

T. C.

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

PETROL RAFİNERİLERİNDE YANGIN RİSKLERİNİN BELİRLENMESİ:

RAFİNERİ TANK SAHASI ÖRNEĞİ

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi Uzmanlığı Tezi

Seval EROĞLU

Ankara-2015

T. C.

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

PETROL RAFİNERİLERİNDE YANGIN RİSKLERİNİN BELİRLENMESİ:

RAFİNERİ TANK SAHASI ÖRNEĞİ

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi Uzmanlığı Tezi

Seval EROĞLU

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ayşe MURATHAN

Ankara -2015

T. C.

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

PETROL RAFİNERİLERİNDE YANGIN RİSKLERİNİN BELİRLENMESİ:

RAFİNERİ TANK SAHASI ÖRNEĞİ

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi Uzmanlığı Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe MURATHAN

Tez Jürisi Üyeleri

Adı ve Soyadı

İmzası

Mehmet ARSLAN

.....

Kenan YAVUZ

.....

Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN

.....

Funda ÇINAR ALTAY

.....

Deniz BOZ ERAVCI

.....

Tez Sınavı Tarihi: 17/08/2015

T. C.

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI

ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK EĞİTİM VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

BAŞKANLIĞINA

Bu belge ile, bu tezdaki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim(...././. 2015).

Seval EROĞLU

.....

TEŞEKKÜR

Uzmanlık tezi ni hazırlama mda desteklerini esirge meyen Merkez Başkan ı m Say ın İsmail AKELİ K a; çalışmalar ı mda yol gösteren ve mesleki açı dan geliş mde yads ınamaz ene ği olan değerli tez danış man ı m Prof. Dr. Ayşe MURATHAN a; İngiltere’de de saha tecrübesi kazan ma vesile olarak tez süresi boyunca sözlü ve yazılı anlat ımlarla bilgi, tecrübe ve desteklerini esirge meyen Resource Protection International Direktörü Nail RAMSDEN Bradford Üniversitesi Mühendislik & Biliş im Fakültesi Öğretim Üyesi Dr. Chakib KARA-ZAİ TRİ, Birleş ik Krallık Petrol Endüstrisi Birli ği (UKPIA) Güvenlik, Ticari & Projeler Direktörü Peter DAVI DSON a;

Tez süreci boyunca fikirleri yle ve varlıklarıyla destek olan değerli arkadaşları m Büşra BODUR’ a, İSG Uzman Yrd. Ayşegül ÖZTÜRK’e, İSG Uzmanı Ferdi KARAKAYA’ ya, İş Mifettişleri Faruk SEVEN, Gülçin TOPALOĞLU ve Seval KÜÇÜKPARMAKSIZ a, İş Mifettişi Yardımcıları Hil ya BOZ ve Bekir KAYRAN a, önerileriyle destek olan değerli çalışma arkadaşları na ve bu süreçte sabr ını ve duas ını esirge meyen, beni bugünlere getiren, en kıymetlilerim anne m Zeynep EROĞLU, babam Şerafettin EROĞLU ve ablam Hıal KARAKAYA’ ya teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR DİZİNİ	3
ŞEKİLLER DİZİNİ	4
KISALTMALAR.	5
1 GİRİŞ.	7
2 KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
2.1 YANGIN KAVRAMI	11
2.1.1 Yangın	11
2.1.2 Yangının Sınıflandırılması	14
2.1.3 Yangın Güvenliği	16
2.1.4 Yangının İnsanlar Üzerindeki Etkileri	19
2.1.5 Yangının Meydana Geldiği Başlıca Sektörler	22
2.2 PETROL RAFİNERİLERİNDE YANGIN EMNİYETİ	24
2.2.1 Petrol Rafinerisi ve Rafinasyon Üretim Süreci	24
2.2.2 Petrol Rafinerilerindeki Büyük Endüstriyel Kazalar	30
2.3 RAFİNERİLERDE YANGIN EMNİYETİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ İLE İLGİLİ YÜRÜTÜLMÜŞ ÇALIŞMALAR	45
3 MATERYAL VE METOD.	50
3.1 MATERYAL	51
3.1.1 Uygulama Sahası	51

3.1.2	Risk Değerlendirme Eki bi:	56
3.2	METOD	57
3.2.1	Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP) Metodolojisi.	58
3.2.2	Risk Derecelendirme Matrisi Kullanılarak Tehlikelerin Derecelendirilmesi	69
4	BULGULAR	80
4.1	Ham Petrol Depolama Tank Sahası HAZOP Analizi Bulguları	80
4.2	Risk Derecelendirme Matrisi Analizi Bulguları	92
4.3	Yangın Önleme ve Yangından Korunma Çalışmaları	95
4.3.1	Eylem Planı Oluşturulması	95
4.3.2	Acil Durum Uygulamaları ve Yangınla Mücadele Stratejilerinin Güncellenmesi . . .	97
5	GENEL DEĞERLENDİRME	100
5.1	Sonuçlar	101
5.2	Öneriler	103
6	KAYNAKLAR	108
	ÖZGEÇMİŞ	116
	ÖZET	119
	ABSTRACT	120

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1 Yangınlarda Oluşan Gazlar ve Toksik Etkileri.	21
Tablo 2 Kılavuz Kelimeler ve Anlamları.	62
Tablo 3 Bazı Anahtar Kelimeler/Parametreler ve İlgili Parametre ile Kullanılabilen Kılavuz Kelimeler.	63
Tablo 4 Sapmaların Oluşturulmasına Birkaç Örnek.	64
Tablo 5 HAZOP Çalışmasında Analiz Edilen Bölümler.	67
Tablo 6 Risk Değerlendirme Matrisi Şiddet Tablosu.	72
Tablo 7 RDM Oasılık Tablosu.	76
Tablo 8 Risk Derecelendirme Matrisi.	78
Tablo 9 Risk Derecelendirme Matrisi Bölgeleri.	79
Tablo 10 HAZOP/ RDM Çalışma Sayfası Örnek Gösterimi.	80
Tablo 11 Giriş Pompaları için HAZOP Çalışması.	84
Tablo 12 Tank Girişi Vanaları için HAZOP Çalışması.	85
Tablo 13 Tank için HAZOP Çalışması.	85
Tablo 14 Tank Çıkış Hattı Vanaları için HAZOP Çalışması.	87
Tablo 15 Çıkış Hattı Pompaları için HAZOP Çalışması.	87
Tablo 16 Boru Hattı için HAZOP Çalışması.	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Yangın Bileşenleri	12
Şekil 2 Yangın Tetrahedronu	14
Şekil 3 Yangın ve Patlamanın Meydana Geldiği Alan/ Tesisler	23
Şekil 4 Petrol Rafinerisinin Genel Görünümü	24
Şekil 5 Petrol Rafinerisi Akış Şeması	26
Şekil 6 Depolama Sahası Yerleşim Planı	53
Şekil 7 Tüm Petrol Depolama Tank Sahası Akış Şeması	54
Şekil 8 HAZOP Çalışmasının Hedefleri	59
Şekil 9 HAZOP Çalışması Yöntemi	61
Şekil 10 Yangın Risk Değerlendirmesinde HAZOP'un Önemi	65
Şekil 11 HAZOP Analizinde Avantajlar ve Dezavantajlar	66
Şekil 12 Matris Metodunun Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları	70
Şekil 13 İşletme Koşullarındaki Sapmaların Bulunduğu Yerler	83
Şekil 14 Tank Sahası Bölgeler Bazında Tespit Edilen Risk Sayısı Dağılım Grafiği	89
Şekil 15 Sonuçların Tehlike Kategorilerinin Dağılım Grafiği	90
Şekil 16 HAZOP Önerileri Sonrası Tank Enstrümantasyon Diyagramı	92
Şekil 17 Risk Derecelendirme Matrisi Değerleri Dağılım Grafiği	93
Şekil 18 Tank Sahası Bölgelerine Göre Toplam Risk Skorları Değerleri	94
Şekil 19 Risk Derecelendirme Matrisi Dağılımı	95
Şekil 20 Eylem Planı Örnek Gösterimi	96
Şekil 21 Acil Durum Akış Şeması	98

KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AHP: Hiyerarşik Analiz Süreci

API: Amerikan Petrol Enstitüsü (American Petroleum Institute)

BEs: Temel Olay Olasılıkları

BLEVE: Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması

BOILOVER: Buhar Patlaması

BPCS: Temel Proses Kontrol Sistemleri

CVE: Sınırlı Gaz Bulutu Patlaması

COTFE: Ham Petrol Tank Yangını ve Patlamaları

ÇASGEM: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi ve Araştırma Merkezi

ÇSB: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

EPA: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)

FEASOST: Çelik Yağ Depolama Tanklarında Yangın ve Patlama Kazaları

FHA: FMECA ve HAZOP Entegre Analizi

FMECA: Arıza Modu Etkileri ve Kritiklik Analizi (Failure Mode Effect and Criticality Analysis)

FTA: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)

HAZOP: Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (Hazard and Operability Analysis)

HSE: Sağlık ve Güvenlik İdaresi (Health and Safety Executive)

HSR: Ağır Nafta

IEC: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission)

LPG: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquefied Petroleum Gas)

LNG: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas)

LOPA: Koruma Katmanları Analizi (Layer of Protection Analysis)

LSR: Hafif Nafta

NFPA: Ulusal Yangın Koruma Ajansı (National Fire Protection Agency)

OSHA: Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (Occupational Safety and Health Administration)

PHA: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis)

PPM: Milyonda Bir Parça

P&ID: Boru Hatları ve Cihaz Diyagramları

QRA: Niceliksel Risk Değerlendirmesi (Quantitative Risk Assessment)

RDM: Risk Derecelendirme Matrisi

SRU: Sülfür Geri dönüşüm Ünitesi

SSHA: Alt sistem Tehlike Analizi (Subsystem Hazard Analysis)

TBMM: Türkiye Büyük Millet Meclisi

TSE: Türk Standartları Enstitüsü

TLV: Toksik Gazlar için Emniyetli Çalışma Sınır Değeri, Bulunabilir Maksimum Miktar (Threshold Limit Value)

UVCE: Sınırsız Gaz Bulutu Patlaması

1. GİRİŞ

20. yüzyılın başlarında otomobilin yaygınlaşması ile başlıca enerji kaynağı haline gelen petrol yerin iç kesimlerinde sıvı, gaz veya katı halde bulunan bitki ve hayvan kökenli doğal bir hidrokarbon karışımıdır. Her ne kadar günümüzde temiz ve yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edilse de fosil yakıt olarak da bilinen kömür, petrol ve doğal gaz kullanıma ve üretimine olan ilgi artarak devam etmektedir ve kullanımı dünya genelinde %85-90 seviyelerindedir. Bu nedenle, petrolün üretimi ve tüketimi uluslararası ilişkilerde hayati bir önem kazanmış ve ülkelerin dış politikalarının belirlenmesinde büyük bir etken olmuştur (Emeklier ve Ergül, 2010: 59-63).

İlk petrol üretimi faaliyeti, 1859 yılında Edwin L. Drake tarafından Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de açılan petrol kuyusu ile başlamış ve daha sonra başta ABD olmak üzere pek çok ülkede petrol sanayisi yaygınlaşmıştır. Kömürden gaz yağı üreten tesisler de zamanla petrol rafinerilerine dönüştürülmüştür. Türkiye'de petrol araştırmalarına 1887 yılında başlanılmış, ilk derin kuyu 1933 yılında açılmıştır. Alman-İngiliz şirketi tarafından yürütülen araştırma faaliyetleri, Cumhuriyet'in ilk yıllarında devlet tekeline alınmış ve bu amaçla, 1935 yılında Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) kurulmuştur. İlk rafineri 1930 yılında Boğaziçi Tasfiyehanesi ismi ile kurulmuştur (TBMM 2014).

Petrol rafinerileri, ham petrolün temininden benzin, gaz yağı, jet yakıtları, diesel, asfalt gibi nihai ürünlerin üretim sürecini kapsayan ve birçok ünitelerden oluşan karmaşık ve kompleks yapıları tesislerdir. Birçok ünitelerden oluşan bu büyük tesisler, yıllar geçtikçe

verini artırmak için daha da karmaşık ve kompleks hale gelmiştir. Bu karmaşık ve kompleks tesislerde rafinasyon işlemleri daha çok otomasyon kontrolünde gerçekleşse de insan gücünün de önemi her zaman mevcuttur ve diğer tesislere oranla çalışan sayısı da oldukça yüksektir. Tesisin karmaşıklığı ve tehlike düzeyi ile çalışan sayısının fazlalığından dolayı, petrol rafinerilerinde meydana gelecek olası yangın ve patlama gibi reaktif ve katastrofik olaylar, tesis, çalışanlar ve tesis çevresindeki canlılar üzerinde ciddi etkiler bırakacaktır (Uehara, 1991: 83-96).

İş güvenliğinin sağlanması için oluşturulan birçok mevzuat ve standardın meydana gelen felaketler sonrasında oluşturulduğu görülmektedir. İngiltere'deki mevzuat gelişimi ele alındığında, 1961 Fabrikalar Yasası'nın Keighley'de meydana gelen yangından 5 yıl sonra; özellikle yangın güvenliğine dikkat çeken Ofisler, Mağazalar ve Demiryolu Tesisleri Yasası'nın ise 1960 yılında meydana gelen Hendersons Mağazası Yangını'ndan 3 yıl sonra yürürlüğe girdiği görülmektedir (Todd, 2008: 1-2). Amerika'daki mevzuat gelişimi ise şöyledir:

- 1984 yılında, zehirli kimyasal salınımı nedeniyle 4000'den fazla kişinin öldüğü Hindistan'daki Bhopal Faciası sonrası Amerika'daki sendikalar Proses Güvenliği Standardı için lobi faaliyetleri başlamıştır.
- 1985 yılında, West Virginia'daki bir tesiste meydana gelen kimyasal salınımı nedeniyle 135 kişinin yaralandığı olay sonrasında Amerikan Kimya Mühendisleri Enstitüsü tarafından Kimyasal Proses Güvenliği Merkezi kurulmuş ve Tehlike Değerlendirme Prosedürleri Rehberi yayınlanmıştır.
- 1989 yılında Phillips Kimya Fabrikası'nda 23 kişinin öldüğü ve 232 kişinin yaralandığı bir patlama meydana gelmesi ve 1990 yılında Arco Kimya Fabrikasında meydana gelen kazada 17 çalışanın hayatını kaybetmesi

sonrasında Amerikan Petrol Enstitüsü (API)'nin Proses Tehlike Yönetimi Rehberleri ile Amerikan Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA)'nin Önerilen Güvenlik Standardı yayınlamıştır.

- 1991 yılında ise OSHA Amerika'daki Petrokimya sektöründe taşeron işçi çalıştırmanın etkileri konulu bir araştırma yürütmüş ve 1992 yılında Proses Güvenliği Standardı güncellenmiştir. 1 yıl sonra da Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından Risk Yönetimi Program Yönetmeliği (Risk Management Program Regulation) yayınlanmıştır (MATEER ve WHITEMAN, 1993: 54-59).

Kazaları tecrübe eden bu devletler, bu tecrübeyi sadece mevzuat gelişimine yansıtmakla kalmayıp bu kazaların kök nedenlerini de bilimsel olarak incelemişlerdir. Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik tüm bu çalışmalar Avrupa Birliği'nde Seveso Direktiflerinin yayınlaması ile sonuçlanmıştır. 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında triklorofenol üreten bir reaktördeki patlama sonucu meydana gelen kaza sonrasında, endüstriyel kazaların oluşmasının engellenmesi ve gerekli önlemlerin alınması amacıyla Seveso-I Direktifi (82/501/EEC) kabul edilmiştir. Daha sonra 9 Aralık 1996'da 96/82/EC sayılı "Tehlikeli Maddeleri İçeren Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif (Seveso-II Direktifi)" yayınlanmış ve 1 Haziran 2015 tarihinde yürürlüğe giren Seveso-III Direktifi olarak güncellenmiştir (CSB 2015).

Ülkemizde, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ile 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun hükümlerine dayanılarak, Avrupa Birliği'nin

1996 tarihli ve 96/82/EC sayılı Konsey Direktifine (Seveso-II) paralel olarak 30.12.2013 tarihinde yayınlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etiketlerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik ile AB'deki Seveso çalışmalarına uyum sağlama süreci devam etmektedir.

Mevzuat gelişimine de yansıyan bu büyük endüstriyel kazalar göstermektedir ki özellikle kimyasal tesislerde gerekli tedbirler alınmadığı zaman sonucu facia olabilmektedir. Bu nedenle, kazalardan korunmaktan ziyade önlemeye yönelik tedbirlerin artırılması zorunlu hale getirilmiştir. Önlemeye yönelik en önemli çalışmaların başında ise risk değerlendirme çalışmaları yer almaktadır. Yüksek tehlike düzeyine sahip kimya tesislerinden olan petrol rafinerilerinde üretim sistemlerinin karmaşıklığı ve proseslerin kompleksliği nedeniyle farklı amaçla hizmet eden farklı risk değerlendirme metodolojileri kullanılmaktadır.

Bu uzmanlık tezi çalışmasında, petrol rafinerilerindeki güvenlik sorunları yangın başında ele alınmış, yangın riskinin en yüksek olduğu alanlardan olan ham petrol depolama tank sahasındaki yangın risklerini ortaya koymak için Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP) ve Risk Derecelendirme Matrisi (RDM) analizi ile risk değerlendirme çalışması yapılmış ve tespit edilen riskler için risk azaltma tedbirleri önerilmiştir. Ayrıca, saha için önerilen tedbirler eylem planına dönüştürülerek öncelik sırası verilmiş ve saha için acil durum uygulamaları ile yangınla mücadele stratejileri geliştirilmiştir.

2 KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 YANGIN KAVRAMI

Bu bölümde; yangın ve yangınla ilgili bazı terimlerin tanımları ve özellikleri, yangın kavramı, yangın güvenliği, yangının insan ve çevre üzerine etkisi üzerine literatür incelemesi yapılmış ve yangının meydana geldiği başlıca sektörler istatistikî bazda ele alınmıştır.

