oluşma potansiyeli bulunan bir tesiste, zarara sebebiyet veren olaylar oluşmuyorsa bu kazaların olmayacağı anlamına gelmemektedir, sık oluşan ramak kala olayların da dikkate alınması gerekmektedir (PSA, 2013: 4-5).

Rafinerideki karışık yapıdaki üniteler, büyük miktarda tehlikeli maddelerle yüksek sıcaklık ve basınçta çalışma, kesintisiz proseslerin olması, hataların düzeltilmesi için yeterli zamanın olmaması, belirsiz durumların çokluğu, en kötü senaryoların tahmin edilmesinde yetersiz kalınması ve insan hatası gibi sebeplerle risklerin analizi oldukça

zordur. Bu sebeple büyük kazaların önlenmesinde etkili bir risk analizi yapılması ve güvenli yönetim sistemi programı kurulması oldukça önemlidir.

Yüksek operasyon tehlikesi bulunması sebebiyle rafinerilerde risk analizine, olası tehlikelerin tespitiyle başlanılır. Risk analizi için tesislerde Kontrol Listeleri Analizi, Sebep Sonuç Analizi, Olay Ağacı Analizi, Hata Ağacı Analizi, “Olursa Ne olur” Analizi, Hata Modları ve Etkileri Analizi gibi birçok teknik kullanılır (CCPS, 1992). Bu çalışmada kaza risklerinin tespitinde Yarı Kantitatif Tehlike ve Operasyonel İşletilebilirlik Analizi, kök nedenlerin tespiti aşamasında ise Hata Ağacı Analizi kullanılmıştır. Analizlere ilişkin ayrıntılı bilgi Materyal ve Metot bölümünde incelenmiştir.

### **3 MATERYAL VE METOT**

#### **3.1 Araştırmanın Tipi ve Amacı**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlık Tezi kapsamında yürütülen bu araştırma, bir petrol rafinerisinin ham petrol distilasyon kolonundaki kaza risklerini ve kök nedenlerini tespit etmek amacıyla, tanımlayıcı nitelikte ve kesitsel bir çalışma olarak tasarlanmıştır.

#### **Varsayımlar**

1. Tesisin tasarımı yapılırken belirtilen kullanım süresi boyunca tesis bakım faaliyetlerinin uygulandığı varsayılmıştır.
2. Çalışma kapsamında tesisin, tasarım amacına uygun şekilde işletildiği ve tasarımdan kaynaklı hatalar olmadığı varsayılmıştır.
3. Tesiste koruyucu sistemlerin ve bariyerlerin etkinliğinin düzenli olarak kontrol edildiği varsayılmıştır.
4. Tesiste güvenli tarafta kalmak için risklerin derecelendirilmesi mevcut bariyerlerden önce yapılmış, bariyerlerin çalışmadığı varsayılmıştır.

#### **3.2 Araştırmanın Zamanlaması**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlığı tez çalışması kapsamında, ismi çalışmada XYZ ile ifade edilecek olan XYZ petrol rafinerisinin ham petrol distilasyon kolonunda yürütülen yarı kantitatif HAZOP ve FTA çalışmaları, Eylül 2014 – Ocak 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

### **3.3 Seçim Kriterleri**

Petrol rafinasyon endüstrisinde faaliyet gösteren işletme ülkede tek işletme olması sebebiyle seçilmiştir. Her petrol rafinerisinde temel ünite olması ve oluşabilecek arızanın tüm rafineriyi etkileme riskine sahip olması sebebiyle, atmosferik distilasyon kolonu seçilmiş ve araştırma süresince en kötü sonuçları verme ihtimali olan kazalara odaklanılmıştır. Risk değerlendirme ekibiyle atmosferik distilasyon ünitesinde en kötü senaryoları hangi ekipmanların verebileceği üzerinde durulmuş ve geçmiş kazalar ışığında araştırmanın atmosferik distilasyon kolonunda yürütülmesine karar verilmiştir.

### **3.4 Araştırma Soruları**

1. Atmosferik distilasyon kolonunda, tasarım amacından ve normal operasyon koşullarından saparak tehlike oluşturabilecek sapmalar nelerdir?
2. Proseste tehlike oluşturacak sapma nedenleri nelerdir?
3. Atmosferik distilasyon kolonundaki kaza riskleri nelerdir?
4. Kaza risklerinin dağılımı nasıldır? Etki kategorileri, şiddeti ve olasılıkları nelerdir?
5. Atmosferik distilasyon kolunda büyük kazaya sebep olabilecek kaza risklerinin kök nedenleri nelerdir?

### 3.5 Sınırlılıklar

1. Araştırma, çalışmanın yürütüldüğü XYZ petrol rafinerisi ve atmosferik distilasyon kolonu ile sınırlıdır.
2. Araştırma, uygulama yapılan zaman ve proses bilgileri ile sınırlıdır.
3. Araştırma, kullanılacak yöntemlerden kaynaklı nedenlerle sınırlıdır.
4. Araştırma, risk değerlendirme ekibinin tecrübesi, bilgisi ve yürütülen çalışma sırasındaki görüşleri ile sınırlıdır.

Tezin bu bölümünde, çalışmada kullanılan araştırma materyali ve metodu hakkında bilgiler sunulmuştur. *Materyal* bölümünde, uygulamanın yapılacağı tesisin faaliyetleri, çalışılacak ekipmanın ve prosesin tanımı, risk değerlendirme ekibi ve risk derecelendirme matrisi hakkında bilgiler sunulmuştur. *Metot* bölümünde ise; kullanılan metotların uygulama adımları ile verilerin toplanmasına ve değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar ile saha çalışması hakkında bilgiler sunulmuştur.

### 3.6 Materyal

#### 3.6.1 İşletmenin Faaliyetleri

Çalışmanın yürütüldüğü petrol rafinerisinde, üretim alanlarından boru hatları ya da deniz terminali aracılığıyla rafineriye teslim edilen ham petrol işlenerek, endüstride kullanılabilecek sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), nafta, benzin, jet yakıtı, gaz yağı, motorin, kalorifer yakıtı, akaryakıt ve bitüm gibi petrol ürünleri üretilmektedir. Genel

itibarıyla petrol rafinerilerinde gerçekleştirilen işlemler, ayırıtırma ve ürünün kalitesinin yükseltilmesi olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Ham petrol, endüstride talep edilen ürünlere dnştrlme aşamasında, hidrokarbon moleküllerinin parçalanması amacıyla *kraking*, *reforming* gibi işlemlerden geçirilir ve daha sonra bu ürünler, istenmeyen bileşiklerden ayırıtırılarak kalitelerinin yükseltilmesi amacıyla; *ekstraksiyon*, *hidrotreating* ve *sweetening* gibi çeşitli işleme ve ayırma proseslerine tabi tutulurlar (XYZ, 1997). Proses niteleri basit Şekilde dört kısımdan oluşmaktadır.

Proses-1 ; Atmosferik Distilasyon nitesi, Vakum Distilasyon nitesi ve İzomerizasyon nitesi'nden,

Proses-2 ; Nafta Hidrojenle Muamele (Unifiner) nitesi, Reformer nitesi, Kerosen-Dizel Desülfürizasyon nitesi ve Aminle Muamele ve LPG nitesi'nden ,

Proses-3 ; Yeni Kükürt nitesi, Asfalt fleme nitesi, Sıcak Yağ nitesi ve Kirlı Su Muamele nitesi'nden,

Proses-4 ; Hidrokraker nitesi ve Hidrojen nitesi'nden oluşmaktadır (Şekil 16).





### 3.6.1.1 Atmosferik Distilasyon Ünitesi

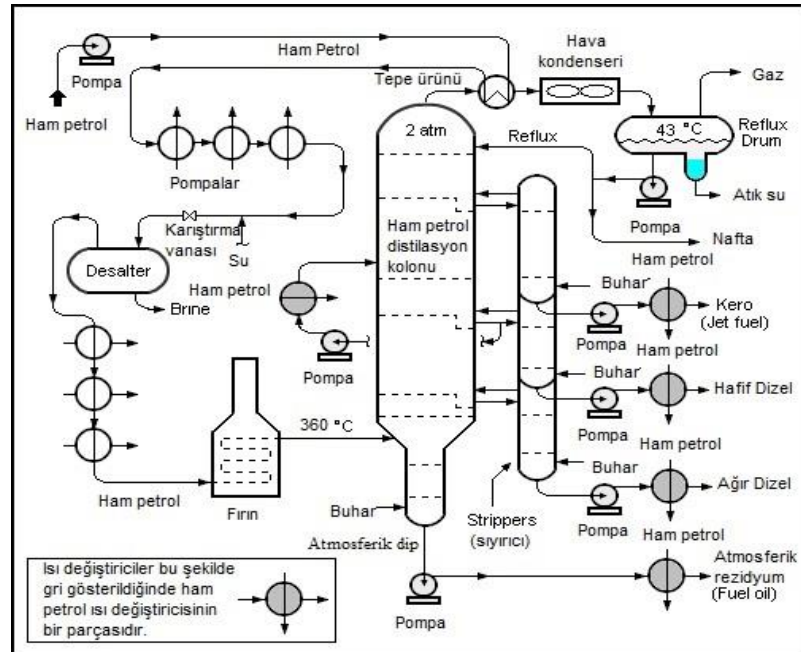
Sıvı haldeki bir karışımın ısıtılmasıyla, karışım içinde bulunan bileşenlerin kaynama noktalarına göre ayrışması işlemine distilasyon denir. Distilasyon, petrolün refine edildiği ilk metottur (Speight, 2011). Ham petrol içindeki hidrokarbon bileşenleri, kaynama noktaları arasındaki farkın çok küçük olması nedeniyle saf olarak ayrışamaz. Bu sebeple belirli bir kaynama sıcaklığına sahip ayrışma işlemine *fraksiyonlama* denir (OSHA, 2015).

Ham petrol distilasyon ünitesi (HDÜ), hemen hemen tüm petrol rafinerilerinde ilk işlem yapılan ve arıza olması halinde rafinasyon operasyonun en fazla etkilenebileceği önemli bir ünedir. Ham petrol distilasyon ünitesinde ham petrol, güvenli işlenebileceği en yüksek sıcaklığa kadar ısıtılır ve atmosfer sıcaklığının biraz üstünde ayrışma işlemi gerçekleştirilir. Kaynama noktaları birbirinden farklı hidrokarbon gruplarının, atmosferik basınç altında ortak kaynama noktalı değişik gruplara ayrıştırıldığı bu ünite, atmosfer basıncının biraz üstünde çalıştığı için atmosferik distilasyon ünitesi olarak adlandırılır (Watkins, 1979: 3).

Kolonun işletme koşulları, ham petrolün özelliklerine ve istenen ürün verimlerine ve niteliğine bağlı olarak değişmektedir. Her rafineride seçilen ham petrol karışımına özgü olarak tasarlanmış bir veya daha fazla ham petrol distilasyon ünitesi bulunur (XYZ, 1997: 7). Ham petrol distilasyon ünitesinin amacı, tuzu giderilmiş olan ham petrolden kirliliklerin giderilmesi ile LPG, LSR (hafif) Nafta, HSR (ağır) Nafta,

Kerosen, Hafif Dizel, Ağır Dizel ve Atmosferik Dip ürünlerinin elde edilmesidir. Bu ünite de başlıca beş operasyon gerçekleştirilir:

1. Ham petrol, tuz giderme operasyonu sonrası ve öncesi tesisdeki mevcut sıcak akarsularla ısıtılır.
2. Paralel fırınlarda 320 - 350 °C civarındaki ham petrol ısıtılır.
3. Isıtılan ham petrol ürünleri kolonda damıtılır. Gazyağı, hafif dizel ve ağır dizel sıyırıcı bu işlemlerden sonra elde edilirken, dip üründe oluşan vakum ünitesine şarj edilir.
4. Distilasyon kolonunun tepesindeki LPG ile, hafif düz nafta ve ağır düznafta karışımı LPG, hafif naftanın ağır naftadan ayrıldığı sıyırma kolonuna beslenir.
5. Nafta sıyırıcısının tepe sıvı ürünü debutanizatör kolonunda, hafif nafta ve LPG ayrıştırılır (Speight, 2011). Şekil 17’de basit bir atmosferik distilasyon akış diyagramı sunulmaktadır.



Şekil 17. Atmosferik distilasyon ünitesi proses akış diyagramı

Ünitede elde edilen ürünler, işlenmek üzere diğer ünitelere gönderilir, bu sebeple ürünler diğer ünitelerin de şarjını oluştururlar. LPG direkt olarak aminle muamele ve LPG ünitesine; LSR Nafta, benzin hazırlamak üzere tanka; HSR Nafta, direk olarak Nafta Hidrojenle Muamele Ünitesine; Özel Nafta, Nafta Hidrojenle Muamele Ünitesine, Kerosen, direk olarak Kerosen Dizel Desülfürizasyon Ünitesine ve dizel hazırlamak üzere tanka; Hafif Dizel, dizel hazırlamak üzere tanka; Ağır Dizel, hafif dizel ile karıştırılıp Kerosen - Dizel Desülfürizasyon ünitesine ve ayrıca dizel ve kalorifer yakıtı hazırlamak üzere tanka gönderilir. Ham petrolün yaklaşık % 40'ını teşkil eden atmosferik dipin yarısı akaryakıt hazırlanmasında kullanılırken, diğer yarısı vakum distilasyon ünitesinde ikinci bir ayırıştırma işleminden geçirilir. Tablo 11'de ünite de kullanılan ürünler ve ürünlerin özellikleri sunulmuştur (Speight, 2011).

**Tablo 11.**Ham petrol distilasyon ünitesinde elde edilen ürünler<sup>6</sup>

Ürün Cinsi	Ürünlerin gerçek kaynama aralıkları	Sıcaklık (°C)
LPG, LSRN, HSRN	IKN-160 °C	113
Özel Nafta	160 - 182 °C	184
Kerosen	182 - 232 °C	203
Hafif Dizel	232 - 288 °C	202
Ağır Dizel	288 - 360 °C	305
Atmosferik Dip Kalıntı	360 °C	345

### 3.6.1.2 Atmosferik Distilasyon Kolonu ve Prosesin Tanımı

Distilasyon; ham petrolün ısıtılmasını, buharlaştırılmasını, fraksiyonlanmasını, yoğunlaştırılmasını ve soğutulmasını içerir. Besleme akımının kolona girdiği bölgenin

<sup>6</sup> (XYZ, 1997)

altındaki, daha uçucu bileşenlerin sıyrılarak alındığı bölüme sıyırma bölgesi denir. Birden fazla besleme akışının verilmesi ve yan akışların oluşması prosesi karmaşık hale getirmektedir. Birçok rafineride birden fazla atmosferik distilasyon ünitesi bulunmaktadır ve genel itibarıyla atmosferik distilasyon kolonlarında otuz ile elli arasında tepsi bulunur (Yeniova, 2007, s. 2).

Tuz giderme işlemi sonrası, ham petrol bir seri ısı değiştiricisinden geçirilerek 220 °C'ye kadar ısıtılır. Bu süre zarfında fırına verilen ham petrol fırında 360 °C'ye kadar ısıtılır ve istenilen kısımları ayrıştırılmak üzere atmosferik distilasyon kolonu şarj girişine verilir. Kolona verilen ham petrolün yarısından fazlası, ısı değiştiricinin kabuğundan geçtikten sonra yaklaşık 121 °C'ye kadar ısıtılarak buharlaşmış halde kolona geri verilir (XYZ, 1997).

Daha hafif fraksiyonlar kolonun tepe kısımlarında yoğunlaşır ve toplanır. Tepe hidrokarbon buharları, ana fraksiyonlayıcının tepe geri akış dramı içerisinde yoğunlaşır ve birikir (ÇŞB, 2012: 16). İlk kaynama noktası 70 °C olan nafta karışımı tepe ürünü olarak buhar fazında kolonu terk eder ve hava kondenserine gönderilir, 55 °C'de kısmen kondense olarak çıkan bu ürün su kondenserine gelir. Daha sonra gravite akışı ile 43 °C'de geri akışısı değiştiricisine gelir ve kirli süper iyodik olarak kanala akıtılır, hafif fraksiyonlar ve sıyırma buharı da ayrıştırılarak hidrokarbon sıvısından ayrılır. Tepe hidrokarbon sıvısı yaygın olarak doğrudan işlem sonrası nafta muamele ünitesine gönderilir. Bu durumda çekilen ürünün bir kısmı sıyrıcı kolonunun tepesine geri dönüş akımı (reflüks) olarak verilir (XYZ, 1985).

Naftanın kalan kısmı ise ön ısıtıcılarda yaklaşık 90 °C'ye kadar ısıtılır ve debütanizer kolonundan üniteye şarj olarak verilir. Sıyırıcı kolonunun dip ürünü olan HSR Naftanın bir kısmı reboilere (ısı değiştirici) gönderilir. Nafta, silindir tipli bir fırın olan ısı değiştirici fırına girerek konveksiyon ve radyasyon bölümlerinden geçer. Isı değiştirici çıkışında kollar ortak bir yerde birleşir. Isınan nafta, atmosferik distilasyon kolonuna geri verilir. HSR naftanın geri kalan kısmı havalı soğutucularda 60 °C'ye ve sulu soğutucularda da 40 °C'ye kadar soğutulduktan sonra tanka gönderilir. Kolonun operasyon şartları ise; basınç 6 kgf / cm<sup>2</sup>, tepe sıcaklığı 52 °C, dip sıcaklığı 118 °C'dir (ÇŞB, 2012: 16).

Düşük kaynama noktasına sahip bileşenler kolonunun yan çekişlerinden alınır. Bu karışımların içinde temizlenmesi gereken daha ağır bileşenler bulunmaktadır. Yan çekişlerin her biri, kendine özgü dört ile on arasında tepsi bulunan sıyırıcılara gönderilirken, en dipteki tepsinin altında bulunan buhar enjeksiyonu ise farklı bir sıyırma kolonuna gönderilir. Buhar enjeksiyonu ile ağır bileşenler ayrıştırılır ve buharla, hafif uçlar ilgili yan akıntı ile çekiş tepsisinin üstünden kolona geri gönderilir. Üretilen bu ürünlerin çoğu hidrojen ile muameleden sonra son ürün olarak endüstride kullanılabilir hale gelir ya da farklı proseslerden geçerek harmanlanabilir (ÇŞB, 2012: 16).

### **3.6.1.1 Kolon İçerisinde Kullanılan Kimyasallar**

Atmosferik distilasyon kolonunun iç kısmını ve tepe sistemindeki ekipmanları korumak için gerekli olan korozyon inhibitörü, kirlenmeyi önleyiciler (Antifoulant), emülsiyon kırıcılar, kostik ve amonyak kullanılmaktadır (XYZ, 1997).

### **Korozyon İnhibitörü**

Ünitede korozyon inhibitöründe koruyucular, kolonların tepe hatlarında bir film tabakası oluşturarak korozyonu önlemektedir. Ünitede tepe hattına ve nafta geri akış hattına enjeksiyon yapılmaktadır (XYZ, 1997).

### **Antifoulant**

Ünitede kirlenme önleyici olarak kullanılan madde, fırınlarda ve ısı değiştiricilerin ham petrol tarafında, kok, polimer, çamur, korozyon ürünleri ve diğer katı parçacıklardan kaynaklanan kirlenmeyi önlemek amacıyla kullanılmaktadır ve desalter çıkışına enjekte edilir (XYZ, 1997).

### **Emülsiyon Kırıcı**

Ünitede emülsiyon kırıcı Desalter'da emülsiyonun kırılması amacı ile kullanılmakta olup aynı zamanda ham petrol şarj pompalarının emişine de enjekte edilir (XYZ, 1997).

### **Kostik**

Kostik, ham petroldeki asitliği nötralize etmede ve kolon korozyonunu önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Dozaj, ham petrolün türüne ve desalter sonrası klor miktarına göre değişmektedir. Enjeksiyon, ham petrol pompa emişi ve desalter çıkışında bulunmaktadır (XYZ, 1997).

### **Nötralize Edici Amin**

Atmosferik distilasyon ünitesinde kolon tepe sisteminin pH'ını yükseltmek için kullanılan bir nötralize edici amin karışımıdır. Bu kolonun en tepesinde hafif fraksiyon

ve yoğuşmayan rafineri yakıt gazı (çoğunlukla metan ve etan) bulunur. Tipik olarak bu gaz aynı zamanda hidrojen sülfid ve amonyak gazlarını da içerir. Bu gazların karışımından elde edilen ürün; 'ekşi gaz', 'asit gazı' veya kirli gaz olarak bilinir. Elde edilen bu gazların belirli bir miktarı yoğunlaştırıcıdan geçerek ısısını kaybeder ve ardından rafineri asit gaz, yakıt sistemine boşaltılır ya da bir proses fırınına, flareye veya diğer bir kontrol cihazına gönderilerek hidrojen sülfid elde edilir (XYZ, 1997).

### **3.6.2 Risk Değerlendirme Ekibi**

Bu alışma HAZOP analizi ilkelerine göre seçilen ve konuyla ilgili çeşitli alanlarda uzmanlığı bulunan, işletmeyi, prosesi, işletme politikalarını ve yarı kantitatif HAZOP analizinin uygulama adımlarını bilen kişilerden oluşan bir ekip tarafından desteklenerek yürütülmüştür. Risk değerlendirme ekibinde HAZOP takım lideri olarak şirketin proses güvenliği politikalarını bilen ve şirketteki işletme bilgilerine hakim 1 üretim başmühendisi görev almıştır. Araştırma kapsamında 1 emniyet evre koruma başmühendisi, 1 üretim şefi, 1 elektrik başmühendisi, 1 enştrüman şefi, 1 proje şefi, 1 tasarım mühendisi, 1 üretim mühendisi, 1 ünite amiri ve 1 işyeri hekimi, 1 diğer sağlık personeli, 5 çalışan temsilcisi olmak üzere 16 kişilik bir ekiple birlikte çalışılarak kaza risklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmalarına katkı sağlanmıştır.

### **3.6.3 Risk Hiyerarşi Tablosu**

İşletmede 5 x 6 risk matrisi kullanılmaktadır ve tesisin hazırlamış olduğu matriste yılda birden fazla oluşan olaylar değerlendirme dışı kaldığı için ayda bir oluşan olayların da değerlendirildiği 6 x 6 risk matrisi geliştirilmiştir. Bununla birlikte işletmede düşük,

orta, yüksek olmak üzere riskler üç seviyede değerlendirildiği için yüksek seviyede olan ve acil müdahale edilmesi gereken risklerin hangisinin daha öncelikli olduğunun belirlenmesinde kısıtlılık oluşmaktadır. Bu sebeple riskler çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek, katastrofik olmak üzere altı seviyede incelenecek şekilde risk derecelendirilmesinde kullanılan risk hiyerarşi tablosu ve risklerin insana, varlığa, çevreye ve şirket itibarına etkilerini gösteren Ek II ve III'de sunulan tablolar petrokimya, kimya endüstrisi gibi yüksek risk taşıyan sektörlerde kullanılan AZ/NSZ 4360: 2004 standartından, NHS (İskoçya Ulusal Sağlık Hizmetleri) Kurulu'nun oluşturduğu risk matrisinden faydalanılarak yeniden oluşturulmuştur (Talbot, 2013; Australia, 2015; NHS, 2014). Risklerin şiddet ve sonuçları tanımlanmıştır. İnsan, varlık, çevre ve itibar üzerinde sonuçların etkileri belirlenerek risk hiyerarşi derecelendirme tablosu oluşturulmuştur (Tablo 12).

Risk hiyerarşi matrisinde A, B, C, D, E, F harfleri riskin ortaya çıkma olasılığını, 0 – 5 arası rakamlar ise riskin şiddetini ifade eder. Riskin ortaya çıkma olasılığı A'dan F'ye doğru artarken, şiddeti 0'dan 5'e doğru ilerledikçe yükselmektedir. Kırmızı bölgelerde yer alan çok yüksek ve yüksek risklerin, düşük veya orta seviyeye indirilmesi gerekmektedir. Risk hiyerarşi matrisinde belirtilen dört kategori açısından 0 - 5 arası belirlenen şiddet değerlerinin karşılık geldiği anlamlar belirlenip kaydedilmiştir. Sapmalar sonucu oluşacak kaza risklerinin derecelendirilmesi yapılmış olup, şiddeti 0 - 5 arası derecelendirilmiştir. Rakamların karşılık geldiği anlamlar belirtilip, şiddet etki tabloları oluşturulmuştur. Kategorilere ilişkin oluşturulan etki tabloları Ek II ve III'de sunulmuştur.



**Tablo 12.** Risk hiyerarşi tablosu

SONUÇLAR					OLASILIK					
ŞİDDET	İNSAN	VARLIK	ÇEVRE	İTİBAR	A	B	C	D	E	F
					Sanayide/ sektörde hiç duyulmamış	Sanayide/ sektörde duyulmuş	Organizasyonda/şirkette yılda birden fazla meydana gelmiş	Tesiste veya şirkette yılda >1 meydana gelmiş	Tesiste yılda birden fazla meydana gelmiş	Tesiste rutin şekilde meydana gelmiş
					<10 <sup>-6</sup>	>=10 <sup>-5</sup> , <10 <sup>-4</sup>	>=10 <sup>-4</sup> , <10 <sup>-3</sup>	>=10 <sup>-3</sup> , <10 <sup>-1</sup>	>=10 <sup>-1</sup> , <1	>=1
0	Yaralanma veya sağlığa etkisi yok	Hasar yok	Etkisi yok	Etkisi yok	A0	B0	C0	D0	E 0	F0
1	Hafif yaralanma ve sağlık etkisi	Hafif hasar	Hafif etki	Hafif etki	A1	B1	C1	D1	E 1	F1
2	Az yaralanma ve sağlık etkisi	Az hasar	Az etki	Az etki	A2	B2	C2	D2	E 2	F2
3	Ciddi yaralanma ve sağlık etkisi	Orta hasar	Orta etki	Orta etki	A3	B3	C3	D3	E 3	F3
4	Kahçı iş görememezlik en fazla 3 can kaybı	Büyük hasar	Büyük etki	Büyük etki	A4	B4	C4	D4	E 4	F4
5	Can kaybı 3'ten fazla	Çok büyük hasar	Çok büyük etki	Çok büyük etki	A5	B5	C5	D5	E 5	F5
<b>ÇOK DÜŞÜK</b>		Riskleri ortdana kaldırmak için acil tedbir gerektirmeyebilir.								
<b>DÜŞÜK</b>		Riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrollere gerek kalmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmelidir.								
<b>ORTA</b>		Risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilir.								
<b>YÜKSEK</b>		Riskleri düşürmek için gerekli faaliyetler kısa zamanda başlatılmalıdır. Proses, kontrollü şekilde işletilmelidir.								
<b>ÇOK YÜKSEK</b>		Risk, kabul edilebilir seviyeye düşürülünceye kadar proses durdurulmalı, gerekli adımlar atılmalıdır.								
<b>KATASTROFİK</b>		Çalışma durdurulur ve derhal riski düşürmek için gerekli adımlar atılır. Çalışma öncesi tekrar değerlendirilir.								

İnsan, çevre, varlık ve itibar üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak; saha gözlemleri, literatür taramaları, geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları, oluşturulmuş, sektörde ve dünyada yer alan istatistikler ışığında kaza risklerine sıklık ve şiddet değerleri atanmıştır. Olayın meydana gelme frekansı ile şiddetinin bileşkesi alınarak kaza riskleri hesaplanmıştır. Tablo, sonuçların operasyon ve ekomomi gibi farklı alanlarda etkilerini de değerlendirecek şekilde geliştirilebilir.