2.1.1 Yangın

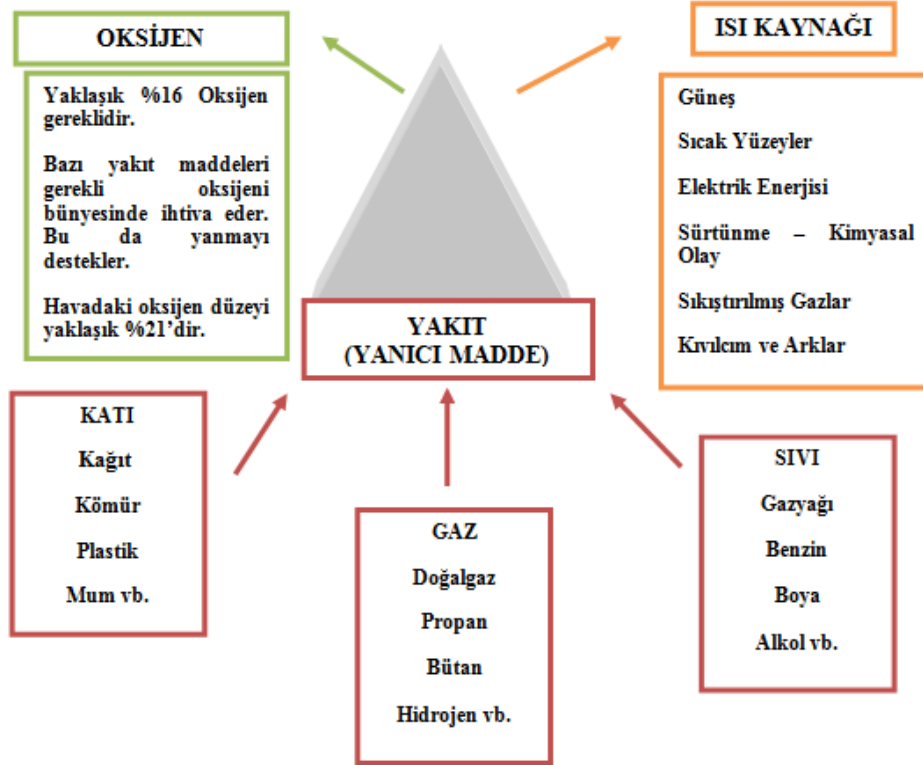
Yangın, yanıcı maddelerle hava arasında kontrol dışı oluşan ekzotermik (ısıveren) bir reaksiyondur. Alınan enerji ile verilen enerji arasındaki fark negatif ise bu kimyasal tepki neden yangın çıkmaktadır (FMEC, 1967:10-39).

Amerikan Ulusal Yangın Koruma Birliği (NFPA) terimler sözlüğünde ise yangın, *“patlamalar da dahil olmak üzere yıkıcı ve kontrolsüz yanma olayı; ısı, ışık ve yanma ürünlerinin değişimine neden olan bir kimyasal oksidasyon reaksiyonu”* olarak belirtilmektedir (NFPA 2013: 467-470).

7486 numaralı Türk Standardına göre yangının tanımları aşağıdaki şekilde yer almaktadır:

1. *“Dumanın, alevin ya da her ikisinin beraberce ısı yayması ile karakterize edilen yanma olayıdır.*
2. *Yanmanın, zaman ve mekan olarak kontrol edilmemiş bir şekilde yayılmasıdır”(TSE, 1989:1-7).*

Yanma olayı birbirine kenetli zincir oluşturan bir üçgene benzetilebilir. Bu nedenle zincir halkasını oluşturan ısı, oksijen ve yakıtın herhangi biri olmadığı takdirde yangın meydana gelmemektedir (CCPS, 1996: 11-13). Şekil 1’de yangının temel bileşenleri verilmiştir.



Şekil 1. Yangın Bileşenleri

Kaynak: (CCPS, 1996: 11-13)

Yangın tanımının kavranabilmesi için ısı, sıcaklık, yanma, yanıcı madde ve yakıcı madde tanımlarının da ele alınması gerekmektedir.

Isı, sözlük tanım sıcak veya ılık olmanın kalitesi veya herhangi bir nesnenin sıcaklığıdır. Bir başka tanıma göre ısı, iki madde arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle

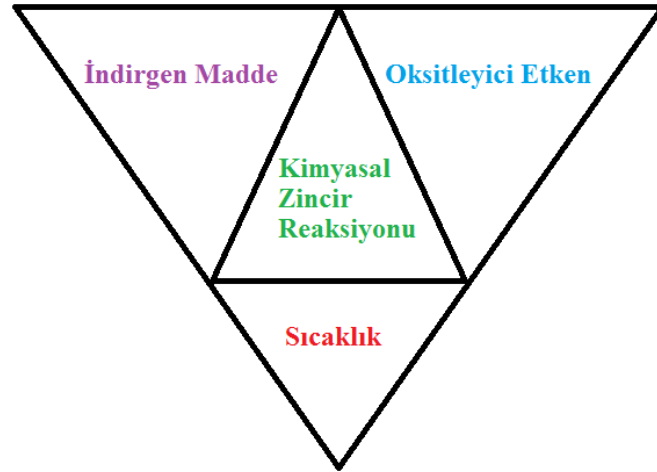
oluşan akan bir enerjidir. Kalori metre (cal) ile ölçülür ve “Q” değişkeni ile ifade edilir (Webb ve Kim 2005: 1-10).

Sıcaklık sıcak veya soğuk olma durumunun yoğunluğunun derecesi olarak tarif edilebilir. Sıcak veya soğuk olma durumu karşılaştırmalı terimlerdir. Örneğin bir alev, buz ile karşılaştırıldığında sıcak, güneş ile karşılaştırıldığında soğuktur. Daha özel bir tanıma, sıcaklık bir cismin ısı enerjisini başka bir cisme iletme yeteneğidir (Fric, 1976: 49-57).

Yanıcı madde (yakıt), normal şartlarda katı, sıvı ve gaz halinde bulunan, yanabilir maddelerdir. Yanıcı madde çeşitleri Şekil 1’de verilmiştir. Yanıcı maddeler fiziksel ve kimyasal yapılarına göre farklı yanma özellikleri ve farklı performans gösterebilir (HSE, 2015).

Yakıcı madde (oksijen), yanmanın başlaması ve devam etmesi için gereken ve soluduğumuz havada yaklaşık %21 oranında bulunan gaz halindeki maddedir. Renksiz ve kokusuz bir gazdır (Della-Gustina, 2014: 11-15). Yangının başlaması için oksijen oranının %16 olması, sönməsi için ise oksijen oranının %8’in altına düşmesi gerekmektedir (Bryan, 1982: 200-215).

Yanma, yanabilir bir malzemenin bir yükseltgen (oksitleyici/yakıcı) madde ile etkileşimi sonucu duman, zehirli gaz, ısı ve/veya alev ürünü oluşumuna neden olan ekzotermik bir reaksiyondur (Yavuz, 1997: 87-91). Şekil 1’deki yangın bileşenleri “yanma üçgeni” olarak da tanımlanmaktadır.



Şekil 2 Yangın Tetrahedronu

Kaynak: (Yavuz, 1997: 87- 91)

Şekil 2’de verilen yangın tetrahedronu, yanma elemanı olarak “Kimyasal Zincir Reaksiyonu”nu da içermektedir. Böylece yangın üçgeni bir piramide benzeyen dört taraflı bir şekle dönüşür.

2.1.2 Yangının Sınıflandırılması

Yangının sınıflandırılması bazı kaynaklarda farklı verilse de Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’e göre yangının sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir:

A sınıfı yangınlar: Yanıcı katı maddelerin neden olduğu yangınlardır. Bu maddelere odun, kömür, kâğıt, ot, doküman ve plastik vb. örnek verilebilir.

B sınıfı yangınlar: Yanıcı sıvı maddelerin neden olduğu yangınlardır. Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi maddeler örnek olarak verilebilir.

C sınıfı yangınlar: Yanıcı gaz maddelerinin neden olduğu yangınlardır. Metan, propan, bütan, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), asetilen, havagazı ve hidrojen örnek olarak verilebilir.

D sınıfı yangınlar: Lityum, sodyum, potasyum, alüminyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddelerinin neden olduğu yangınlardır.

İngiliz standartlarına (BS EN2: 1992) göre ise şu şekildedir:

- A sınıfı yangınlar, odun, kağıt, tekstil, plastik gibi yanıcı maddelerinin,
- B sınıfı yangınlar, gres, yağ, katran, yağ bazlı boya, solvent, alkol ve yanıcı gazlarının,
- C sınıfı yangınlar, enerjili elektrik donanımlarının,
- D sınıfı yangınlar, Magnezyum, titanyum, zirkonyum, sodyum, lityum ve potasyum gibi yanıcı metallerinin,
- K sınıfı yangınlar, bitkisel veya hayvansal yağlar veya margarin gibi yağların kullanıldığı pişirme aletlerinin neden olduğu yangınlardır.

Bunun yanı sıra bazı standartlarda ve kaynaklarda, elektrik ve elektrikli cihazların yol açtığı yangınlar E sınıfı olarak gösterilmektedir (Kefeli, 2004: 4).

İngiltere Merkezi Yangın Damşma Konseyi, yangına müdahale gereçlerine göre büyüklükleri ise şöyle ifade etmektedir:

Çok büyük yangın: 20 ve üzeri jet ile

Büyük yangın: 8 – 19 jet ile

Orta yangın: 3 – 7 jet ile

Küçük yangın: 1 – 2 jet veya 3' den fazla hortummarası ile

Çok küçük yangın 1 – 2 hortum nakarası veya yangın söndürücü ile müdahale edilen yangınlardır (Minnan, 2014: 1090).

Spesifik olarak proses yangınları ele alındığında ise yangınlar şöyle sınıflandırılır:

1. Toz bulutu yangınları
 - i. Patlamasız yangınlar
 - ii. Patlama ile sonuçlanan yangınlar
 - iii. Patlamadan kaynaklanan yangınlar
2. Alev topları
3. Jet alevleri
4. Sıvıların yangını
 - i) Havuz yangınları
 - ii) Akan sıvı yangınları
5. Katıların yangını
 - i) Katı maddelerin yangını
 - ii) Toz yangınları
6. Depo/ambargo yangınları
7. Oksijen ile ilişkili yangınlar (Minnan, 2014: 1090)

2.1.3 Yangın Güvenliği

Yangından korunma ile ilgili mevzuat gerekliliklerinin yerine getirilmesi, yangından korunma ve söndürme konusunda bilgi ve eğitimsizliği, ihmalkarlık, sabotaj, başka bir kaza ve yayılımı doğal afetler, tesislerdeki mevcut elektrik ısıtma ve su tesisatlarının yangına karşı emniyetli olmaması ve bunların talimatlara uygun

kullanılmasına gibi nedenlerle meydana gelen yangın, gerçekleştiği yerde birçok kayba neden olan büyük bir kazadır. İşyerlerinde gerçekleşen bir yangın çalışan kaybına neden olabileceği gibi sektöründe maliyet yönüyle ciddi hasar almalarına neden olmaktadır. Yangının neden olduğu iş kayıpları incelendiğinde her yıl işyeri yangınlarının % 2 si işyerinin kapanması ile sonuçlanmaktadır. Genel tabloya bakıldığında yangının neden olduğu iş kaybı ve maliyet yüzdesi aşağıdaki şekildedir:

- Sanayi ve imalat yapılarının %65 i
- Kamu, eğitim market ve ofis binalarının %25 i
- Konut, depo ve ofis binalarının %10 u
- Taşıt ve doğa yangınlarının %0 i (Şahin, 2000: 41-42)

Bu istatistikler dikkate alındığında, özellikle sanayi de yangın güvenliğinin sağlanmasının ne kadar önemli olduğu görülebilmektedir.

Yangın güvenliğinin sağlanmasında en önemli adımlardan birisi “önleme” prensibinin benimsenmesidir. Yangını tümüyle önlemenin imkanı maalesef yoktur ancak bunu en aza indirmek mümkündür. “Önleme” prensibinin en önemli amacı yangının çıkmasını sağlamaktır. Bir yapının tasarım aşamasında, yangın güvenliğinin sağlanabilmesi için planlanması gereken temel çerçeve; önleme, haberleşme, kaçış, sınırlama ve söndürme tedbirlerinin ele alınmasıdır (CIBSE, 2010: 5-44). Özellikle bina yangınlarında bu temel çerçevenin ele alınmasında yardımcı olacak bazı yangın modelleri geliştirilmiştir. Bu modellere örnek olarak İsveç Lund Üniversitesinde geliştirilen QRA modeli, Avustralya’da geliştirilen CESARE-Risk, Kanada’da geliştirilen FIERA system ile HreCam ve İngiltere’de geliştirilen CRISP modelleri verilebilir (Hadjisophocleous ve Fu, 2004: 28-45).

Yangın güvenliğındeki bir diğ er unsur ise, meydana gelen yangının etkilerinin boyutunu en aza indirmektir. Bu nedenle meydana gelen yangına müdahale yöntemlerinin bilinmesi ve yangın söndürme ekipmanlarını kullanma becerisi çok önemlidir. Özellikle kimyasal tesislerde yangın riski oluşturacak böl ge sayısı fazladır. Yangın sınıflarına ve tehlike boyutuna göre değişik yangın söndürme sistemlerini kullanmak gerekmektedir (Uehera, 1991: 83-96). Burada amaç, risk analizini yaparken yangına sebep olabilecek risk parametrelerini (yanan ortamın yapısı, ortamda bulunan maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri vb.) iyi belirlemek ve riskin boyutlarına göre en etkili yangın söndürme sistemini seçmek ve uygulamak olmalıdır. Yangın sınıfına göre kullanılacak söndürme sistemleri şu şekildedir (Kavaz, 1994):

1. Her tür yangını için: kuru tozlu yangın söndürme sistemleri
2. Katı ve sıvı yangınlar için: köpüklü yangın söndürme sistemleri
3. Katı yangınlar için: su yangın söndürme sistemleri
4. Elektrik ve elektronik ortam yangınları için: haloarbon gazlı yangın söndürme sistemleri (Kavaz, 1994)

Uygulamada en sık kullanılan yangın söndürme araç-gereçleri ise şu şekildedir:

- Yangın Hidrantları
 - Yangınla Mücadele Arazözleri
 - Sabit Makaralar
 - Seyyar Hortum Makaraları ve Hortum Dolapları
 - Sabit Su/ Köpük Monitörleri
 - Seyyar Su/ Köpük Monitörleri (Römorklu ve Ayaklı)
 - Portatif Yangın Söndürücüler (Kuru Kimyevi Tozlu, CO₂'li, Halon Gazlı)
- (Kavaz, 1994)

2.1.4 Yangın n İnsanlar Üzerindeki Etkileri

Yanma reaksiyonu sonucu oluşan yangın gazları, alev, ısı ve duman, insan üzerinde çeşitli fizyolojik etkiler meydana getirmektedir. Buna örnek olarak oluşan gazların solunması sonucu zehirlenme, ısı ve alev nedeniyle oluşan yanıklar verilebilir.

Oksijence zengin olan ortamda maddeler parlak ve alevli yanarlar. Alev, deriye temas ettiğinde deriyi yakabilir. Bir yerde alev görülduğünde yangının olduğundan emin olunabilir. Ancak, bazı yangınlarda alev oluşmadığı halde ısı, duman ve yangın gazları meydana gelebilir. Yangın sonucu oluşan ısı, yangının çevreye yayılmasını en önemli nedenlerinden biridir ve oluşan ısı ve alev yaralanmalara neden olmaktadır. Yangının neden olduğu sonuçlar şu başlıklar altında toplanabilir (Brandt-Rauf ve Fallon, 1988: 606-612):

- 1- Vücut yanıkları, akciğer yanıkları,
- 2-Isı bitkinliği,
- 3- Vücudun su kaybetmesi,
- 4- Şok ve diğer stresler,

Bu sonuçların zararlı etkisi, maruziyetin yoğunluğu ve süresine göre az veya daha ciddi olabilir. Isı, kan dolaşımının artmasına neden olduğundan, ısı şiddeti insanın dayanma sınırlarını aşarsa öldürücü de olabilir. Bu nedenle, yangınla mücadele görevlileri sıcaklık 49°C - 55°C yi geçtiğinde özel koruyucu elbise ve maske kullanılmalıdır. Çünkü bu sıcaklıktaki nemli doymuş hava, solunma yollarında çok ciddi zararlı etkilerle kişinin ölümüne neden olabilir. Bir kişinin soluyabileceği en

fazla (kuru) hava sıcaklığı 149° C olarak tespit edilmiştir (Brandt-Rauf ve Fallon, 1988: 606-612).

Vücutta meydana gelen yanıklara etki eden faktörler üçe ayrılır.

1. *Sıcaklık*: 55° C de ve yirmi saniyede meydana gelen ikinci derecedeki bir yanık 70° C de bir saniyede meydana gelir.
2. *Maruziyet süresi*: 44° Clik düşük bir sıcaklıktan altı saat etkilenilmesi halinde ikinci derecede bir yanık oluşur.
3. *Yanık alanının genişliği*: Ne kadar büyük bir alan yanmışsa o kadar büyük tedavi sorunu ortaya çıkması söz konusudur (Stec ve Hull, 2010: 282-342).

Isı ve yangın sonucu oluşan yanıklar, birinci, ikinci ve üçüncü derecedeki yanıklar şeklinde üçe ayrılmaktadır.

- a) Birinci derece yanıklar: Güneş yanığına benzer acı hissinin oluşması ve deride kırmızlaşmanın görülmesidir.
- b) İkinci derece yanıklar: Deride kabarcıkların oluşması ve deri altında su toplanmasıdır.
- c) Üçüncü derece yanıklar: Kuru, beyaz veya kömürleşmiş deri, acı hissinin tamamen yok olmasıdır (Stec ve Hull, 2010: 282-342).

Yangının neden olduğu sonuçlardan biri olan vücudun su kaybetmesi kişiler için ciddi bir tehlike arz etmektedir. Uzun süre (fazla yüksek olmayan) sıcak ortama maruz kalanların vücutlarındaki nem miktarında düşüş meydana gelmektedir ve bu nedenle daha sonra olabilecek ısı artışlarından daha kolay etkilenmektedir. Yangın sonucu oluşan ısınn neden olduğu bir diğer durumda kalp atışını hızlandırması, kan basıncını

düşürmesi ve dolaşım bozukluğuna neden olmaktadır. Bu nedenle, vücut sıcaklığının kişinin kaldiramayacağı dereceye çıkmasıyla kişide şok ve strese neden olabilmektedir (Purser, 2002: 83-171).

Her yangında gözle görülebilen dumanın yanı sıra gözle görülemeyen bazı zehirli gazlar da oluşmaktadır. Bu gazlar, meydana geliş ve toksik etkileri Tablo 1’de verilmiştir (Hartzell, Priest ve Switzer, 1985: 115-128).

Tablo 1. Yangınlarda Oluşan Gazlar ve Toksik Etkileri

Kaynak: (Hartzell, Priest ve Switzer, 1985: 115-128)

YANGI NLARDA OLUŞAN GAZLAR VE TOKSİK ETKİLERİ		
OLUŞAN GAZ	MEYDANA GELİŞİ	TOKSİK ETKİLERİ
KARBON Dİ OKSİT (CO)	Bütün yangınlarda oluşur.	%10 u birkaç dk içinde öldürücüdür.
AMONYAK (NH ₃)	Soğutma sistemlerinde ve azot içeren maddelerin yangınlarında oluşur.	Tahriş edici olup, %0,25 - 0,65 lik bir dozu bir saat içerisinde öldürücüdür.
HİDROJEN SİYANÜR (HCN)	Yün, ipek ve bazı plastik yangınlarında oluşur.	Siyanür zehirlenmesine ve oksijensiz kalınmasına sebep olur. %0,31ük doz öldürücüdür.
AZOT Dİ OKSİT (NO ₂)	Selüloz, nitrat, inorganik nitrat yangınlarında oluşur.	Uyuşturucu etkisi olup, solunum sisteminde tahribat yapar. %0,02 - 0,07’lik dozu öldürücüdür.
AKROLEİN (CH ₂ CHCHO)	Petrol ürünleri, hayvani ve bitkisel yağ yangınlarında oluşur.	Tahriş edici olup, %0,001’lik dozu birkaç dk içerisinde öldürücüdür.

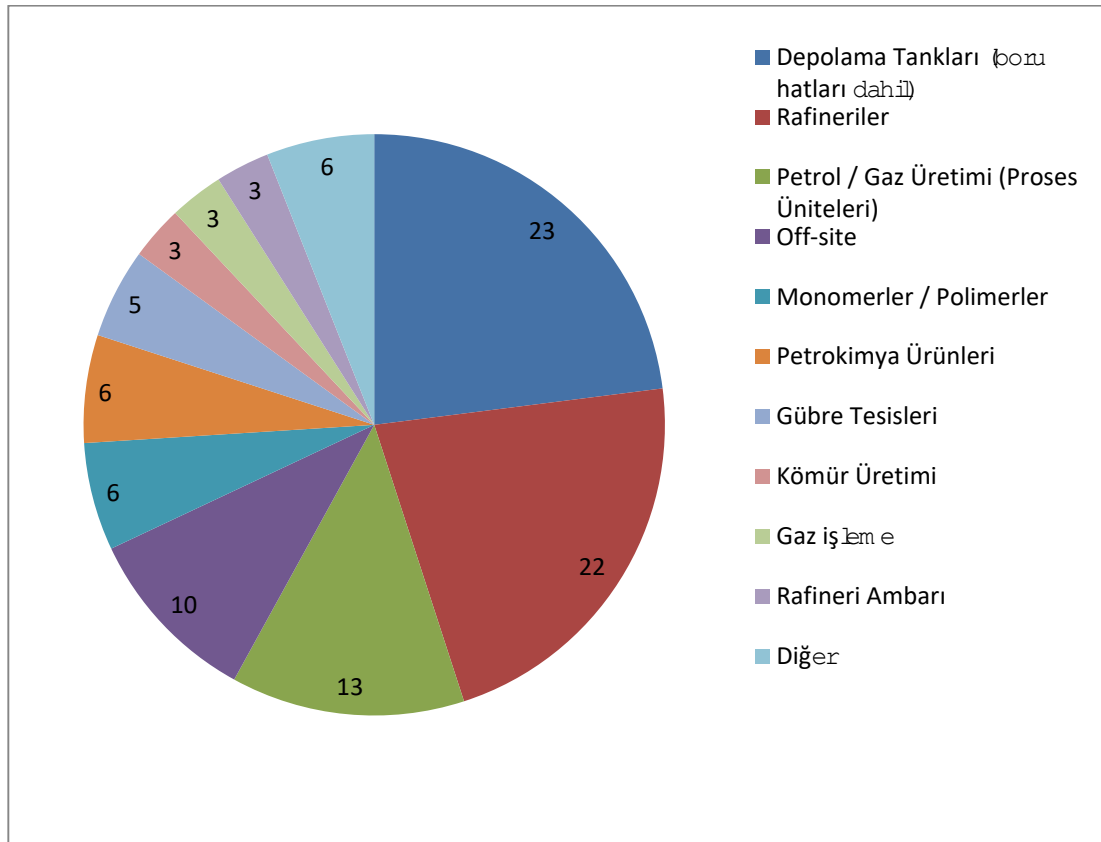
KARBON MONOKSİT (CO)	Bütün yangınlarda oluşur.	Oksijen yokluğundan boğulmaya neden olur ve %0,41'lik dozda birkaç saat veya %1,31'lik doz birkaç dk içerisinde öldürücüdür.
HİDROJEN SÜLFÜR (H ₂ S)	Odun, et ve kükürt içeren organik madde yangınlarında oluşur.	Sinir sistemini tahribat eder ve solunumu felç eder. %0,07'nin üzerindeki dozlar yarı msaat içerisinde öldürücüdür.
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	Kükürt içeren organik madde yangınlarında oluşur.	Tahriş edici olup, %0,05'lik doz birkaç dakika içerisinde öldürücüdür.

2.1.5 Yangının Meydana Geldiği Başlıca Sektörler

Amerikan itfaiyelerinden alınan raporlara göre 2006-2010 yılları arasında Amerikan sanayisinde yıllık 951 milyon dolar mali kayba, 300 kişinin yaralanmasına ve 22 kişinin ölümüne neden olan yaklaşık 42,800 yangın gerçekleşmiştir. Bu yangınların %66'sı üretim yerleri, depolama sahası gibi yapılarda meydana gelmiştir (NFPA, 2012). İngiltere'deki veriler incelendiğinde ise 1990 yılı verilerine göre 282 milyon £ kayba neden olan 739 yangının, yangın başına ortalama maliyeti 0,382 milyon £ iken kimya endüstrisinde gerçekleşen 8 yangının, yangın başına ortalama maliyetinin 0,656 milyon £ olduğu belirlenmiştir. Bu verilerden de görüleceği üzere kimya endüstrisinde meydana gelen yangının hem mali hem de insani ve çevre olarak neden olduğu kayıplar çok daha fazla olmaktadır. Meydana gelen bu endüstriyel kayıplar oluşum nedenlerine göre değerlendirildiğinde, patlamanın neden olduğu kayıptan toplam kayıplar üzerinden %12'lik bir değere sahipken yangını için bu değer %33'e çıktığı

ve birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Bu kayıplar operasyonel açıdan incelendiğinde ise rafinerilerdeki kayıplar %48 ile birinci sırada yer almakta ve petrokimyasal ürün üretimi ise %20 ile ikinci sırada yer almaktadır (Instone 1990: 113 ve Ramachandran, 1982:59).

Kimya endüstrisinde yangın ve patlama nedeniyle gerçekleşen kayıpların alan/tesis türüne göre grafiksel gösterimi Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3 Yangın ve Patlamanın Meydana Geldiği Alan/ Tesisler

Kaynak: (Mannan, 2014: 1686-1683)

Tüm bu verilerden de görüleceği üzere petrol rafinerilerinde ve depolama tank sahalarında meydana gelen yangınların neden olduğu kayıplar en yüksek rakama

sahiptir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında depolama tankı yangınları daha ayrıntılı ele alınmıştır.

2.2 PETROL RAFİNERİLERİNDE YANGIN EMNİYETİ

Bu bölümde; petrol rafineri, rafinasyon üretim süreçleri, rafinerilerdeki ana tehlikelerden olan yangın olayı, patlama ve toksik salımla ilgili bilgi toplanmış, rafinerilerde meydana gelebilecek yangın çeşitlerinden bahsedilmiş ve petrokimya sektöründe yangın emniyeti ve risk değerlendirmesi ile ilgili yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

2.2.1. Petrol Rafinerisi ve Rafinasyon Üretim Süreci

Ham petrolü, LPG benzin, gaz yağı, jet yakıtları, motorin, asfalt, kükürt gibi nihai ürünlere dönüştüren petrol rafinerileri, büyük, sürekli-akışlı ve karmaşık yapıları ile üretim tesisleridir. Şekil 4'te örnek bir rafineri tesisi fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 4 Petrol Rafinerisinin Genel Görünümü

Petrol rafinerilerinin dayandığı iki ana prensip vardır. Bunlardan birincisi, pazar ihtiyacı nı göz önünde bulundurarak yüksek kalitede ürün elde etmek; ikincisi ise üretim fazlası ol mayacak şekilde her üründen uygun miktarda üretim yapmaktır (Nolan, 2014: 35-39).

Rafineride elde edilecek nihai ürünün üretim süreci belli adımlardan oluşmaktadır. Bu adımlardan ilki, petrol rafinelere ne boru hattı aracılığı ile temin edilen ham petrol ün depolama tanklarında depolanmasıdır. Depolanan ham petrol, dönüşümü yapılacak üzere rafine işlemin için proses ünitelerine iletilmektedir. Rafinasyon işleminden sonra oluşan nihai ürünler satışa gönderilmek üzere tekrar ilgili depolama tanklarına gönderilmektedir. Petrol rafineri tesisinin genel akış şeması Şekil 5'te yer almaktadır (Nolan, 2014: 35-39).

Rafineriden çıkacak olan nihai ürünlerin miktarları ve çeşitleri, rafinerinin sahip olduğu ünitelere ve teknolojik özelliklerine bağlıdır (Nolan, 2014: 35-39).



Rafineriler ise bünyelerinde bulunan ünite tiplerine göre iki ana sınıfa ayrılmaktadır:

1. Basit (Hydroski mmi ng) Tip Rafineriler

Bu tip rafinerilerde sadece damıtma kolonları, nafta oktan artırıcı dönüşüm (refor mler) ve kükürt giderme üniteleri bulunmaktadır. Değerli ürünlerin miktarı, işlenen ham petrolün cinsine bağlı olarakla beraber, diğer dönüşüm üniteleri olmadığı için ham petrolden elde edilecek ürün ve dolayısıyla rafineri marjı düşüktür (Shell, 1983: 235-327).

2. Normal Dönüşüm Rafinerileri

LPG, nafta, benzin ve motorin verimini artıran diğer dönüşüm (parçalama, izomerizasyon vb.) ünitelerine sahip rafineriler bu sınıfa girer.

Gelişmiş ülkelerden başlayarak tüm dünyada dönüşüm üniteleri kapasitesinin artırıldığı gözlenmektedir. Dönüşüm üniteleri kapasitesinin ham petrol işleme kapasitesine oranı, ham petrolden elde edilecek değerli ürün dağılımını belirlemektedir (Shell, 1983: 235-327).

Rafinasyonun önemli başlıca işlemleri şöyledir:

Damıtma:

Bu süreç atmosferik damıtma ve vakum damıtma işlemlerini içerir. Tuz giderme (desalting) işleminden çıkan ham petrol, atmosferik damıtma işleminden sonra LPG, hafif nafta (LSR), ağır nafta (HSR), kerosen, hafif dizel, ağır dizel, madeni yağ ve ağır vakum gazyağına ayrıştırılır. Elde edilen bu ürünler rafinerideki diğer proseslerin

beslenmesini oluşturur. Atmosferik damıtma, petrol ürünlerinin ilk ve temel ayrılmalarının yapıldığı süreçtir. Bir rafinerinin kapasitesi, atmosferik damıtma kolonunun kapasitesine eşdeğerdir (Shell, 1983: 235-327).

Parçalama

Yüksek molekül ağırlıklı ve kaynama noktası yüksek hidrokarbonların, sıcaklık (ısı parçalama), akışkan yataklı katalitik veya hidrojen basıncı etkisiyle parçalanarak düşük molekül ağırlıklı ve piyasa değeri yüksek hidrokarbonlara dönüştürülmesi işlemlerini kapsar. Böylece ham petrol den daha çok benzin, LPG, nafta, gazyağı, jet yakıtı ve motorin elde edilebilir (Shell, 1983: 235-327).

Dönüşüm

Atmosferik damıtma sonucu elde edilen ve benzinin hammaddesi olan naftanın içinde bulunan parafin cinsi hidrokarbonların oktan sayısı düşüktür. Dönüşüm işlemi ile oktan sayısı düşük parafinlerin molekül yapıları ve karbon sayıları değiştirilerek benzin yüksek oktanlı izoparafinlere ve aromatlara dönüştürülür. Bu işlem için önce, naftanın yapısında bulunan kükürt, oksijen ve azot bileşikleri, hidrojenli ortamda uygun bir katalizör yardımı ile uzaklaştırılarak dönüşüm ünitesinde uygun basınç ve sıcaklıkta ve platin katalizör yardımı ile düşük oktanlı parafin ve naftan molekülleri, yüksek oktanlı isoparafin ve ağırlıklı olarak aromatik molekülleriye dönüştürülür (Shell, 1983: 235-327).

Depolama Sahası

Ham petrol ve petrol ürünlerinin depolanmasında kullanılan kaplara genel olarak tank adı verilmektedir. Rafinasyon öncesi, esnası ve sonrasında hammaddeler ve ürünlerin depolanması tanklarda gerçekleşmektedir. Rafinerilerde bulunan depolama tank türleri şu şekildedir (BP, 2008: 25):

- Yüzer Tavanlı Tanklar: Ham petrol, benzin, gazyağı depolanmasında kullanılan tanklardır. Yüzer tavan, tank boş olduğunda ayakları ile tank tabanına oturur. Mıhsul tanka girince tavan, dolan mıhsul tarafından yüksürölür. Bu tip tanklar mevcut iklimşartlarında ancak buharlaşabilen ürün depolamalarında kullanılmaktadır. Böylelikle statik elektrik ile buharların tutuşması önlenir. Yüzer tavan ile tank iç cidarı arası sızdırmazlık, lastik etekler ile sağlanmaktadır (BP, 2008: 25).
- Sabit Tavanlı Tanklar: Bu tanklara iklimşartlarında belirli bir yabancı karışım meydana getirmesi mümkün olmanın petrol ürünleri (motorin fuel oil, makine yağı gibi) depolanmaktadır. Bu tip tankların tepeleri konik ve kubbe şeklindedir (BP, 2008: 25).
- Küre Tanklar: Bu tanklarda buhar baskıları yüksek olan petrol ürünleri (hafif nafta, butan gibi) depolanmaktadır (BP, 2008: 25).
- Yatay Silindirik Tanklar: LPG propan gibi çok yüksek buhar baskısına sahip olan petrol ürünleri için kullanılmaktadır (BP, 2008: 25).
- Pantolun Tanklar: Bu tanklarda hem yüzer tavan hemde sabit tavan vardır ve jet yakıtları depolanır (BP, 2008: 25).

2.2.2 Petrol Rafinerilerindeki Büyük Endüstriyel Kazalar

Petrol rafinerilerinde proses güvenliğini sağlanması toksik yayılım patlama ve yangın olmak üzere üç büyük kaza senaryosuna karşı alınan tedbirlere dayanmaktadır.

2.2.2.1 Petrol Rafinerilerinde Patlama

Patlama, enerjinin aniden ve şiddetle yayılması durumudur. Genel olarak yangının başlamasına neden olduğu gibi yangın başladıktan sonra da meydana gelmektedir. Rafineride patlama, bir buhar-hava veya gaz-hava karışımının tank, basınçlı kap veya bir oda gibi kapalı bir alanda tutuşması nedeniyle oluşmaktadır. Parlayıcı bir karışım kapalı bir yerde tutuştuğunda oluşan alev hattı, tutuşma noktasından başlayarak süratle hareket eder ve her yönde hızla yayılarak yanmaya başlar. Bu hızlı yanma kabın içerisindeki havayı ani olarak ısıtır ve bu ani ısınma da kabın basıncını hızla artırır. Basıncın artması, kabın duvarlarının yıkılmasına, parçalanmasına veya kolonun veya tankın yırtılmasına neden olmaktadır (CCPS, 1994: 3-8, 59).

Parlayıcı bir karışımın kapalı bir yerde süratli bir şekilde yanması ile bunun doğurduğu ısı ve basınç patlamaya neden olmaktadır. Patlamanın kuvveti ve etkileri (yangın, alev, duman vb.) parlayıcı karışımın içeriğine bağlıdır. Bir yangın esnasında, patlama oluşmasını engellemek için kapalı alanlarda parlayıcı karışımların oluşmasını engelleyecek tedbirler alınmalıdır. Alev doğrudan maruz kalan boru hatları, proses kapları ve tankların yangın sırasında korunması sağlanarak yırtılmalarının önlenmesi gerekmektedir (Assael ve Kakosi mbs, 2010: 285-293). Rafinerilerde, yüksek basınçlı sıvılaştırılmış gaz içeren tankın yırtılması sonucu içeriğinin tümünün aniden salınmasıyla oluşan BLEVE (Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması) tehlikesi vardır. BLEVE, termal radyasyona, aşırı basınca ve küçük parçaların fırlamasına

neden olabilmektedir (CCPS, 1994: 157-242). Rafinerilerdeki diğer patlama türleri aşağıda verilmiştir:

- Sınırlı Gaz Bulutu Patlaması (CVE)
- Sınırsız Gaz Bulutu Patlaması (UVCE)
- Buhar Patlaması (BOILOVER) (CFRA, 2013: 6)

Rafinerilerde bulunan metan, LNG, etan, propan, butan, LPG ham petrol ve benzinin tipik proses işletme koşullarında patlayıcı özelliği bulunmaktadır (Nolan, 1996: 60).

2.2.2.2 Petrol Rafinerilerinde Toksik Salınım & Yayılım

Rafinerilerde, operasyon sonucu açığa çıkan ve insan sağlığını tehlikeye sokan toksik özellikleri olan kimyasal maddelerin sızması ve yayılması durumudur. Sağlık üzerine zararlı etkileri vardır ve ölüme neden olabilmektedir. Zarar seviyeleri alınan dozun miktarına bağlıdır. Toksik gazların tehlikeli nitelikleri gazın cinsine göre değişir. İnsan hayatı için tehlikeli olan hava içindeki maksimum toksik gaz miktarı P.P.M (milyonda bir parça) biri ile ölçülmektedir (Fire Service Manual, 2000: 5; Nolan, 1996: 41-43). Rafineride bulunan toksik kimyasallar ve özellikleri aşağıdaki gibidir:

Hidrojen Sülfür (H₂S): Sülfirik asit ve hidroklorik asitin arıtılmasında, sülfidlerin metallerden ayrıştırılmasında belirteç olarak ve esas sülfürlerini malatında kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 34.08 g
- Özgül ağırlığı: 1,185 Nm³
- Erime noktası: -82.9°C
- Kaynama noktası: -60.2°C

- Renksiz, yanıcı, çürük yumurta kokusunda zehirli gazdır. Su, alkol ve gliserol içinde eriyebilir. Havada mavi donuk alevle yanmaktadır (Carson ve Mumford, 2002: 287-288).