### **3.7 Metot**

Bu tez kapsamında yürütülen risk analiz çalışması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın; kapsamında “kaza risklerinin tespiti” aşamasında HAZOP, Hata Modu ve Etki Analizi (FMEA), Olursa Ne Olur? (What if?) gibi birçok metot içinden, kimya endüstrisinde karmaşık proseslerde etkin sonuçlar vermesi, tehlikelerin tanımlanması konusunda geniş bir yelpaze sunması ve endüstride en çok kullanılan yöntem (Kletz T. A., 2010: 954) olması sebebiyle yarı kantitatif HAZOP analizi ile çalışılması tercih edilmiştir. Kök nedenlerin tespiti aşamasında ise; Olay Ağacı Analizi (ETA), Neden Sonuç Analizi, Hata Ağacı (FTA) gibi birçok yöntem içinden çeşitli mantıksal kombinasyonlar oluşturulmasına imkan tanınması ve yaygın olarak kullanılan bir yöntem olması sebebiyle FTA tercih edilmiştir (Fahim, Elkilani ve Al-Sahhaf, 2010).

#### **3.7.1 Yarı Kantitatif Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP)**

Kimya endüstrisinde büyük kazaların önlenmesi için, tehlikelerin saptanması ve denetim önlemlerine ilişkin tedbirlerin alınması amacıyla bir dizi metot

kullanılmaktadır. HAZOP, yeni tasarlanan kimyasal ve petrokimya tesislerine özgü potansiyel tehlikelerin ve işlerlik sorunlarının sistematik olarak tespit edilmesi için 1960'lı yıllarda ICI (İmparatorluk Kimya Sanayi) tarafından geliştirilmiştir (Johson, 2010). Açılımı “tehlike ve işletilebilirlik analizi” olan HAZOP farklı alanlarda uzmanlığı bulunan bireylerin, yetkili bir lider ile birlikte yürüttüğü ekip çalışmasıyla, tasarım ve işletim esnasında oluşabilecek tehlike ve işletilebilirlik sorunlarının tanımlandığı, sonuçları açısından zararlı olabilecek sapmaların ve olası sapma nedenlerinin tespit edilerek değerlendirildiği bir analizdir (BSI, 2001: 7). Kimya endüstrisinde, özellikle karmaşık kimyevi yapılarda gelenekselleşmiş bir yöntemdir. Tesisle ilgili risklerin sistem sistem görülmesini sağlar. Tekniğin uygulaması hakkında kapsamlı birçok kılavuz ve standart hazırlanmıştır (ICI, 1977; Kletz, 1992; Taylor, 1994; Lees, 1996; IEC 61882, 2001; Crawley F., Preston M., Tyler B., 2000; Kyriakds I., 2003).

HAZOP analizi, bir tesisin planlama aşamasında veya faaliyete başlamadan önce ya da çalışmakta olan bir tesis için kullanılır, HAZOP çalışmasından tesiste değişiklik yapılması halinde yeni bir analiz yapılması gerekebilir. Tesite yapılacak ek incelemelerle bu değişikliklerin yeni sorunlara yol açıp açmadığı belirlenmelidir (Lees, 1996).

HAZOP analizinin yürütülmesi için, proses güvenlik ve kontrol bilgileri, tasarım planı, hat ve enstrüman çizimleri (P&ID), malzeme güvenlik bilgi formları, geçmiş kaza kayıtları, ramak kala kayıtları, akış diyagram çizimleri, tesis plan çizimleri, bakım ve acil müdahale prosedürleri gibi birçok belge gerekmektedir. Proses güvenlik bilgileri

olarak isimlendirilen bu belgelerin derlenmesi ve sürekli güncellenmesi sadece rafineriler için değil, tüm endüstrilerde proses güvenliğinin sürdürülebilirliği için önemli olup güncel ve doğru olması için sürekli izlenmelidir. Çünkü HAZOP analizinde kullanılan belgelerin güncelliği analizin güvenilirliğini etkileyecektir (BSI, 2001).

HAZOP analizinde diğer analiz yöntemlerinden farklı olarak, tasarım amacından ve normal operasyon koşullarından sapmaların belirlenmesi, sapma nedenlerinin ve sonuçlarının kurgulanması için proses parametreleri “kılavuz kelimeler” ile kullanılır (Tablo 13).

**Tablo 13.** HAZOP proses parametreleri (Hyatt, 2003)

Akış	Basınç	Sıcaklık
Seviye	Hız	Zaman
Frekans	Viskozite	Karıştırma

Kılavuz kelimeler, üretimde kullanılan proses parametreleri (akış, sıcaklık, seviye, basınç, yoğunluk vb.) ile birlikte kullanılarak, operasyon sapmalarına sistemin nasıl cevap vereceği tespit edilir. Örneğin bir hatta, kılavuz kelimeler ve proses parametreleri birlikte kullanılarak “akış yok” sapması ve sayısal olarak artma azalma olması halinde ise, “yüksek” ve “düşük” kılavuz kelimeleri kullanılarak “yüksek akış”, “düşük akış” ifadeleri kullanılır. Kılavuz kelimeler, farklı endüstrilerde farklı ihtiyaçlara cevap verecek şekilde belirlenebilir (Crawley, Preston ve Tyler, 2000).

HAZOP analizinde kullanılan kılavuz kelimelerin bazıları ve anlamları Tablo 14’de sunulmuştur:

**Tablo 14.** Kılavuz kelimeler ve anlamları<sup>7</sup>

Kılavuz Kelimeler	Anlamı
Fazla (Yüksek)	Nicel artış Nitel artış,
Az (Düşük)	Nicel azalış, Nitel azalış,
Yanı sıra	Amaca tümüyle ulaşılırken bazı ek etkinlikler de yapılmıştır.
Ters	Öngörülen yönün tersi oluşmuştur.
Yok	Mevcut değil, amaca ulaşılmamış başka bir şey de olmamıştır.
...dan başka	Amaçtan tamamen farklı durumlar oluşmuştur

HAZOP’ta normal çalışma koşullarında tehlike olmadığı, olası sapmalar sonucu tehlike oluşacağı varsayılır (Crawley, Preston ve Tyler, 2000). Kılavuz kelimeler kullanılarak, sistemde anlamlı sapmalar, sapma nedenleri ve sonuçları olup olmadığı tespit edildikten sonra, bu sapmalar değerlendirilir (Hyatt, 2003). Tablo 15’de HAZOP sapma matrisi sunulmuştur:

---

<sup>7</sup> (IEC, 2001)

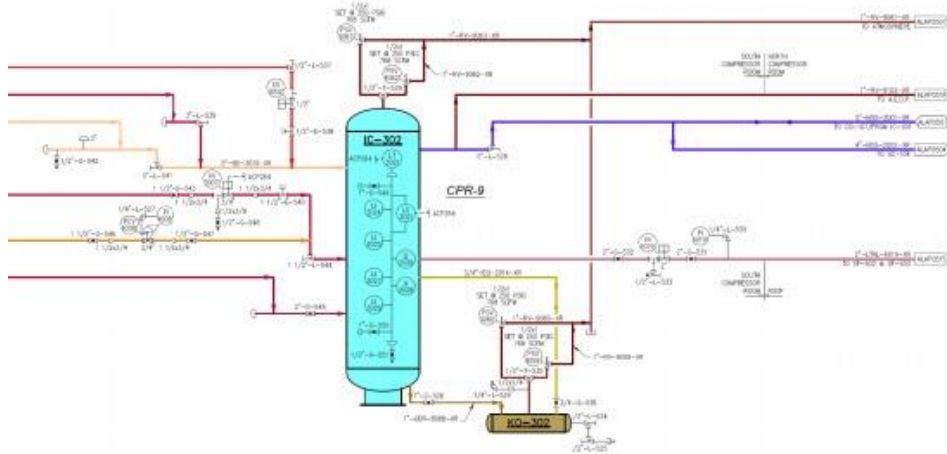
**Tablo 15.** HAZOP sapma matrisi (Nolan, 2015)

<b>Kılavuz kelimeler</b>					
<b>tasarım</b>	<b>Fazla</b>	<b>Az</b>	<b>Yok</b>	<b>Ters</b>	
<b>parametreleri</b>					
*	Akış	Yüksek akış	Düşük akış	Akış yok	Geri akış
*	Basınç	Yüksek basınç	Düşük basınç	Vakum	
*	Sıcaklık	Yüksek sıcaklık	Düşük sıcaklık		
*	Seviye	Yüksek seviye	Düşük seviye	Seviye yok	
*	Reaksiyon	Yüksek reak.	Düşük reak.	Reaksiyon yok	Ters reaks.
**	Hızı	Hızı	Hızı		
**	Zaman	Çok uzun	Çok kısa		

\* Sürekli operasyon

\*\* Batch operasyon

Matematiksel modellemede olduğu gibi, HAZOP analizinde de proses,bütün olarak ele alınmayıp daha küçük parçalara ayrılmakta (düğüm seçimi), uygun kılavuz kelimelerin kullanılması ile beklenen durumdan sapmalara karşı prosesin nasıl cevap vereceği sistematik bir şekilde incelenmektedir (BSI, 2001). Analizde tesis düğümlere ayrılarak incelenir. Şekil 18’de sistemin düğümlere ayrılmasına ilişkin bir örnek sunulmuştur:



**Şekil 18.** HAZOP düğüm seçim örneği

HAZOP'ta düğümlerin uygun şekilde seçimi analizin etkinliği için önemlidir. Düğüm akışlara göre seçilir ve sapma nedenleri bulunurken düğüm içindeki nedenler değerlendirilir. Fakat diğer düğümlerden kaynaklı sapma nedenlerinin de olması ihtimali düşünüldüğünde, çalışmanın etkinliği için ya böyle bir etki olmadığı varsayılır ya da diğer düğümlerdeki etkiler ayrıca değerlendirilir (Sauk, Markowski ve Moskal, 2015).

Analiz, kişilerin tecrübesine dayandığı için risk değerlendirme ekibi HAZOP'ta oldukça önemlidir. Büyük endüstriyel tesislerde kazalara ilişkin risklerin kontrolünde deneyimli ve prosesi bilen kişilerden bir HAZOP ekibi oluşturulmalıdır. Sahadan uzak uzmanlardan oluşan ekiplerde, iş körlüğü sebebiyle çalıştırma, durdurma ile ilgili sorunlar gözden kaçabilmektedir. Ekip oluşturulurken, analiz süresince ekipten kaynaklanabilecek hatalar en aza indirilmeye çalışılmalıdır (Kletz T. A., 1993).

HAZOP analizinde, risk değerlendirme ekibi tarafından sapsmaların nedenleri beyin fırtınasıyla belirlenerek olası sonuçlar üzerinde değerlendirmeler yapılır. Sapsmaların

birçok nedeni ve sonucu olabilmektedir. Sapmaların sağlık, çevre ve güvenlik üzerinde etkili olan zararları belirlenerek, proses parametrelerinin amaçlanan tasarımdan saptığında neler olabileceği değerlendirilerek sapma sonuçları yani kaza riskleri belirlenir. Daha sonra olası sistemde bulunan bariyerlerin yeterli görülmemesi halinde ek önlemler ve sorumlular önerilir (Crawley, Preston ve Tyler, 2000). HAZOP analizinin güçlü ve zayıf yanlarının bazıları Tablo 16’da sunulmuştur (Glossop, Ioannides ve Gould, 2015; Nolan, 2015):

**Tablo 16.** HAZOP’un güçlü ve zayıf yanları

Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bir sistemin, prosesin, işlemin veya sürecin sistematik olarak ve ayrıntılarıyla incelenmesini sağlar.</li> <li>• Tecrübeli, prosese hakim, çoklu disiplinli bir ekip tarafından gerçekleştirilir.</li> <li>• Çözüm sunan ve riskleri azaltmak içineylemler oluşturan etkili bir tekniktir.</li> <li>• İnsan hatalarının neden ve sonuçlarının değerlendirilmesini yapabilir.</li> <li>• İşletim anında oluşabilecek arızaların tespiti için, yazılı bir işletim kaydı oluşturulmasını sağlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çok fazla zaman ve belge gerektirir, belgelendirmenin iyi düzeyde ve güncel olması gerekir.</li> <li>• Çoklu disiplin içeren çalışma gerektirir.</li> <li>• Süreç, tasarımcıların uzmanlığına dayanır. Tecrübeli bir ekip ile yapılmıyorsa; sınırlı kalabilir.</li> <li>• Detaylı çözümler bulmaya odaklanıldığından, detaylar arasında boğulunabilir.</li> <li>• HAZOP toplantılarında tartışmalar uzadığı için zaman kaybı oluşabilir.</li> </ul>

Yarı kantitatif HAZOP analizinde, klasik HAZOP analizinden farklı olarak risk matrisi kullanılır ve olası kaza risklerine olasılık ve şiddet değerleri atanarak risklerin büyüklüğü hesaplanır. Böylece risk azaltılması çalışmalarına katkı sağlanır. Ayrıca yarı kantitatif HAZOP’ta sunulan önerilerin hangisinin önemli olduğunun önceliklendirilmesi sebebiyle, maliyet açısından da planlama yapılmasına yardımcı



olur (Gilardi ve Gotti, 2013: 230 - 231). Ancak 3 x 3 ve 4 x 4 risk matrislerde dar aralıklar sunulması sebebiyle, yüksek risk ile derecesi daha düşük olan riskleri birbirinden ayırmak zorlaşır. Çalışmada 3 x 3 ve 4 x 4 yerine 5 x 5 veya 6 x 6 risk matrislerinin kullanılması daha iyi ve gerçeğe yakın sonuçlar alınmasına yardımcı olur (Perez-Marin ve Rodrigez Toral, 2013).

Risk derecelendirmesinin bariyerlerden önce veya sonra yapılması mümkündür, ancak bariyerlerden önce yapıldığında, riskin derecesi genellikle olduğundan yüksek, çıkmaktadır. Kimi işletmeler daha güvenli olduğunu düşündükleri için bariyerlerin çalışmadığını varsayarak, risk derecelendirmesini bariyerlerden önce yaparlar. Ancak bu yaklaşımda derecesi aynı çıkan riskler için sunulan önerilerden, hangisinin öncelikli olduğu hangisinin bekleyebileceğine karar verilmesi zordur (Perez-Marin ve Rodrigez Toral, 2013).

HAZOP analizinde önerilerin uygulanması ve değerlendirilmesi için belirlenen sorumlular, çalışmada düşük seviyeye indirilmesi gereken risklere yönelik getirilen önerilerin uygulanması için hazırlanmış olan takvime bağlı kalarak, analiz sonrası önerileri değerlendirme çalışmasına başlarlar. Önerilerin ek güvenlik sorunları getirip getirmeyeceği, üretime dair olumsuz etkilerinin olup olmayacağı gibi pek çok kriter, farklı alanlarda uzmanlıkları bulunan ekipler tarafından gözden geçilir. Uygulamanın testleri tamamlandıktan sonra, uygun görülmesi halinde sistemde değişiklikler yapılır ve gözlemlenir. Değişikliğin işlendiği P & ID hazırlanır. Tesiste yapılan değişikliğin kazaya sebep olup olmayacağı HAZOP metodu ile tekrar analiz edilir. Böylece önerilerin uygulanmasından önce ve öneriler uygulandıktan sonra risk seviyeleri

ölçülerek risk düzeyinde azalma olup olmadığı tespit edilir. Gerekli olması halinde ek önlemler belirlenir. HAZOP prosedürlerinin aşamaları kılavuzlarda geniş şekilde tanımlanmıştır (IEC, 2001). Basitleştirilmiş bir akış şeması EK IV’te sunulmuştur.

Yapılan değişikliğin büyüklüğüne göre değişikliğin sadece ünite değil, tüm tesiste yeni ek sorunlar oluşturup oluşturmayacağı değerlendirilir. Risk azaltma işleminden sonra, yarı kantitatif olarak risk seviyesinin düşürülüp düşürülmediği tespit edilir. Gerekli görülmesi halinde ek önlemler yapılır. Tesiste kontrollü yürütülen gözlem süreci sonrası, HAZOP ekibinin de onayıyla değişiklik tamamlanmış olur. Bununla birlikte proses bilgileri, P & ID, tesis planları, acil durum prosedürleri, bakım ve işletme talimatları, çalışma prosedürleri gibi birçok belgelere değişiklikler eklenerek, belgeler güncellenir. Gerekli olması halinde işletmede değişikliklerle ilgili eğitimler düzenlenir. Değişiklik yönetiminde, değişikliklerin tüm sisteme etkileri gözlemlenir (CCPS, 2008; Crawley, Preston ve Tyler; 2000; Kyriakdis, 2003).

### **3.7.2 Atmosferik Distilasyon Kolonunda Yarı Kantitatif HAZOP Analizi**

Uygulama yapılacak petrol rafinerisinin yetkili makamlarından izin alınarak ön görüşmeler yapılmış, emniyet şefleri ve müdürleriyle birlikte çalışılmıştır. Saha gözleminin ilk aşamasında petrol rafinerisi genel olarak incelenmiş, proseslere ilişkin bilgiler edinilmiştir. Sonraki aşamalarda ise, çalışılacak olan ham petrol distilasyon ünitesine yoğunlaşmıştır. Literatür çalışmaları ışığında şekillenen çalışma boyunca, ziyaret kısıtlaması sebebiyle verimli çalışma ilkeleri esas alınmıştır. İlk çalışmalar ağırlıklı olarak saha gözlemleri ve literatür çalışmalarının derinleştirilmesi şeklinde

olup, sonraki aşamada en uygun olan uygulama yöntemine ve çalışılacak ekipmana karar verilmiştir.

Çalışmalar sırasında; tesise ilişkin çizimler, proses emniyet bilgileri, malzeme bilgi formları, geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları, akış şemaları ve tasarım bilgilerine ilişkin belgeleri içeren birçok proses belgesi incelenmiştir. Saha ziyaretleri sırasında ve sonrasında doğrudan veya dolaylı olarak proses güvenliği ile ilgili tüm riskler araştırılmış, sonraki adımlarda ise, tesiste oluşturulmuş risk değerlendirme ekibinin çalışmalarına dahil olunarak yarı kantitatif HAZOP analizi yürütülmüştür.

Yarı kantitatif HAZOP değerlendirmesi sırasında önerilen, tartışılan başlıklar, alınan kararlar, yapılan risk değerlendirmesi ve yapılacak eylemler, ayrıntılı bir şekilde risk değerlendirme ekibi sekreteryası tarafından kayıt altına alınmıştır. Belirlenen faaliyetlerle ilgili sektörde ve tesiste daha önce yaşanmış kazalar, geçmiş veriler dikkate alınarak oluşabilecek tehlikeler ve bu tehlikelerin meydana getireceği zararlar değerlendirildikten sonra, çizimler incelenip akışların değerlendirmesi sonucu düğümler seçilmiştir. Bu araştırma süresince proses şefi ile irtibat halinde olunmuştur. Firma kuralları gereği, tesisin gizlilik kapsamında tutması nedeniyle saha gözlemlerine, yetkililerle yapılan çalışmalara ve görüşmelere, paylaşılan belgelere ve verilere çalışmanın içeriğinde ve ekinde yer verilmemiştir.

Kılavuz kelimeler kullanılarak prosesin tasarım amacından ve normal operasyon koşullarından sapmaları belirlenmiştir (Ek V). Sapmalara ilişkin birçok neden içinden olası en kötü sonuçları verenlerle çalışılmaya başlanmıştır. Sapmaları engelleyici veya

sapmalar olduktan sonra sistem güvenliğini sağlayacak sistemde mevcut bulunan bariyerler listelenmiştir. Yüksek risk teşkil eden sapmalar için birden fazla koruyucu katman eklenmiştir. Ekip tarafından tavsiye edilen tasarıma ilişkin öneriler kayıt altına alınmıştır. HAZOP çalışması sonrası yapılacak eylemlerden sorumlu olacak kişiler belirlenmiştir. Çalışma, HAZOP çalışma formuna ve ön kayıt formuna kaydedilmiştir (Ek VI ve Ek VIII).

### **3.7.2.1 HAZOP Analizinin Yarı Kantitatif Hale Getirilmesi**

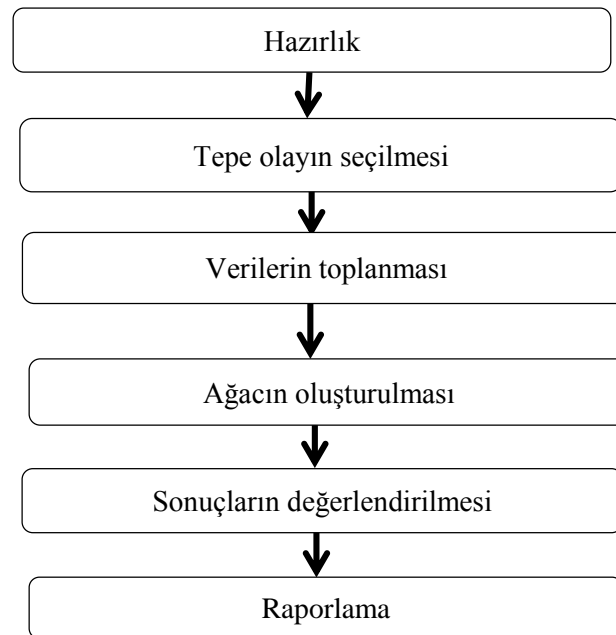
Sapmalara ilişkin risklerin olası sonuçlarının ve koruyucuların etkinliğinin değerlendirilmesi için risk analizi yürütülmüştür. Yarı kantitatif olarak risk önceliklendirmesi, risk değerlendirme matrisi ile yapılmıştır. Kılavuz kelimelerin tespiti sonrası; olası sapmalar, sapma sebepleri ve sonuçları tespit edilmiştir. Riskler insan, çevre, varlık ve itibar olmak üzere dört grupta sınıflandırılmıştır. HAZOP ile elde edilen riskler Tablo 12’de belirtilen derecelendirmeye göre; varlık, çevre, insan ve itibar üzerindeki etkileri açısından en şiddetli sonucu veren etkiler seçilip, olasılık ve şiddetin bileşimi ilkesine göre değerlendirme yapılmış ve risk seviyesi belirlenmiştir. Tesiste güvenli tarafta kalmak için risklerin derecelendirilmesi mevcut bariyerlerden önce yapılmış, bariyerlerin çalışmadığı varsayılmıştır.

### **3.7.3 Hata Ağacı Analizi (FTA)**

Hata ağacı, istenmeyen bir olaya veya duruma yol açan nedenlerin mantıksal bileşiminin grafiksel şekilde sunulmasıdır. Bu analizle, karmaşık, teknik sistemlerde

hataya neden olan olayların olasılıkları ile tepe olayın meydana gelme olasılığının hesaplanmasına yardımcı olacak şekilde nicel değerlendirme yapılabilir (Lees, 1996). Böylece sistem güvenilirliğinin tanımlanması, hataya sebep olan faktörlerin birbiri ile ilişkisinin ve bu faktörlerin oluşma olasılığının hesaplanması, hataların ve bileşenlerin sistematik olarak ortaya konulması sağlanır. Bununla birlikte kazaların kök nedenlerinin tespitinde de FTA kullanılmaktadır. FTA; bir sistemin tasarım aşamasında, tasarıma ilişkin değişikliklerde, işlem sürecinde ya da bir proseste kullanılabilirlik, güvenlik ve risklerin analizinde kullanılır (Ringdahl, 2013).

Hata ağacı analizinde tepe olaya neden olan faktörler diyagrama yerleştirilmek üzere listelenir. Hata ağacı analizi diyagramı, diyagramın tüm alt faktörlere ulaşılan kadar oluşturulmasıyla tamamlanır. Hata ağaçlarında, olaylar ve mantık kapıları temel kavramlardır. Hata ağacı analizinde ve, veya yaklaşımı sergilenir (Kumamoto & Henley, 2000). Şekil 19’da hata ağacı analizinin yönetim aşamaları sunulmuştur.











**Şekil 19.** Nitel hata ağacı analizinin aşamaları

### 3.7.3.1 Ağaç Yapısı ve Semboller

Hata ağacı analizi, tepe olayın veya bir üst olayın olasılığının tahmin edilmesinde kullanılmasının yanı sıra, tepe olaya giden farklı yolları şekillendiren *minimal kesim kümelerinin* tanımlanmasına ve bunların üst olaylara olan etkilerinin hesaplanmasına katkı sağlar (IEC, 2009: 49-51). Hata ağacı, tepe olayın hangi farklı yollardan oluşabileceği hakkında kök nedenlere ilişkin özet bir tablo sunar. Her bir olayın meydana gelme olasılığı ile minimal kesim kümelerinin analizi ve tepe olayın oluşma olasılığı hakkında bilgi verir. Tepe olayın tespitinde; geçmiş kayıtlar, FMEA, HAZOP, What If gibi yöntemlerden elde edilen veriler kullanılır. Böylece tepe olayın oluşumuna katkıda bulunabilecek nedenler tespit edilerek hata ağacı oluşturulur (Ringdahl, 2013). Bir hata ağacı tasarlanırken, çeşitli semboller kullanılır (Tablo 17).

**Tablo 17.** Hata ağacı analizinde kullanılan semboller ve anlamları <sup>8</sup>

Sembol	Anlamı	İşlevi
	Temel olay	Temel olay veya hata
	Gelişmemiş olay	Vakalar gelişmemiştir.
	Olay	Daha temel olayların sonucu olan şey
	Koşullu olay	Olağan biçimde oluşabilecek olay
	VE Kapısı	C çıktı olayının oluşması için, A ve B girdi olaylarının tümünün aynı anda oluşması gerekmektedir
	VEYA Kapısı	C çıktı olayının oluşması için, girdi olaylarından herhangi biri oluşmalıdır.
	Aktarma Simgesi	Ağacın başka bir yerde daha da geliştiğini belirtir.
	İnhibit kapısı	Çıkış olayı, tüm girdi olaylarının meydana gelmesi ve ek bir olay eklenmesiyle oluşur.