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık Ateşleme sıcaklığı 260° C, yanıcılık limiti %4.3-46'dır. Uzak mesafede bulunan ateş kaynağına kadar gidip alevlenebilir. Kuvvetli nitrikasitle ve/veya dumanıyla ve kuvvetli oksitleyici maddelerle tehlikeli reaksiyon gösterir.
- Zehirlenmeler: TLV: 20 ppm (Carson ve Mumford, 2002: 287-288)

Sülfürik Asit (H₂SO₄): Kimyevi gübrelerde, kimyevi maddelerde, inorganik boya maddelerinde, petrol rafinerilerinde, resim kalıba çıkarma işlerinde, suni ipekli kumaş ve filmanda, endüstri patlayıcılarında, metalürjide, parşömen kağıtlarında kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 98.08 g
- Özgül ağırlığı: 1.84 N m³
- Erime noktası: 10.4° C
- Kaynama noktası: 315-339° C
- Kuvvetli aşındırıcıdır. Su ile karışabilir. Çok reaktif bir metali eritebilir ve birçok organik bileşiği sulandırabilir. Suyla karıştırıldıkça oldukça fazla ısı çıkarır (Chermisinoff, 2000: 365-366).

Tehlike Potansiyeli

- **Yanıcılık** Yanıcı değildir. Fakat çok yüksek reaktif ve uyarıcı matelyalle temasta ateşlenme kabiliyeti vardır. Su ve organik matelyalle aniden ısı çıkarak reaksiyon göstermektedir. Brçok metalle temasta aşırı tehlikelidir ve çoğu metali hidrojen çıkarak aşındırır maktadır.
- **Zehirlilik** Lokal: Konjonktivit (Göz rahatsızlığı), gözdeki saydam tabakanın çürümesi, deri iltihabı, deri yanıkları ve ülserlere neden olmaktadır. Solunum Burun ve boğaz tahrişleri, bronşit, gırtlak ödemi, akciğer ödemi ne neden olmaktadır. Sindirim Sistemi: Dişlerin dökülmesi, şok, ağız yanması, gırtlak ve karında yanmalar, mide bulantısı, kan kusması ve doku çürümesi, albümin ve idrarda kan çıkması gibi belirtileri olmaktadır (Cherenisnoff, 2000: 365-366).

Kurşun Tetra Etil (Pb(C₂H₅)₄): Benzin oktan yükseltici olarak kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 323,45 g
- Özgül ağırlığı: (20°C) 1.65 N m³
- Erime noktası: -136°C
- Kaynama noktası: 198-202°C
- Renksiz, yanıcı, karakteristik kokuya sahiptir. Organik solventlerde, suda eriyebilir, asitleri ve alkalileri sulandırır (Carson ve Minford, 2002: 201-244).

Tehlike Potansiyeli

- **Yanıcılık** Yanıcı, flaş noktası 85° C (açık kap) buharları havada patlayıcı karışım meydana getirir. 170° C den sonra şiddetle patlayabilir.
- **Zehirlilik** TLV: 0.117 mg/ m³ Konjunktivit, deri iltihabı, baş ağrısı, baş dönmesi, sersemlik, uykusuzluk ve aşırı hareketlilik, şaşkınlık, iştahsızlık, mide bulantısı ve kusma, kilo kaybı, solgunluk, titreme ve katılma, düşük kan basıncı, koma, dengesizlik gibi belirtileri vardır (Carson ve Mumford, 2002: 201-244).

Sodyum Hidroksit (NaOH Kestik): Kimyasal madde üretiminde, suni ipekli kumaş, jelatin kağıdı, petrol rafinerileri, kağıt hamuru, ilaç, deterjan, sabun, tekstil, resim kalıbı çıkarma ve elektroliz ile yapılan kaplama işlerinde kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 40.01 g
- Özgül ağırlığı: 2.13 N m³
- Erime noktası: 318° C
- Kaynama noktası: 1390° C
- Beyazdır, havadan çektiği su ile eriyebilen tanelere sahiptir. Havadan su ve karbondioksit emer ve su, alkol ve gliserin ile karışabilir. Hayvan ve sebze dokularına karşı çok korozyondur (Chernisiyoff, 2000: 347).

Tehlike Potansiyeli

- **Yanıcılık** Yanıcı değildir fakat katı haldeyken, nem ve suyla temasta yanabilecek materyalleri, yeterli miktarda ısı meydana getirerek ateşleyebilir. Bazı metallerle temasta da hidrojen gazı çıkarır.

- Zehirlenmeler: Lokal: Konjunktivit, göz yanmaları, derin deri yanmalarına neden olmaktadır. Solunum Solunum sisteminde tahriş ve akciğer iltihabına neden olmaktadır. Sindirim Sistemi: Ağız ve yemek borusunda yanmalar, mide bulantısı, kusma, karın ağrısı, ishal (bazen kanlı olabilir), gırtlakta ödem ve yanma, sindirim sisteminde delinmelere neden olabilir. Akciğerlere hava gitmesine engel olarak koma hali yaratabilir (Cheremisinoff, 2000: 347).

Karbon Monoksit (CO): Metal oksitlerden metal elde etmede indirgen olarak metanolün sentezinde ve sentetik gaz yakıtı halinde kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 28.01 g
- Kaynama noktası : -191.50° C
- Erime noktası : -205.0° C
- Kritik sıcaklığı : -139° C
- Renksiz, kokusuz ve tatsızdır, suda az miktarda eriyebilir. Hidroklorik asitle, amonyaklı bakır klorürde, organik solventlerde (etil asetat, kloroform ve asetik asitte) kolaylıkla erimektedir (Cheremisinoff, 2000: 80).

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık Kolayca patlama özelliği gösterir.
- Zehirlenmeler: TLV: 50ppm Baş ağrısı, sersemlik, kusma, mide bulantısı, kulak çınlaması, terleme, vücut ağrısı gibi belirtileri vardır (Cheremisinoff, 2000: 80).

Karbon Doksit (CO₂): Üre, kuru buz, neşrubat sanayi, yangın söndürücüler ve organik sentezlerin yapımında kullanılır.

Özellikleri:

- Gaz: Renksiz, kokusuz
- Özgül ağırlığı: 1.53 N m³
- Sıvı: Uçucu, renksiz, kokusuz -37° C
- Katı, beyaz, kar tanecikleri şeklinde veya kübik
- Özgül ağırlığı : -79° C de 1.56 N m³
- Erime sıcaklığı : -78.50°C
- Suda, hidrokarbonlarda ve birçok organik sıvılarda eriyebilir (Cheremisinoff, 2000: 79).

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık Sıvılaştırılmış gaz tüplerini patlatabilir.
- Zehirlenmeler: TLV: 5000ppm Baş ağrısı, sersemlik, kulak çınlaması, solunum artması ve solunum zorluğu, boğulma, şuurlessness, adale titreşimi ve zafiyete neden olmaktadır (Cheremisinoff, 2000: 79).

Dikloropropan (Propylen diklorit): Organik sentezlerde aracı olarak, solventlerde ve metal temizleyicilerde kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 112.99 g
- Kaynama noktası: 96.4°C
- Erime noktası: -100.42°C
- Özgül ağırlığı: 1.157 N m³

- Yağlı bir sıvıdır ve klorofor m kokusundadır. Suda erimez ancak etanol, eter, benzen ve karbon tetrakloritte erir (Cherenisnoff, 2000: 119-120).

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık: Erime noktası 15.6°C, ateşleme ısısı 557.2°C, parlama limiti 3.4-14.5%
- Zehirlenmeler: TLV: 75ppm Önemli derecede zehirlilik tehlikesi vardır. Uyuşukluğa neden olur, karaciğer ve böbreklere etkisi vardır (Cherenisnoff, 2000: 119-120).

Cl₂ (X H₂SO₄-ySO₂) (Dumanlı sülfürik asit): Petrol rafinerilerinde, patlayıcılarda sülfatlayıcı ve kükürtleyici olarak ve boya maddelerinde kullanılır.

Özellikleri:

- Ağır yağlı bir sıvıdır. Renksizdir.
- Nemli havalarda kuvvetli duman çıkarır, aşırı nem çıkarıcı ve koroziiftir.

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık: Yüksek reaktiftir ve iyi pülverize edilmiş yanıcı materyallere karşı ateşleme kabiliyeti vardır, su ve organik materyallerle etkileşiminde ani ısıya çıkarak reaksiyon gösterir. Birçok metallerle temasta aşırı tehlikelidir.
- Zehirlenmeler: Lokal: Konjonktivit, gözdeki saydam tabakanın çürümesi, deri yanıkları, deri iltihabı ve ülser neden olmaktadır. Solunum: Burun ve boğaz tahrişleri, bronşit, gırtlak ödemi ve akciğer ödemi ne neden olmaktadır. Sindirim Sistemi: Dişlerin dökülmesi, şok, ağız yanması, gırtlak ve karında

yanmalar, mide bulantısı, kan kusmak ve doku çürümesi, albümin ve idrarda kan çıkması gibi belirtileri vardır (Cherenisnoff, 2000: 303).

Hidrojen Klorür (HCl): Boya maddesi imalatında, parfümeri, ilaç sanayi, tarımsal kimyada, çeşitli kloritler ve korozyon önleyicilerde kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 36.47 g
- Erime noktası : -114.19°C
- Kaynama noktası: 85.03°C

Tehlike Potansiyeli

- Zehirlenmeler: Lokal: Konjunktivit, göz yanmaları, deri tahrişlerine neden olmaktadır. Solum: Diş çürümesine, kalbin hızlı hızlı atmasına, gırtlak yanmasına, baş ağrısına, bronşite, burun zarı iltihabına neden olmaktadır. Sindirim Sistemi: Ağız, boğaz, gırtlak ve mide tahrişi, tükürük çıkarma, mide bulantısı, kusma, sindirim sisteminde delinmeler, üşüme, titreme ve ateş, şok, böbrek iltihabı gibi belirtileri vardır (Cherenisnoff, 2000: 204-205).

Hidrojen (H): Yağların katılaştırılmasında, metalürjide, vakum tüplerinde, elektrik ampullerinde, atmosfer dâhalarının gözlenmesinde, cam eritmede, amonyak sentezinde, metanol ve hidroklorik asit imalinde indirgeyiciler ve soğutucuların imalinde kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 2.016 g
- Erime noktası: -259.1 °C
- Kaynama noktası: -252.7 °C

- Renksiz, kokusuz ve su içinde az eriyebilen bir gazdır.

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık: Aşılma noktası 585°C geniş patlama limiti, kolayca yayılabilen ve tavan seviyesinde biriken bir gaz. Güneş ışığında halojenlerle (klor, brom, iyot, flor) karıştığında kolayca patlayabilir.
- Zehirlenmeler: Tek başına zararsızdır. Oksijen yüzdesini azalttığından boğulmalara neden olur (Cherenisnoff, 2000: 206-207).

Azot (N): Amonyak, nitrik asit, siyanid ve nitratlar için ham madde olup, içerdeki gazların tasfiye edilmesinde veya gazları örtülemede ve basınç olarak kullanılmaktadır. Yiyeceklerin dondurulmasında, alüminyum döküm soğutmalarda dondurularak muhafazalarda, oksitleyicilere karşı kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 28.02 g
- Özgül ağırlığı: 0.97 (Gaz) 0.80 (Sıvı) N m³
- Kaynama noktası : $-195,5^{\circ}\text{C}$
- Erime noktası : -210°C
- Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Yavaşça su ve alkol içinde eriyebilir. Yanmaz ve reaktif değildir (Carson ve Minford, 2002: 153-154).

Tehlike Potansiyeli

- Zehirlenmeler: Her ne kadar zehirli değilse de, kapalı yerlerde bazı durumlarda oksijenin azalmasına sebebiyet vererek ölüme yol açabilir. Sıvı haldeki azot ise şiddetli donmalar veya deri yanıklarını meydana getirebilir (Carson ve Minford, 2002: 153-154).

Amonyak (NH₃): Ntrik asit, hidrojen siyani d, akrilonitril yapı mnda, soğutmacılıkta, sentetik ipliklerde, patlayıcılarda, gübre sanayiinde ve ilaç yapı mnda kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 17.03 g
- Özgül ağırlığı: 0.77 N m³
- Kaynama noktası: -33.5 °C
- Erime noktası: -77.7 °C
- Renksiz ve keskin bir gazdır, şiddetli tahriş edici kokuya sahiptir, basınç altında sıvılaşabilir.
- Kolayca suda, metanolde, etanolde, kloroformda ve eterde eriyebilir.
- Genelde metaller amonyaktan etkilenmez. Ancak suyla veya su buharı ile karışan sıvı amonyak etkin bir şekilde bakıra, gümüşe, çinkoya ve başka alaşımlara etki etmektedir (Cheremisinoff, 2000: 18).

Tehlike Potansiyeli

- Yanıcılık Ateşleme sıcaklığı 651 °C Petrol ve diğer yanıcı maddelerin yangın tehlikesini yükseltebilir.
- Zehirlenmeler: TLV: 50ppm Yüksek konsantrasyonda teneffüs edilirse solunum sisteminde tahriş ve ödem meydana getirir, boğulma tehlikesi de vardır. Çok tahriş edici olduğu için derinin mukoza zarlarına derin bir şekilde tesir eder. Gözlerle temasında görme bozukluğu ile sarı ve saydam tabakada yaralanabilir. Belirtileri; baş ağrısı, tükürük çıkarma, mide bulantısı, kusma, zorlukla nefes alma, öksürme, zehirlenmedir (Cheremisinoff, 2000: 18).

Karbon Tetra Klorür (CCl₄): Rafineri ünitelerinde, katalistin fonksiyonel çalışmasında ve çözeltilerde çözücü olarak kullanılır.

Özellikleri:

- Mol ağırlığı: 153,84 g
- Özgül ağırlığı: 1.595 N/m³
- Erime noktası : -22,6 °C
- Kaynama noktası: 76,9 °C
- Alkolde, eterde ve kloroforda tamamen, suda ise kısmen (0 °C de %0.097, 20 °C de %0.08) çözünür (Cheremisinoff, 2000:80-81).

Tehlike Potansiyeli

- Yamlılık: Yamlı dmadığı gibi yerel yangınlarda söndürücü olarak kullanılabilir.
- Zehirlenmeler: İnsan metabolizması için kuvvetli bir zehirdir. 3-4 gram alınması halinde birkaç gün içerisinde insanı öldürebilir. Başlıca tehlikesi devamlı, azar azar teneffüs edilmesidir. En tehlikeli etkisi alkol ile birlikte alınca d maktadır. Glt ile devamlı teması halinde tabii yağ arı uzaklaştırdığı için deride kaşı nma, çatlama ve ikincil ateşli hastalıklara sebep olabilir. Karbon tetra klorürle fazla temas halinde iki çeşit etki ortaya çı kmaktadır.
 - a. Ani Etki: Baş ağrısı, uyku hali, huzursuzluk
 - b. Gecikmiş Etki: Karaciğer ve böbrek rahatsızlıkları (1 ile 10 günde ortaya çıkar) (Cheremisinoff, 2000: 80-81).

2.2.2.3 Petrol Rafinerilerinde Yangın

Yangın kavramı önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Burada ise rafinerilere özgü yangınlar ele alınacaktır. Rafinerilerde, proses üniteleri, dolum üniteleri ve tank sahası yangın açısından yüksek riskli bölgelerdir (Fire Service Manual, 2000: 47-49).

Rafineride meydana gelebilecek yangın nedenleri şöyledir:

- Ham petrol ve petrol ürünlerinin ateşle veya havayla temas ederek yanması,
- Toplu halde bulunan saf kükürtün açık havada bırakılması,
- Statik elektrik,
- Sigara dumanı,
- Sıcak yüzeyler veya ekzos boruları,
- Hat alı veya emniyetsiz elektrik tesisatı,
- Yeraltı kanallarının tutuşması,
- Ateş izni alınması gereken işin gerekli izin alınmadan yapılması,
- Kum püskürtme veya mekanik cihazların çalışmasından meydana gelen kirlenmeler,
- Demir sülfür veya demir sülfür içeren cihaz veya maddelerin açık havada bırakılması,
- Yağlı paçavra, kâğıt, ot, tahta veya birikmiş petrol ürünleri (Bunlar sıcak yüzeylerle temas ettiğinde kendiliğinden yanabilecekleri için bunları toplu halde bulundurmak tehlikelidir.),
- Bir yere toplanmış olan yanıcı gazların tutuşması,
- İçten yanmalı motorlarla donatılmış pulvarizatörlerle yapılan ilaçlamalar (işletme ve tank sahalığında),

- Aküler şarj da iken yakınında ateşli iş yapılması (Fire Service Manual, 2000: 47-49).

Rafinerilerde meydana gelen yangın türleri ise şöyledir:

- **Havuz Yangını:** Yanıcı bir sıvının tutuşma noktasından daha yüksek bir sıcaklıktaki ortamla teması girme sonucu oluşmaktadır. Termal radyasyona, yanma gazlarının atmosfere emisyonuna ve BLEVE, BOIL-OVER (Köpürme olayı: atmosferik tanklarda yanmakta olan bazı hidrokarbonların sıvı suzemini buharlaştırması sonucu ateş topu oluşumu ve köpürerek yanması) gibi diğer büyük yangınlara neden olabilir (Grippa ve ark, 2009: 574-581; Nolan, 1996: 46-47).
- **Jet Yangını:** Bir tank veya boru hattından gazın yüksek hızla yayılarak ateşlenmesi durumu. Termal radyasyona, yanma gazlarının atmosfere emisyonuna ve BLEVE gibi diğer büyük yangınlara neden olabilir (Grippa ve ark, 2009: 574-581; Nolan, 1996: 46-47).
- **Parlama Yangını:** Yanıcı bir kimyasalın atmosfere sızması ve yayılması sonucu ateşlenmesi ile oluşan yangındır. Yanma gazlarının atmosfere emisyonuna, bulutlar şeklinde yanmaya ve ani yayılma nedeniyle ölümüne neden olabilir (Grippa ve ark, 2009: 574-581; Nolan, 1996: 46-47).