<sup>8</sup> (Ringdahl, 2013)

Kimyasal proses sanayisinde kullanılan FTA yönteminin temel amacı; ekipmanlarda oluşan kazalardaki nedenlerin ve bu hataların oluşmasındaki etkenlerin tespit edilmesidir (CCPS, 2000). Hata ağacı analizinin güçlü ve zayıf yanları Tablo 18’de sunulmuştur:

**Tablo 18.** Hata ağacının güçlü ve zayıf yanları

Güçlü yanları	Zayıf yanları
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tepe olay ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili hatalar üzerine yoğunlaşır.</li> <li>• Sistematik bir metodolojidir, insan ilişkileri ve fiziksel olaylar gibi çeşitli faktörlerin analizini sağlar.</li> <li>• Karmaşık sistemleri analiz etme konusunda çok başarılıdır.</li> <li>• Grafikselleştirilerek alt faktörlerin bulunduğu sistemlerin kolayca kavranmasını sağlar.</li> <li>• Olasılık tahminleri yapma fırsatı verir.</li> <li>• Tepe olaya neden olan durumların belirli kombinasyonlarının bulunduğu çok karmaşık sistemlerdeki hata yollarını tanımlamaya imkan sağlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temel durumların olasılıklarındaki belirsizlikler, zirve olayın olasılığının hesaplanmasını zorlaştırır. Kök olayların hata olasılıklarının kesin olarak bilinmediği durumlarda belirsizlik nedeni ile hesaplama yapılamayabilir.</li> <li>• Hata ağacı hata ile ilgilenir, zamana bağımlı durumlara değinmez. Tüm hataları içermez zaman kısıtlaması vardır.</li> <li>• Uzmanlık ve eğitim gerektirir.</li> <li>• İnsan kaynaklı hata modlarına olasılık atamak için ciddi gözlem gerektirir veya başka insan hataları ile ilgili risk değerlendirme yöntemleri ile birlikte kullanım gerekebilir.</li> <li>• Domino etkisinin veya koşullu hataların hata ağacına dahil edilmesi zordur.</li> </ul>

### 3.7.4 Atmosferik Distilasyon Kolonunda Hata Ağacı Analizi

Bu tez çalışmasının ikinci aşamasında, Seveso direktiflerinde belirtildiği üzere büyük endüstriyel kazaya neden olabilecek riskleri içinde fazlasıyla barındıran ham petrol distilasyon kolonunda meydana gelebilecek kaza risklerinin kök nedenlerinin tespitinde hata ağacı analizi yöntemi kullanılmıştır. Kök neden tespiti ile kazaların önlenmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışma, atmosferik distilasyon kolonunda patlama ve yangın olma ihtimalinin yüksek olduğu çok yüksek seviyede kaza risklerinin bulunduğu “kolon tepe ve dip hattında” gerçekleştirilmiştir. Hazırlık

aşamasında kritik olay olarak yangın ve patlama ele alınmıştır. Veri toplama aşamasında yarı kantitatif HAZOP çalışmasından elde edilen veriler, geçmiş kazanedenleri, ve nedenleri ile ilgili çalışmalar ve teftiş raporları dikkate alınmıştır. Tepe olay ve alt olaylar arasındaki mantıksal ilişki “ve”, “veya”, “inhibit” kapıları kullanılarak ifade edilmiştir. Atmosferik distilasyon kolonunda kaza oluşmasına neden olabilecek arızalar listelenmiş, alt nedenlerle ilgili ünite baş mühendisi ile çalışılarak beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir (Tablo 19).

**Tablo 19.** Distilasyon kolonunda meydana gelebilecek kazaların oluşma nedenleri

İnsan hataları	Ekipman arızaları	Sistem ve prosedürel arızalar	Dış olaylar
Bilgi eksikliği Eğitim yetersizliği Dikkat eksikliği Önemsememe	Yüksek basınç Vana kaçağı İzolasyon Bariyer arızası Sensör arızası Paslanma Malzeme hatası Kaynaklama hatası Köpüklenme Yüksek sıcaklık	Rutin kontroller Gösterge arızaları DCS arızaları Talimatlarda yanlışlık Talimatlarda eksiklik Bakım arızaları Onarım arızaları Başlatma ve durdurma arızaları	Sel Deprem Domino kazaları



## **4 BULGULAR**

Bu araştırma; bir petrol rafinerisinde bulunan ham petrol distilasyon kolonunda yürütülen yarı kantitatif HAZOP analizi sonucu elde edilen sapmaları, sapma nedenlerini, kaza risklerini, bariyerleri, önerileri ve hata ağacı analizi ile elde edilen kök nedenleri kapsamaktadır. Çalışma Eylül 2014 – Ocak 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup, bulgular yarı kantitatif HAZOP ve FTA analizi bulguları olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır.

### **4.1 Yarı Kantitatif HAZOP Analizi Bulguları**

Ek VIII’de sunulan HAZOP değerlendirme formlarında, seçilen düğümlerdeki olası sapmalar, nedenler, sonuçlar, mevcut bariyerler ve öneriler özetlenmiştir. HAZOP değerlendirme formları “Operasyon koşulları, sapmalar, sebepler, sonuçlar, etkin bariyerler, öneriler” başlıkları altında detaylandırılmıştır.

Yarı Kantitatif HAZOP bulguları yedi bileşen altında kategorize edilmiştir:

1. Düğümlerin belirlenmesi ve tanımlanması
2. Düğümlerde tespit edilen sapmalar
3. Düğümlerdeki sapma nedenleri
4. Tespit edilen kaza riskleri
5. Yarı kantitatif risk analiz sonuçları
6. Mevcut bariyerlerin belirlenmesi ve öneriler
7. Öneriler sonrası risklerin tekrar değerlendirilmesi

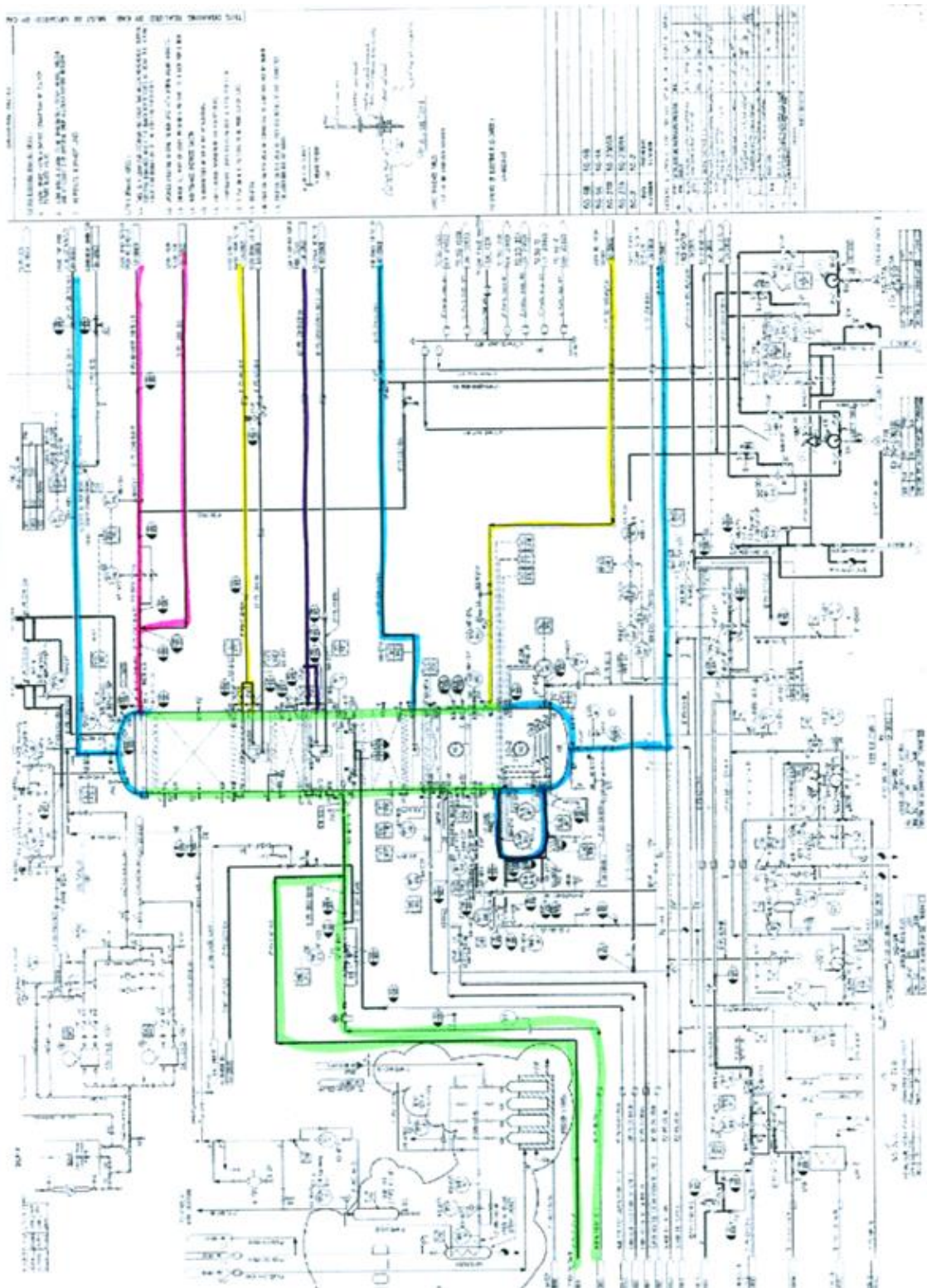
Ünite başmühendisinin liderlik ettiği çalışmanın yapıldığı atmosferik distilasyon kolonunda 81 sapma tespit edilmiştir. Bu saptamalara ilişkin 190 neden ve bu saptamalardan kaynaklanan 211 sonuç tespit edilmiştir. Kaza risklerine karşı sistemde 325 bariyerin mevcut olduğu ve gerekli olan bölümlere 78 önlem sunulduğu belirlenmiştir. Önlemlerin sunulduğu 78 bölümde mevcut bariyerler yeterli görülerek ek tavsiye önerilmemiştir. Önerilerin uygulanmasından sorumlu olacak kişiler belirlenmiştir. Tablo 20’de düğümlere ilişkin sayısal veriler sunulmuştur.

**Tablo 20.** Düğümlere ilişkin sayısal veriler

Düğüm	Sapmalar	Nedenler	Sonuçlar	Mevcut bariyerler	Öneriler
1.Ham Petrol Şarj Hattı	11	39	40	62	21
2. Atmosferik Dip Şarj Hattı	7	13	17	9	4
3.ADK Tepe Hattı	11	31	35	62	15
4.Kerosen Yan Çekiş Sistemi	11	24	21	27	6
5.LAD Yan Çekiş Sistemi	11	23	28	44	11
6.HAD Yan Çekiş Sistemi	11	25	28	51	8
7.HADPA Sistemi	9	17	17	42	4
8. Atmosferik Distilasyon Kolunu Dip Sistemi	11	18	25	28	9
<b>TOPLAM</b>	<b>81</b>	<b>190</b>	<b>211</b>	<b>325</b>	<b>78</b>

#### 4.1.1 Düğümlerin belirlenmesi ve tanımlanması

Ek VII’de sunulan boru ve ekipman diyagramına (P & ID) göre gerçekleştirilen yarı kantitatif HAZOP çalışması için, kolon sekiz düğüme ayrılmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Atmosferik distilasyon kolonuna ilişkin P & ID

Düğümün hat mı ekipman mı olduğu tespit edilip, o düğümde yer alan ekipman listeleri oluşturulmuştur. Tablo 21’de HAZOP ekibi tarafından seçilen düğümlerde bulunan hat ve ekipmanlar görülmektedir.

**Tablo 21.** Düğüm ve ekipman tablosu

Düğüm	Tip	Ekipman listesi
1. Ham Petrol Şarj Hattı	Hat	Şarj pompası, şarj eşanjörleri, desalter, ön ısıtma eşanjörleri, fırın
2. Atmosferik Dip Şarj Hattı	Hat	Boru hattı
3. Atmosferik Distilasyon Kolon Tepe Hattı	Hat	Kolon tepe, sıcak geri akış tankı, kondenserler, soğuk geri akış tankı
4. Kerosen Yan Çekiş Sistemi	Isı Değiştirici	Kerosen Sıyırıcısı, Eşanjör, Kerosen Soğutucu
5. LAD Yan Çekiş Sistemi	Isı Değiştirici	LAD Sıyırıcısı, LAD Soğutucu, Desalter suyu ısıtıcısı, LAD soğutucusu
6. HAD Yan Çekiş Sistemi	Isı Değiştirici	HAD Sıyırıcısı, ham petrol ön ısıtıcısı, Desalter suyu ısıtıcısı, HAD soğutucu
7. HADPA Sistemi	Isı Değiştirici	LAD stripper reboiler (dip kaynatıcı), Kero sıyırıcı reboiler, besleme ısı öncesi eşanjörleri, şarj eşanjörleri
8. Atmosferik Distilasyon Kolunu Dip Sistemi	Kolon	Kolon dip, Vakum fırını, Vakum kolonu
	Isıtıcı	

#### 4.1.2 Düğümlerde tespit edilen sapmalar

Seçilen sekiz düğüme ilişkin toplam 81 sapma belirlenmiştir. Sapmalar seçilirken düğümlerdeki hat ve ekipmana uygun olacak şekilde, prosese ilişkin değerlendirmeler

yapılarak proses parametreleri ve kılavuz kelimeler kullanılmıştır. Tablo 22’de kılavuz kelimeler ile proses parametrelerinin birlikte kullanımı sunulmuştur. Konuya ilişkin detaylı çalışma Ek V’dedir.

**Tablo 22.**Kılavuz kelimeler ve proses parametrelerin birlikte kullanımı

Kılavuz kelimeler	Parametreler			
	Akış	Basınç	Sıcaklık	Seviye
Yok	X			
Düşük	X	X	X	X
Yüksek	X	X	X	X
Ters	X			
Düğümüne herhangi bir yerden istenmeyen	X			

Düğümelerde tespit edilen sapmaların düğümlere göre dağılımı Tablo 23’de sunulmuştur.

**Tablo 23.** Düğümlere ilişkin olası sapmalar tablosu

Düğüm	Akış yok	Düşük akış	Yüksek akış	Ters akış	Düğümüne herhangi bir yerden istenmeyen akış	Düşük basınç	Yüksek basınç	Düşük Sıcaklık	Yüksek Sıcaklık	Düşük seviye	Yüksek seviye
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X			
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Atmosferik distilasyon kolonunda tespit edilen sapmaların % 13,6'sının ham petrol şarj hattı, kerosen yan çekiş sistemi, LAD yan çekiş sistemi, HAD yan çekiş sistemine atmosferik distilasyon kolonu dip sisteminde, % 9,88'unun atmosferik dip şarj hattında, % 12,35'inin atmosferik distilasyon tepe hattında, % 11,11'inin ise HADPA sisteminde olduğu tespit edilmiştir. En çok sapma düğüm 1 ve 3'tedir.

#### 4.1.3 Düğümlerdeki Sapma Nedenleri

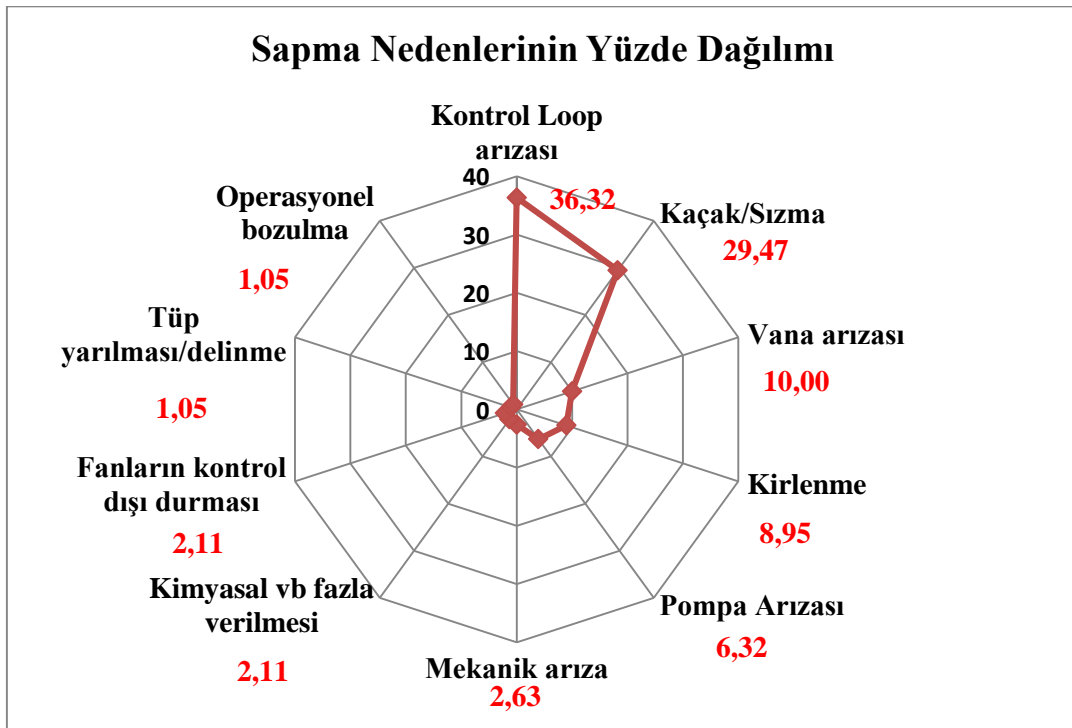
Gerçekleştirilen yarı kantitatif HAZOP analizinde, tehlikeye sebep olabilecek olası sapma nedenleri on bir başlık altında sınıflandırılmıştır. Distilasyon kolonunda en temel sapma nedeninin kontrol loop (kontrol elemanları) arızası olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çok yüksek sıcaklıkta işlem gören ham petrolün ve hidrokarbonun sızması ve kaçak oluşması ise ikinci sıradadır. Tespit edilen 190 sapma nedeninin dağılımı ve yüzde oranları Tablo 24'de sunulmuştur.

**Tablo 24.** Sapma nedenlerinin dağılımı

Sapma kaynağı	Sayı	Yüzde (%)
Kontrol loop arızası/kontrolör arızası	69	36,32
Kaçak ve sızıntı olması	46	29,47
Vana arızası	19	10
Kirlenme	17	8,95
Pompa arızası	12	6,32
Mekanik arıza (deformasyon, bloke olma)	5	2,63
Kimyasal vb.maddelerin fazla verilmesi	4	2,11
Fanların kontrol dışı durması	4	2,11
Tüp yarılması ve delinme	2	1,05
Operasyonel bozulma	2	1,05

Sapma nedenlerinin, 19'unun vana arızası, 17'sinin kirlenme, 12'sinin pompa arızası, 5'inin mekanik arıza, 4'ünün kimyasal vb. maddelerin fazla verilmesi ve fanların kontrol dışı durması, 2'sinin tüp yarılması/delinme ve operasyonel bozulma kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Sapma nedenlerinin yüzde dağılımları incelendiğinde, % 36,32 ile "kontrol loop arızası" ve % 29,47 ile "kaçak/ sızma oluşması", % 10 ile "vana arızası" ilk üç sapma nedenini oluşturmuştur. Bunları % 8,95 ile "kirlenme", % 6,32 ile "pompa arızası", % 2,63 ile mekanik arıza (bloke olma, deformasyon vb.) izlemektedir. Nedenler arasında kimyasalların vb. maddelerin fazla verilmesi ve fanların kontrol dışı durması % 2,11, tüp yarılması ve operasyonel bozulma ise % 1,05 olarak tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Sapmaların nedenlerine göre yüzde dağılımları

#### 4.1.4 Tespit Edilen Kaza Riskleri

Atmosferik distilasyon kolonunda yürütülen analiz sonucu tespit edilen kaza riski oluşturacak 211 olası sonuç,büyük proses kaza kayıpları olarak kabul edilen “yangın, patlama, ürün kaybı ve kaçağı, mekanik arıza, enerji kaybı, standart dışı üretim veoperasyonel bozulma” olmak üzere altı ana başlıkta toplanmıştır (Tablo 25). Sonuçlar şu şekilde kategorize edilmiştir;

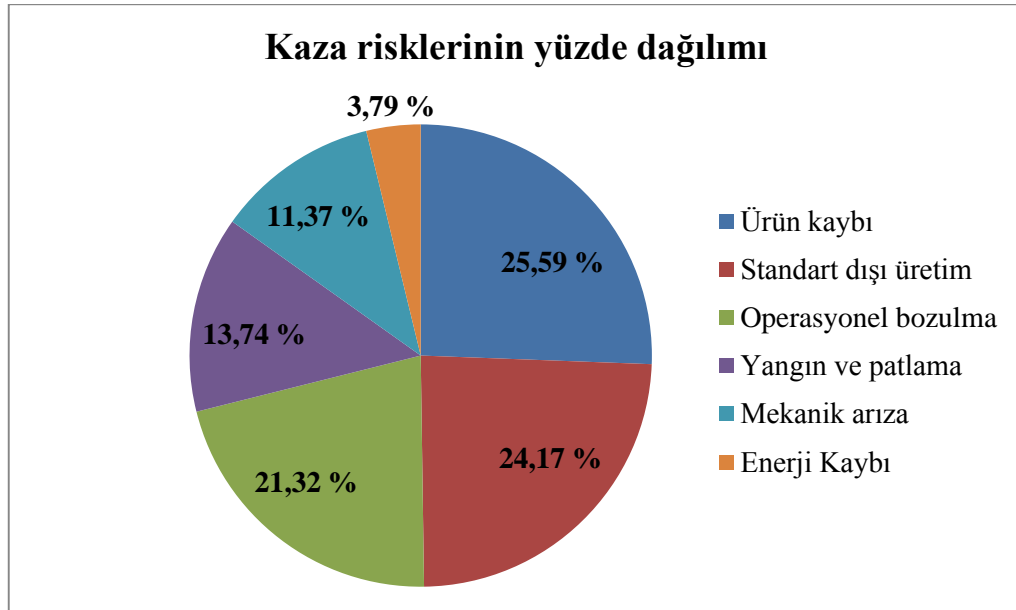
- 1. Ürün Kaybı (54):** Ürün, üretim kaybı ve kaçağı ile sonuçlanan olası 55 sonucun tamamı bu grupta toplanmıştır.
- 2. Standart dışı üretim (51):** Proses sırasında standart dışı ürün üretilmesi ile ilgili 51 kaza riski tespit edilmiştir.
- 3. Operasyonel bozulma (45):** Kolonda ünite duruşu, kimyasal tüketimin artması, koklaşma, korozyon, su seviyesinde artış,pH’ın aşırı yükselmesi gibi olaylardan teşekkül eden 45 kaza riski bu grupta toplanmıştır.
- 4. Yangın/ Patlama (29):** Yangın ve patlama oluşması muhtemel sonuçlar bu başlık altında gruplanmıştır. Örnek olarak elektrik arızalarını içeren olayların çoğu bu başlıkta toplanmıştır.
- 5. Mekanik Arızalar (24):** Bu grupta yer alan olası sonuçlar, yangın veya patlamaya dönme ihtimali düşük olan mekanik arızalardır. Bu olayların çoğu plaka deformasyonu sonucu yaşanan hasarları içermektedir.
- 6. Enerji Kaybı (8):** Ünitede enerji kaybına neden olabilecek 8 kaza riski bu başlık altında toplanmıştır.



**Tablo 25.** Kaza risklerinin dağılımı

Kaza riskleri	Sayı	Yüzde
Ürün kaybı	54	25,59
Standart dışı üretim	51	24,17
Operasyonel bozulma	45	21,32
Yangın ve patlama	29	13,74
Mekanik arıza	24	11,37
Enerji Kaybı	8	3,79

Analiz sonucu elde edilen sapma sonuçlarının % 25,95'i ürün ve üretim kaybıken, % 24,17'si standart dışı üretimdir. Sonuçların % 21,32'si operasyonel bozulma, % 13,74'ü yangın ve patlama, % 11,37'si mekanik arıza, % 3,79'u enerji kaybı olarak hesaplanmıştır. Prosesle ilişkin büyük kazaların temel üç nedeni olarak kabul edilen yangın, patlama ve ürün kaybı tüm tehlikeler içinde toplam % 39,33'lük paya sahiptir. Sonuçların/kaza risklerinin yüzde dağılımları Şekil 22'de sunulmuştur.



**Şekil 22.** Kaza risklerinin/olası sonuçların yüzde dağılımları

#### 4.1.5 Yarı kantitatif risk analizi sonuçları

HAZOP formlarındaki sapma nedenleri ve sonuçlar kaydedildikten sonra, bu sonuçların insan, çevre, varlık ve itibar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. HAZOP ile elde edilen riskler, materyal bölümde sunulan risk hiyerarşi tablosundaki derecelendirmeye göre değerlendirilmiş olup, risklerin varlık, çevre, insan ve itibar üzerindeki en şiddetli sonucu veren etkileri seçilerek değerlendirme yapılmıştır. Atanan şiddet ve olasılık değerleri sonucu elde edilen risk seviyelerine göre yapılan gruplandırma, sonuç kategorisi ve bazı kaza riskleri Tablo 26’da sunulmuştur.

**Tablo 26.** Risk seviyelerine göre orta ve yüksek seviyedeki bazı kaza riskleri

Şiddet	Olasılık	Risk Seviyesi	Sonuç Kategorisi	Kaza Riski
4	B	ORTA	VARLIK	Fırın tüplerinde mekanik arıza
3	C	ORTA	VARLIK	Deslater PSV’nin atmasına bağlı olarak kolon operasyonunun bozulması
3	D	ORTA	VARLIK	Üretim Kaybı
4	C	ORTA	VARLIK	Tepe hattına ham petrol kaçması sonucu ünite duruşu
4	D	ÇOK YÜKSEK	İNSAN	Kolonun tasarım basıncını geçerek atmosfere gaz salınımı ve patlama
3	D	ORTA	ÇEVRE	Atmosfere yayılım, kirlilik
4	B	ORTA	İNSAN	Flare hattına mayi kaçması sonucu yangın/patlama
3	C	ORTA	VARLIK	Kero ürün kaybı ve ünite duruşu
3	C	ORTA	İNSAN	Atmosfere HC kaçağı sonucu yangın
4	B	ORTA	İNSAN	Parlama noktası üzerinde mahsulün tanka gönderilmesi sonucu yangın/patlama
3	C	ORTA	ÇEVRE	Atmosfere hidrokarbon kaçağı sonucu yangın
3	C	ORTA	İNSAN	Atmosfere HC kaçağı sonucu yangın
3	C	ORTA	İNSAN	Fırın Kollarında koklaşma sonucu tüp delinmesi muhtemel yangın
3	C	ORTA	İNSAN	Atmosfere HC kaçağı sonucu yangın
4	D	ÇOK YÜKSEK	İNSAN	Hat delinmesi sebebiyle yangın

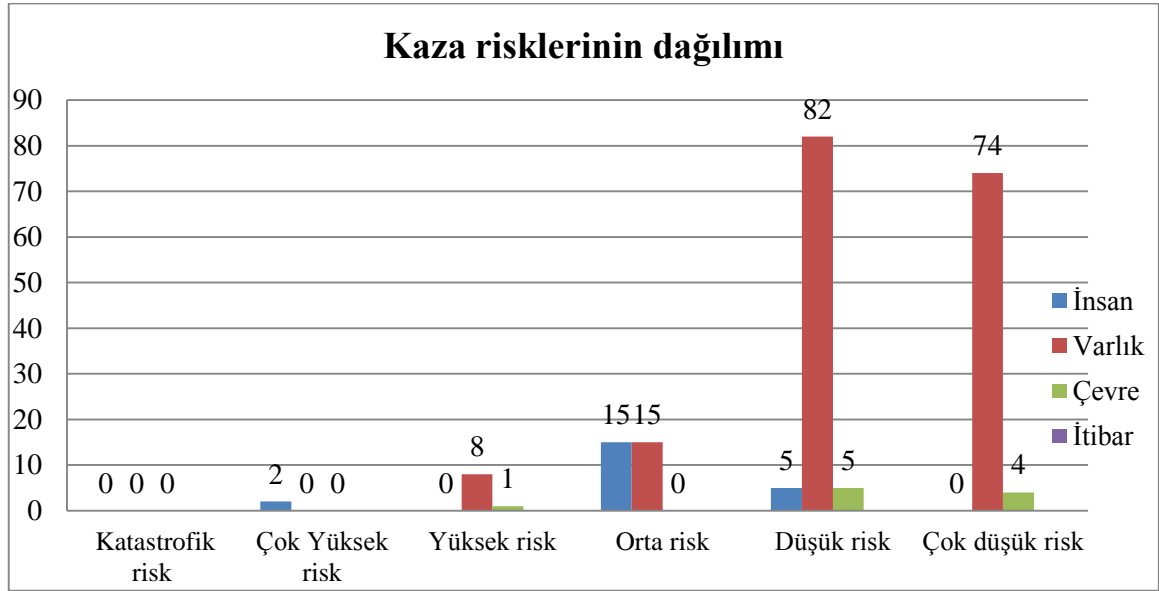
Değerlendirmeler sonucu elde edilen toplam 211 kaza riski, şiddet derecesine göre değer almış ve gruplandırılmıştır. Buna göre, 92 (% 43,60) riskin oluşturacağı zararındüşük risk grubunda, 78 (% 36,97) riskin çok düşük risk grubunda, 30 (% 14,29) riskin orta risk grubunda, 9 (% 4,27) riskin yüksek risk grubunda ve 2 (% 0,94) riskin ise çok yüksek risk grubunda olduğu tespit edilmiştir. Katastrofik derecede yüksek risk bulunmamıştır. Bu risklerin 179'u (% 84,83) varlık, 24'ü (% 11,04) insan, 10'u (% 4,74) çevre üzerinde etkiliyken itibar üzerinde etkili olabilecek hiçbir risk tanımlanmamıştır. En çok kaza riskinin düğüm 1 ve 3'te bulunan "ham petrol şarj ve kolon tepe hattında" olduğu ortaya konulmuştur. Değerlendirme sonucunda kategorilere göre belirlenen risklere ilişkin veriler ve kaza risklerinin insan, çevre, varlık ve itibar üzerindeki etkilerinin dağılımı Tablo 27'de sunulmuştur.