2.2.2.3.1. Rafinerilerde Meydana Gelen Yangınlar

Petrol rafinerilerinde bulunan belli bölümlerin yangın riski daha fazla bulunmaktadır. Bununla birlikte rafineride meydana gelen belli başlı yangın çeşitleri şu şekilde sıralanabilir;

- Proses üniteleri yangınları,
- Fırın tüp başlıkları ve tüplerinin yangınları,
- Kolon yangınları,
- Isı değiştirici ve transfer hattı yangınları,
- Pompa ve kompresör yangınları,
- Elektrik yangınları,
- Dolu yangınları,
 - Tanker dolu yangınları
 - Tren vagon dolusu yangınları
- LPG yangınları
 - LPG tank yangınları
 - LPG tanker yangınları
 - LPG drum yangınları
 - LPG tüp yangınları
- Tank yangınları,
 - Koni tavanlı tanklarda meydana gelen yangınlar
 - Yüzer tavanlı tank yangınları
 - Tank dip sızırtılarından meydana gelen yangınlar
 - Asfalt tankı yangınları
 - Tank dışı yangınları (Fire Service Manual, 2000: 65-84)

2.3 RAFİNERİLERDE YANGIN EMNİYETİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ İLE İLGİLİ YÜRÜTÜLMÜŞ ÇALIŞMALAR

Risk tanımlanırken kullanılan alana göre değişimi göstermektedir. Watts ve Hall'a göre risk; insan hayatı, sağlığı, sahip olduğu maddi varlığı ve çevre için beklenmeyen olumsuz sonuçların potansiyelidir (Watts ve Hall, 2002: 5-1). Bir olay için risk tahmini genellikle, daha önce meydana gelen olayların tekrar olma olasılığı ve meydana gelen olayın sonucunun çarpımıdır (SRA, 2000).

Meacham'a göre yangın riski tanımlı şöyledir: insan hayatını, mülkiyeti, işin devamlılığını ve/veya çevreyi etkileyecek kayıp ve zararların oluşacağı, belirsiz bir durumda meydana gelebilecek olası yangın tehlikesidir (Meacham, 2002: 5-153). Bir binanın, ofisin, üretim sürecinin veya fabrikanın yangın risk analizi, yangın tehlikelerinin belirlenmesi, ortaya konulması ve karakterize edilmesi ve yangının meydana gelme olasılığı ile olası istenmeyen sonuçlarının bileşeni olarak kabul edilebilir (Meacham, 2001: 16-25).

Kıyasal tesislerde yangın güvenliğini sağlamaındaki en önemli unsurlardan birisi de risk değerlendirmesidir. İngiliz Standardı olan BS 4422:2005'e göre yangın tehlikesi yangın nedeniyle yaralanma potansiyeli; yangın riski, belirli bir noktada yangının meydana gelme olasılığı ve meydana geldiği takdirde vereceği zararın şiddetinin bileşimi; yangın risk değerlendirme ise yangın risklerini tanımlanması ve kişiler, maliyet ve çevre bazında değerlendirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Todd, 2008: 78).

Kıyasal proses endüstrisinde risk analizi metodları üç seviyede incelenebilir. Bunlar; nitel, yarı-nitel (ilerleyen bölümde kısaca olarak anılacaktır) ve nicel metodlardır.

(Frantziçh, 1998: 313-329). Nitel metotlar proseslerdeki en tehlikeli olayları belirlemek için kullanılır. Kimya endüstrisinde bu metotlara örnek olarak HAZOP, Olursa Ne Olur (What-If) ve çeşitli kontrol listeleri verilebilir. Karma metotlar, istenmeyen olaylarla ilişkili olan göreceli tehlikeleri belirlemek için kullanılır. İndeksleme yöntemleri, sayısal derecelendirme yöntemleri (matris, hata ağacı analizi (FTA), Fine-Kinney gibi) bu grupta sıralanabilir. Bu yöntemlerde tehlikeler, Getener sistemi gibi bir puanlama sistemine göre sıralanır (Kaiser, 1980: 213-222). Nücel yöntemler, en kapsamlı ve yoğun emek isteyen yöntemlerdir. Bu yöntemlerle, tehlikeleri sonuçları ile beraber belirleyen deterministik yaklaşımla birlikte sıklık ve sonuçlara dayalı sayısal risklerin belirlendiği olasılık yaklaşımı yapılabilir (Watts ve Rosenbaum 2001: 203; Rasbash ve arkadaşları, 2004: 366).

Wang ve arkadaşları Hata Ağacı Analizi (FTA) yöntemini kullanarak petrol rafinerilerinde, yağ tertimallerinde veya tanklarında meydana gelen ham petrol tank yangını ve patlamaları (COTFE) potansiyel sebeplerinin tespitini yapmış ve COTFE hata ağacını oluşturmuşlardır. COTFE hata analiz ağacında kullanılan temel olay olasılıkları (BEs) verilerinin tespitinde bulanık küme teorisinden de yararlanarak geleneksel yaklaşımla karşılaştırmaya gitmişlerdir. Çalışma sonunda bulanık yaklaşımla COTFE oluşma olasılık değerinin geleneksel yaklaşımla elde edilen değerden yaklaşık %12 daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Geleneksel FTA yöntemiyle ulaşılmayan COTFE olasılığı dillerbilimsel değerlendirme ölçeği (Hve VH) ayrıntılı verilerine bulanık FTA yöntemi ile ulaşılmıştır. Ayrıca en kritik temel olaylar arasında çok az farklılık gözlenmişken bu kritik olayların sıralanmasında büyük farklılıklar olduğunu elde etmişlerdir. Bulanık küme teorisi yaklaşımının en kritik temel olay tespitinde daha gerçekçi ve COTFE kaza risk analizinde daha güvenilir

olduğu görölerek risk yönetimi ve karar vermede daha etkili bir yöntem olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Wang ve Zhang 2013: 1390-1398).

Shi ve arkadaşları, çelik yağ depolama tanklarında yangın ve patlama kazaları (FEASOST) için geliştirilmiş hiyerarşik analiz sürecine (AHP) dayalı bulanık küme teorisi analizini (FTA) Çin'deki işletmeler için incelemişlerdir. İstatistiksel ve hesaplanan veriler arasındaki karşılaştırma için geleneksel ve AHP dayalı FTA yöntemlerini kullanmışlardır. Duyarlılık ve önem analizi çalışarak en kritik temel olasılıkları (BEs) tespiti ile yöneticilerin FEASOST etkilerini nasıl etkili biçimde azaltmaya gideceklerini belirlemişlerdir. Çalışmada, belirlenmiş olayların istatistiksel verilerinden elde edilen başarısızlık olasılığı değerlerini, geleneksel ve AHP dayalı FTA yöntemiyle elde edilen değerlerden genel olarak daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu farklılıkların başlıca nedenleri bilimsel tasarım iyi hizmet koşulları, yağ tankı yönetim sistemlerindeki uygulamanın bütünlüğü, sistematik işletme ve bakım uygulamalarıyla birlikte Çin'de büyüyen stratejik petrol rezervleridir. Çalışmanın başka bir sonucu olarak, geleneksel FTA yöntemi ile elde edilen olasılık değerleri, istatistiksel verilere yakından AHP dayalı FTA yöntemiyle elde edilen değerlerden düşük olduğuna ulaşmışlardır. Yapılan duyarlılık ve önem analizi, yağ buharı ve hava karışımının FEASOST durumlarında patlama oranlarında çok önemli role sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmada elde edilen sonuçların risk yönetimi ve karar vermede etkili olduğu saptanmıştır (Shi, Shuai ve Xu, 2014: 529-538).

Argyropoulos ve arkadaşları büyük sıvı hidrokarbon yakıt depolama tankları için SEVESO yönergesi çerçevesinde kaza nedenleri ve koruma önlemlerini bir kontrol listesi tekniğini uygulayarak sistematik tehlike değerlendirme metodolojisini

alış mışlarıdır. Bu anala Yunani stan' da bir sıvı hidrokarbon yakıt depolama çiftliğini kullanarak pilot çalışma gerçekleştir mişlerdir. Aynı zamanda metodolojiyi geliştir mek ve eksik taraflarını düzelt mek için Yunan petrokimya sanayi nin deneyimli güvenlik mühendisleri ile bir forum dzenlenişlerdir. Yaptıkları çalışmada, bütün uzman katılımcıların fazla doldurma karşı geliştirilmiş otomatik koruma sistemlerine büyük önem verdi kleri, patlamaya dayanıklı ekipmanların sistematik bakımının altını çizdikleri, yüksek giriş sıcaklığının olası bir kaza sebebi sayılamayacağı gibi veriler elde et mişlerdir. Ortaya çıkan sonuçlar ve forumda yapılan tartışmalarda mevcut sistematik tehlike değerlendirme metodolojisinin temel risk durumlarını tanımlamak ve güvenlik önlemlerini geliştir mek için yardımcı olduğu kanısına var mışlardır (Argyropoulos ve ark., 2012: 329-335).

Prez- Marın ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada anaçları Mksika' da bulunan yerel seviyedeki petrol ve gaz endüstrilerinde, prosesteki risk senaryolarını etkileyen öncelikli risk kriterlerini HAZOP analizi ile göster mektir. Çalışmada PEMEX kurumsal standardına bağlı HAZOP analizleri Mksika gaz ve petrol endüstrinde kullanılmıştır. Bu analiz kesin kabul edilebilir risk kriterlerine sahiptir ancak herhangi başka bir yerdeki standart HAZOP uygulamaları ile belirđin farkları yoktur ve bunun yanında yerel endüstrinin istediği kabul edilebilir risk kriterleri için tamamen şeffaf olma avantajına sahiptir. Ayrıca Mksika gaz ve petrol endüstrisinde HAZOP uygulamalarının derecesinin tespitine yardımcı olmuştur. Bunların aksine HAZOP ISO standartları kabul edilebilir risk kriterleri belirtil me miştir ve sadece HAZOP risk senaryolarının sıralamasıyla ilgili çalışılmıştır. HAZOP çalışmalarının güvenli proses sistemlerini sağlayan basit prosedür uygulanması olmadığı, küresel tasarımı döngüsünün bir parçası olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca HAZOP çalışmalarının kapsamında

metodoloji, rapor formatı, kabul edilebilir risk kriterleri ve beklenen sonuçların önceden belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Uusal düzeyde HAZOP çalışmaları için kabul edilebilir risk kriterlerinin açıkça tanımlandığı yerlerde, Meksika'nın az sayıda yere sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Perez- Marin ve ark, 2013: 936-940).

Gardina ve arkadaşları İtalya'da bulunan LNG depolama sistemlerindeki risk koşullarını hata durumları, etkileri ve kritiği analizi (FMECA) ile birlikte tehlike ve işletilebilirlik analizi (HAZOP) yöntemlerini kullanarak incelemiştir. FMCEA tekniği ile oluşan hata durumları ve bunların temel etkilerinin analizini amaçlanmaktadır. HAZOP yönteminde ise amaç risk ve işletilebilirlik sorunlarının proses parametrelerinin sebep-sonuç ilişkileri kullanılarak tespitini sağlayan yapılandırılmış ve sistematik bir dizayn oluşturmaktır. Çalışmada genellikle tek bir metodoloji tarafından sağlanandan daha fazla veri elde etmek için FMCEA ve HAZOP yöntemleri birlikte geliştirilerek güvenilirlik ve risk veri organizasyonu olarak FHA analizi tasarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda FHA sisteminin daha kullanışlı bir yöntem olduğu ve süreklilik arz eden insan hatalarını, arızaların nedensel faktörlerini, çoklu veya yaygın hata sebeplerinin olası kaynaklarını belirlemek için yararlı bir teknik olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca güvenlik ve bakım prosedürlerinin planlanması da dahil olmak üzere risk analizinin her aşamasında güvenlik uzmanlarına yardımcı olması açısından neden-sonuç korelasyonunda daha tutarlı değerlendirilmesi gibi avantajlar sağlamıştır (Gardina ve ark, 2015: 35-45).

Alaei ve arkadaşları sülfür geri dönüşüm ünitelerindeki (SRU) reaksiyon fırını, fan sistemi ve ısı değiştirici ekipmanlarında mevcut tüm riskli sapmaları, potansiyel riskleri ve operasyon sorunlarını HAZOP analiz yöntemi kullanarak incelemiştir. Bahsi geçen ekipmanlar SRU sistemlerinin önemli parçalarıdır ve performansları SRU

etkinliği ile doğrudan ilişkilidir. Mevcut risklerdeki azalmanın yüksek olması, uygulama maliyetlerinde önemli azalma sağlamaktadır ve çalışmada gerçekleştirilen risk analiziyle beklenen tasarrufun elde edileceği görülmüştür. Ayrıca risk sıralamasını azaltmak için faydalı öneriler sunulmuştur. Sonuç olarak HAZOP analizi ile prosesin risk tespitinin sistematik ve eleştirel olarak belirlenebileceği önerülmüştür. Bu yöntemlerin, SRU sistemlerinde güvenliği artırabileceği, risklerin tespiti ve tahmini için etkili bir yöntem olarak kabul edilebileceği ve operasyon sorunlarının azaltılmasıyla sistem güvenliğini artıracakđı düşünülmektedir (Alaei ve ark, 2014:271-284).

3. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışması; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın bağlı kuruluşu Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi (ÇASGEM) nevzuatı olan 05.12.2010 tarih ve 27776 sayılı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzman Yardımcılığı Giriş ve Uzmanlık Yeterlik Sınavları Hakkında Yönetmelik'e göre hazırlanmıştır.

3.1.MATERYAL

3.1.1. Uygulama Sahası

Bu çalışma Türkiye'deki bir petrol rafinerisinin ham petrol depolama tank sahasında yürütülmüştür. Çalışmanın yapıldığı petrol rafinerisi, yıllık yaklaşık 10 milyon m³ kapasite ile depolama yapmaktadır. İşletmedeki bu tanklarda, rafinerinin yaklaşık 45 günlük ihtiyacını karşılayabilecek ham petrol depolama kapasitesi bulunmaktadır. Yıllık ham petrol depolama kapasitesi ise 2,0 milyon m³'tür.

HAZOP çalışması yapılan ham petrol depolama tank sahası, arabağlantı boru hattı, depolama tankları, pompa ekipmanları ve çeşitli ölçüm kontrol cihazlarından (vanalar, gösterge ekipmanları vb.) oluşmaktadır.

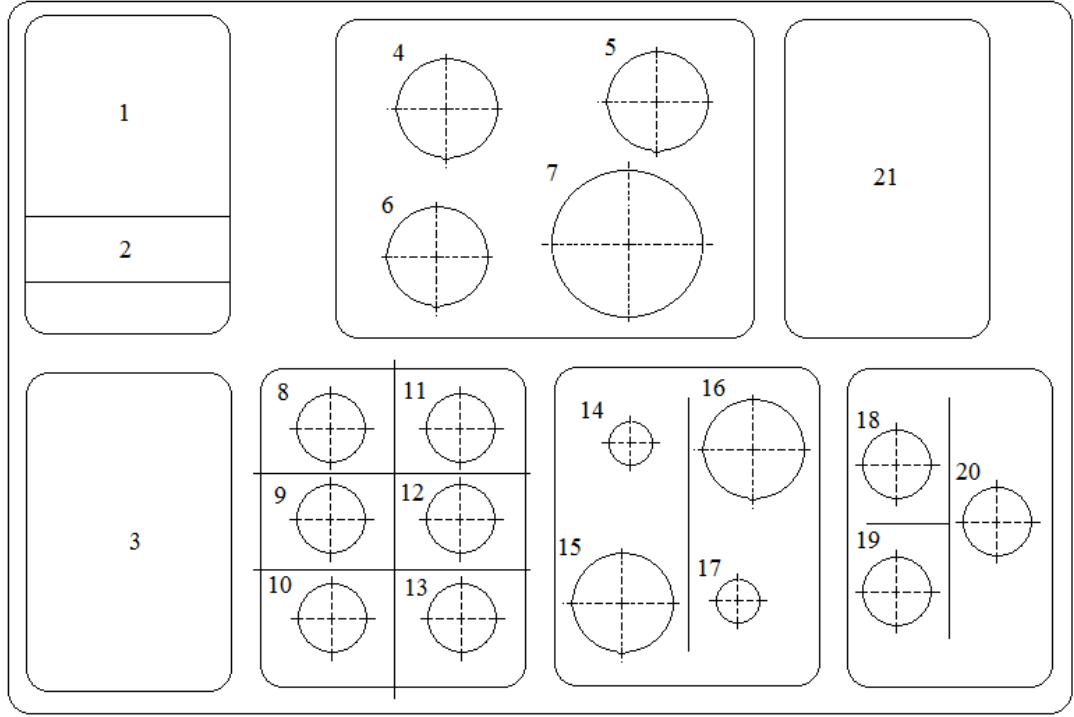
Ham petrol tank sahası aşağıda belirtilen tanklardan oluşmaktadır:

- TK-01: Yüzer tavanlı, 90 mçap ve 20 m yükseklik
- TK-02: Yüzer tavanlı, 75 mçap ve 20 m yükseklik
- TK-03: Yüzer tavanlı, 60 mçap ve 20 m yükseklik
- TK-04: Yüzer tavanlı, 55 mçap ve 20 m yükseklik

Sahada iki adet santrifüj pompa bulunmaktadır. P1- A B pompaları tankların giriş boru hattında yer almakta olup tanklara ham petrolü besleyen, 500 m³/h kapasiteli pompalardır. Ham petrol transfer pompası, P2- AB pompaları ise tanklardan, rafineri prosesine ham petrol beslemesi yapmaktadır.

Tankların giriş boru hattı üzerinde TK-01 tankında GV-01, TK-02 tankında GV-03, TK-03 tankında GV-05, TK-04 tankında GV-07 sürgülü (gate) vanaları ile aynı tank sırası ile MV-01, MV-03, MV-05, MV-07 motorize vanaları yer almaktadır. Tankların çıkış boru hattı üzerinde ise TK-01 tankında GV-02, TK-02 tankında GV-04, TK-03 tankında GV-06, TK-04 tankında GV-08 sürgülü (gate) vanaları ile aynı tank sırası ile MV-02, MV-04, MV-06, MV-08 motorize vanaları yer almaktadır.

He mara depolama sağlamak hem de damıtma prosesine gerekli ham petrolü besleyen bu depolama sahasına ait işletme yerleşim planı Şekil 6'da ve depolama sahasına ait akış şeması Şekil 7'de verilmiştir.



No	Adı
1	Ofisler
2	Kafeterya
3	Yemekhane
4-7	Ham Petrol Depolama Tankları
8-20	Ürün Depolama Tankları
21	Malzeme Depolama

Şekil 6 Depolama Sahası Yerleşim Planı

SAHA ENSTRÜMANLARI

Yüzer Tavanlı Tanklar

TK-01, TK-02, TK-03, TK-04

Pompalar

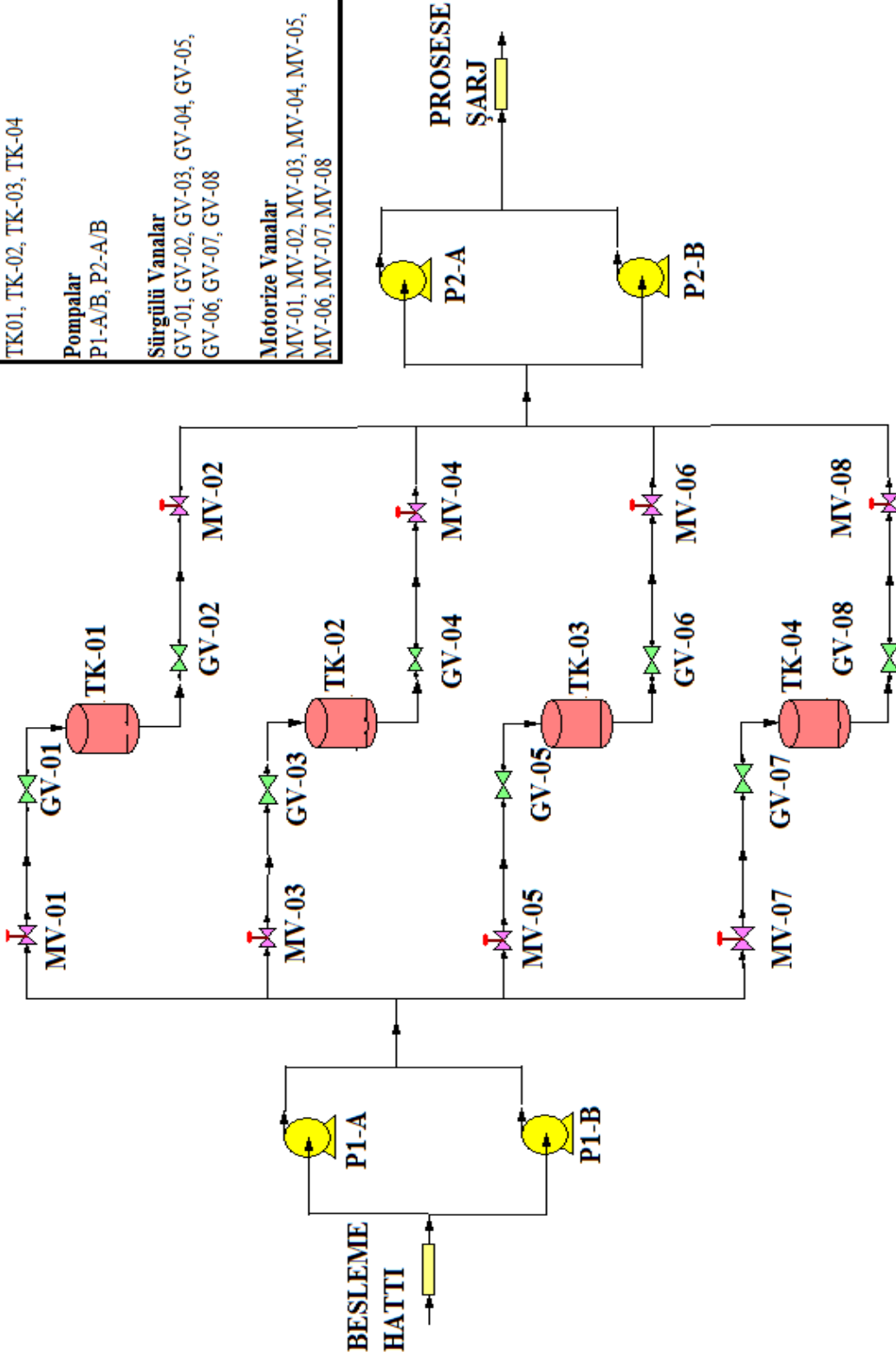
P1-A/B, P2-A/B

Sürgülü Vanalar

GV-01, GV-02, GV-03, GV-04, GV-05,
GV-06, GV-07, GV-08

Motorize Vanalar

MV-01, MV-02, MV-03, MV-04, MV-05,
MV-06, MV-07, MV-08



Şekil 7. Ham Petrol Depolama Tank Sahası Akış Şeması

3.1.2 Risk Değerlendirme Ekihi:

HAZOP risk analizi yönteminin en önemli noktalarından birisi de çalışmanın bir ekip tarafından yürütülmesidir. Bu çalışma, aşağıda belirtilen multi-disipliner bir ekibin öneri ve görüşleri ile oluşturulmuştur.

- A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı, Kimya Mühendisi (2 kişi)
- A sınıfı İş Güvenliği Uzmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisi (1 kişi)
- İş Güvenliği Şefi (1 kişi)
- Yangınla Mücadele Şefi (1 kişi)
- Vardiya Aniri (2 kişi)
- Çevre Bölümü Şefi (1 kişi)
- Bakım Onarım Bölümü Mühendisi (1 kişi)
- İtfaiyeci (1 kişi)
- İşletme Mühendisi (1 kişi)

3.2 METOD

Petrol Rafinerilerinde büyük endüstriyel kaza tehlikelerinden olan yangının oluşmasına neden olan risklerin belirlenmesi, böylelikle yangının bilimsel ve sistematik olarak önlenmesi ve önlenememesi durumunda ise olumsuz etkilerinin güvenlik tedbirleriyle sınırlandırılması amacıyla bu tez çalışmasında iki farklı metod kullanılarak ham petrol depolama tank sahasının yangın riskleri belirlenmiştir. HAZOP metodu kimya endüstrisine en uygun metotlardan biri olması, bu endüstride yaygın olarak kullanılması ve tank sahasında yangına neden olan “hidrokarbon sızıntısı”na neden olabilecek durumları saptamada en uygun metod olması nedeni ile seçilmiştir. Risk Derecelendirme Matrisi ise HAZOP ile belirlenen risklerin niceliksel olarak risk seviyelerinin belirlenmesi ve kolay uygulanabilir olması amacıyla seçilmiştir. Bu iki metod aracılığı ile belirlenen risklere karşı risk azaltma tedbirleri önerilmiş ve yangın durumunda alınması gereken önlemler belirtilmiştir. 4 aşamadan oluşan bu çalışmada izlenen yol aşağıda verilmiştir.

1. Petrol Rafinerisi ham petrol depolama tank sahasında yangın risklerinin kalitatif olarak belirlenmesi amacıyla HAZOP analizi çalışması uygulanarak yangına neden olacak sapma nedenlerinin ve olası sonuçlarının (risklerin) belirlenmesi ve risk azaltma önerilerinin sunulması
2. HAZOP ile saptanan sapma nedenlerinin ve olası sonuçlarının, tesisin mevcut güvenlik önlemleri de göz önüne alınarak olasılık ve şiddet değerlerinin 3X3 Risk Derecelendirme Matrisi ile derecelendirilmesi
3. HAZOP önerilerinin risk matrisi sonuçlarına göre önem sıralarının belirlenmesi ve tesis için eylem planı oluşturulması

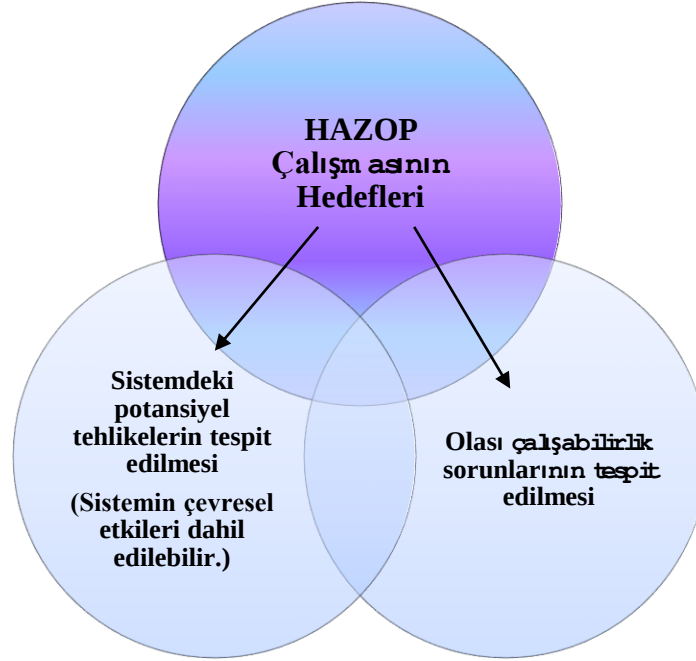
4. Ham petrol depolama tank sahasında meydana gelecek olası yangın durumunda kullanılması için tesisin mevcut acil durum uygulamalarının ve yangınla mücadele stratejilerinin güncellenmesi

3.2.1. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP) Metodolojisi

HAZOP kelimesi İngilizce “**H**azard and **O**perability Analysis” teriminin kısaltılmışıdır. Bu metodoloji, bir prosesdeki tehlikelerin belirlenmesindeki zorluğun bilgi eksikliğinden değil prosesin karmaşıklığından olduğu mantığına dayanmaktadır. HAZOP, bir sistemin optimum düzeyde tasarlanan halinden ne şekilde ve düzeyde sapma gösterdiğini belirleyen ve bu sapmanın sisteme ve çevresinde yaratacağı olası riskleri belirleyen bir yöntemdir (BSI, 2001: 9). Bir sapma; doğrudan, planlanandan ve alışılabilir mişten uzaklaşan olay veya durum olarak tanımlanmaktadır. Prosesin tasarımı aşamasında ve işletme esnasındaki tehlikelerin tüm tesis genelinde tespit edilmesini yanı sıra bu metotla meydana gelen değişimlerin güvenli bir şekilde yönetilmesi çalışması da yapılmaktadır. Prosesin kendisi ve ekipmanları dışında bu metotun uygulandığı diğer alanlar şöyledir (Kletz, 1999: 9-20):

- Alt sistemler,
- Proseste yer alan malzemelerin özellikleri,
- İşyeri ve eklentileri,
- İşletme ve bakım yöntemleri,
- Montaj,
- Acil durum prosedürleri, yazılımlar
- İşyerinin standart iş güvenliği gereksinimleri
- Çevre ve insan hatasını kapsayan tüm sistem ve ekipmanlar

IEC 61882: 2001 sayılı Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışmaları Uygulama Rehberi'ne göre HAZOP çalışmasının hedefleri Şekil 8'de verilmiştir.



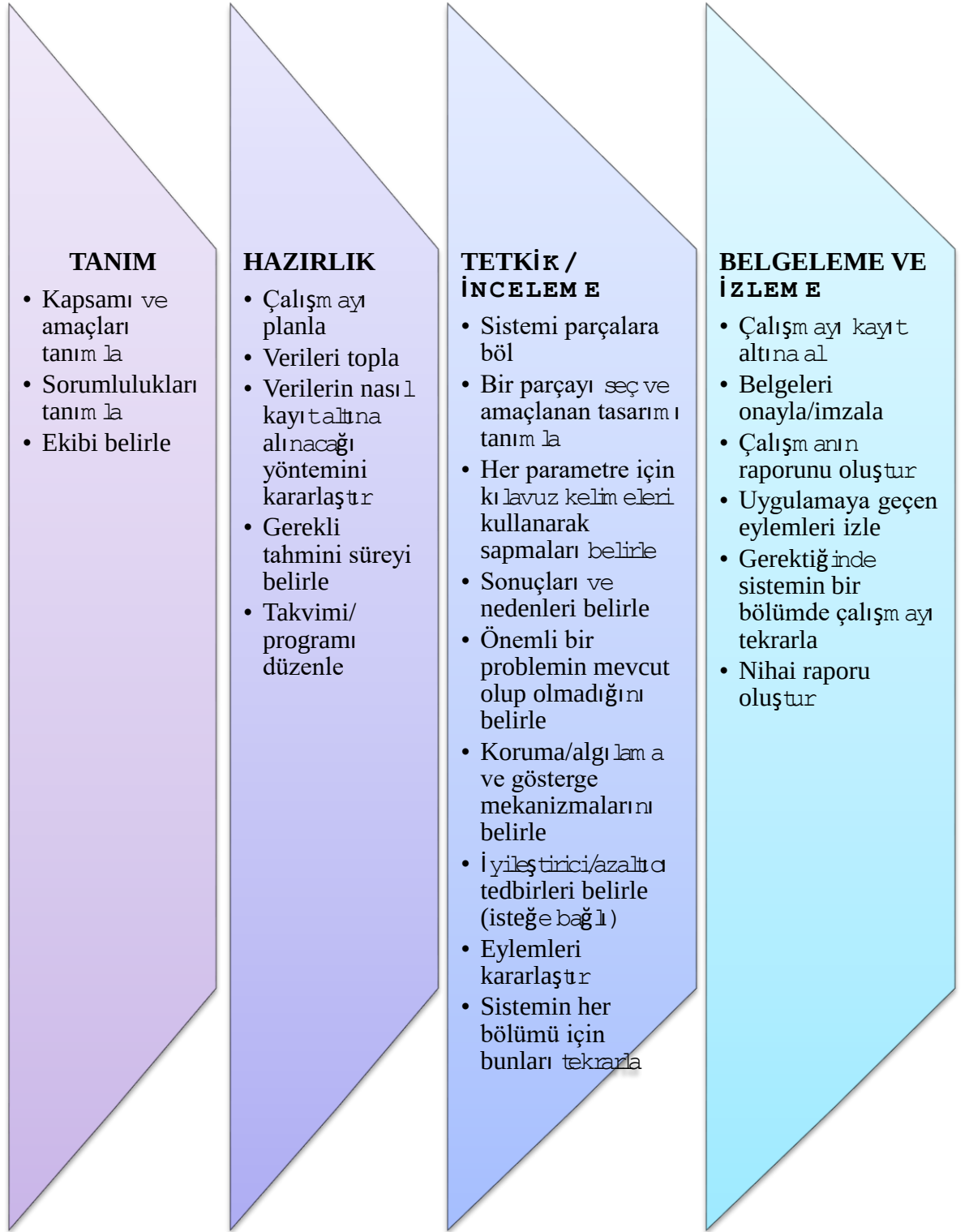
Şekil 8 HAZOP Çalışmasının Hedefleri

Kaynak: BSI, 2001

HAZOP metodolojisi 1970'li yıllarda Birleşik Krallık'taki Imperial Kişya Endüstrisi tarafından kimyasal proseslerde güvenlik riskini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. HAZOP, başlangıçta sadece Imperial Kişya Endüstrisi tarafından geliştirilen ve kullanılan bir sistem olmasına rağmen, Hixborough'da 28 kişinin öldüğü patlamadan sonra kimya endüstrisinde kullanılan bir analiz tekniği haline gelmiştir. Bu metodoloji, büyük endüstriyel kazalar yönüyle yüksek potansiyele sahip petrol endüstrisi tarafından da kabul edilmiştir ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Ericson, 2005: 365-367). Ülkemizde de özellikle Seveso Direktifleri kapsamında,

tesislerin güvenlik raporlarının oluşturulmasında risk değerlendirme aşamasında kullanılan etkili bir yöntemdir.

Bu metotta sistemi oluşturan farklı ögeler, üretim sürecine, sistemin tasarına ve işlevine göre bölümlere ayrılarak her bir bölümünün tasarlanan süreç ayrıntılı olarak incelenir. Sistemin bölümlere ayrılması, o sistemin karmaşıklığına ve tehlike boyutuna göre değişir. Fazla tehlike içeren bölümler daha küçük parçalarla incelenir. Tesisin durdurulması, tekrar çalıştırılması ve normal işletilmesi esnasında meydana gelen değişimler ortaya konur. Tehlikeli çalışma ortamını gösteren anahtar kelimeler ile sistem parametrelerini karşılaştırarak tasarım değerlendirir ve sapmaları belirler. Belirlenen sapmaların nedenleri ve sonuçları dikkate alınarak olası tehlikeler ve uygunsuzluklar tespit edilir. Tehlikeler için önleyici/yok edici faaliyetler önerilir. Önerilen faaliyetler tasarım veya operasyon sürecinde değişiklikler gerektirebilir. Şekil 9'dan da görüleceği gibi HAZOP analizi yöntemi proses ve sistemin tam bir açıklamasını içerir ve sapmaların belirlenmesi için sistematik olarak prosesin her bir parçası incelenir (Kletz, 2001: 9-20).



Şekil 9. HAZOP Çalışması Yöntemi

Kaynak: BSI, 2001: 9

Birçok yönden ön tehlike analizi (PHA) ve alt tehlike analizi (SSHA)'ne benzeyen HAZOP analiz çalışmasında; sistemdeki tehlikeleri tanımlamak için sisteme özgü parametreler ve bu parametrelerdeki değişimi belirten klavuz kelimeler kullanılır (Rasbash ve ark, 2004: 457). HAZOP çalışmasının yapılacağı sistem için kullanılabilecek klavuz kelimeler ve anlamları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Klavuz Kelimeler ve Anlamları

KLAVUZ KELİ MELER	ANLAM
FAZLA (MORE)	Nispet (kantitatif) çoğalma, belirlenen parametrede (sıcaklık, basınç vb.) artma.
AZ (LESS)	Nispet (kantitatif) azalma, belirlenen parametrede (sıcaklık, basınç vb.) azalma.
HİÇ (NO OR NOT)	Mevcut değil, tasarlanan sonucun hiçbir bölümünün elde edilemeyeceği durumu (istenilen reaksiyonun meydana gelmesi vb.).
TERS (REVERSE)	Öngörülen/tasarlanan sistemin tersinin oluşması (ters yönlü akış oluşması vb.).
KISMEN (PART OF)	Sistemin bir bölümünün olması gerekenden farklı olması.
YANISIRA (AS WELL AS)	Tasarlanan sisteme ek olarak ilgili bazı aktivitelerin de mevcut olması (istenmeyen maddelerin de oluşması vb.).
DALGALANMA (FLUCTATION)	Tasarlanan sistemin zamanlamasında farklılık olması (bir boru hattındaki hava kili dünün istenilen zaman dışında çalışması vb.).

... DAN BAŞKA (OTHER THAN)	İstenilenden tamamen farklı olayın gerçekleşmesi (akışın istenmeyen bir hatta yönleneşi vb.).
ERKEN (EARLY)	Öngörülen süreden önce (sıralı proseslerde bir işlemin diğerinden önce olması vb.).
GEÇ (LATE)	Öngörülen süreden sonra (sıralı proseslerde bir işlemin diğerinden sonra olması vb.).