**Tablo 27.** Kaza risklerinin risk kategorileri açısından dağılımı

	İnsan	Varlık	Çevre	İtibar	Toplam	Yüzde
<b>Katastrofik risk</b>	-	-	-	-	0	
<b>Çok yüksek risk</b>	2	-	-	-	2	% 0,94
<b>Yüksek risk</b>	-	8	1	-	9	% 4,27
<b>Orta risk</b>	15	15	-	-	30	% 14,29
<b>Düşük risk</b>	5	82	5	-	92	% 43,60
<b>Çok düşük risk</b>	-	74	4	-	78	% 36,97
<b>Toplam</b>	22	179	10	-		
<b>Yüzde</b>	% 11,04	% 84,83	% 4,74	-		

Risk analizi neticesinde insan üzerinde etkileri açısından 2 çok yüksek risk, 17 orta risk, 5 düşük risk tespit edilirken; çevre üzerinde etkileri açısından tespit edilen 10 riskin 5'i düşük risk, 4'ü çok düşük, 1'i yüksek risk olarak belirlenmiştir. İtibar

üzerinde etkili hiçbir risk belirlenmezken, varlık üzerinde etkileri açısından toplam 179 (% 84,04) riskin 8'inin yüksek, 15'inin orta, 82'sinin düşük, 74'ünün çok düşük risk gruplarında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 23).



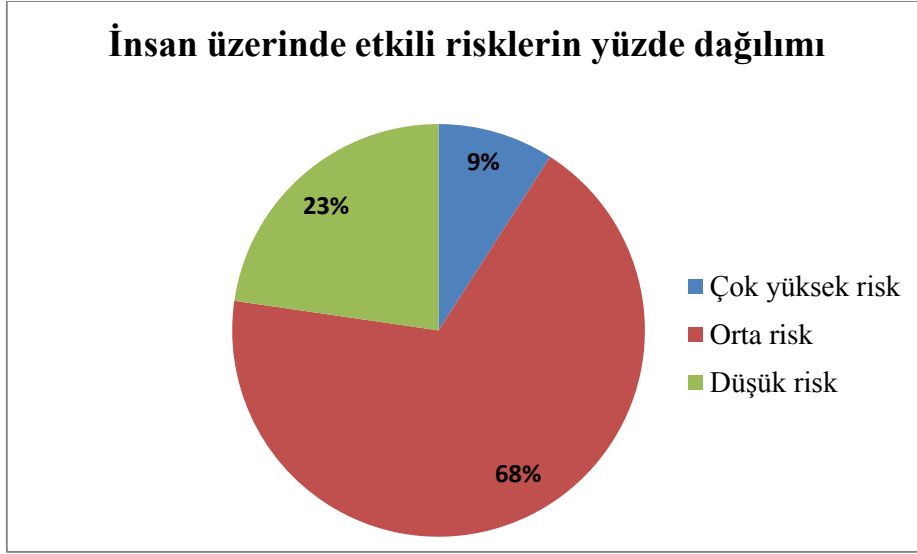
**Şekil 23.** İnsan, varlık, çevre ve itibar üzerinde kaza risklerinin dağılımı

Veriler ışığında tespit edilen insan üzerinde etkili risklerin dağılımı incelendiğinde, % 9,10 çok yüksek, % 68,19 orta, % 2,27 düşük risk grubunda olduğu tespit edilmiştir. İnsan üzerinde etkili risklerin dağılımı Tablo 28'de sunulmuştur.

**Tablo 28.** İnsan üzerinde etkili risklerin dağılımı

Risk seviyesi	İnsan	Yüzde
Çok yüksek risk	2	% 9,10
Orta risk	15	% 68,19
Düşük risk	5	% 2,27

İnsan üzerinde etkili kaza riskleri fırın kollarında koklaşma sonucu tüp delinmesinden kaynaklı muhtemel yangın, atmosfere hidrokarbon (HC) kaçağı sonucu yangın, parlama noktası üzerinde mahsulün tanka gönderilmesi sonucu yangın ve patlama gibi risklerdir, yüzde dağılımları Şekil 24’te sunulmuştur.



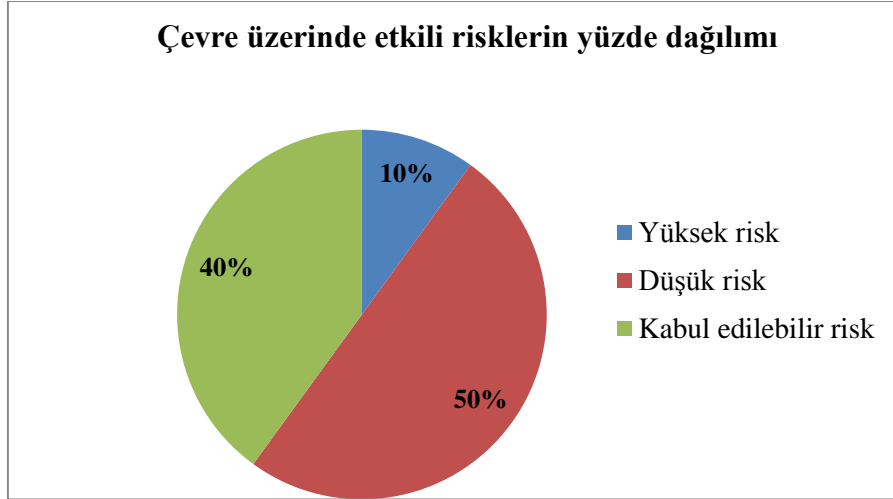
**Şekil 24.** İnsan üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımı

Bununla birlikte tespit edilen çevre üzerinde etkili risklerin dağılımı incelendiğinde, risklerin % 10’unun yüksek risk, % 50’sinin düşük risk, % 40’ının çok düşük risk grubunda yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 29).

**Tablo 29.** Çevre üzerinde etkili risklerin dağılımı

Risk seviyesi	Çevre	Yüzde
Yüksek risk	1	% 10
Düşük risk	5	% 50
Çok düşük risk	4	% 40

Analiz sonucu risklerin bazılarının; HAD hava soğutucusunda korozyon hızında artışa bağlı atmosfere hidrokarbon kaçağı, flanş kaçağı sonucu çevreye yayılım, çıkışlarda yüksek sıcaklık sonucu hatlarda yüksek korozyon hızları ve delinme gibi riskler olduğu tespit edilmiş, bu risklerin yüzde dağılımları Şekil 25’te sunulmuştur.



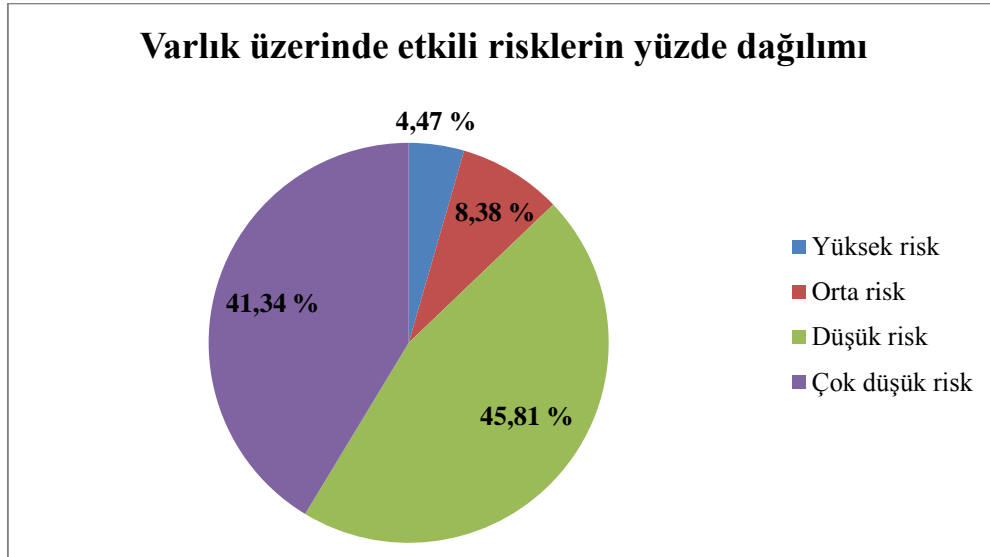
**Şekil 25.** Çevre üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımı

Varlık üzerine etkisi olan riskler incelendiğinde; çıkışlarda hat delinmesi sonucu ünite duruşu, üretim kaybı, fırın tüplerinde mekanik zarar gibi risklerin varlık zararı oluşturacağı tespit edilmiştir. Risklerin en çok varlık zararı oluşturduğu ve en çok varlık zararlarının birinci düğümde yer aldığı ortaya konulmuştur (Tablo 30).

**Tablo 30.** Varlık üzerinde etkili risklerin dağılımı

Risk seviyesi	Varlık	Yüzde
Yüksek risk	8	% 4,47
Orta risk	15	% 8,38
Düşük risk	82	% 45,81
Çok düşük risk	74	% 41,34

Varlık üzerinde yüksek zarar oluşturabilecek risk % 4,47 iken, olası sapma sonuçlarının % 45,81'inin düşük risk, % 41,34'ünün çok düşük risk, % 8,38'inin ise orta seviyede etki edebilecek risklerden oluştuğu ortaya konulmuştur (Şekil 26).



Şekil 26. Varlık üzerinde etkili risklerin yüzde dağılımları

#### 4.1.6 Mevcut bariyerlerin ve önerilerin belirlenmesi

HAZOP analizinde, sistemde bulunan bariyerler tespi edilerek kayıt altına alınmıştır. Ünitelerde kurulu olan bilgisayarlı kontrol sistemleri (DCS) ile insan hataları en aza indirilmesi sağlanarak, daha emniyetli koşullarda ve işletme proses şartlarında çalışma sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik sistemde bulunan mevcut bariyerler değerlendirilmiştir. Analiz sırasında değerlendirilen 325 mevcut bariyerin bir kısmı aşağıda sunulmuştur:

- Düşük şarj alarmı
- Yüksek basınç alarmı
- Periyodik hat kontrolleri

Atmosferik distilasyon kolonunda en yüksek kaza riski, sapma nedeni düğüm bir ve üçte bulunan ham petrol şarj ve kolon tepe hattında gözlemlenmiştir. Kolonda en riskli bölümler olan bu bölümlerde bariyer sayısı diğer bölümlere göre daha fazladır, önlemler ve öneriler de bu bölümlerde artırılmıştır.

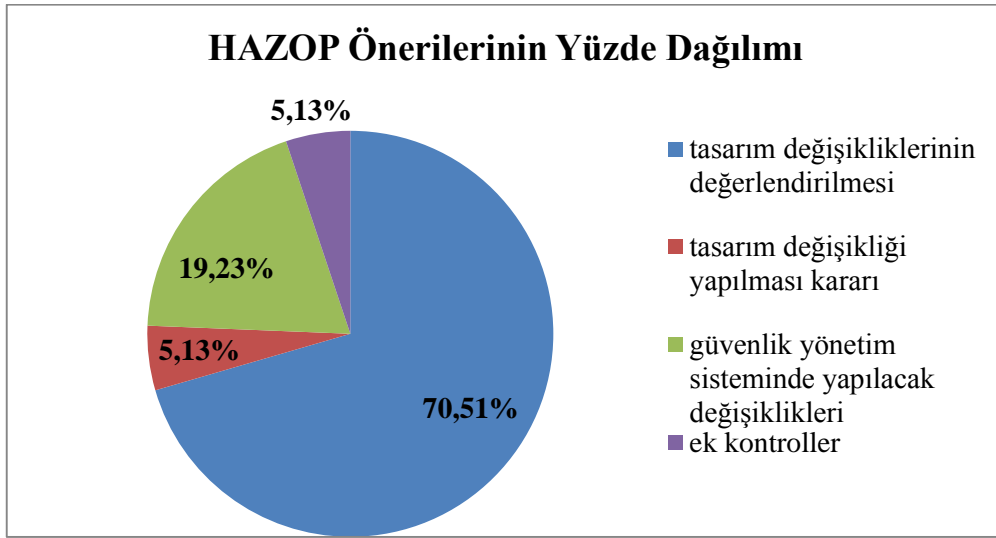
En sık sapma nedeni kontrol loop arızasıdır. Bu sebeple öneriler kapsamında iç denetimlerin yapılması, proses güvenliğinin geliştirilmesi, sistem bakımlarının düzenli yapılması, tasarımların geliştirilmesi, talimatlara uyulması gibi başlıklar sunulmuştur. Çalışma sonrası gerekli bölümlere risk değerlendirme ekibi tarafından ek önlem olarak getirilen önerilerin bir kısmı aşağıda sunulmuştur. Tamamı ve sorumlu birimler Ek VIII'de bulunmaktadır:

- Atmosfere açılan boşaltma vanalarının flareye bağlanıp bağlanamayacağının araştırılması
- Filtre tipinin incelenerek uygun alternatiflerin değerlendirilmesi
- Filtre basınç düşümünün izlenmesi için, enstrüman tesisinin değerlendirilmesi
- Yeni konulacak eşanjör sonrası, hatların uygun malzemeye dönüştürülmesinin değerlendirilmesi
- Hatların körlenmesinin değerlendirilmesi
- API 571'e göre çift paslanmaz çelik tüp malzeme seçimi

Analiz sonucunda; 113 bölümde güvenlik ekipmanları yeterli bulunurken, yeterli görülmeyen bölümlere güvenli yönetim adımları, talimatlar, güvenlik ekipmanları, tasarım ve proseslere ilişkin 78 öneri eklenmiştir. Bu önerilerin 55'i (% 70,51)



tasarıma ilişkin yapılacak değişikliklerin değerlendirilmesi, 4'ü (% 5,13) tasarım değişikliği yapılması kararı, 15'i (% 19,23) güvenlik yönetim sisteminde yapılacak değişiklikleri, 4'ü (% 5,13) ek kontrolleri kapsamaktadır. Şekil 27'de görüldüğü üzere yaklaşık % 76 öneri tasarımda yapılacak değişikliklerle ilişkiliyken % 19'u GYS'de yapılacak değişiklikleri, % 5'i ek kontrollerin eklenmesini kapsamaktadır.



**Şekil 27.** HAZOP önerilerinin yüzde dağılımı

Önerilerin risk matrisi ile önceliklendirilmesi sonucu, 2 önerinin çok yüksek, 7 önerinin yüksek, 22 önerinin orta, 30 önerinin düşük, 17 önerinin ise çok düşük seviyedeki riskler için önerildiği tespit edilmiştir. Buna göre ilk önce çok yüksek seviyedeki risklerin uygulamaya koyulması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

#### **4.1.7 Önerilerin uygulanması sonucu HAZOP çalışmasının tekrar edilmesi**

Düğüm 3 olarak belirlenen atmosferik distilasyon tepe hattında, yüksek basınç oluşması sonucu atmosfere gaz salınması ve patlama meydana gelmesine ilişkin kaza

riskinin şiddeti 4, olasılığı D'dir. Tablo 12'de sunulan risk hiyerarşi tablosunda, bu risk derecesi çok yüksek çıkmış olup, insanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturacağı tespit edilmiştir. Yarı kantitatif HAZOP analizi neticesinde "işletme parametrelerinin uygun limitlerin dışına çıkması halinde DCS'ten alarm üretilebilmesinin değerlendirilmesi" önerisi sunulmuş ve önerinin uygulamasından sorumlu olacak kişi belirlenmiştir.

Analiz sonrası oluşturulan aksiyon listesinde, önerilerin önceliklendirilmesi yapılmıştır. Öncelikli olarak ele alınması gereken yüksek ve orta seviyedeki riskler için, faaliyet takvimi belirlenmiş ve takvim Yatırımlar ve Proje Kontrol Müdürlükleri'nde görüşülmek üzere ekipteki sorumlulara devredilmiştir. HAZOP analizi sonrası dört aylık çalışma planı belirlenmiştir. Tablo 31'de, düğüm 3.6.1'de kaydedilen öneriye ilişkin aksiyon listesi sunulmuştur.

**Tablo 31.** Aksiyon listesi

Tavsiyeler	Uygulama yerleri	Sorumlu	Tamamlanma tarihi	En yüksek risk	
				Aksiyon öncesi	Aksiyon sonrası
128. İşletme parametrelerinin uygun limitlerin dışına çıkması halinde DCS'ten alarm üretilebilmesinin değerlendirilmesi	Neden: 3.6.1	Y.Ç	21 Aralık 2014	ÇOK YÜKSEK	

Uygulamaya ilişkin test çalışmaları tamamlandıktan sonra değişiklik sisteme entegre edilmiştir. Sistemde yapılan değişiklikler ve tatbik edilen öneri sonrası P & ID'ler güncellenerek, yarı kantitatif HAZOP analizi bu bölümde tekrarlanmıştır. Analize ilişkin HAZOP değerlendirme formu Ek IX'da sunulmuştur. Düğüm 3'te yer alan

riskin olasılığının D’den A’ya düşürüldüğü ve risk seviyesinin çok yüksek seviyeden düşük seviyeye çekildiği tespit edilmiştir. Gerekli çalışma prosedürleri, talimatların güncellenmesi için ilgili birimlere bilgi verilmiştir.

## 4.2 Hata Ağacı Analizi Bulguları

### 4.2.1 Tepe Olayların Seçimi

Yapılan çalışmada hata ağacının kuruluş ilkesine ve büyük kaza risklerinin seçilme prensibine göre, çok yüksek seviyede olan iki kaza riskinin gerçekleşmesi ihtimaline binaen, bu kazaların kök nedenlerinin tespiti için hata ağacı analizi ile çalışılmıştır. Risk seviyesi çok yüksek çıkan “*kolonun tasarım basıncını geçerek atmosfere gaz salınımı ve patlama*” ve “*hat delinmesi sebebiyle yangın*” olayları kritik olaylar olarak seçilmiştir (Tablo 32).

**Tablo 32.** Seçilmiş olan tepe olaylara ilişkin bilgiler

Olay	Sembol	Olası başlatıcı olay	Sembol	Olası sonuçlar	Sembol	Olası sapmalar
Sıcaklık kontrol loop arızası	E 1	Hat delinmesi	R1	Yangın	T	Yüksek sıcaklık
Basınç kontrol loop arızası	E 2	Kolonun tasarım basıncını geçmesi	R2	Atmofere gaz salınımı ve patlama	P	Yüksek basınç

Büyük kazaya neden olabilecek olayların olduğu düğümler ve düğümlere ilişkin bölümler tespit edilip Tablo 33’de sunulmuştur. Ek VIII’de sunulan HAZOP değerlendirme formlarında ilgili bölümlere ilişkin detaylar bulunmaktadır.

**Tablo 33.** Tepe olayların gerçekleştiği düğümler ve ilgili kısımlar

	<b>TEPE OLAY 1</b>	<b>TEPE OLAY 2</b>
Düğüm bölümü	Hat delinmesi sebebiyle yangın	Atmosfere gaz salınımı ve patlama
3.6.1		X
8.8.1	X	

#### **4.2.2 Kök Nedenlerin Belirlenmesi ve Gruplandırılması**

Tepe olaylar seçildikten sonra, kök nedenlerin tespiti için nedenler listelenmiştir. Saha çalışması ve veri analizleri sonucunda ham petrol distilasyon kolonunda oluşabilecek kazalar, “*genel hatalar*” ve “*yangın ve patlama*” olmak üzere iki gruba bölünmüştür. Kolonda kaza oluşması muhtemel yer açısından değerlendirildiğinde ise; arızaların kolon tepesinde, ana gövdede, kaynak kısımlarında, boru hatlarında oluşabileceği tespit edilmiştir. Tepe olaylara sebep olan birçok alt hata bulunmuştur. Çalışmalar sırasında güvenli tarafta kalmak için en kötü senaryolar dikkate alınmıştır. Tablo 35 ve 37’de tespit edilmiş olan 220 olayın bir kısmı sunulmuştur.

##### ***Tepe Olay 1 (E 1): Kolon dip hattında yüksek sıcaklık***

Kolon dip hattında, tasarım sıcaklığının aşılması halinde yüksek sıcaklık oluşur. Yüksek sıcaklık hattın basıncında artışa sebep olur. Hatta oluşan delinme sonucu sızıntı oluşur ve yangın çıkar. Bariyer olarak, sistemde yüksek sıcaklık alarmları TAH - 015, TAH - 016 bulunmaktadır (Şekil 28).

**Düğüm 8:** Atmosferik Distilasyon Dip Sistemi  
**Sapma 8:** Yüksek Sıcaklık

Sebeup	Sonuç	Risk Azaltılmadan Önce				Bariyerler	Öneriler
		Sonuç kategorisi	Ş	O	RS		
Sıcaklık kontrol loop arızası (açma yönünde)	1.Standart dışı üretim	Varlık	2	C	DÜŞÜK	Yüksek sıcaklık alarmı TAH 15	Atmosfer dip hattında malzemenin 6 kroma çevrilmesinin değerlendirilmesi
	2.Hat delinmesi sebebiyle yangın	İnsan	4	D	YÜKSEK	Yüksek sıcaklık alarmı TAH 16	

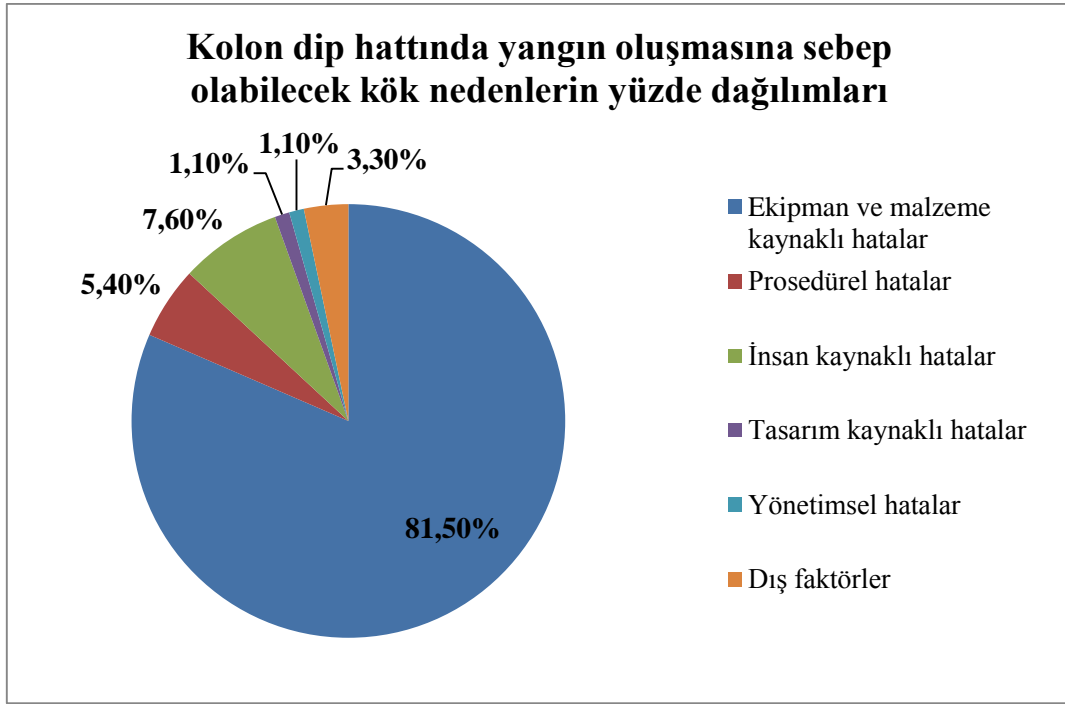
**Şekil 28.** HAZOP formu bölüm 8.8.1

Tepe olay 1 için hata ağacı oluşturulurken HAZOP analizinden elde edilen veriler ışığında ilk neden olarak, dip hattında yüksek sıcaklık oluşmasına direkt etki eden nedenin sadece sıcaklık kontrol loop arızası olduğu tespit edilmiştir. Direk nedenler belirlendikten sonra çalışmada yangın oluşmasına dolaylı olarak etki eden 92 kök neden tespit edilmiştir. Çalışmada kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek 92 kök neden; temelde ekipman ve malzeme hataları, prosedürel hatalar, insan kaynaklı hatalar, tasarım, organizasyondan ve dış faktörlerden kaynaklı hatalar olmak üzere altı başlık altında toplanmış ve dağılımları Tablo 34' de sunulmuştur:

**Tablo 34.** Kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek nedenlerin dağılımı

Kök nedenler	Sayıları	Yüzdeleri
Ekipman ve malzeme kaynaklı hatalar	72	% 81,5
İnsan kaynaklı hatalar	7	% 7,6
Prosedürel hatalar	5	% 5,4
Tasarım kaynaklı hatalar	4	% 4,4
Yönetimsel hatalar	1	% 1,1
Dış faktörler	3	% 3,3

Elektriksel ve ekipmana bağılı arızalar ekipman ve malzeme kaynaklı hatalar başlığı altında toplanırken, bu başlığın altında korozyonun da dahil edilebileceği düşünülmüş ancak korozyonun, dış faktörlerin etkisiyle de oluşabileceği değerlendirilerek dış faktörler başlığı altında toplanmasına karar verilmiştir. Ekipman ve malzemedeki kaynaklı hataların, % 81,5 payla kolon dip hattında yangın oluşmasında en etkili nedenlerden olduğu tespit edilmiştir. İnsan hataları % 7,6 ve prosedürel hatalar % 5,4 olarak ikinci ve üçüncü sırada yer almıştır (Şekil 29).

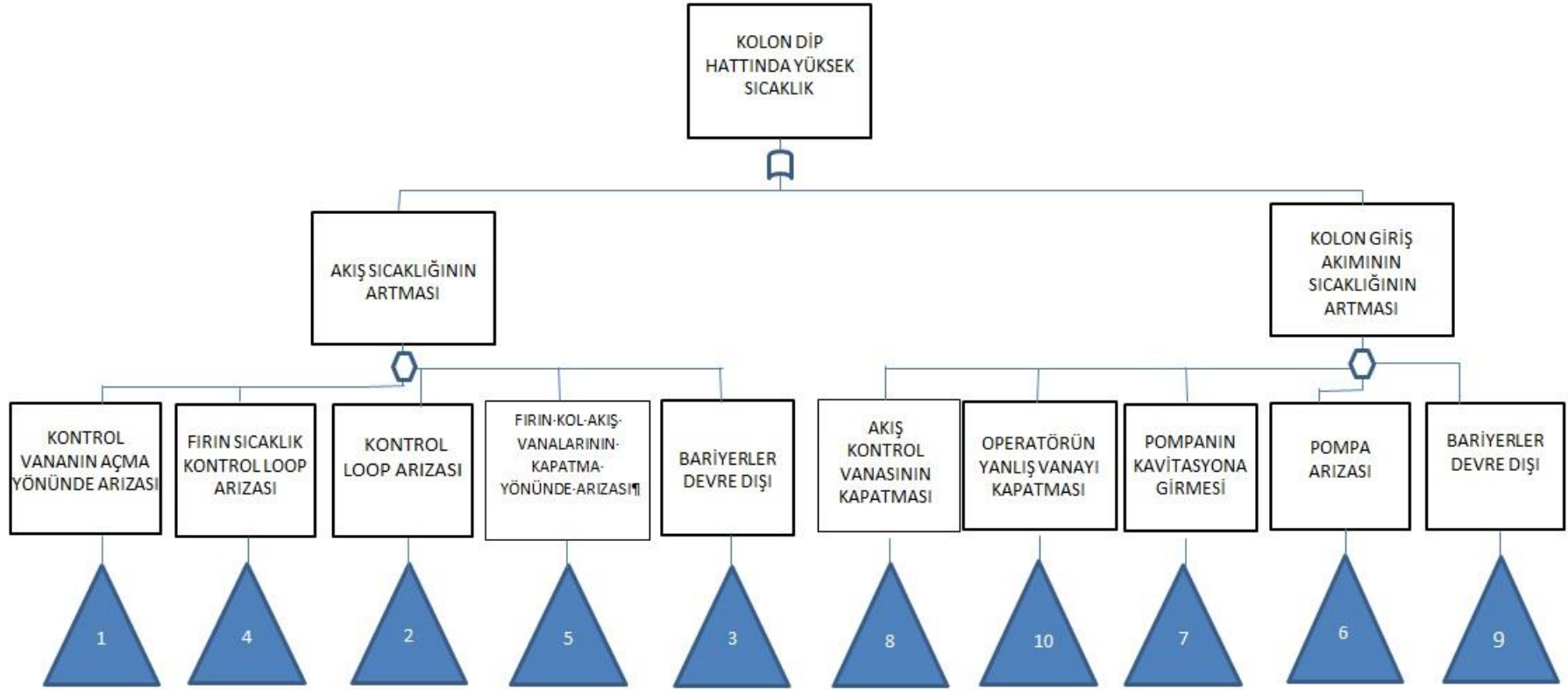


**Şekil 29.** Kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek kök nedenlerin yüzde dağılımı

Hata ağacı analizi neticesinde elde edilen 92 kök nedenin bir kısmı Tablo 35’de sunulmuştur. Kolon dip hattında yürütülen hata ağacı analizinin başlangıç kısmı Şekil 30’da sunulmaktadır, detaylandırılmış çalışma ise Ek X’da bulunmaktadır.

**Tablo 35.** HPDK’da gerçekleştirilen FTA sonuçlarının bir kısmı

Birincil Neden	İkincil Neden	Kök Nedenler	Kök nedenler	Kök nedenler			
Yüksek Sıcaklık	T.1	Akış sıcaklığında artış	T.1.1	T.1.1.1	Operatör hatası	T.1.1.1.1	Eğitim/bilgi yetersizliği
				T.1.1.2	Elektrik kesintisi	T.1.1.1.2	Dikkatsizlik
				T.1.1.3	Vana Pozisyoner Arızası	T.1.1.2.1	Kaynaktan güç gelmiyor
			T.1.2	Kontrol loop arızası	T.1.1.2.2	Kablo arızası	
					T.1.1.2.3	Kablolarda gevşeklik	
					T.1.1.3.1	Kablo arızası	
			T.1.1.3.2	Kablolarda gevşeklik			
			T.1.2.1	Transmitter arızası	T.1.2.1.1	Kablo arızası	
					T.1.2.1.2	Elektrik kesinti	
					T.1.2.2.1	Kablolarda gevşeklik	
			T.1.2.2	Sıcaklık kontrolör arızası	T.1.2.2.1	Elektrik kesintisi	
					T.1.2.3.1	Bakım yetersizliği	
			T.1.2.3	Kontrol vana arızası	T.1.2.3.2	Kablolarda arıza	
					T.1.3.1.1	Bkz. T.1.2.1.1 ve T.1.2.1.2	
			T.1.3	Bariyerler devre dışı	T.1.3.1.2	Bkz. T.1.2.1.1 ve T.1.2.1.2	
	T.1.4.1.1	Kablo arızası					
	T.1.4	Fırın sıcaklık kontrol loop arızası	T.1.4.1.2	Elektrik kesinti			
			T.1.4.2.1/2	Bkz T.1.2.3.1 ve T.1.2.3.2			
	T.1.5	Fırın kol akış vanalarının kapatma yönünde arızası	T.1.5.1	Transmitter Arızası	T.1.5.1.1/2	Bkz T.1.2.1.1 ve T.1.2.1.2	
			T.1.5.2	Akış ölçer kollarının tıkanması	T.1.5.2.1	Kirlilik	
			T.1.5.3	Vana Pozisyoner Arızası	T.1.5.2.2	Korozyon	
					T.1.5.3.1	Kablo arızası	
			T.1.5.3.2	Kablolarda gevşeklik			
			T.1.5.4	DCS kart arızası	T.1.5.4.1	Mantık konfigürasyon hatası	
	T.2	T.2.1	Pompa arızası	T.2.1.1	Kirlilik	T.2.1.1.1	Bakım yetersizliği
					T.2.1.1.2	Korozyon	
					T.2.1.2.1	Deformasyon	
				T.2.1.2	Mekanik arıza	T.2.1.2.2	Korozyon
						T.2.1.2.3	Zamana bağlı malzeme yorgunluğu
						T.2.1.3.1	Aşırı su girmesi
				T.2.1.3	Elektrik motor arızası	T.2.1.3.2	Sargılarında deformasyon
						T.2.1.3.3	Kablolarda gevşeklik
						T.2.2.1.1	Seviye kontrol vanası arızası
				T.2.2	Pompanın kaviteasyona girmesi	T.2.2.1.2	Akışın herhangi bir sebeple kesilmesi/azalması
						T.2.2.2	Titreşim
				T.2.2.2		T.2.2.2.2	Bakım eksikliği
		T.2.3.1.1	Kablolarda gevşeklik				
		T.2.3	Akış kontrol vanasının kapatması	T.2.3.1.2	Kablo arızası		
				T.2.3.2.1/2	Bkz T.1.2.1.1 ve T.1.2.1.2		
		T.2.4	Kontrol loop arızası	T.2.4.2.1/2	Bkz T.1.2.1.1 ve T.1.2.1.2		
				T.2.4.2.1/2	Bkz. T.1.2.2.1 ve T.1.2.1.2		
				T.2.4.3.1/2	Bkz T.1.2.3.1 ve T.1.2.3.2		
T.2.5		Operatörün yanlış vanayı kapatması	T.2.5.1	Eğitim/bilgi yetersizliği	T.2.5.1.1	Güvenlik yönetim sisteminde hata	
			T.2.5.2	Dikkatsizlik	T.2.5.2.1	Kişisel nedenler	
T.2.5.2.1		Yoğun çalışma saatleri					



Şekil 30. Tepe Olay 1 (E1) için oluşturulan hata ağacının bir kısmı



### ***Tepe Olay 2 (E 2): Atmosfer Distilasyon Kolon Tepe Hattında Yüksek Basınç***

Yüksek basıncın hata ağacı analizinde oldukça önemli olmasının yanında, atmosferik distilasyon kolonu arızalarında da yüksek basınç önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. En kötü senaryoların düşünülmesi durumunda, kolonun tasarım basıncını geçmesi sonucu mekanik hasar oluşur, kolondan atmosfere gaz salınımı gerçekleşir ve patlama meydana gelir. Hata ağacı oluşturulurken ilk aşamada basıncın tasarım basıncını geçmesinin, yarı kantitatif HAZOP analizinden elde edilen sonuçlara göre, temelde direkt etkili dört nedeni vardır:

- kontrol loop arızası (açma yönünde)
- fanların kontrol dışı durması
- kontrol loop arızası (kapatma yönünde)
- tepe geri akış pompası arızası

#### **Düğüm 3: Atmosferik Distilasyon Kolon TepeHattı**

#### **Sapma 6: Yüksek Sıcaklık**

Sebepler	Sonuç	Risk Azaltılmadan Önce			Bariyerler	Öneriler	
		Sonuç kategorisi	Ş	O			RS
1.Sıcaklık kontrol loop arızası (açma yönünde)	1.Atmosfere gaz salınımı, patlama	Varlık	2	C	DÜŞÜK	Yüksek sıcaklık alarmı TAH 15	Atmosfer dip hattında malzemenin 6 kroma çevrilmesinin değerlendirilmesi
2.Fanların kontrol dışı durması	1.Standart dışı üretim	İnsan	4	D	YÜKSEK	Yüksek sıcaklık alarmı TAH 16	

**Şekil 31.** HAZOP Formu bölüm 3.6.1

Şekil 31’de ekran görüntüsü sunulan yarı kantitatif HAZOP çalışmasında görüldüğü üzere sistemde bulunan bariyerler ise şunlardır:

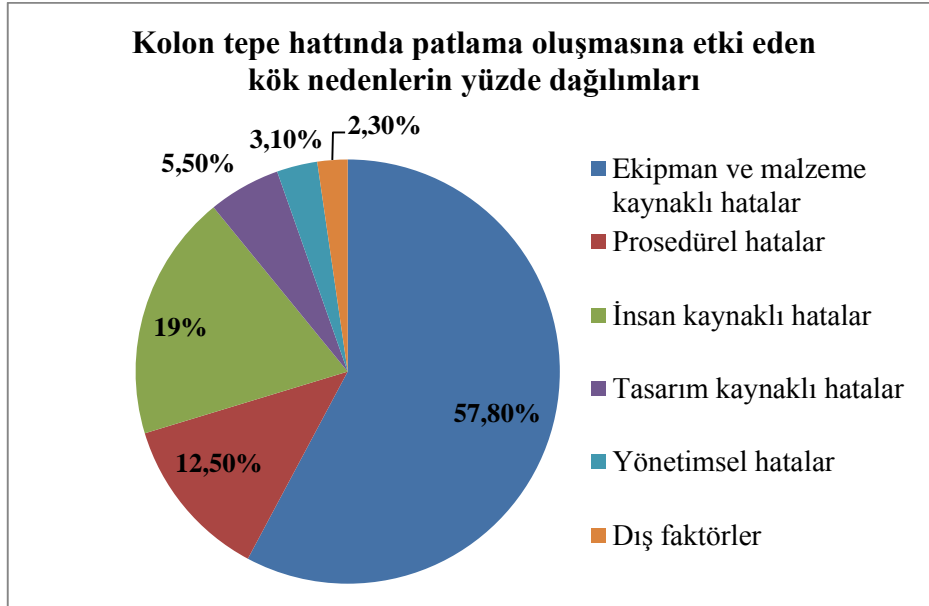
- Basınç rahatlatma vanası (RV 1)
- Basınç rahatlatma vanası (RV 2)
- Operatör acil kapama
- Yüksek basınç alarmları (PAH 1 ve 2)
- Emniyet vanası (PVS 3)
- Emniyet vanası (PSV4)
- Yüksek basınç alarmları (PAH 3)
- Yüksek basınç alarmları (PAH 4)
- Yüksek basınç alarmları (pah 5)
- Durdu Sinyali 1A
- Durdu Sinyali 2A

Bariyerler belirlendikten sonra çalışmada patlama oluşmasına doğrudan etki eden nedenler ışığında yüksek basınç oluşmasına katkıda bulunan faktörler ve bunların ilişkisi analiz edilerek, 128 kök neden tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen kök nedenler; temelde ekipman ve malzeme hataları, prosedürel hatalar, insan kaynaklı hatalar, tasarım, organizasyonve dış faktörlerden kaynaklı hatalar olmak üzere altı başlık altında toplanmıştır. Kök nedenlerin dağılımı Tablo 36’da sunulmuştur.

**Tablo 36.** Kolon tepe hattında patlama oluşmasına sebep olabilecek kök nedenlerin yüzde dağılımları

Kök nedenler	Sayıları	Yüzdeleri
Ekipman ve malzeme kaynaklı hatalar	74	% 57,8
İnsan kaynaklı hatalar	24	% 18,8
Prosedürel hatalar	16	% 12,5
Tasarım kaynaklı hatalar	7	% 5,5
Yönetimsel hatalar	4	% 3,1
Dış faktörler	3	% 2,3

Kolon tepe hattında patlama oluşmasına sebep olabilecek 128 olayın (kök nedenin) yarısından çoğunun (% 57,8) ekipman ve malzeme hataları olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte % 18,8'lik payla insan hatalarının ikinci, % 12,5'lik payla prosedürel hataların üçüncü sırada olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 32).

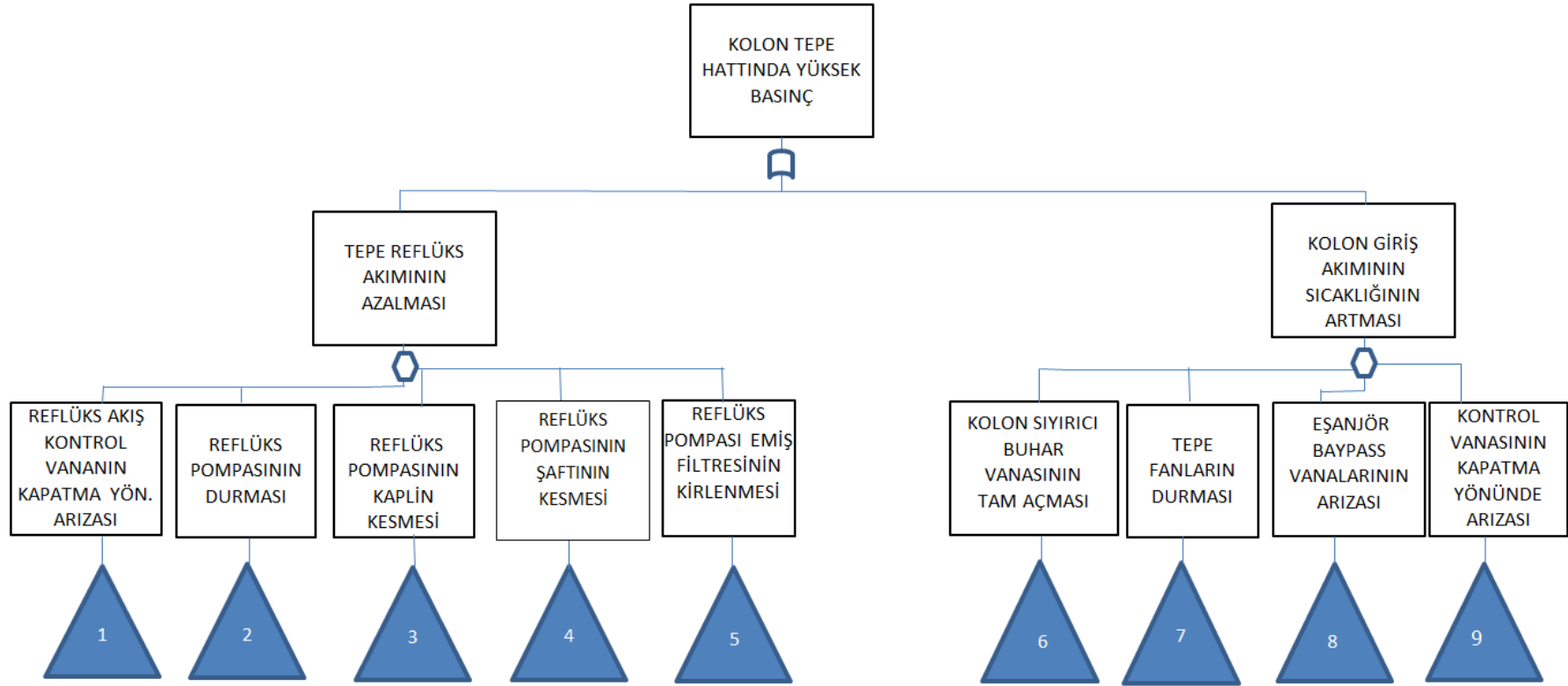


**Şekil 32.** Kolon tepe hattında patlama oluşmasına etki eden kök nedenlerin yüzde dağılımları

Hata ağacı çalışmasında kullanılan 128 kök nedenin bir kısmı Tablo 37’de sunulmaktadır. Analizin başlangıç kısmı Şekil 33’de sunulmakla beraber detaylandırılmış çalışma Ek XI’de sunulmuştur:

**Tablo 37.** Atmosferik distilasyon kolon dip hattında gerçekleştirilen FTA sonuçlarının bir kısmı

Birincil Neden	Kök Neden		Kök Neden		Kök Nedenler	
Yüksek Basınç	P.1	Tepe geri akışakımının azalması	P.1.1	Geri akışkontrol vanasının kapatma yönünde arızası	P.1.1.1	Ölçüm elemanı/transmitter arızası
					P.1.1.2	Akış ölçer kollarının tıkanması
					P.1.1.3	Vana pozisyoner arızası
			P.1.2	Geri akış Pompasının Durması	P.1.2.1	Elektrik motoru arızası
					P.1.2.2	Şalter arızası
					P.1.2.3	Pompa durdurma butonu arızası
					P.1.2.4	Pompanın hatalı olarak durdurulması
			P.1.3	Geri akış pompasının kaplin kesmesi	P.1.3.1	Hatalı montaj
					P.1.3.2	Mukavemeti düşük malzeme
					P.1.3.3	Zamana bağlı yorulma
			P.1.4	Geri akışpompaşının şaftının kesmesi	P.1.4.1	Hatalı montaj
					P.1.4.2	Mukavemeti düşük malzeme
					P.1.4.3	Zamana bağlı yorulma
			P.1.5	Geri akışpompaş emiş filtresinin kirlenmesi	P.1.5.1	Korozyon partikülleri
					P.1.5.2	Kok oluşumu
	P.1.5.3	Kolon packing/tepsi elemanlarında deformasyon				
	P.1.5.4	Bakım öncesi hatların kirlili bırakılması				
	P.2	Kolon Giriş Akımının Sıcaklığının Artması	P.2.1	Kolon sıyrıcı buhar vanasının tam açması	P.2.1.1	Transmitter arızası
					P.2.1.2	Akış ölçer kollarının tıkanması
					P.2.1.3	Vana pozisyoner arızası
					P.2.1.4	DCS kart arızası
			P.2.2	Tepe fanlarının durması	P.2.2.1	Elektrik enerjisi kesintisi
					P.2.2.2	Şalter Arızası
					P.2.2.3	Stop buton arızası
					P.2.2.4	Fanların hatalı olarak durdurulması (operatör hatası)
P.2.3			Fırın öncesinde bulunun eşanjör baypass vanalarının sıcaklığı arttırıcı yönde arızası	P.2.3.1	Transmitter arızası	
				P.2.3.2	Akış ölçer kollarının tıkanması	
				P.2.3.3	Vana pozisyoner arızası	
				P.2.3.4	DCS kart arızası	
				P.2.3.5	Hata kapatma vanasında pinomatik enstrüman havasının kesilmesi	
P.2.4			Kolon tepe dramı gaz hattındaki kontrol vanasının kapatma yönünde arızası	P.2.4.1	Transmitter arızası	
				P.2.4.2	Akış ölçer kollarının tıkanması	
	P.2.4.3	Vana pozisyoner arızası				
	P.2.4.4	DCS kart arızası				
P.2.5	Bariyerler devre dışı	P.2.5.1	RV 1 arızası			
		P.2.5.2	RV 2 arızası			
		P.2.5.3	PAH 1 arızası			
		P.2.5.4	PAH 2 arızası			
		P.2.5.5	Operatör acil kapatma prosedürleri			



Şekil 33. Tepe Olay 2 (E2) için oluşturulan hata ağacının bir kısmı

## 5 GENEL DEĞERLENDİRME

Uzmanlık tezi kapsamında yapılan bu araştırma, bir petrol rafinerisindeki atmosferik distilasyon kolonunda oluşabilecek kaza risklerini ve kök nedenleri tespit etmek amacıyla tasarlanmış olup, kaza risklerinin niteliği, düzeyi ve etkisi analiz edilmiştir. Uygulamanın yapıldığı yüksek operasyon riski taşıyan tesislerden biri olan petrol rafinerisinde; sistematik bir risk değerlendirmesi yürütülmesi, tesisi ve prosesi bilen, tecrübeli kişilerin uzun süredir işletmede çalışması, değişiklik yönetiminin sistematik şekilde yürütülmesi, büyük kazaların önlenmesi açısından işletmenin güvenli tarafta çalışılması için gerekli olan tedbirleri aldığını göstermektedir. Ancak, kazaların tekrar nedenlerden meydana geldiği gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, gerekli talimatların oluşturulmasına ve bu talimatlara uyulmasına rağmen istenilmeyen kazalar oluşabilmektedir. Büyük kazalar; kazanç politikasının güvenlik politikasının önüne geçmesi, insan faktörü, bakım onarım arızaları, tasarıma ilişkin hatalar gibi pek çok neden sebebiyle olmaktadır. Bu sebeple risklerin ve olası kazaların kök nedenlerinin tespit edilmesi çok önemlidir.

Atmosferik distilasyon ünitesinde kaza riski en yüksek ekipman olan atmosferik distilasyon kolonu, tüm tesiste hammadde kaynağını işleyen ana ekipman olması sebebiyle, kolonda istem dışı bir duruş veya arızanın gerçekleşmesi halinde tüm prosesi etkileyecek ve üretimin tamamen durmasına neden olacaktır, bu özelliği bakımından atmosferik distilasyon kolonu petrol rafinerileri için oldukça önemlidir. Kolonun yangın ve patlama sonucu kullanılamaz hale gelmesi, başta rafineri açısından ve daha sonra ülke ekonomisi açısından oldukça büyük bir risk teşkil etmektedir.

Çalışmaya, büyük kaza tanımları ve büyük kazaların oluştuğu sektörlerle ilgili çalışmalar incelenerek başlanılmıştır. Çalışmada, Seveso direktiflerinin gelişimi ve Seveso II direktifinin Türkiye’de uyumlaştırılma süreci hakkında genel bilgiler verilerek, Seveso III direktifinin getirdiği yeniliklere ve yasal düzenlemelerle büyük operasyonel risklerin yönetilmesi için işletmelerin yükümlülüklerine yer verilmiştir. Daha sonraki bölümlerde ise, büyük kazaların önlenmesi için bu yükümlülüklerden biri olan tehlikelerin belirlenmesi çalışmasında atmosferik distilasyon kolonu örneğinde yarı kantitatif HAZOP, olası büyük kazaların kök nedenlerinin tespiti içinse hata ağacı analizi yapılmıştır. Araştırma genelinde büyük kazalar üzerine odaklanılmıştır. Kolonda en fazla kaza riski içeren ekipmanlar ve bölümler belirlenmiş, meydana gelebilecek kaza riskleri gruplandırılmıştır.

Çalışma yöntemi olarak seçilen HAZOP ve FTA metodolojileri hakkında genel bilgiler ve uygulama adımları verilmiştir. Çalışmayı gerçekleştirmek için geçmiş kaza verileri, tesis kayıtları, ölçümler, proses bilgileri, ünite çizimleri, operatör önerileri incelenmiştir. Olası sapma nedenleri, sonuçları tespit edilerek riskler derecelendirilmiştir. Sistemdeki mevcut bariyerler kayıt altına alınarak gerekli yerlerde ek önlemler sunulmuştur. Çalışma sonunda elde edilen veriler ışığında, atmosferik distilasyon kolonunda büyük kazaya neden olabilecek kök nedenler, geriye dönük olarak “neden olur?” sorusuyla tespit edilmiştir.



Literatürde büyük kimyasal kaza nedenleriyle ilgili yapılmış olan araştırmalar incelendiğinde, araştırma bulgularıyla uyumlu olduğu görülmüştür (Okoh ve Haugen, 2014; Fahim, Elkilani, Al-Sahhaf, 2010; Stewart ve Lewis, 2013: 3).

Atmosferik distilasyon kolon arızalarına ilişkin kök nedenlerle ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde, bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür (Fabiano ve Curro, 2012: 359 - 360; Kister, 1997: 565 - 567). Bu sonuçlara göre karmaşık kimyasal işlemlerde kaza risklerinin ve kök nedenlerin tespiti için, yarı kantitatif HAZOP ve FTA analizinin kullanılabilir olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

## 5.1 Sonuç

Kaza risklerinin ve kök nedenlerin araştırıldığı çalışmanın sonuçları özetle şunlardır:

- Analiz sonucu toplam 8 düğüm belirlenmiş, bu düğümlerde oluşabilecek 81 sapma, 190 sapma nedeni ve 211 kaza riski tespit edilmiştir.
- Gerçekleştirilen analizdesistemde 325 bariyerin mevcut olduğu tespit edilmiştir.
- Araştırmada elde edilen sapmaların en önemlilerinin; % 36,32 ile “kontrol loop arızası” ve % 29,47 “kaçak ve sızma oluşması”, % 10,00 ile “vana arızası” sebebiyle oluşabileceği ortaya konulmuştur.
- Kolonda oluşması muhtemel en yüksek riskler; üretim sürecinde kullanılan ve üretilen maddelerin özellikleri sebebiyle patlama, yangın ve bütünlük kaybı oluşmasıdır. Kaza risklerinin % 25,59’u ürün ve üretim kaybı, % 13,74’ü

yangın ve patlama, % 24,17'si standart dışı üretim, % 21,32'si operasyonel bozulma, % 11,37'si mekanik arıza ve % 3,79'u enerji kaybıdır.

- Araştırma sonucuna göre; 92 (% 43,60) riskin oluşturacağı zararın düşük risk grubunda, 78 (% 36,97) riskin çok düşük risk grubunda, 30 (% 14,29) riskin orta risk grubunda, 9 (% 4,27) riskin yüksek risk grubunda ve 2 (% 0,94) riskin ise çok yüksek risk grubunda olduğu tespit edilmiştir.
- Çalışmada çok yüksek kaza riski grubunda olduğu tespit edilen iki sapma sonucunun, düğüm üç ve sekizde bulunan ham petrol şarj ve kolon tepe hattında olduğu tespit edilmiştir.
- Risklerin; 179'u (% 84,83) varlık, 22'si (% 11,04) insan üzerinde, 10'u (% 4,74) çevre üzerinde etkiliyken, itibar üzerinde etkili olabilecek hiçbir risk tanımlanmamıştır.
- İnsan üzerinde etkili olası 22 riskin, 2'sinin (% 9,10) çok yüksek risk, 15'inin (% 68,19) orta risk, 5'inin (% 22,71) düşük risk grubunda olduğu tespit edilmiştir.
- Çevre üzerinde etkili olası 10 riskin; 1'inin (% 10) yüksek, 5'inin (% 50) düşük, 4'ünün (% 75) çok düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. İtibar üzerinde risk teşkil edebilecek hiçbir risk belirlenmemiştir.
- Varlık üzerinde etkileri açısından değerlendirildiğinde; 8 (% 4,47) yüksek risk, 15 (% 8,38) orta seviyede risk, 82 (% 45,81) düşük risk ve 74 (% 41,34) çok düşük risk tespit edilmiştir.
- Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, kaza riskleri sonucu oluşacak olası zararlar en çok varlık zararına sebep olmakta ve en çok varlık zararı birinci düğüm olan ham petrol şarj hattında oluşmaktadır.