Kaynak: (Ericson, 2005:373; Özkılıç, 2014: 224)

HAZOP çalışması esnasında tesisin özellikleri ve prosesin koşullarına göre bazı parametrelerden faydalanılmaktadır. Bu parametrelerle birlikte kullanılabilecek kılavuz kelimeler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Bazı Anahtar Kelimeler/Parametreler ve İlgili Parametre ile Kullanılabilen Kılavuz Kelimeler

Akış (gaz, sıvı, elektrik akımı)	H ç, Az, Fazla, Öngörülen Yönün Aksine, Ayrıca, Dalgalanma
Basıncı	Az, Fazla, Dalgalanma
Sıcaklık	Az, Fazla, Dalgalanma
Ayrırma (filtrasyon, santrifüj)	H ç, Az
Seviye	H ç, Az, Fazla, Dalgalanma, Ayrıca
Aşınma (Korozyon)	Fazla
Ayrırma (İzole etme)	H ç
Drenaj	H ç, Az, Tamamen Farklı
Havalandırma	H ç, Az, Tamamen Farklı, Ayrıca

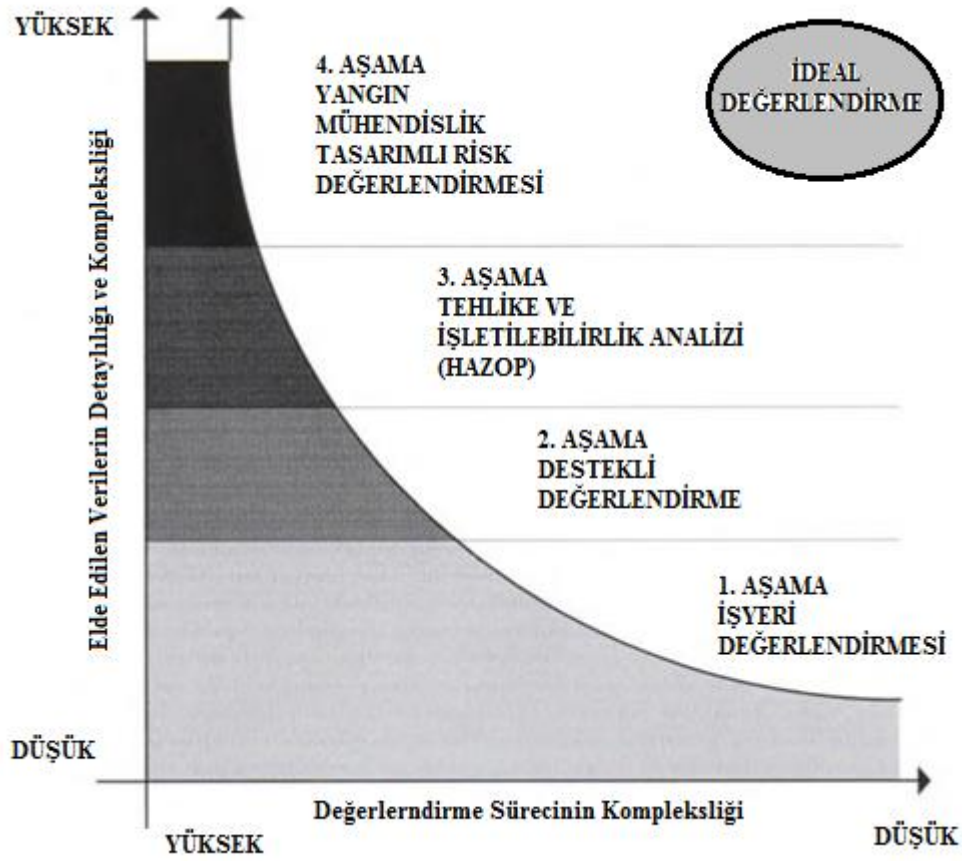
Kaynak: (Ericson, 2005:372)

Kılavuz kelimeler, tasarım en etkili şekilde incelemek ve sapmaları belirlemek için kullanılacak şekilde seçilmelidir. Tablo 4'te ise kılavuz kelimelerin ve parametrelerin sapmaların oluşturulmasında neyi ifade edeceği örnek olarak verilmiştir.

Tablo 4 Sapmaların Oluşturulmasına Birkaç Örnek

Parametre	Kılavuz Kelime	Sapma
Akış	Hiç	Akış yok
Basınç	Fazla	Yüksek basınç
Tek faz	Birlikte	İki faz

Bir tesiste yangın risklerinin değerlendirilmesinde, tehlikelerin saptanabilmesi için o tesisin tasarımının ve mevcut durumunun ele alınması gerekmektedir. Günümüzde yangın risk analizinde kontrol listeleri yaygın olarak kullanılsa da HAZOP yöntemi ile daha sistematik bir sonuç elde edilmektedir. Şekil 10'da da yangın risk değerlendirilmesinde HAZOP'un önemi verilmiştir (Vrđi, 2000: 142-152).



Şekil 10 Yangın Risk Değerlendirmesinde HAZOP'un Önemi

Kaynak: (Vrđi, 2000: 142-152)

Kılavuz kelimelerin sistematik olarak kullanımı sonucu birçok sorun elde edilmektedir. HAZOP bir ekip çalışması olduğundan, çalışmayı sürdürecekt kişilerin bilgi düzeyi ve birikimi de önem arz etmektedir. Bununla birlikte, HAZOP analizi sonucu sistemin tasarımı veya işletiminde değişiklik gerekebileceğinden, bu değişikliği onaylayacak yetkili kişilerin de bu ekipte yer alması esastır. Bir diğer önemli husus ise, çalışmanın yürütülmesi esnasında tasarımı hiçbir değişikliğin yapılması gerekliliğidir. Değişiklikler, çalışmayı yürüten takım tarafından önerilir. HAZOP yönteminin avantaj ve dezavantajları daha ayrıntılı olarak Şekil 11'de gösterilmiştir (Özkılıç, 2014: 219-229).

+	
Sistematiik olması Tehlikelerin bileşiminin analiz edebilmesi Fabrika verimini artırması İşletme özelliklerini ve ekipmanlarını inceleyebilmesi Kolay anlaşılması ve uygulanması Sistem elemanları ve tehlikeler üzerinde titizlikle durması, değişikliğe olanak vermesi Ekip çalışması nedeniyle farklı bakış açılarına olanak tanınması	Orta düzeyde bilgi gereksinimi Sonuçların sadece niteliksel (kalitatif) olması Farklı disiplinlerden uzman/deneyim gereksinimi Çok daha fazla çalışmaya ve zamana gerektirmesi Harici olayların tespit edilememesi

Şekil 11. HAZOP Analizinde Avantajlar ve Dezavantajlar

Kaynak: (Özkılıç, 2014:219-229)

HAZOP çalışmasının uygulanabilmesi için risk değerlendirilmesi yapılacak yerin bazı özelliklere ve koşullara sahip olması gerekmektedir. Tablo 5’de analiz yapılabilecek tesis bölümleri ve analiz detayı verilmiştir. Burada belirtilen durumların dışında (doğal kaynaklı riskler, sabotaj, iletişim problemleri, yanlış bakım onarımları izinsiz yapılan işler, yakındaki tehlikeli kuruluşlar vb.) tespitinde kullanılmaktadır (Farner, 1971:82).

Tablo 5. HAZOP Çalışmasında Analiz Edilen Bölümler

Analiz Edilen Tesis Bölümleri	Analiz Detayı
Parça Arızaları	• Pompa, Kompresör • Kontrol sistemleri (sensör, vana vb.) • Güvenlik sistemleri (kilit sistemleri vb.) • Bağlantı noktaları, boru hattı
Proses Koşulları	• Basınç, sıcaklık, seviye • Yardımcı üniteler (güç, buhar vb.) • Dış yangınlar • Tesisin başlatılması, durdurulması • İstenmeyen yan reaksiyonlar
İnsan Kaynaklı Hatalar	• Manuel operasyon gerektiğindeki operatör hatası (vana açma-kapama vb.) • Tehlikeli maddelerin manuel olarak karıştırılması

Bu tez çalışması kapsamında yürütülen HAZOP risk analizinde;

- Tesisin tarihsel kaza analizleri
- Boru Hatları ve Gaz Diyagramları (P&ID)
- Tesis yerleşim planı
- Ham petrol madde güvenlik bilgi formu
- Ekipmanlara ait bilgi formları

gibi dokümanlardan yararlanılmıştır.

Ham petrol depolama tank sahasında yangına neden olabilecek risklerin tespit edilebilmesi için akış, basınç, sıcaklık, korozyon, ve drenaj parametrelerinden yararlanılmış, seviye parametresi akış parametresi ile aynı sonuçları verdiği için kullanılmıştır. Her bir parametreye göre sapmalar belirlenmiş ve bu sapmaların neden olduğu durumlar tespit edilerek bu durumların tank sahasında meydana getirebileceği olası sonuçlar tespit edilmiştir. Sistemin sahip olduğu mevcut güvenlik önlemlerinin yeterliliği değerlendirilerek sapmanın tehlikeli olup olmadığı ortaya koyulmuştur. Tehlikeli durumlar için bir sonraki adımda teorik olarak açıklanan risk derecelendirme matrisi yöntemi kullanılarak risk derecelendirilmesi yapılmış ve her iki metot sonuçları ortak değerlendirilerek ek öneriler sunulmuştur.

Bahsi geçen analiz yöntemi uygulanırken sonuçların doğru tespit edilebilmesi için risk değerlendirme ekibinin onayı ile ham petrol tank sahasına uygun olarak belirlenen ve HAZOP risk analiz yönteminde kullanılan **kabuller/varsayımlar** aşağıdaki şekildedir:

1. Çalışma, ham petrol depolama tank sahasının normal operasyon anını kapsamaktadır. Bakımlonarıma başlatma-durdurma durumları bu çalışmada dikkate alınmamıştır.
2. Ham petrol depolama tank sahası kendi içerisinde değerlendirilmiştir ancak sonuçları ve mevcut güvenlik önlemleri diğer tank sahaları ile ilişkili olabilir.
3. İnsan müdahalesi gerektiren durumlar haricinde operatör hataları sonuçları etkilemeyeceği için dikkate alınmamıştır.
4. Operatörün 10 dakika içerisinde müdahale edebileceği düşünülerek BPCS alarmları mevcut güvenlik önlemi olarak değerlendirilmiştir.
5. 7.5m yüksekliğin üzerindeki yangınlar “dış yangın” olarak değerlendirilmiştir.

6. Tankın normal operasyonu esnasında kullanılmayıp sadece tank bakım esnasında kullanılan vanalar bu çalışmada yer almıştır.
7. Şekil 7 de akış şemasında gösterilen giriş hattı GV- 01, GV- 03, GV- 05 ve GV- 07 vanaları dizayn ve koşulları aynı olduğu için ortak değerlendirilmiştir.
8. Şekil 7 de akış şemasında gösterilen giriş hattı MV- 01, MV- 03, MV- 05 ve MV- 07 vanaları dizayn ve koşulları aynı olduğu için ortak değerlendirilmiştir.
9. Şekil 7 de akış şemasında gösterilen çıkış hattı GV- 02, GV- 04, GV- 06 ve GV- 08 vanaları dizayn ve koşulları aynı olduğu için ortak değerlendirilmiştir.
10. Şekil 7 de akış şemasında gösterilen çıkış hattı MV- 02, MV- 04, MV- 06 ve MV- 08 vanaları dizayn ve koşulları aynı olduğu için ortak değerlendirilmiştir.
11. Korozyon parametresinde, pompalar ve vanalar ortak değerlendirilmiştir.

3.2.2 Risk Derecelendirme Matrisi Kullanılarak Tehlikelerin Derecelendirilmesi

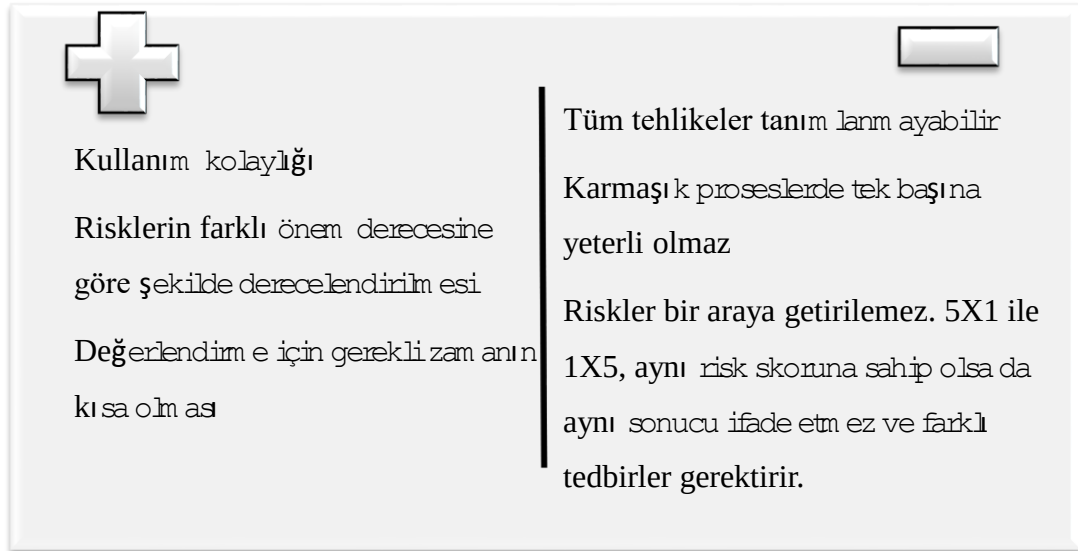
Risk Derecelendirme Matrisinin (RDM) Tanımı ve Kullanım Alanı

Risk Derecelendirme Matrisi (RDM), tehlikelerin kalitatif değerlendirilmesinde, faaliyetlerin ve kaynakların önceliklendirilmesinde kullanılan 3X3, L tipi matristir. İlk olarak Amerika'da savunma sektöründe kullanılması için geliştirilmiştir. Gelecekteki risklerin tahmini için geçmişteki olaylardan edinilen deneyimlere başvurma kavramına dayanmaktadır (Hughes, 2012: 95-98).

Risk matrisleri, tehlike kaynaklarını veya risk düzeyi doğrultusunda risk müdahalelerini derecelendirmek için kullanılan pratik bir yöntemdir. Tespit edilen riskler arasında eleme yapılması ve risklerin önceliklendirilmesi amacıyla matris yönteminde faydalanılmaktadır. Bir başka deyişle, hangi riskin daha fazla veya daha

ayrıntılı analizine ihtiyaç duyulduğunun, hangi risklere öncelikli olarak müdahale edilmesi gerektiğinin veya hangisinin daha üst düzey bir yönetime aktarılması gerektiğinin saptanmasında zaman kazandırır (Dijin 2015: 21-31).

Risk matrisi, arıza modu etkileri ve kritiklik analizi (FMECA) sürecinde kritiklik analizinin yapılmasında, Ön Tehlike Analizi, HAZOP gibi tekniklerin kullanımı sonrası analizin sayısallaştırılması ve önerilerin önceliklendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıntılı bir analiz için yeterli veri bulunmadığında tek başına kullanılabilecek yararlı bir yöntemdir (Özkılıç 2014, 182-184).



Şekil 12 Matris Metodunun Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Kaynak: (Özkılıç 2014, 182-184)

Risk Derecelendirme Matrisi Uygulanma Adımları

Risk derecelendirmesine başlamadan önce, derecelendirme yapılacak yerin (lokasyon, faaliyet vb.) barındırdığı tehlikelerin ve olası olayların anlaşılması gerekmektedir.

Risk derecelendirme matrisi aşağıda belirtilen 5 aşamaya göre oluşturulmaktadır (IEC 1995).

1. Aşama - Potansiyel Sonuçların Tespiti

Belirlenen senaryonun meydana gelmesi durumunda oluşabilecek sonuçların tespit edilmesi gerekmektedir.

Örneğin, ham petrol depolama sahasındaki pompa contasında meydana gelebilecek sızıntı aşağıdaki durumlara neden olabilmektedir:

- a) Ham petrolün kanalizasyon sistemine sonra da denize/yer altı sularına sızıntısı
- b) Pompa çevresinde küçük bir yangına sebep olacak şekilde hidrokarbonun (ham petrolün) tutuşması
- c) Yangınla mücadele ekipmanlarının yetersizliği nedeniyle yangının diğer proses ekipmanlarına sıçraması ve büyük bir yangının ve/veya patlamanın meydana gelmesi (Shell, 2006: 6-8)

Bu çalışmada olası sonuçlar HAZOP analizi ile tespit edilecektir.

2. Aşama: Olası Sonuçların Kategorilerinin Belirlenmesi

1. aşamada tespit edilen olası sonuçların tehlikeli olup olmadığına karar verilmelidir. “Tehlikeli” olduğuna karar verilen sonuçlar ise daha sonra “mülk (üretim veya ekipman kaybı) (M)”, “çevre (C)” ve “iş güvenliği (G)” kategorilerinde değerlendirilir. Bulunan risk, ekipman veya faaliyet tasarımı esnasında göz önünde bulundurulmuş ve buna göre tasarımı yapılmış ise bu riskler de “tehlikeli değil” kategorisinde değerlendirilmektedir. Risk, eğer “tehlikeli” ise veya mevcut güvenlik önlemi nedeniyle “tehlikeli değil” olarak belirtilmişse de risk derecelendirmesine tabi tutulmalıdır (IEC, 1995).

3. Aşama - Her Potansiyel Sonucun Şiddetinin Tahmini

Tespit edilmiş her sonuç için şiddetin (1’den 3’e) aşağıda yer alan tabloya göre sonuç kategorisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. İnsan, çevre ve mülk kategorilerinde şiddet tanımları Tablo 6’da verilmiştir (ML-STD, 1984).