- Analiz sonucunda, atmosferik distilasyon kolonunun tepe ve dip kısmı kritik bölgeler olarak tespit edilmiştir. Bu bölümlerde bariyerler ve ek önlemler artırılmıştır.
- Üçüncü düğümde “yüksek basınç” sapmasının kolonun tasarım basıncını geçerek atmosfere gaz salınımı ve patlama oluşmasına neden olabileceği tespit edilirken, sekizinci düğümde “yüksek sıcaklık” sapmasının, atmosfere hidrokarbon yayılımı sonucunda yangın oluşmasına sebep olabileceği ortaya konulmuştur.
- Hata ağacı analizi neticesinde kolonda, çok yüksek risk teşkil eden 2 riske ilişkin toplam 220 kök neden tespit edilmiştir.
- Çalışmada kolon dip hattında yangın oluşmasına sebep olabilecek 92 kök nedenin; % 81,5’i ekipman ve malzeme kaynaklı hatalar, % 7,6’sı insan kaynaklı hatalardır.
- Kolon tepe hattında patlama oluşmasına sebep olabilecek 128 kök nedenin; % 57,8’i ekipman ve malzeme kaynaklı hatalar, % 18,8’i insan kaynaklı hatalar, % 12,5’i prosedürel hatalardır.
- Analiz neticesinde; 113 bölümde tavsiye sunulmazken, riskli bölümlere ek önlem olarak 78 öneri tanımlanmıştır.
- Analizler sonucunda eklenen önerilerin; % 70,51’inin tasarıma ilişkin yapılacak değişikliklerin değerlendirilmesine, % 19,23’ünün güvenlik yönetim sisteminde yapılacak değişikliklere ilişkin olduğu ortaya konulmuştur.
- Önerilerin önceliklendirilmesi sonucu, 2 önerinin çok yüksek, 7 önerinin yüksek, 22 önerinin orta, 30 önerinin düşük, 17 önerinin ise çok düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

- Değerlendirilen önerilerden acil uygulanması gereken “işletme parametrelerinin uygun limitlerinin dışına çıkılması halinde DCS’ten alarm üretilebilmesinin değerlendirilmesi”nin gerçekleştirilmesi sonucu, düğüm 3.6.1’de bulunan çok yüksek seviyeli riskin olasılığı azaltılarak düşük seviyeye indirilmiştir.

## 5.2 Öneriler

Birçok kazanın sadece tek bir nedenden dolayı olmadığı düşünüldüğünde tesiste kök nedenlerin tespiti alanında yapılan çalışmaların artırılması gerektiği söylenebilir. Kök nedenlere bağlı olarak; tesiste uygulanan güvenli yönetim sisteminin ve performans indikatörlerinin etkinliğinin ölçülmesi, sürdürülebilirliğin sağlanması, tesise özgü performans indikatörlerinin geliştirilmesi, iç denetimlerin sıklaştırılması, dış denetimlerin artırılması ve çeşitlendirilmesi, güvenlik kültürünün geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük kazaların önlenmesinde önemli adımlardır.

Atmosferik distilasyon kolon dip hattında yangın oluşmasına ve tepe hattında patlama oluşmasına sebep olabilecek nedenler, ağırlıklı olarak ekipman, malzeme ve insan kaynaklı hatalardır. Bu hataların azaltılması için; sistem güvenilirliğinin artırılması, kullanım ömrü boyunca ekipman bakımlarının titizlikle yürütülmesi, kritik ekipmanların sürekli izlenmesi, sektördeki iyi uygulamaların takip edilmesi, tasarım değişiklikleri ile risklerin bertaraf edilmesi gerekmektedir. Ancak tasarımda yapılan değişikliklerin yeni riskler oluşturmamasına dikkat edilmelidir. Değişiklik yönetimi, işletmelerde sistematik şekilde işletilmelidir

Öte yandan üniteyi durdurma, devreye alma, düşük kapasitede çalıştırma, prosesi emniyet açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tip durumlarda meydana gelen kazalar incelendiğinde güvenlikte eksiklik, teknik yetersizlik veya insan hatası gibi nedenler karşımıza çıkmaktadır. İnsan hataları ve operasyonel hataların kritik hatalar olarak ortaya çıkması sebebiyle bu hataların öncelikle ele alınması gerekmektedir.

Prosesleri tasarlayan mühendislerin ve tasarımcıların, güvenlik riski bulunan ekipmanlar ve güvenlik cihazları üzerinde; tablolar, formlar ve elektronik tablolar kullanarak tasarım değişiklikleri yapmaları, insana bağlı hata yapma olasılığını artırmaktadır. Çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular ışığında tasarıma çeşitli mühendislik uygulamaları müdahaleleri ve gelişmiş güvenlik cihazlarında yapılan değişiklikler üzerinde düzenli kontrollerin, insan hatalarının azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yönelik önleyici tedbirlerin geliştirilmesi gerektiği söylenebilir.

Bununla birlikte, çalışanların eğitimlerinin artırılması ve geliştirilmesi de insan hatalarının azaltılmasına yönelik katkı sağlamaktadır. Çalışan eğitimlerinde geçmiş kazalarla vaka çalışması yapılarak, kök nedenler üzerinde çalışılmalıdır. Çalışanlara, tesis güvenliğinin sağlanmasına ilişkin talimatların neden gerekli olduğu anlatılmalı ve geçmiş kazalarla ilgili vaka çalışmaları yapılarak çalışanların talimatlar üzerine notlar almaları teşvik edilmeli, böylece güvenlik kültürünün etkin şekilde oluşturulmasına katkı sağlanmalıdır. Ayrıca çalışanlar yönetim prosedürlerine dâhil olarak, standart çalışma prosedürlerinin oluşturulmasına, değişim yönetim sürecinin geliştirilmesiyle risk değerlendirme uygulamalarına geribildirim sağlanmasına ve güvenlik kültürünün sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilirler. Organizasyonlardaki

güvenlik kültürü bir bütündür ve tüm bireyleri etkiler, bu sebeple insan hatalarının azaltılması için kurumsal bir güvenlik kültürü oluşturulmalıdır.

Ayrıca, işletmede insanlara ve operasyona bağlı faaliyetlerin yoğun olduğu bölümlerde, bu faaliyetlerin doğru şekilde yönetilmesi gerekmektedir. İş başı konuşmaları, vardiya değişimlerinde dikkat edilecek hususların tekrar edilmesi, işlerin planlanması, bakım faaliyetlerinde çift kontrol uygulanması, yöneticilerin karar verme adımlarının oluşturulması, uyarı işaretleri, loto (lag out tag out) kilitleme sistemlerinin kullanılması insan hatalarının azaltılmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca risk değerlendirme çalışmalarında insanların neleri yapıp neleri yapmayacağı net şekilde belirtilmiş olmalıdır.

Bununla birlikte büyük kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için işletmenin tesis içi kadar tesis dışı tehlikeleri de dikkate alması gerekmektedir. Komşu tesislerle işbirliği içinde domino etkisine karşı çalışmalar yürütülmesi ve risk iletişiminin etkin bir şekilde sağlanması için kamunun bilgilendirilmesi çalışmalarının sistematik bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Tesiste bu yönde politikalar geliştirilmeli ve uygulama adımları tanımlanmalıdır.

Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, tesise özgü risklerin ve risk değerlendirme ekibinin tecrübelerine özgü farklılıkların olması sebebiyle sınırlılıklar bulunmasına rağmen, araştırmada kullanılan yarı kantitatif HAZOP ve FTA analizleri, kaza risklerinin ve kök nedenlerinin tespiti ve gerekli önlemlerin belirlenmesi açısından kimya endüstrisinde yürütülen çalışmalara katkı sağlayacak niteliktedir.

Çalışmada kullanılan metotların petrokimya ve kimya endüstrileri açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak, çalışanların tecrübelerine bağlı bir yöntem olması sebebiyle uygulamada insan hatalarını en aza indirmek için bilgisayar destekli yöntemler kullanılabilir. Ayrıca risk değerlendirme matrisinin 6 x 6 olması, risklerin daha net çizgilerle ayrılmasına olanak sağlamaktadır. İşletmelerde 5 x 5 matrisler yerine 6 x 6 matrislerin kullanılması, yüksek risklerden hangilerinin daha öncelikli olarak ele alınması gerektiğinin daha kolay anlaşılmasına da olanak sağlamaktadır.

Öte yandan büyük kaza riski taşıyan diğer endüstriyel tesislerde de kurulum aşamasından başlanılarak, tüm aşamalarda “büyük kazaların önlenmesi” ilkesi dikkate alınmalıdır. Yer seçiminin doğru yapılması, endüstriyel yerleşim planlamasının doğru biçimde uygulanması, afet azaltma önlemlerinin alınması, tesis içinde ve dışında acil durum koordinasyonunun sağlanması, yerel ve ilçe düzeyinde olan geniş kapsamlı bir afet yönetimi oluşturulması ve hedeflerin ileriye yönelik olarak tespit edilmesi gerekmektedir.

Petrol rafinerilerinde oluşacak kazaların anlık ve birikimli etkisinin değerlendirilmesinde, sosyal ve mali açıdan etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada kazaların sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan etkilerine yer verilmemiştir, bu sebeple bundan sonra yapılacak başka çalışmaların konusunu oluşturabilir.

Kuruluşların sahip oldukları tehlikeler hakkında halkı bilgilendirici çalışmalar yapması ve fikir alışverişi gerektiren karar verme süreçlerine halkın dâhil edilmesi,

bilgiye ulaşımının kolaylaştırılması mevzuatta zorunlu tutulurken, bu hususların nasıl yerine getirileceği netleştirilmemiştir. Proses güvenliği, proses güvenliği performans göstergeleri, iç denetim stratejileri hazırlanarak, mevcut ve olası tehlikeler hakkında sektör içinde eş güdümlü bilgi paylaşımının sağlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de bu uygulamaların yeterince yapılamaması sebebiyle risk iletişimin sağlanması için başka çalışmalar da yapılabilir.

Öte yandan Türkiye’de kaza inceleme raporları gizlilik kapsamında halkla paylaşılmamaktadır, teftiş raporlarının gizli tutulması risk iletişimde önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Teftiş raporlarının sonuçlarından yola çıkılarak, kaza nedenleri ve kök nedenlerin incelenmesine yönelik olarak, büyük kazaların önlenmesine ilişkin çalışmaların artırılmasını sağlayacak ve risk iletişimini düzenleyecek mevzuat çalışmaları yapılabilir.

Yasal düzenlemeler açısından değerlendirildiğinde, Seveso direktiflerinin uyumlaştırılması sürecinde “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” inin uygulanması, teknik açıdan kapasitesi yüksek birçok idari organın birlikte ve koordineli olarak katılımını gerektirmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar desteklenmeli ve geliştirilmelidir.

Yasal düzenlemelerle, mevzuatın ulusal ve uluslararası standartlarla uyumunun sağlanması noktasında çalışmalar yapılabilir. Bununla birlikte ulusal proses güvenliği yönetimi alanında çalışmalar yapılması, büyük kazaların önlenmesine yönelik katkı sağlayabilir.



“Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” kapsamında, “Arazi Kullanım Planlaması” Türkiye’de uyumlaştırılmamışken, Seveso III Direktifinde “komşu kuruluş” kavramı ile bu gereklilik genişletilmiş ve tesisler arası emniyet mesafeleri uygulaması getirilmiştir. “*Arazi Kullanım Planlaması*” uygulaması, Seveso Kuruluşları ile yerleşim alanları arasında yeterli güvenlik mesafelerinin olmaması sebebiyle zorluk oluşturmaktadır. Bununla birlikte mevcut uygulamalar değerlendirildiğinde Türkiye’nin bu alanda yeterli deneyiminin olmadığı da gözlemlenmiştir. Yeni kurulacak tesislere kurulum aşamasından önce, arazi planlaması alanında gerekli yönlendirmeler sağlanmalı ve mevcut tesislerin bu konuda fizibilite çalışmaları yapmaları teşvik edilmelidir.

Seveso direktiflerinin uygulanması ve uyumlaştırılmasının hızlandırılması halinde; çevreyi kirleterek canlıların zarar görmesine sebep olabilecek salınımların azaltılması, tesislerin etrafında bulunan yaşam alanlarının zarar görmesinin ve domino etkisinin azaltılması, tesiste olası kazaların azaltılması gibi faydaların sağlanacak olmasının yanı sıra canlı, çevre ve insan hayatına verilen önem neticesinde Türkiye’nin itibarı da güçlenecektir.

Tüm bunlara ek olarak, direktifin uygulanması ile ilgili AB ülkelerinde birçok rehber döküman mevcut iken, Türkiye’de uygulamaya yönelik rehberlerin olmaması yeni sorunlara neden olabilir. Bu sebeple Seveso kuruluşlarına yönelik büyük tehlike kontrolü ve tesise ilişkin iç ve dış denetimlerin artırılmasının nasıl sağlanacağı, iyi uygulama örneklerinin yer aldığı, insan faktörlerinin değerlendirildiği, resmi standartların gösterildiği, olay inceleme ve raporlama için ortak kriterlerin belirlendiği,

ramak kala raporlamalarının ve değişim yönetiminin nasıl yapılacağına ilişkin rehberler hazırlanmalıdır.

Büyük endüstriyel kazalara ilişkin kayıtların son birkaç yıldır oluşturulması ve ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından sistemli bir yapı kurulamadığı için, Türkiye’de büyük kazaların sayısı net olarak bilinmemektedir. Oluşan kazaların canlı sağlığı, çevre ve ülke ekonomisine etkilerine dair veriler oldukça sınırlı kalmıştır ve literatürde Türkiye’de büyük kazaların önlenmesine yönelik toplam maliyet tahminine ilişkin veriler bulunamamıştır. Bununla birlikte Türkiye’de kurulmuş olan *Seveso Bildirim Sistemi* ile kaza verilerinin kayıt altına alınıyor olması oldukça önemli bir adımdır ve sistem geliştirilebilir. Böylece daha geniş örneklem çapı ile ülke çapında genellenebilir sonuçlar elde edilerek, bu konuda geniş çaplı çalışmalar ve analizler yapılabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Abdolhamidzadeh, B., Rashtchian, D., & Morshedi, M., (2009), Statistical Survey Of Domino Past Accidents, Montreal: 8th World Congress of Chemical Engineering.
- Abdolhamidzadeh, B., Abbasi, T., Rashtchian, D., & Abbasi, S., (2011), Domino Effect in Process-Industry Accidents – An Inventory of Past Events And Identification Of Some Patterns, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24 (5), 575-593.
- ACE., (2015), *Liability Limit Benchmark And Large Loss Profile By Industry Sector*. Hamilton: Ace Bermuda Insurance Ltd.
- ACM Facility Safety, (2006), *SIL Determination Techniques Report*, ACM Facility Safety.
- AFAD., (2013), *İnsan Kaynaklı Afet Yönetiminde Geleceğe Yönelik Politika Ve Stratejilerin Belirlenmesi Çalıştayı*, Ankara: Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanlığı.
- AFAD., (2014), *2014 -2023 Teknolojik Afetler Yol Haritası Belgesi*, Ankara: AFAD.
- Anderson, M., (2015), Behavioural Safety and Major Accident Hazards: Magic Bulletin or Shot in the Dark? , London.
- API., (2012), API Presentation to U.S. CSB Panel Discussion Process Safety Indicators For Major Accident Prevention, API.
- Arendt, J. S., & Lorenzo, D. K., (2000), *Evaluating Process Safety in The Chemical Industry: A User's Guide to Quantitative Risk Analysis*, New York: CCPS.
- Australia, S., (2015), *Case Study*.  
Erişim:[http://www.dards.org.au/OurOrganisation/CaseStudies/Documents/0502\\_case-study\\_10.pdf](http://www.dards.org.au/OurOrganisation/CaseStudies/Documents/0502_case-study_10.pdf)  
Erişim tarihi: 6.02.2015.
- Bağan, M., (2013), *Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Yönetmeliği ve AB'nin Seveso III Direktifi*.  
Erişim:[http://www.tksd.org.tr/doc/kimyasal\\_forum/Kimyasal\\_Forum\\_EYLU\\_L\\_2013.pdf](http://www.tksd.org.tr/doc/kimyasal_forum/Kimyasal_Forum_EYLU_L_2013.pdf)  
Erişim Tarihi: 15.02.2015.
- Bağan, M., (2014), Kimyasalların Yönetiminde Aramıs Yöntemiyle Risk Senaryoları Oluşturulması, *1. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi*, (s. 30), İstanbul.
- Bertazzi, P. A., (1988), Bölüm 39 Doğal ve Teknolojik Felaketler, ILO içinde, *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* (Cilt 4), ILO.
- Bingham, K., & Goteti, P., (2004), *In Integrating HAZOP and SIL / LOPA Analysis: Best Practice Recommendations*. ISA (The Instrumentation, Systems, and Automation),
- BP., (2014), *BP Statistical Review of World Energy June 2014*, BP.
- BSI., (2001), Hazard And Operability Studies (HAZOP Studies)- Application Guide, *BS IEC: 61882:2001*, London, UK: British Standard Publication.
- Buzzelli, D. T., (1990), Restoring Public Confidence in The Safety of Chemical Plants, *Plant/ Operations Progress*, 9 (3), 415-148.
- Campepel, M., (2008), *Analysis of Major Industrial Accidents Triggered By Natural Events Reported in The Principal Available Chemical Accident Databases*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

- Can, U., (2004), Zur Beherrschung Sicherheitstechnisch Relevanter Störungen Beim Betrieb Von Rektifikationskolonnen, Ph.D. Thesis, Dissertation, BTU Cottbus: Germany.
- Casal, J., & Darbra, R.-M., (2013), Analysis of Past Accidents and Relevant Case-Histories, V. Cozzani, & G. Reniers, *Domino Effects in the Process Industries: Modelling, Prevention and Managing* (s. 12-29), Oxford: Elsevier
- CCPS., (1992), *Guidelines For Hazard Evaluation Procedures With Worked Examples*, New York: AIChE.
- CCPS., (2000), *Evaluating Process Safety in the Chemical Industry: A User's Guide to Quantative Risk Analysis*, New York: American Institute of Chemical Engineers.
- CCPS., (2000), Center for Chemical Process Safety, *Evaluating Process Safety in The Chemical Industry: A User's Guide To Quantitative Risk Analysis*, New York: American Institute of Chemical Engineers.
- CCPS., (2000), *Guidelines For Chemical Process Quantitative Risk Analysis*(2nd ed.), New York: Center for Chemical Process Safety, AIChE.
- CCPS., (2008), *Guidelines For Hazard Evaluation Procedures* (3th ed.), Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- CCPS., (2011), *Process Safety Leading And Lagging Metrics*, Center for Chemical Process Safety.
- Chen, Y., Zhang, M., Guo, P., & Jiang, J., (2012), 2012 International Symposium on Safety Science And Technology Investigation and Analysis of Historical Domino Effects Statistic, *Procedia Engineering*, 45, 152-158.
- Clini, F., Darbra, R. M., & Casal, J., (2008), *Historical Analysis of Accidents Involving Domino Effect*.  
Erişim: <http://www.aidic.it/CISAP4/webpapers/40Clini.pdf>  
Erişim tarihi: 18.07. 2014.
- Comcare, (2013), *Safety Management System for Major Hazard Facilities Booklet 3*, Vienna: Comcare.
- Cozzani, V., (2005), The Assessment Of Risk Caused By Domino Effect in Quantitative Area Risk Analysis, *Journal of Hazardous* (127), 14-30.
- Cozzani, V., (2010), Towards the Inclusion of External Factors in Quantitative Risk Assessment: The Analysis of Natech Accident Scenarios, *Chemical Engineering Transactions* (19), 1-6.
- Cozzani, V., Antonioni, G., & Spadoni, G., (2006), Quantitative Assessment of Domino Scenarios by a GIS-Based Software Tool, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(5), 463 - 477.
- Cozzani, V., Gubinelli, G., Antonioni, G., Spadoni, G., & Zanelli, S., (2005), The Assessment of Risk Caused by Domino Effect in Quantitative Area Risk Analysis, *Journal of Hazardous Materials*, 127(1-3), 14-30.
- Cozzani, V., Krausmann, E., & Reniers, G., (2013), Other Causes of Escalation. G. L. Reniers, & V. Cozzani, *Domino effects in the process industries: modelling, prevention and managing* (s. 154 - 172), Oxford: Elsevier.
- Crawley, F., Preston, M., & Tyler, B., (2000), *HAZOP: Guide to Best Practice. Guidelines to Best Practice for the Process and Chemical Industries*, Warwickshire: European Process Safety Centre and Institution of Chemical Engineers.

- Crawley, F., Preston, M., & Tyler, B., (2000), *Hazop: Guidelines to Best Practice for The Process and Chemical Industries*(2nd ed.), Warwickshire: IChemE.
- CSB., (2007), *Investigation Report Refinery Explosion And Fire*, Texas: CSB.
- CSB., (2010), *Regulatory Report Chevron Richmond Refinery Pipe Rupture and Fire*.Richmond: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board.
- Çevre Alanında Kapasite Geliştirme Projesi*, (2012, Ocak).  
Erişim: [http://www.rec.org.tr/dyn\\_files/42/4372-SEVESO-REC.pdf](http://www.rec.org.tr/dyn_files/42/4372-SEVESO-REC.pdf)  
Erişim tarihi: 19.11.2014.
- ÇSGB., (2012), *6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu*, 30.06.2012 tarihli ve 28339 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- ÇSGB İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2012), *Kimya Sanayi Sektöründe Seveso II Direktifi Kapsamındaki Endüstrilerde Kaza Riski Değerlendirme Metodolojisi*, Ankara: ÇSGB.
- ÇSGB, (2013), *Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik*, 30.12.2013 tarihli ve 28867 sayılı Mükerrer Resmi Gazete, Ankara.
- ÇSGB., (2012), *İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği*, 29.12.2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- ÇŞB., (2010), *Büyük Endüstriyel Kazalar için Acil Durum Planı Genelgesi*,12 temmuz 2010 tarihli Resmi Gazete, Ankara.
- ÇŞB., (2010), *Büyük Endüstriyel Kazalar İçin Acil Durum Planlaması Rehberi*, Ankara: ÇSB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- ÇŞB., (2010),*Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik*, 18 Ağustos 2010 tarihli ve 27676 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- ÇŞB.,(2010), *Büyük Endüstriyel Kazalar İçin Acil Durum Planlaması Rehberi*,ÇSB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ÇŞB., (2012, Temmuz), *Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*, 12 Temmuz 2012 tairhli ve 28370 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- ÇŞB., (2012), *Petrol rafinerileri için MET kılavuzu*.  
Erişim:<http://www.csb.gov.tr/db/ippc/icerikbelge/icerikbelge884.docx>  
Erişim tarihi: 27.02.2015
- ÇŞB., (2012), *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*.  
Erişim: <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=haberdetay&Id=5823>  
Erişim tarihi: 6.12. 2014.
- ÇŞB., (2013), *Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik*, 11 Aralık 2013 tarihli ve 28848 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- ÇŞB., (2013), *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirilmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü*.  
Erişim:<http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfaicerikhtml&IcId=685&detId=687&ustId=685>  
Erişim tarihi:5.01.2015.
- ÇŞB., (2014), *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*.  
Erişim:<http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfaicerikhtml&IcId=707&detId=916&ustId=707>  
Erişim tarihi: 29.12.2014.
- Dağ, K., (2012), *Endüstriyel Ve Kimyasal Kazalar*.

- Erişim:<http://www.isggm.files.wordpress.com/2012/03/2-kemal-beye-hie-sunumu.ppt>  
Erişim tarihi: 2.01.2014.
- Darbra, R. M., Plalacios, A., & Casal, J., (2008), *Historical Analysis of Accidents Involving Domino Effect*.  
Erişim: <http://www.aidic.it/CISAP4/webpapers/40Clini.pdf>  
Erişim tarihi: 18.07. 2014.
- Delvosalle, C., (1996), Domino Effects Phenomena: Definition, Overview and Classification, *First European on Domino Effects*, Leuven.
- Delvosalle, C., Fievez, C., Pipart, A., & Debray, B., (2006), ARAMIS Project: A Comprehensive Methodology for the Identification of Reference Accident Scenarios in Process Industries, *Journal of Hazardous Materials* (130), 200 - 219.
- Debray B., Piatyszek E., Cauffet F., Londiche H., (2004), ARAMIS Project, 4 App. of WP1, Saint-Étienne, France.
- Dompiere, J., Laliberte, D., Girard, S. A., & Gignac, S., (2008), A Qualitative and Quantitative Evaluation of an Experiment for Preventing, *Revue Europeenne de psychologie appliquee*, 58, s. 275-283.
- Dong, Y., & Yu, D., (2005), Estimation of Failure Probability of Oil and Gas Transmission Pipelines By Fuzzy Fault Tree Analysis, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2(18), 83-88.
- Ducker, P., (2014), Overview of Basic Safety Management Systems, J. Roughton, & N. Crutchfield içinde, *Safety Culture: An Innovative Leadership Approach* (s. 93-107), Oxford: BH.
- EC., (1967), 67/548/EEC Council Directive of 27 June 1967 on the Approximation of Laws, Regulations and Administrative Provisions Relating to the Classification, Packaging And Labelling of Dangerous Substances, Euro-Lex.
- EC., (1988), 82/501/EEC Seveso I Directive. Council Directive 82/501/EEC on the Major-Accident Hazards of Certain Industrial Activities, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- EC., (1996), Council Directive 96/82/EC. Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on The Control of Major Accident Hazards Involving Dangerous Substances, Eur-Lex.
- EC., (1998), *Guidelines on a Major Accident Prevention Policy and Safety Management System, as required by Council Directive 96/82/EC (SEVESO II)*, Eur-Lex.
- EC., (1999), *Dangerousu Preparation Directive 1999/45 EC*, Eur-Lex.
- EC., (2000), *Control of Major Accident Hazards Involving Dangerous Substances, 476/2000*, Eur-Lex.
- EC., (2003), *Directive 2003/105/EC of The European Parliament and of the Council of 16 December 2003 amending Council Directive 96/82/EC on the Control Of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances 2003/105/EC Directive*, EC Eur-Lex.
- EC., (2005), *Guidance on the Preparation of a Safety Report to Meet the Requirements of Directive 96/82/EC as amended by Directive 2003/105/EC (Seveso II)*, Eur-Lex.
- EC., (2006), *Improving Major Hazard Control at Petroleum Oil Refineries Key Points and Conclusions*, Liverpool: European Commission, Directorate-General Joint

- Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen and the Health and Safety Executive.
- EC., (2008), *F - Seveso Study of The Effectiveness of the Seveso II Directive Final Report*, EC.
- EC., (2008), *Improving Major Hazard Control at Petroleum Oil Refineries Key Points and Conclusions*, Bootle: European Commission's 1 Joint Research Centre, United Kingdom Health and Safety Executive.
- EC., (2012), Directive 2012/18/EU, *Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing council directive 96/82/EC*, Official Journal of the European Union.
- EC., (2012), *The Role of Safety Reports in Preventing Accidents Key Points and Conclusions*, Ispra: European Commission's Joint Research Centre ve Finnish Safety and Chemicals Agency.
- EC., (2013), *Report from The Commission Report on the Application in the Member States of Directive 96/82/EC on the Control of Major Accident Hazards Involving Dangerous Substances for the Period 2009 – 2011*, Brussels: EC.
- EC., (2014), *The Directive on Dangerous Substances*.  
Erişim: [http://ec.europa.eu/environment/archives/dansub/home\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/archives/dansub/home_en.htm)  
Erişim tarihi: 31.10.2014.
- eMars., (1988), *e Mars*. E Mars Major Accident Reporting System.  
Erişim: [https://emars.jrc.ec.europa.eu/fileadmin/eMARS\\_Site/PhpPages/ViewAccident/ViewAccidentPublic.php?accident\\_code=285](https://emars.jrc.ec.europa.eu/fileadmin/eMARS_Site/PhpPages/ViewAccident/ViewAccidentPublic.php?accident_code=285)  
Erişim tarihi : 15.12.2014.
- Energy Institute, (2005), *Ip Research Report a Framework for The Use of Key Performance Indicators of Major Hazards in Petroleum Refining*, London: Energy Institute.
- EPA., (1998), *EPA Chemical Accident Investigation Report*, Martinez: EPA Publications.
- EU., (2012), *Eurlex Access to European Law*  
Erişim: <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0018>  
Erişim tarihi: . 6.01.2014.
- Euro Lex., (2008), *EuroLex Access to European Law*.  
Erişim: <http://eurlex.europa.eu/legalcontent/en/TXT/?uri=CELEX:32008R1272>  
Erişim tarihi: 6.01.2015,
- Fabiano, B., & Curro, F., (2012), From a Survey on Accidents in the Downstream Oil Industry to the Development of a Detailed Near-Miss Reporting System, *Process Safety and Environmental Protection* (90), 357 - 367.
- Fahim, M. A., Elkilani, A., & Al-Sahhaf, T. A., (2010), *Fundamentals of Petroleum Refining*, Amsterdam: Elsevier B.V.
- Fan, X., Yi, J., & Bao, Z., (2011), Research on Safety Input Research Model for Preventing Coal Gas Explosion. *Procedia Engineering*, 26, 2012 - 2017.
- French Ministry of Environment, (2007), Release of Liquid and Gaseous Hydrocarbons by the Valves of The Atmospheric Distillation Tower of A Refinery, IMPEL içinde, *Lesson Learnt From Industrial Accident Seminar* (s. 47 - 51), Paris.

- Funtowicz, S., Ravet JR., (1993), Science for the Post-Normal Age, 25, 735 - 755.
- Gheorghiu, A. D., Török, Z., Ozunu, A., Antonioni, G., & Cozzani, V., (2014), NaTech Risk Analysis in the Context of Land Use Planning. Case Study: Petroleum Products Storage Tank Farm Next to a Residential Area, *Chemical Engineering Transactions*, 36, 439 - 444.
- Gilardi, C., & Gotti, M., (2013), Semi - Quantitative HAZOP Methodology Applied to Upstream Oil & Gas Activities, 31. Italy: The Italian Association of Chemical Engineering.
- Glossop, M., Ioannides, A., & Gould, J., (2015), Review of Hazard Identification Techniques HSL/2005/58, London: Health And Safety Laboratory.
- Guo, P., Chen, Y., Zhang, M., & Jiang, J. (2012), 2012 International Symposium on Safety Science and Technology Investigation and analysis of historical Domino effects statistic. *Procedia Engineering* (45), 152 - 158.
- Gupta, A. K., & Nair, S. S., (2012), *Training Module: Chemical (Industrial) Disaster Management*, (g. o. National Institute of Disaster Management Ministry Of Home Affairs, ed.)  
Erişim: <http://nidm.gov.in/PDF/modules/chemical.pdf>  
Erişim tarihi: 4.08.2014.
- Güneş, D. A., (2011), Aarhanus Sözleşmesi Üzerine Bir İnceleme, *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 17 (1), 299 - 333.
- Halkbank, (2009), *Halkbank Kurumsal Sosyal Sorumluluk Projesi Kimya Sektörü Raporu*, Halkbank.
- Harrison, M. E., & France, J. J., (1989), Troubleshooting Distillation Columns, *Chemical Engineering*, 96 (6), 130-137.
- Henley, E. J., & Kumamoto, H., (1981), *Reliability engineering and Risk Assessment*, New Jersey: Prentice - Hall Inc.
- Hirschberg S., Spiekerman G., Dones R., (1998), Severe Accidents in the Energy Sector, PSI Report No.98 - 16.
- Hopkins, A., (2007), Working paper 53 Thinking About Process Safety Indicators, *Oil and Gas Industry Conference* (s. 1-16), Manchester: Australian National University.
- HSE., (1999), *Emergency Planing for Major Accident, Control of Major Accident Hazards Regulations 1999*, United Kingdom.
- HSE., (2006), *Developing Process Safety Indicators A step-by-step Guide for Chemical and Major Hazard Industries*, Richmond.
- HSE., (2014), *Health and Safety Executive*,  
Erişim:  
<http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/og/ogprocedures/majorincident/definition.htm>  
Erişim Tarihi: 4 Ağustos 2014.
- Hyatt, N., (2003), *Guidelines for Process Hazards Analysis (PHA, HAZOP), Hazards Identification and Risk analysis*, Ontario: Dyadem Press.
- IEC., (2001), IEC 618822 : 2001 Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies)- Application Guide, Genova: IEC.
- IEC., (2006), IEC 61025:2006 Fault Tree Analysis (FTA), Genova: IEC.
- IEC., (2009), *IEC/FDIS 31010:2009 Risk Managemet - Risk Assessment Techniques*, IEC.
- ILO., (1981), *ILO*.



- Erişim:  
<http://www.ilo.org/public/turkish/region/eurpro/ankara/about/soz155.htm>  
Erişim tarihi: 31.01.2014.
- ILO., (1991), *Prevention of Major Industrial Accident: An ILO code of practice*, Geneva: ILO.
- ILO., (1997), *Prevention of Major Industrial Accidents Convention (No.174), Convention concerning the Prevention of Major Industrial Accidents*. Geneva: ILO.
- ILO., (2014), *LABORSTA*.  
Erişim: <http://laborsta.ilo.org/applv8/data/c8e.html>  
Erişim tarihi: 12.01.2014.
- IMPEL., (2009), *Lessons Learnt from Industrial Accidents Final Project Report*, Paris: IMPEL.
- İnanç, D., (2014), *Büyük Kazaları Önlemek için Sağlık, Güvenlik ve Proses Güvenliği Entegrasyonu, I. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi Yayınları*, İstanbul.
- IOGP., (2008), *Asset Integrity- the Key to Managing Major Incident Risk Report No.145*, London: OGP.
- IOGP., (2010), *Risk Assessment Data Directory Report 143 - 17*, London: IOGP.
- İSGÜM., (2011), *Avrupa Birliği'nin İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri İyi Uygulamaları*, Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Hawksley, J.L., (1999), *Developing a Major Accident Prevention Policy*, *Journal of Hazardous Materials* (65), 109-121.
- Jensen, R. C., (2012), *Risk Reduction Methods for Occupational Safety and Health*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Jimoh, M., (2004), *Entlastung von Distillationskollonen im Gest Rten Betrieb: Modllierung, Simulation und Experiment*, *Ph.D. Thesis, Dissertation*, TU-Berlin, Germany.
- Johson, R., (2010), *Beyond-compliance Uses of HAZOP/LOPA Studies*, *Journal of Loss Prevention Process Industries*, 23 (6), 727-733.
- Kadri, F., & Chatelet, E., (2014), *Domino Effect Analysis and Assessment of Industrial Sites: A Review of Methodologies and Software Tools*.  
Erişim:[https://hal.archivesouvertes.fr/file/index/docid/1026495/filename/Domino\\_Effect\\_Analysis\\_and\\_Assessment\\_of\\_Industrial\\_Sites.pdf](https://hal.archivesouvertes.fr/file/index/docid/1026495/filename/Domino_Effect_Analysis_and_Assessment_of_Industrial_Sites.pdf)  
Erişim tarihi: 4.11.2014.
- Khan, F., Veitch, B., Pula, R., & Amyotte, P., (2007), *A Model for Estimating the Probability of Missile Impact: Missiles Originating from Bursting Horizontal Cylindrical Vessels*, *Process Safety Progress* (26),129 AIChE.
- Kidam, K., & Hurme, M., (2013), *Method for Identifying Contributors to Chemical Process Accidents*, *Process Safety and Environmental Protection* (91), 367-377.
- Kidam K., (2012), *Process Safety Enhancing Chemical Plant Design by Exploiting Accident Knowledge*, Doctoral Dissertation, Aalto University.  
Erişim:  
<http://lib.tkk.fi/Diss/2012/isbn9789526049106/isbn9789526049106.pdf>  
Erişim tarihi: 03.04.2015.

- Kirchsteiger, C., (1999), Trends in Accidents, Disasters and Risk Sources in Europe, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (12), 7-17.
- Kister, H., (1997), Are Column Malfunctions Becoming Extinct Or Will They Persist In The 21st Century? *Chemical Engineering Research and Design*, 563-589.
- Kister, H., (2003), What Caused Tower Malfunctions in The Last 50 Years? *Chemical Engineering Research and Design*, 81(1), 5-26.
- Kletz, T., (1993), *Lessons from Disaster: How Organizations Have No Memory and Accidents Recur*, Melksham: Institution of Chemical Engineers.
- Kletz, T., (1999), The origins and History of Loss Prevention, *Process Safety and Environmental Protection*, 77 (3), 109 - 116.
- Kletz, T., (2005), Chemical and Allied Industries. R. A. Engineering içinde, *Accidents and Agenda- Full Sector Report* (s. 16-30), London, Canada: Royal Academy of Engineering.
- Kletz, T., (2009), ). *What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided* (5th ed.), Oxford: Institution of Chemical Engineers.
- Kletz, T., (2010), An obituary: ICI's Contribution to Process Safety and Why It Came to an End, *Journal of Loss Prevention and Process Industries* (23), 954 - 957.
- Krausmann, E., Cozzani, V., Salzona, E., & Renni, E., (2011), Industrial Accidents Triggered by Natural Hazards: an Emerging Risk Issue, *Natural Hazards and Earth System Sciences* (11), 921-929.
- Kumamoto, H., & Henley, E. J., (2000), *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, Piscataway: IEEE.
- Kyriakdis, I., (2003), *HAZOP - Comprehensive Guide to HAZOP in CSIRO*, CSIRO Minerals, National Safety Council of Australia.
- Labib, A., (2015), Learning (and unlearning) from Failures: 30 Years on from Bhopal to Fukushima an Analysis Through Reliability Engineering Techniques, *Process Safety and Environmental Protection*.
- Lees, F. P., (1996), *Loss Prevention in the Process Industries*, (2nd ed.), Boston: MA:Buterworth-Heinemann.
- Legislation of UK., (1999), The Control of Major Accident Hazards Regulation 199 No.743, The National Archives.
- Leith, H., & Piper, J. W., (2013), Identification and Application of Security Measures for Petrochemical Industrial Control Systems, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (26), 982-993.
- Leonard, T., (2013), Seveso III directive Implications for Irish Industry, Byrne O Cleirigh Engineers Consultants.
- Macdonald, D., (2004), *Practical Hazop, Trips and Alarms*, Oxford: Newnes.
- Macza, M., (2008), A Canadian Perspective of the History of Process Safety Management Legislation, *8th Internationale Symposium Programmable*.
- Marsh & Maclanen Companies, (2014), *The 100 Largest Losses 1974 - 2013 Large Property Damage Losses in the Hydrocarbon Industry*, Marsh & Maclanen Companies.
- Mendeloff, J., Han, B., Feishman - Mayer, L. A., & Vesely, J. V., (2013), Evaluation of Process Safety Indicators Collected in Conformance with ANSI/API Recommended Practice 754, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (26), 1008-1014.

- Mitchison, N., & Papadakis, G. A., (1999), Safety Management Systems under Seveso II: Implementation and Assessment, *Journal of Loss Prevention in*, 43-51.
- NASA, (2002), Fault Tree Handbook with Aerospace Application, Version 1.1, USA.
- Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., Kiranoudis, C., & Markatos, N., (2006), Development of a Database for Accidents and Incidents in the Greek Petrochemical Industry, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (19), 630-638.
- Nolan, D. P., (2015), *Safety and Security Review for the Process Industries: Application of HAZOP, PHA, What-IF and SVA Reviews* (4th ed.), Oxford: Elsevier.
- NSH., (2014), National Health Service Scotland.  
Erişim: <http://www.gov.scot/Publications/2008/11/24160623/3>.  
Erişim tarihi: 10.05.2014.
- NSW Government Department of Planning, (2007), *Kurnell Peninsula Land Use Safety Study*, Sidney: NSW Government Department of Planning.
- Okoh, P., & Haugen, S., (2014), A study of Maintenance-related Major Accident Cases in the 21st Century, *Process Safety and Environmental Protection*(92), 346-356.
- Omidvari, M., Lavasani, S. M., & Mirza, S., (2014), Presenting of Failure Probability Assessment Pattern by FTA in Fuzzy Logic (Case Study: Distillation Tower Unit of Oil Refinery Process), *Journal of Chemical Health & Safety*, 14-22.
- OSHA., (2004), Principal Emergency Response and Preparedness Requirements and Guidance, USA.
- OSHA., (2015), *OSHA Teknik Kılavuz (OTM) Bölüm IV: Ünite 2*.  
Erişim: [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_2.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_2.html)  
Erişim tarihi:25.02.2015.
- Overton, T., (2010), How the Industry Uses Incident Data from Multiple Sources to Improve Safety, *International Regulators' Forum - Global Offshore Safety*, British Columbia.
- Özkılıç, Ö., (2014), Seveso III Direktifinin Getirdiği Yenilikler, Uygulamaya Yansımaları, Zorluklar ve Tavsiyeler, *1. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi* (s. 3), İstanbul: 1. Uluslararası Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi.
- Peng, J., Song, Y., Yuan, P., Xiao, S., & Han, L., (2013), An Novel Identification Method of the Environmental Risk Sources for Surface Water Pollution Accidents in Chemical Industrial Parks, *Journal of Environmental Sciences*, 25(7), 1441-1449.
- Perez Marin, M., Rodriguez Toral, M., (2013), HAZOP – Local approach in the Mexican Oil & Gas Industry, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*,26 (5), 936-940.
- PSA., (2013), *Petroleum Safety Authority Norway (PSA)*.  
Erişim:<http://www.psa.no/news/defined-hazard-and-accident-conditions-dfus-article9296-878.html>  
Erişim tarihi: 6.11.2014.
- PSA., (2013), *Summary Report 2012 - Norwegian Continental Shelf- Trends in Risk Level in the Petroleum Activity*, Stavanger: Director for professional competence, PSA .

- PSA., (2014), *Summary Report 2013 - Norwegian Continental Shelf- Trends in Risk Level in the Petroleum Activity*, Stavanger: Director for professional competence, PSA.
- REC Türkiye ve Jacobs, Cordova & Associates. (2012), *AB Seveso II Direktifi (96/82/EC) Düzenleyici Etki Analizi*, Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Reniers, G., (2009), An External Domino Effects Investment Approach to Improve Cross-plant Safety Within Chemical Clusters, *Journal of Hazardous Materials* (177), 167-174.
- Reniers, G. L., (2000), *Multi - plant Safety and Security Management in the Chemical and Process Industries*, Antwerpen: WILEY.
- Reniers, G., & Cozzani, V., (2013), *Domino Effects in the Process Industries Modelling, Prevention and Managing*, Oxford: Elsevier.
- Renni, E., Krausmann, E., & Cozzani, V., (2010), Industrial Accidents Triggered by Lightning, *Journal of Hazardous Materials* (184), 42-48.
- Resmi Gazete, (2013), *Onuncu Kalkınma Planı*, Ankara: Resmi Gazete.
- Ringdahl, L. H., (2013), *Guide to Safety Analysis for Accident Prevention*, Stockholm: IRS Riskhantering AB. J. Saari, *Accident Prevention*.
- SACHÉ Commitee, (2008), What is Process Safety?  
Erişim: <http://sache.org/beacon/files/2008/07/tr/read/2008-07-Beacon-Turkish-s.pdf>  
Erişim tarihi: 7.08.2014.
- SACHÉ Committee, (2014), *Safety and Chemical Engineering Education*.  
Erişim:<http://www.sache.org/beacon/files/2014/04/tr/read/2014-04-Beacon-Turkish-s.pdf>  
Erişim tarihi: 7.08.2014.
- Safety Institue of Australia Ltd., (2012), OHS Body of Knowledge Model of Causation: Safety, Victoria, Austuralia: Safety Institue of Australia Ltd.
- Sales, J., Mushtaq, D., & Christou, D. D., (2007), *Analysis of Major Accidents Reported to the MARS Database During the Period 1994 – 2004*, Luxembourg: EC.
- Sanders, R. E., (1999), *Chemical Process Safety Learning from Case Histories*, Woburn: Butterworth-Heinmann Publications.
- Sauk, R., Markowski, A. S., & Moskal, F., (2015), Application of the Graph Theory and Matrix Calculus for Optimal HAZOP Nodes Order Determination, *Journal of Loos Prevention in the Process Industries* (35), 377 - 386.
- Sini, D. F., (2010), *Control of Major Accident Hazards Involving Dangerous Substances "SevesoII Directive" Seminer*, Rome, Italy.
- Sinnott R.K., (2005), *Chemical Engineering Design* (4th ed.), Oxford: Elsevier Butterworth - Heinemann.
- Soley, A. W., Martin, G. R., & Hartman, E. L., (1997), Why Towers Do Not Work? *Oil and Gas Journal*, 74.
- Sovacool, B. K., (2008), The Costs of Failure: A Preliminary Assessment of Major Energy Accidents, 1907 – 2007, *Energy Policy* (36), 1802-1820.
- Speight, J. G., (2011), *The Refinery of the Future*. Oxford: Elsevier.
- Stewart, M., & Lewis, O. T., (2013), *Heat Exchanger Equipment Field Manual: Common Operating Problems and Practical Solutions*, Oxford: Elsevier.
- Talbot, J., (2013), *What's right with risk matrices?*.

- Erişim: <http://www.jakeman.com.au/media/whats-right-with-risk-matrices>.  
Erişim tarihi: 12.05.2014.
- Taylor, J. R., (1994), *Risk Analysis for Process Plant, Pipelines and Transport*, London : E&FN Spon.
- The Commonwealth of Australia, (2007), *Major Hazard Facilities an Overview of The Commonwealth Legislation*, Canberra: The Commonwealth of Australia.
- US OSHA., (2000), *Process Safety Management OSHA 3132*, USA: US. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration.
- US EPA & OSHA., (1996), Memorandum of Understanding Between The United States Environmental Protection Agency Office of Solid Waste And Emergency Response Office of Enforcement And Compliance Assurance And The United States Department of Labor Osha on Chemical Investigation, *Memorandum of Understanding*, ABD: OSHA.
- Vesilind, P. A., Morgan, S. M., & Heine, L. G., (2012), *Çevre Mühendisliğine Giriş* (3. b.), (P. D. Toröz, Çev.), Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Vince, I., (2011), *Major Accidents to the Environment: A Practical Guide to the Seveso II Directive and Comah Regulation*, Oxford: Elsevier.
- Wang, D., Zhang, P., & Chen, L., (2013), Fuzzy Fault Tree Analysis for Fire and Explosion of Crude Oil Tanks, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 1390-1398.
- Wang, Y., (2004), Development of a Computer Aided Fault Tree Synthesis Methodolgy for Quantitative Risk Analysis in the Chemical Process Industry, Texas: Texas A&M University.
- Watkins, R. N., (1979), *Petroleum Refinery Distillation*, Texas: Gulf Publishing Company.
- Wells, G. (1997), *Major Hazards and Their Management*, Warwickshire: Institution of Chemical Engineers.
- Wetting, P. J., & Kirchsteiger, C., (1999), Major Industrial Accidents Regulation In The European Union, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* (12), 19 - 28.
- White Queen VB; Health and Safety Laboratory; RIVM., (2012), *The Major Accident Failure Rates Project Concept Phase (RR 915 Research Report)*, London: HSE.
- WHO. (2002, Ocak 1), *World Health Organization*.  
Erişim: <http://www.who.int/gender/gwhgendernd2.pdf>  
Erişim tarihi: 4.08.2014.
- Xia, M., Li, X., Jiang, F., & Wang, S., (2012), Cause Analysis And Countermeasures of Locomotive Runaway Accident Based on Fault Tree Analysis Method, *Procedia Engineering* (42), 38 - 42.
- XYZ Rafineri Müdürlüğü, (1985), *100 Atmosferik Distilasyon Ünitesi İşletme El Kitabı*, Kırıkkale: XYZ Rafineri Müdürlüğü.
- XYZ Rafineri Müdürlüğü, (1997), *Rafineride Kullanılan Kimyasal Maddeler, Tehlikeli Gazlar Ve Ürünlerin Emniyet Bilgileri*, İzmir: Teknik Emniyet ve Çevre Kontrol Müdürlüğü.
- Yeniöva, H., (2007), *Ayrırma Kolonlarının Tasarımı 1*. Ankara: Ankara Üniversitesi.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Ad-Soyad: Begüm Doğan

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul/ 20 Temmuz 1979

Medeni Durum: Evli

Adres: Yunus Emre Mah. Kübra Sok No: 1 Pursaklar Ankara

Telefon: 0312 527 51 28

E-mail: [begum.dogan@csgb.gov.tr](mailto:begum.dogan@csgb.gov.tr)

### **Eğitim**

- Lisans; 1998 - 2004 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
- Y.Lisans; 2013 – 2015 Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü

### **Yabancı Dil:**

İngilizce (iyi seviyede - okuma, yazma, konuşma)

### **İş Deneyimi:**

- ÇSGB Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzman Yardımcısı (2012 - halen devam etmekte)

## EKLER

### EK I

No	Sorular	Evet	Hayır
1	Tesisinizde SEVESO kapsamındaki tehlikeli kimyasalları belirlediniz mi?	13	
2	SEVESO için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web tabanına giriş yaptınız mı?	1	
3	Üst seviyeli kuruluş musunuz?	8	5
4	Alt seviyeli kuruluş musunuz?	4	7
5	Tesisinize ait P&ID (Borulama ve enstrümantasyon diyagramı) mevcut mu?	8	4
6	Tehlikeli kimyasallarınızı, sahalarınızı ve ekipmanlarınızı belirlediniz mi?	12	1
7	Belirlenen tehlikeli kimyasalların Güvenlik Bilgi Formları var mı?	12	1
8	Muhtemel salınım kazası sonucu alevlenir sıvı veya gazlar yayılır mı?	11	
9	Muhtemel salınım kazası sonucu toksik sıvı veya gazlar mı yayılır?	8	4
10	Muhtemel dökülme kazası sonucu alevlenir katı mı yayılır?	4	8
11	Muhtemel dökülme kazası sonucu toksik katı mı yayılır?	5	6
12	Risk analizi metodolojinizi belirlediniz mi?	9	4
13	Proses Tehlike Analizi (PTA) yaptınız mı?	5	7
14	HAZOP yaptınız mı?	4	8
15	Hata Ağacı Analizi (FTA) yaptınız mı?	1	11
16	Olay Ağacı Analizi (ETA) yaptınız mı?	1	11
17	Bütünlük Kaybı Analizi yaptınız mı?	1	11
18	Papyon (Bow-Tie) analizi yaptınız mı?	1	11
19	Koruyucu Katman Analizi (LOPA) yaptınız mı?	1	11
20	Yangın modellenmesi yaptınız mı?	2	10
21	Flash yangını modellenmesi yaptınız mı?	1	11
22	Havuz yangını modellenmesi yaptınız mı?	2	10
23	Ateş topu yangını modellenmesi yaptınız mı?	1	11
24	Jet yangını modellenmesi yaptınız mı?	1	11
25	Patlama modellenmesi yaptınız mı?	2	10
26	Buhar bulutu patlaması (VCE) yaptınız mı?	2	10
27	BLEVE modellenmesi mi?	2	10
28	Toksik yayılım modellenmesi yaptınız mı?	1	11
29	Yangın için ısı akısını ( $kW/m^2$ ) hesapladınız mı?	2	10
30	Patlama için ısı akısını hesapladınız mı?	2	10
31	Patlama için basınç etkisini hesapladınız mı?	1	11
32	Yangının etkili olacağı alanı (tesis dışı da dahil olmak üzere) belirlediniz mi?	3	9
33	Patlamanın etkili olacağı alanı (tesis dışı da dahil olmak üzere) belirlediniz mi?	2	10
34	Yukarıda belirtilen istenmeyen olayların çevreye olan etkilerini belirlediniz mi?	2	10
35	Patlamadan koruma dokümanınız var mı?	9	4
36	Belirlenmiş risklere göre Acil Durum Planlarınızı hazırladınız mı?	9	4
37	Büyük kazaları önleme politikanız var mı?	3	9
38	Güvenlik Yönetim Sisteminiz Seveso Direktiflerine uygun mu?	3	8

## EK II

Risklerin insana ve çevreye etkileyecek hasarlar ile yol açabileceği zararları gösteren sonuç tablosu

İNSANA ZARAR	ÇEVRESEL ETKİ
<p><b>0) Yaralanma yok/sağlığa etkisi yok</b></p> <p><b>1) Hafif yaralanma veya sağlık etkisi:</b> Çalışma performansını ve günlük hayatı etkilemez.</p> <p><b>Örnekler:</b> İlk yardım ve basit tıbbi müdahale, Maruz kaldıktan sonra belirgin kalıcı etkisi olmayan rahatsızlıklar hafif tahriş gibi sağlık tehlikeleri</p> <p><b>2) Az yaralanma veya sağlık etkisi:</b> Çalışma performansını etkileyen; örneğin çalışma faaliyetini kısıtlayan, tam iyileşmesi en az 3 gün süren, günlük hayatı 3 güne kadar etkileyen veya iyileşebilen sağlık etkileri.</p> <p><b>Örnekler:</b> 3 güne kadar işten ayrı kalmaya veya 3 güne kadar kısıtlı çalışmaya neden olan durumlar. Deri tahrişi veya besin zehirlenmesi gibi rahatsızlıklar.</p> <p><b>3) Ciddi yaralanma veya sağlık etkisi</b> Çalışma performansını daha uzun dönemde etkileyen; örneğin 3 günden fazla kayıp iş gününe neden olan, günlük hayatı 3 günden fazla etkileyen veya geri dönüşü olmayan sağlık etkileri. <b>Örnekler:</b> Uzun süreli iş görememezlik. Duyarlılığın artması, gürültü kaynaklı işitme kaybı, kronik sırt ağrısı, üst üste aşırı zorlamalardan kaynaklanan kas zedelenmesi veya yaralanma.</p> <p><b>4) Kalıcı iş görememezlik veya en fazla 3 can kaybı</b> Yaralanma veya meslek hastalığı kaynaklı. <b>Örnekler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Kimyasal yanıklar; asbest, kum ya da kataliz gibi tozlardan kaynaklanan rahatsızlıklar; kanser ve iş kaynaklı ciddi bunalım. En fazla 3 can kaybına neden olan trafik kazası.</li></ul> <p><b>5) Can kaybı 3'den fazla</b> Yaralanma veya meslek hastalığı kaynaklı. <b>Örnekler:</b> Bir kez maruz kalma sonucu birden fazla kişide görülen asbest kaynaklı rahatsızlıklar. Toplu kanser vakaları. Can kaybı 3'ten fazla olan yangın veya patlama.</p>	<p><b>0) Etkisi yok</b></p> <p><b>1) Hafif etki:</b> Tesis sınırları içinde meydana gelen hafif çevresel zarar.</p> <p><b>Örnek:</b> İşletme veya tank sahasında meydana gelen az miktarda uçucu madde döküntüsü.</p> <p><b>2) Az etki:</b> Kalıcı etkisi olmayan az çevresel zarar.</p> <p><b>Örnekler:</b> Tesis dışında meydana gelen ve yer altına sızan küçük döküntü. Tesis içinde yeraltı suyu kirliliği. En fazla 10 kişiden şikayet. Yasal veya belirlenmiş limit değerlerinin bir defa aşılması.</p> <p><b>3) Orta etki:</b> Etkisi devam eden veya temizleme gerektiren sınırlı çevresel zarar.</p> <p><b>Örnekler:</b> Büyük miktarda toprağın/kumun uzaklaştırılmasını ve imhasını gerektiren boru hattı kaçağı. Tesis dışında gözlemlenen çevresel etki veya hasar. Örneğin, balıkların ölmesi, bitkilerin zarar görmesi veya yeraltı suyu kirliliği. Sivil toplum örgütlerinden şikayet (veya 10'dan fazla kişiden şikayet). Uzun vadeli etkisi olabilecek yasal veya belirlenmiş limit değerlerinin sıklıkla aşılması.</p> <p><b>4) Büyük etki:</b> Çevreyi tekrar kullanılabilir hale getirmek için kapsamlı çalışmaların yapılmasını gerektiren ciddi çevresel zarar.</p> <p><b>Örnekler:</b> Tesis dışında geniş alanda yeraltı suyu kirliliği. Tanker dolmu veya tahliye sırasında iskelede meydana gelen kaçak sonucu sahilde yapılması gereken temizlik işlemleri. Sivil toplum örgütlerinden veya yerel makamlardan çok sayıda şikayet. Uzun vadeli etkisi olabilecek yasal veya belirlenmiş limit değerlerinin sürekli aşılması.</p> <p><b>5) Çok büyük etki:</b> Geniş bir alanda doğal kaynakların kaybına, ticari kullanım veya halkın kullanımına engel olabilecek kalıcı ciddi çevresel zarar.</p> <p><b>Örnek:</b> Deniz ve nehirlerde önemli kirliliğe yol açacak ve kapsamlı temizleme ve iyileştirme gerektiren ham petrol döküntüsü.</p>

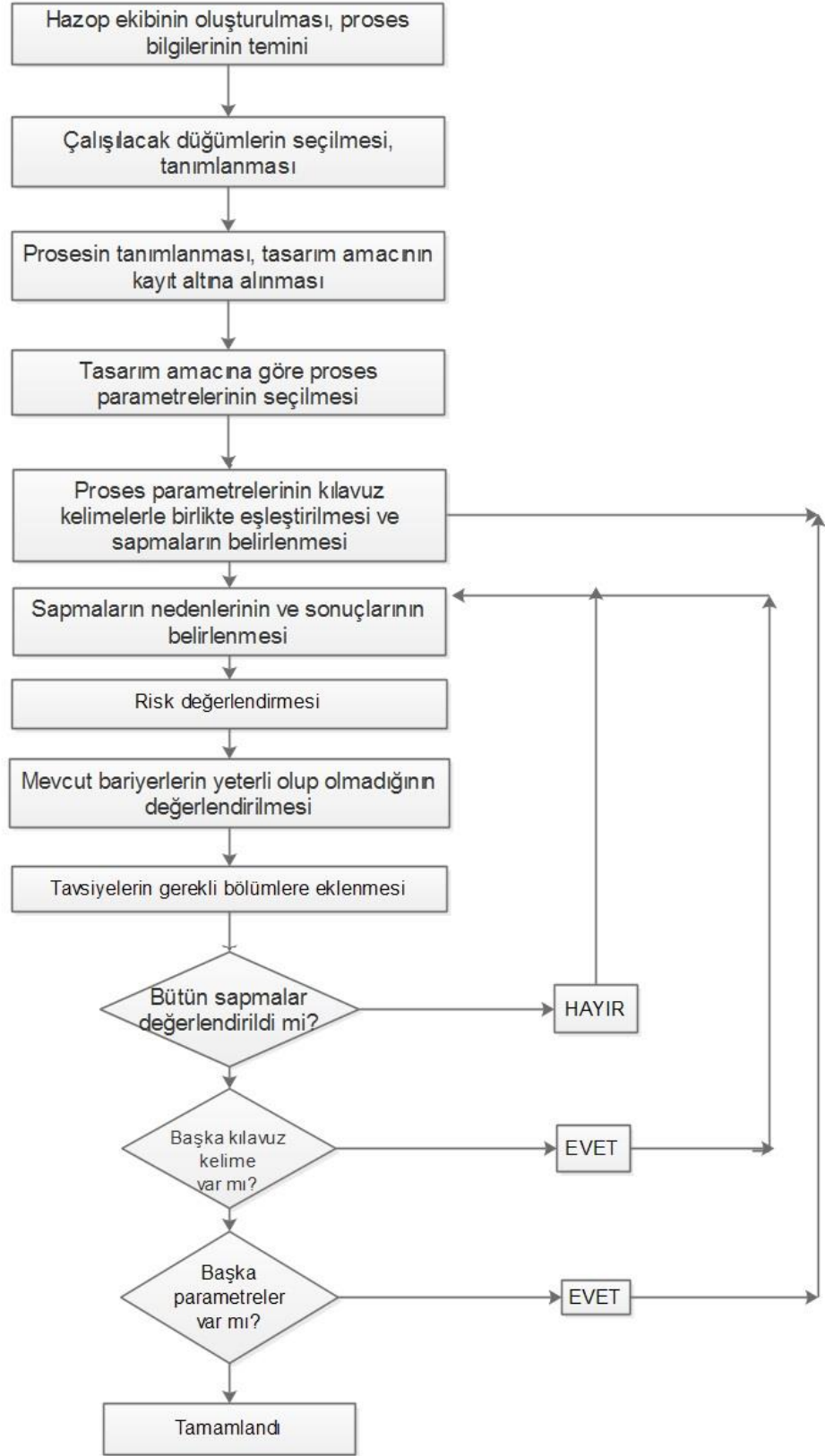


## EK III

Risklerin varlık hasarı ve diğer gelir kayıplarını ve şirket itibarına vereceği zararları gösteren sonuç tablosu

<b>VARLIK HASARI VE DİĞER GELİR KAYIPLARI</b>	<b>İTİBARA ETKİSİ</b>
<p><b>0 ) Hasar yok:</b> 1.000 US\$'dan az hasar.</p> <p><b>1) Hafif hasar:</b> 1.000 – 10.000 US\$ hasar. (Örnek: İşletmede kesinti yok.)</p> <p><b>2) Az hasar:</b> 10.000 - 100.000 US\$ hasar. (Örnek: İşletmede kısa süreli duruş)</p> <p><b>3) Orta hasar:</b> 100.000 - 1.000.000 US\$ hasar. (Örnek: İşletmede kısmi duruş)</p> <p><b>4) Büyük hasar:</b> 1.000.000 - 10.000.000 US\$ hasar. (Örnek: İşletmede en fazla 2 hafta duruş.)</p> <p><b>5) Çok büyük hasar:</b> 10.000.000 US\$'dan fazla hasar. (Örnek: İşletmenin kapsamlı veya tamamen kaybedilmesi)</p>	<p><b>0) Etkisi yok</b></p> <p><b>1) Hafif etki:</b> Yerel halk farkında ama kaygı duymuyor. Medyada yer almamış.</p> <p><b>2) Az etki:</b> Yerel halkta endişe uyandırıyor. Yerel medyada yer alıyor.</p> <p><b>3) Orta etki:</b> Bölgede veya ülkede önemli etki.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Bölge halkında endişe uyandırıyor.</li><li>· Yerel düzeyde sivil toplum örgütleri, toplum, sanayi ve devlet kuruluşları gibi paydaşlar olayın farkında.</li><li>· Yerel medyada kapsamlı, bazı bölgesel ve ulusal medyada da özetle yer alma.</li></ul> <p><b>4) Büyük etki:</b> Holding itibarını etkileyebilecek durumlar</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Ulusal düzeyde kamu ilgisi</li><li>· Yerel ve ulusal yetkili ve ilgililerle ilişkilerin etkisi. Devlet ile ulusal sivil toplum örgütlerinin ortak ilgisi ve olası uluslararası sivil toplum örgütlerinin eylemi.</li><li>· Ulusal medyada kapsamlı, bazı uluslararası medyada özetle yer alma.</li><li>· İşletmede kısıtlamaya gidilecek yasal yaptırım potansiyeli veya işletme ruhsatını etkileme durumu.</li></ul> <p><b>5) Çok büyük etki:</b> Holding itibarına çok büyük etki.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Uluslararası kamu ilgisi</li><li>· Devletlerarası üst seviyede alaka ve uluslararası sivil toplum örgütleri eylemi</li><li>· Uluslararası medya ilgisi</li><li>· Yeni iş alanlarına girişe, ruhsat tahsisine ve/veya vergi mevzuat mevzuatına ciddi etkisi olabilecek deTavsiyede, ulusal/uluslararası politikaları etkileyebilecek önemli olası durumlar</li></ul>

**EK IV**  
**HAZOP Akış Şeması**



**EK V****Düğümlere ilişkin olası sapmalar**

<b>Düğün No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sapmalar</b>
1	<b>Ham Petrol Şarj Hattı</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Akış Yok</li><li>2. Düşük Akış</li><li>3. Yüksek akış</li><li>4. Düğüme herhangi biryerden istenmeyen akış</li><li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li><li>6. Düşük Sıcaklık</li><li>7. Yüksek Sıcaklık</li><li>8. Düşük Basınç</li><li>9. Yüksek Basınç</li><li>10. Düşük Seviye</li><li>11. Yüksek Seviye</li></ol>
2	<b>Atmosferik Dip Şarj Hattı</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Akış Yok</li><li>2. Düşük Akış</li><li>3. Yüksek akış</li><li>4. Düğüme herhangi biryerden istenmeyen akış</li><li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li><li>6. Düşük Basınç</li><li>7. Yüksek Basınç</li></ol>
3	<b>Atmosferik Distilasyon Kolon Tepe Hattı</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Akış Yok</li><li>2. Düşük Akış</li><li>3. Yüksek akış</li><li>4. Düğüme herhangi bir yerden istenmeyen akış</li><li>5. Düşük Sıcaklık</li><li>6. Yüksek Sıcaklık</li><li>7. Düşük Basınç</li><li>8. Yüksek Basınç</li><li>9. Düşük Seviye</li><li>10. Yüksek Seviye</li></ol>
4	<b>Kerosen Yan Çekiş Sistemi</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Akış Yok</li><li>2. Düşük Akış</li><li>3. Yüksek akış</li><li>4. Node a herhangi biryerden istenmeyen akış</li><li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li><li>6. Düşük Sıcaklık</li><li>7. Yüksek Sıcaklık</li><li>8. Düşük Basınç</li><li>9. Yüksek Basınç</li><li>10. Düşük Seviye</li><li>11. Yüksek Seviye</li></ol>

EKV'in devamı

<b>Düğün No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sapmalar</b>
5	<b>LAD Yan Çekiş Sistemi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akış Yok</li> <li>2. Düşük Akış</li> <li>3. Yüksek akış</li> <li>4. Düğüme herhangi bir yerden istenmeyen akış</li> <li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li> <li>6. Düşük Sıcaklık</li> <li>7. Yüksek Sıcaklık</li> <li>8. Düşük Basınç</li> <li>9. Yüksek Basınç</li> <li>10. Düşük Seviye</li> <li>11. Yüksek Seviye</li> </ol>
6	<b>HAD Yan Çekiş Sistemi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akış Yok</li> <li>2. Düşük Akış</li> <li>3. Yüksek akış</li> <li>4. Düğüme herhangi bir yerden istenmeyen akış</li> <li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li> <li>6. Düşük Sıcaklık</li> <li>7. Yüksek Sıcaklık</li> <li>8. Düşük Basınç</li> <li>9. Yüksek Basınç</li> <li>10. Düşük Seviye</li> <li>11. Yüksek Seviye</li> </ol>
7	<b>HADPA Sistemi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akış Yok</li> <li>2. Düşük Akış</li> <li>3. Yüksek akış</li> <li>4. Düğüme herhangi bir yerden istenmeyen akış</li> <li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li> <li>6. Düşük Sıcaklık</li> <li>7. Yüksek Sıcaklık</li> <li>8. Düşük Basınç</li> <li>9. Yüksek Basınç</li> </ol>
8	<b>Atmosferik Distilasyon Kolunu Dip Sistemi</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akış Yok</li> <li>2. Düşük Akış</li> <li>3. Yüksek akış</li> <li>4. Düğüme herhangi bir yerden istenmeyen akış</li> <li>5. Ters/İstenmeyen yöne akış</li> <li>6. Düşük Sıcaklık</li> <li>7. Yüksek Sıcaklık</li> <li>8. Düşük Basınç</li> <li>9. Yüksek Basınç</li> <li>10. Düşük Seviye</li> <li>11. Yüksek Seviye</li> </ol>

## EK VI

<b>HAZOP Ön Çalışma Formları</b> Sapmalar ve olası riskler	
Düşük Akış	pompa arızası, çıkışlarda değişim, tortu oluşması, kötü emiş, kavitasyon, ısı eşanjöründe kaçak, tahliye kaçağı, vana sıkışması, kontrol kaybı, operatör hatası, bağlantılarda, hatlarda veya boru ağızlarında arıza
Yüksek Akış	pompada yarıлма, dağıtım kaplarında basınç kaybı, eşanjör, kontrol kaybı, operatör hatası, boru hatlarında arıza, göstergelerin yerinden oynaması, ısı değiştiricilerde kaçak, basınçlı emiş, kaçak kaybı,vb
Akış yok	pompa arızası, ana hatlarda basınçlı dağıtım, gaz kilitlemesi, yabancı cisimlerden kaynaklı blokaj, emiş hatlarında boşalma, kontrol kaybı, operatör hatası, borularda ve bağlantılarda arıza
Ters akış	pompa arızası, ana hatlarda basınçlı dağıtım, gaz kilitlemesi, yabancı cisimlerden kaynaklı blokaj, emiş hatlarında boşalma, kontrol kaybı, operatör hatası, borularda ve bağlantılarda arıza, kabaran hortumlama
Yüksek basınç	kaynama, kavitasyon, donma, kimyasal bozunma, parlama, yoğunlaşma, sedimentasyon, köpürme, gaz sızıntısı, astar, patlayan, içeri doğru kıvrılan, viskozitede değişiklik, yoğunluk, dış yangın, hava koşulları
Düşük basınç	kaynama, kavitasyon, donma, kimyasal bozunma, parlama, yoğunlaşma, sedimentasyon, köpürme, gaz sızıntısı, astar, patlayan, içeri doğru kıvrılan, viskozitede değişiklik, yoğunluk, dış yangın, hava koşulları.
Yüksek sıcaklık	kaynama, kavitasyon, donma, kimyasal bozunma, parlama, yoğunlaşma, sedimentasyon, köpürme, gaz sızıntısı, astar, patlayan, içeri doğru kıvrılan, viskozitede değişiklik, yoğunluk, dış yangın, hava koşulları
Düşük Sıcaklık	kaynama, kavitasyon, donma, kimyasal bozunma, parlama, yoğunlaşma, sedimentasyon, köpürme, gaz sızıntısı, astar, patlayan, içeri doğru kıvrılan, viskozitede değişiklik, yoğunluk, dış yangın, hava koşulları

**EK VII**  
ATMOSFERİK DİSTİLYASYON KOLONU P & ID

## EK VIII

### HAZOP Değerlendirme Formları

Düğüm: 1. Ham Petrol Şarj Hattı

Sapma: 1. Akış Yok

Tip: Hat

Çalışma Koşulları: Basınç 6 kgf/cm2, Dip sıcaklığı 118 °C / Tepe Sıcaklığı 52 °C

Cihazlar Şarj Pompası, Şarj Eşanjörleri, Desalter, A/B Preheat Eşanjörleri, Fırın

Sebebe	Sonuç	Risk azaltılmasından Önce				Mevcut Bariyerler	Öneriler	Sorumlu
		Sonuç Kategorisi	Ş	O	RS			
1. Şarj Pompa Arızası	1. Üretim Kaybı	Varlık	3	B	DÜŞÜK	1. Yedek Pompa	1. Tavsiye Yok	
2. Kontrol Loop Arızası Sıcaklık Kontrolörü	1. Fırın Tüplerinde Mekanik Zarar	Varlık	4	B	ORTA	1. Fırın ESD Sistemi	1. Tavsiye Yok	
3. Kontrol Loop Arızası Desalter Basınç Kontrolörü	1. Desalter PSV'nin atmasına bağlı olarak kolon operasyonunun bozulması	Varlık	3	C	ORTA	1. Basınç Göstergesi 2. Basınç Göstergesi	2. Atmosfere açılan boşaltma vanalarının Flareye bağlanıp bağlanamayacağını araştırılması	T.S
4. Desalter Miks Vana Arızası	1. Üretim Kaybı	Varlık	1	B	ÇOK DÜŞÜK	1. Düşük Şarj Alarmı 2. Basınç Kontrolörü	1. Tavsiye Yok	

Düğüm: 1. Ham Petrol Şarj Hattı

Sapma: 2. Düşük Akış

Tip: Hat

Çalışma Koşulları: Basınç 6 kgf/cm2, Dip sıcaklığı 118 °C / Tepe Sıcaklığı 52 °C

Cihazlar: Şarj Pompası, Şarj Eşanjörleri, Desalter, A/B Preheat Eşanjörleri, Fırın

Sebebe	Sonuç	Risk azaltılmasından Önce				Mevcut Bariyerler	Öneriler	Sorumlu
		Sonuç Kategorisi	Ş	O	RS			
1. Geçici Pompa Emiş Filtrelerinin Aşırı Kirlenmesi	1. Üretim Kaybı	Varlık	3	D	YÜKSEK	1. Şarj Kontrolörü	3. Filtre Tipinin incelenerek uygun alternatiflerin değerlendirilmesi	T.S
	2. Çıkışlarda Yüksek Sıcaklık sonucu hatlarda yüksek korozyon hızları ve Delinme	Çevre	2	B	ÇOK DÜŞÜK	2. TKS PHD ile kritik hatlarda yüksek sıcaklık takibi	4. Filtre Basınç Düşümünün izlenmesi içi enstrüman tesisinin değerlendirilmesi	T.S
	3. Çıkışlarda hat delinmesi sonucu ünite duruşu	Ekonomi	2	B	ÇOK DÜŞÜK	3. Periyodik Hat Kontrolleri	9. Yeni konulacak eşanjör sonrası hatların uygun malzemeye dönüştürülmesinin değerlendirilmesi	T.S
2. Kontrol Vana Arızası	1. Üretim Kaybı	Varlık	2	D	ORTA	1. Sıcaklık Kontrolörü	5. Kontrol vanasına baypas ve blok vana ilave edilmesinin değerlendirilmesi	T.S
	Çıkışlarında Yüksek Sıcaklık sonucu hatlarda 2.yüksek korozyon hızları ve delinme	Çevre	2	B	ÇOK DÜŞÜK	2. Düşük Şarj Alarmı		
	3. Çıkışlarında hat delinmesi sonucu ünite duruşu	Varlık	2	B	ÇOK DÜŞÜK	3. TKS PHD ile kritik hatlarda yüksek sıcaklık takibi 4. Periyodik Hat Kontrolleri		

## **EK IX**

Atmosferik distilasyon ünitesi kolon tepe hattı P&ID



## EKX

Risk azaltma çalışması sonrası tekrarlanan yarı kantitatif HAZOP analizine ilişkin değerlendirme formu

## RİSK AZALTMA ÇALIŞMASI SONRASI YARI KANTİTATİF HAZOP DEĞERLENDİRME FORMU

Düğüm: 3. Atmosferik Distilasyon Kolon Tepe Hattı

Sapma: 6. Yüksek Basınç

Çalışma Koşulları: Basınç 6 kgf/cm<sup>2</sup>, Dip sıcaklığı 118 °C / Tepe Sıcaklığı 52 °C

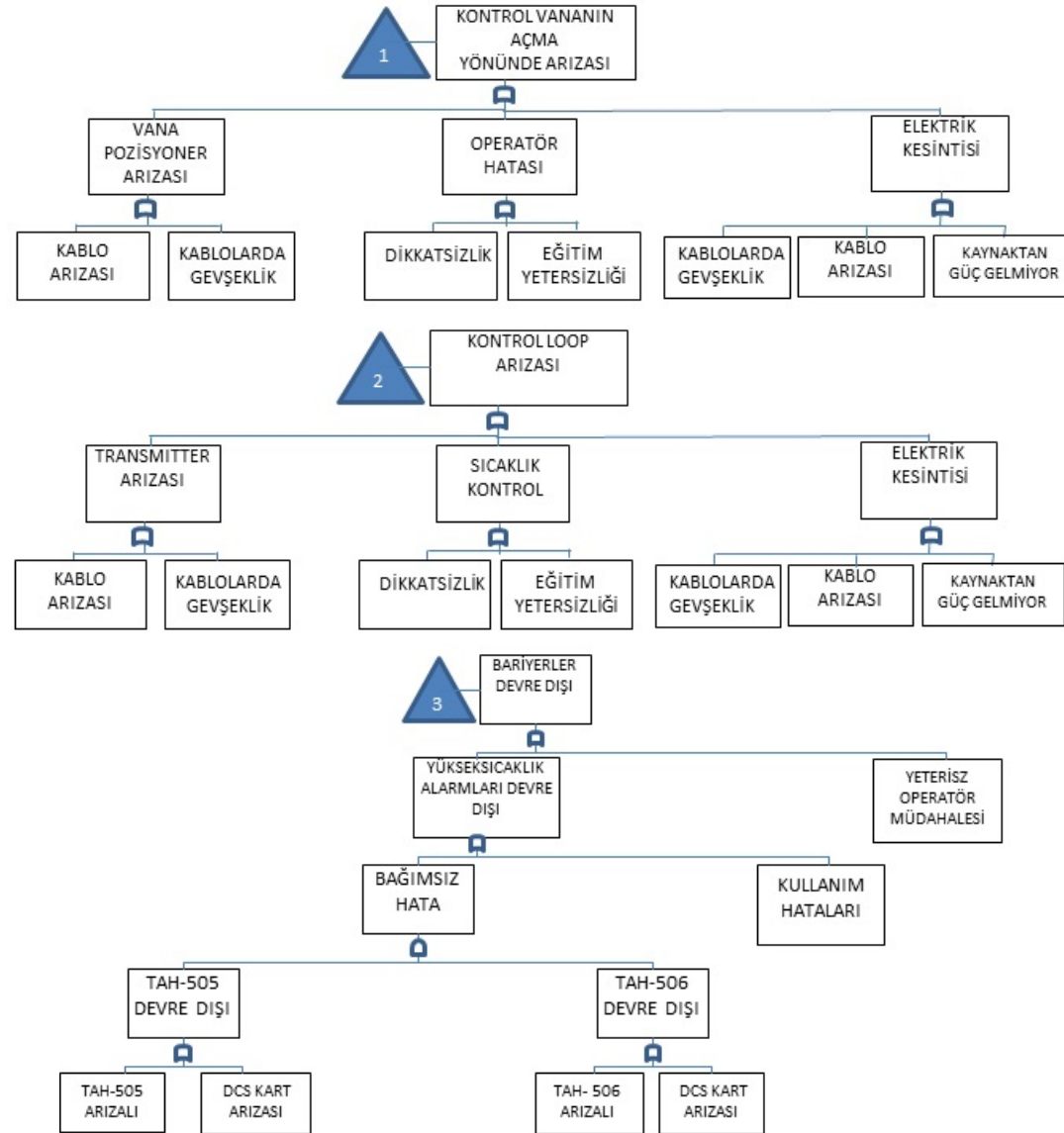
Cihazlar Kolon Tepe, Sıcak Reflüks Dramı, Kondenser Soğuk Reflüks Dramı

Tip: Hat

Sebeup	Sonuç	Risk azaltılmasından Önce			Mevcut Bariyerler	Öneriler	Sorumlu	Önlem	Risk azaldıktan sonra			
		Sonuç Kategorisi	Ş	O					RS	Ş	O	RS
1. Kontrol Loop Arızası (Açma yönünde)	1. Kolonuntasarım basıncını geçerekatmosfere gaz salınımı ve patlama	İnsan	4	D	YÜKSEK	1. Basınç rahatlatma vanası (RV 1) 2. Basınç rahatlatma vanası (RV 2) 3. Operatör acil kapama 4.Yüksek basınç alarmları (PAH 1 ve 2)	128. İşletme parametrelerinin uygun limitlerin dışına çıkılması halinde DCS ten alarm üretilebilmesinin değerlendirilmesi	Y.Ç	Mühendislik departmanında değerlendirilip DSCten alarm üretilmesi eklenmiştir	4	B	ORTA

## EK XI

### Tepe olay I hata ağacı analizi (I)





## ÖZET

**DOĞAN B. , Büyük Endüstriyel Tesislerde Kaza Riskleri ve Kök Nedenlerin Tespiti: Atmosferik Distilasyon Kolonu Örneği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2015**

Genellikle endüstriyel kazaların büyük çoğunluğu kimyasal, fiziksel, mekanik tehlikeler ve insan hatası nedeniyle olmakta ve sonuçları itibarıyla insan, çevre üzerinde uzun vadeli etkiler oluşturmaktadır. Ekipman arızaları, imalat, tasarım ve montaj hataları, yanlış bakım, yanlış kullanım, malzeme hatası, metal yorgunluğu, korozyon, kaynak kusurları, insan hatası nedeniyle meydana gelen tehlikelerin tanımlanması ve analiz edilmesi büyük kazaların önleminde temel ilkedir. Bu çalışmanın amacı bir petrol rafinerisinin atmosferik distilasyon kolonunda kaza risklerinin ve kök nedenlerin tespit edilmesidir. Çalışmada kaza risklerin tespiti için HAZOP ve kök nedenlerin tespiti için en yaygın kullanılan tekniklerden biri olan hata ağacı analizi (FTA) kullanılmıştır. HAZOP çalışması ile olası 81 sapma, 190 sapma nedeni, 211 sonuç, 325 bariyer ve 78 öneri tanımlanmıştır. Kaza riski atmosferik yüksek risk taşıyan bölümler tespit edilerek, meydana gelebilecek kaza risklerinin derecesi hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda en çok kaza riskinin ham petrol şarj hattında olduğu, tespit edilen en kötü senaryoyu verecek 2 çok yüksek riskin de insan üzerinde etkili olan yangın ve patlama olduğu ortaya konulmuştur. Yangın ve patlamaya ilişkin çalışma sonucu 220 kök neden tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Atmosferik distilasyon kolonu, büyük kaza, Hazop, hata ağacı, kök neden, petrol rafinerisi*

## ABSTRACT

**DOGAN B. , Determination of Accidental Risk and Root Causes in Major Industrial Plant: Atmospheric Distillation Column Case Study. Ministry of Labour and Social Security, Centre for Labour and Social Security Training and Research, Ankara, 2015**

It is commonly admitted that the great majority of industrial accidents caused directly by chemical, physical, mechanical hazards or human. Identification of hazards caused by equipment failures, manufacturing design or montage defects, improper maintenance, misuse, material defects, metal fatigue, corrosion, welding defects, human failure etc and analysis with risk evaluation are the main principles of accident prevention. The objective of present study is to investigate the accidental risks and root causes in Atmospheric Distillation Column of oil refining process. In this cross sectional study, HAZOP was used for identifying accidental risks and fault tree analysis (FTA) which is one of the most commonly used techniques for evaluation of root cause, was used for assessing atmospheric distillation column. By means of HAZOP studies 81 possible deviations, 190 deviation reasons, 211 results 325 barriers and 78 proposals were identified. High risk sections was determined and degree of possible accidental risks were calculated. As a result of research, most accidental risks were determined at the crude oil charge line and two very high risks having impact on human and causing worst - case scenario were fire and explosion. Root causes of the corresponding these two risks were analysed with FTA and 220 root causes were identified.

*Key Words; Atmospheric distillation column, Hazop, fault tree analysis, major accident, oil refinery, root cause.*