Tablo 6 Risk Değerlendirme Matrisi Şiddet Tablosu

ŞİDDE T	ETKİ		
	İNSANA ZARAR	VARLIK HASARI VE DİĞER GELİRKAYIPLARI	ÇEVRESEL ETKİ
1	Geçici sağlık etkisi Çalışma performansını ve günlük hayatı etkileyebilir. • İlk yardıma ve basit bir tıbbi müdahale • Maruziyetten sonra belirgin kalıcı etkisi olmayan rahatsızlıklar, hafif tahriş gibi sağlık etkileri • 3 güne kadar işten ayrı kalmaya veya 3 güne kadar kısıtlı çalışmaya neden olan durumlar	Az hasar • 0-100.000 US\$ ekipman hasarı • İşletmede kesinti/durdurma yok	Hafif etki Belirli bir alanda meydana gelen kalıcı etkisi olmayan az çevresel zarar. • Proses alanında, tank çifliğinde ya da tesis dışında buharlaşan döküntü • Mevzuat limiti değerlerinin bir defa aşılması

	• Deri tahrişi veya besinin zehirlenmesi gibi rahatsızlıklar		
2	Gıddi yaralanma veya kalıcı sağlık etkisi, en fazla 1 ölüm Çalışma performansını daha uzun dönemde etkileyen, 3 günden fazla kayıp iş gününe neden olan, günlük hayatı 3 günden fazla etkileyen veya geri dönüşü olmayan sağlık etkileri. • Uzun süreli iş görmezlik • Duyarlılığın artması, gürültü kaynaklı işitme kaybı, kronik sırt ağrısı, üst üste aşırı zorlanmalardan kaynaklanan kas zedeleneşi veya yaralanma • Kimyasal yamklar, asbest, kum veya kataliz gibi tozlardan kaynaklanan	Gıddi hasar • 100.001 – 10.000.000 US\$ ekipman hasarı. • İşletmede kısmi duruş	Gıddi etki Geçmeyen ya da temizleme gerektiren çevreyi muhafaza etmek için kapsamlı önlemlerin alınmasını gerektiren ciddi çevresel hasar. • Büyük miktarda toprağın/kumun uzaklaştırılması gerektiren boru hattından döküntü/kaçak • Gözlenen saha dışı etkiler ya da hasar, balıkların ölmesi, bitkilerin zarar görmesi • Geniş bir alanda (tesis dışı dahil) yeraltı suyu kirliliği • Sivil toplum kuruluşlarından şikayet (10'dan fazla kişiden şikayet) Mevzuat limitlerinin sık sık aşılması

	rahat sızlıklar, kanser ve iş kaynaklı ciddi bunalım • Yaralanma veya meslek hastalığı nedenli ölüm		(potansiyel uzun dönem etkilili) • Temizleme operasyonları gerektiren, tankerin yük boşaltması sonucu oluşan döküntü
3	Kalıcı iş görmezlik veya 1'den fazla can kayı Yaralanma veya meslek hastalığı kaynaklı. • Bir kez maruz kalma sonucu birden fazla kişide görülen asbest kaynaklı rahat sızlıklar • Toplu kanser vakaları • Can kaybı 1'den fazla olan yangın ve patlamalar	Büyük hasar • 10.000.000 US\$'dan fazla ekipman hasarı • İşletmenin kapsamı veya tamamen kaybedilmesi	Büyük etki Geniş bir alanda doğal kaynakların kaybına, ticari kullanım veya halkın kullanıma engel olabilecek kalıcı ciddi çevresel hasar • Deniz ve nehirlerde önemi kirliliğe yol açacak ve kapsamı temizleme ve iyileştirme gerektirecek ham petrol döküntüsü

Kaynak: (Shell, 2006: 6-8)

4. Aşama - Oasılığın Tahmini

Bu aşamada, her potansiyel sonuç için (1'den 3'e) sonuçların olasılığının tahmini edilmisidir (ML-STD 1984). Geçmiş deneyi mlerden yararlanılarak olasılık derecesini belirlemek için şu sorular sorulabilir:

- Şu an üzerinde çalışılan olası sonuç geçmişte ne kadar sıklıkla meydana geldi?

Buradaki yaklaşım tarzı, geçmişte başvurularak geleceğin tahmini edilmisidir. Olasılığın tahmini, sonucun oluşma olasılığına dayanmaktadır. Bu durumu örneklendirmek gerekirse, pompamın kaçak yapma olasılığı değil de ham petrol pompasının denize olan sızıntısının olasılığı tahmin edilmektedir (Shell, 2006: 6-8). Geçmiş vakaların verilerini muhafaza etmek, veritabanı oluşturmak, değerlendirmenin bilgi düzeyi ve deneyiminin olası olasılık hesabının güvenilirliği açısından önem arz etmektedir. Olasılıktahmini yapılan olası sonuçlar, çoğu zaman geçmiş olaylarla bire bir aynı olmayacaktır. Bununla birlikte, risk değerlendirme yapılan organizasyon veya tesis dışında meydana gelmiş benzer geçmiş olaylar ile ilgili geçmişte dönük detaylı bilgiye ulaşılamayabilir. Bu noktada, en iyi şekilde olasılık tahmini yapmak için mevcut bilgi ve deneyimin muhakemesine başvurulmalıdır (ML-STD 1984).

Olasılığın Derecesi

Artan olasılığın derecesi, olasılığı az olandan olasılığı daha çok olana doğru bir alanı belirtmek için tasarlanmaktadır. Belirli bir zaman aralığında; sanayi, organizasyon ya da lokasyon başına olayların sıklığı açısından tanımlanmaktadır (Shell, 2006: 6-8).

Risk derecelendirme matrisinin çoğu uygulamasında, olasılığın ondalık sayı ya da yüzde ile belirtilmesi tavsiye edilmektedir. Olasılığı rakamlarla hesaplamak için geçmiş olayların verilerinin mevcut olduğu bazı uygulamalarda, örneğin niceliksel risk değerlendirme (QRA), Layer of Protection Analysis (LOPA) v.b rakamsal olasılık

dereceleri ni kullanırken aşağıdaki nedenlerden dolayı dikkatli ol unmalıdır (Shell, 2006: 6-8):

- Risk derecelendir me matrisi ni kullanan niceliksel risk değerlendir meleri ve yarı-niceliksel risk belirle meleri, bir karar için bilgi verebilirler ancak riskleri n uygulanabilir tolerans kriterine göre kabul edilebilirliğini n değerlendiril mesi hala gereklidir.

Ol asılı ktahmini nde aşağıda yer alan Tablo 7 kullanılmaktadır.

Tablo 7. RDM Ol asılı k Tablosu

ARTAN OLASILIK		OLASILIK	OLAYLAR
		Düşük, 1 Sanayi de/ sektörde az duyulmuş	• Çeşitli ekipmanlarda veya vanalarda arıza • Çoklu insan hataları (psikolojik faktörler hariç) • Proses (basıncılı/basıncsız) kaplarında gelişen ani arızalar
		Orta, 2 Tesis te yılda en fazla 3 defa meydana gelmiş	• Çift enstrüman arızaları • Çift vana arızaları • Yükleme/boşaltma alanlarında büyük miktarda sızıntı
		Yüksek, 3	• Proses sızıntıları/döküntüleri • Tek enstrüman arızaları

		Tesiste yılda 3'ten fazla meydana gelmiş	• Tek vana arızaları • Tehlikeli maddelerin az miktarda salınımıyla sonuçlanacak insan hatları
--	--	--	---

Kaynak: (Shell, 2006: 6-8)

5. Aşama - Risk Derecesinin Tahmini

Bu aşamada, tehlike kategorileri (çevre, iş sağlığı ve mülk) belirlenen her bir “tehlikeli” sonuç için, sonuçların şiddet ve olasılık açısından risk derecesi belirlenmektedir.

- Dikey eksen; insana zarar, malın hasarı, çevreye etki açısından artan sonuçları (Şiddet seviyeleri 1 →3) temsil etmektedir.
- Yatay eksen; sonucun artan olasılıklarını temsil etmektedir.
- Risk dereceleri, “olasılık x şiddet” sonucu olarak “2x2=4” şeklinde ifade edilmektedir.
- Matristeki kutular; matrisin sol üst köşesinden sağ alt köşesine doğru artan Risk seviyelerini göstermektedir.
- Riskin artan seviyesini örneklemek için matris mavi, sarı ve kırmızı alanlara ayrılmıştır.

Sonuçların değerlendirilmesi için Tablo 8’de risk derecelendirme matrisi oluşturulmuştur (Sadgrove, 2015: 44-48; Rausand, 2011: 40-45).

Tablo 8 Risk Derecelendirme Matrisi

ARTAN OLASILIK						
ŞİDDET	İNSAN	VARLIK	ÇEVRE	1	2	3
				Sanayi de/ sektörde az duyulmuş	Tesiste yıl da en fazla 3 defa meydana gelmiş	Tesiste yıl da 3'ten fazla meydana gelmiş
1	Hafif yaralanma veya sağlık etkisi	Az hasar	Az etki	DÜŞÜK 1	DÜŞÜK 2	ORTA 3
2	Az & Gdd yaralanma veya sağlık etkisi	Orta hasar	Orta etki	DÜŞÜK 2	ORTA 4	YÜKSEK 6
3	Kalıcı iş göremezlik veya en fazla 3 can kaybı & Can kaybı 3'ten fazla	Büyük hasar	Büyük etki	ORTA 3	YÜKSEK 6	YÜKSEK 9

Kaynak: (Shell, 2006: 6-8)

Ol uşturulan matrise göre kabul edilebilirlik durumu işyeri şartları d kkate alınarak Tablo 9’da tanımlanmıştır. 4 ve üzeri değere sahip riskler kabul edilemez, 3 ile 4 arası değere sahip riskler d kkate değer ve 3’den k     değere sahip riskler düşüş seviye risk olarak kabul edilebilir.

Tablo 9 Risk Derecelendirme Matrisi Bölgeleri

SONUÇ (R)	EYLEM
MAVİ Düşüş (< 3)	KABUL EDİLEBİLİR RİSK Acil tedbir gerektirebilir.
SARI ORTA (3-4)	D�KKATE DEğER RİSK Bu risklere m�nk�n ol duğunca çabuk müdahale edil meli dir. Birleştiril miş risk azaltım önlemleri ile ALARP düzeyinde kontrol gerekir.
KIRMIZI YÜKSEK (4 <)	KABUL EDİLEMEZ RİSK Bu risklerle ilgili hemen çalışma yapıl nalıdır. ALARP düzeyinde kontrol gerekir.

Kaynak: (Shell, 2006: 6-8)

4 BULGULAR

Bu bölümde, yapılan tez çalışması kapsamında materyal metod bölümünde bahsi geçen HAZOP ve Risk Derecelendirme Matrisi metodları ile elde edilen analiz bulguları yer almaktadır.

Petrol rafinerisi ham petrol depolama tank sahasında yürütülen HAZOP/ RDM çalışmasının bir örneği Tablo 10’da verilmiş olup formin detaylı gösterimi EK 1’de yer almaktadır.

Tablo 10. HAZOP/ RDM Çalışma Sayfası Örnek Gösterimi

Saha Adı: Ham Petrol Depolama Tankı Sahası			Depolama Tank Sahası Ekipmanları								
			Sahadaki Tanklar: TK-01 & TK-02 & TK-03 & TK-04								
			Sahadaki Vanalar:								
			- Besleme hattındaki sürgülü vanalar: GV-01 & GV-03 & GV-05 & GV-07 - Besleme hattındaki motonize vanalar: MV-01 & MV-03 & MV-05 & MV-07 - Çıkış hattındaki sürgülü vanalar: GV-02 & GV-04 & GV-06 & GV-08 - Çıkış hattındaki motonize vanalar: MV-02 & MV-04 & MV-06 & MV-08								
Sıra No	Kılavuz Kelime	Sapma	Nedenler	Olası Sonuçları	Mevcut Güvenlik Önlemleri	Sonucun Kategorisi	HAZOP Risk Derecelendirme Matrisi			Öneriler	
							Olasılık	Şiddet	Risk Skoru		
Parametre: Akış											
1	Az	Az Akış	GV-01/ GV-03/ GV-05/ GV-07’de arıza olması	Hasar sonucu atmosfere hidrokarbon salınımı olması. Yangın Riski Tank seviyesinde azalma Proses besleme kaybı Toksik Salınım	• BPCS ikazı	Tehlikeli (M) Tehlikeli (G)	2	2	4	1. GV-Tank arasına akış transmitteni 2. Vanaların düzenli bakım-onanımı 3. Saha denetimi 4. Vanalara kilit sistemi	
						Tehlikeli (M)	2	2	4		
						Tehlikeli (Ç)	2	2	4		

4.1. Ham Petrol Depolama Tank Sahası HAZOP Analizi Bulguları

Ham petrol depolama tank sahası, rafineriye işlem görmek için gelen ham petrolün depolandığı ve buradan da rafinasyon süreci için Proses I ünitesi ne iletildiği alandır.

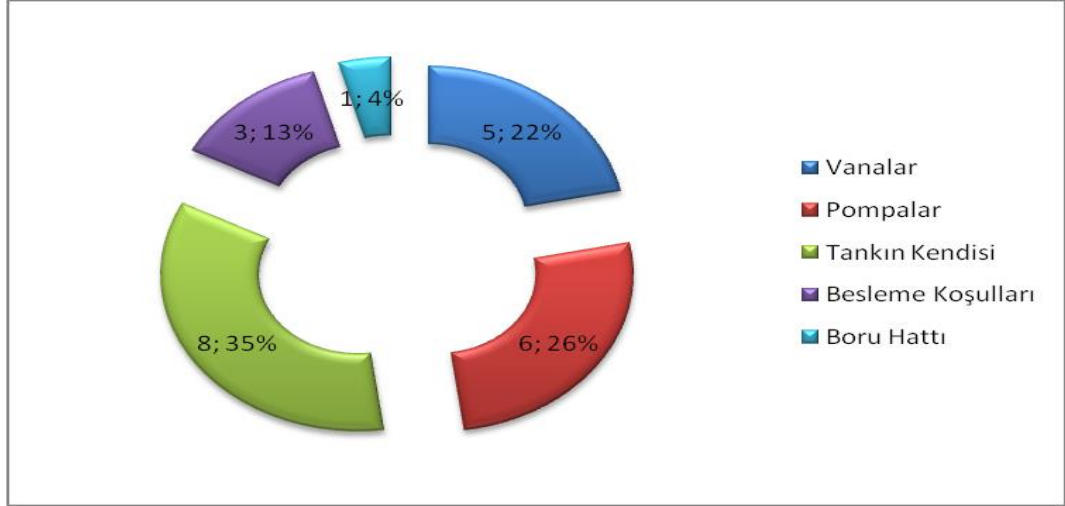
Yapılan tez çalışması kapsamında bu sahadaki riskler belirlenerek büyük endüstriyel kazaya neden olabilecek kritik olaylardan yangın ele alınmış ve yangına neden olabilecek durumlar HAZOP risk analizi yöntemi ile tespit edilmiştir. Hâ m petrol depolama tank sahasında tank tipi olarak sadece yüzer tavanlı tanklar yer almaktadır. Bu tanklar da, diğer tank tipleri gibi yangın riski açısından belirgin bir öneme sahiptir. Bahsedilen tanklarda yangın riski açısından en tehlikeli durum atmosferde hidrokarbon salınım/sızıntısı olmasıdır, çünkü sıvı halde olduğunda bile yanıcı etkiye sahip olan hidrokarbonlar, buhar fazına geçtiğinde yanıcı hidrokarbon bulutu oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, hâ m petrolün flaş noktasının 38° C nin altında olması dikkate alınarak ve HAZOP çalışmasında iş güvenliği, çevresel ve ekonomik faktörler de göz önünde bulundurularak arıza/hata modu olarak “sızıntı” durumu olma ihtimali ve özellikle hidrokarbon salınımına neden olabilecek olası durumlar incelenecektir.

Sapma Nedenlerinin Belirlenmesi: Uygulanan HAZOP analizi çalışmasında, akış, basınç, sıcaklık, korozyon ve drenaj parametreleri kullanılarak sapmalar ve sapmaları oluşturan sapma nedenleri belirlenmiştir. Hâ m petrol depolama tank sahasında mevcut güvenli halin bozulmasına neden olarak hidrokarbon salınımına neden olacak ve dolayısıyla yangın riski yaratabilecek 25 adet sapma nedeni tespit edilmiştir. Detayları Ek-1’de yer alan HAZOP/RDM Risk Analiz Formunda “Nedenler” başlığında verilen bu sapma nedenleri şöyledir:

- Hâ m petrol depolama tank giriş hattı üzerindeki sürgülü vana (GV) arızası
- Hâ m petrol depolama tank giriş hattı üzerindeki motorize vana (MV) arızası
- Hâ m petrol depolama tank çıkış hattı üzerindeki sürgülü vana (GV) arızası
- Hâ m petrol depolama tank çıkış hattı üzerindeki motorize vana (MV) arızası

- Ha m petrol depolama tankı çıkış hattındaki pompalarda arıza
- Ha m petrol depolama tankı giriş hattındaki pompalarda arıza
- Po mpalardan çıkışın engellenmesi
- Tank şarjına yüksek viskozitede ha m petrol gelmesi
- Tankta doluşma şarjının fazla olması
- Tanklar arası seviye farklılığı
- Tank şarjına yüksek sıcaklıkta besleme (şarj) gelmesi
- Tankın çevresinde meydana gelen dış yangın
- Tankı belli sıcaklıkta tutan serpantiinde korozyon meydana gelmesi
- Serpantiin arızası
- Boru hatlarında, Vana ların flanş noktalarında, Po mpalarda, Mıkserde, Tank diplerinde korozyon oluşumu
- Yüzer tavanın aşınması
- Tankın taşması
- Akışın arızalar nedeniyle engellenmesi

Bu sapma nedenleri çerçevesinde tank sahası ele alındığında, bazı bölgelerde istenilen işletme koşullarından sapmaların daha fazla olabileceği tespit edilmiştir. Bu sapmaları ortaya çıkaran nedenlerin ha m petrol depolama tank sahasında bulunduğu ekipman/cihaza göre dağılımı Şekil 13’de verilmiştir. Verilen dağılımı incelendiğinde, istenilen operasyon koşullarından sapmaların en çok tankta olduğu görülmüştür.



Şekil 13 İşletme Koşullarındaki Sapmaların Bulunduğu Yerler

Olası Sonuçlar (Risklerin) Tespiti: HAZOP analizi sonucu 25 sapma nedeni ne bağlı olarak ve mevcut güvenlik önlemleri dikkate alınmayarak 73 adet risk, 35 adet yangın riski tespit edilmiş olup bu rakam toplam risklerin % 47,9'unu oluşturmaktadır. Riskler, Ek-1'de yer alan HAZOP/ RDM Risk Analiz Formunda “Olası Sonuçlar” başlığında detaylı şekilde verilmiştir. Risk analizi yapılan ve Materyal Bölümü Şekil 7’de akışması verilen ham petrol depolama sahası için sapma nedenleri ve olası sonuçları;

- P1- A B giriş hattı pompaları,
- Tank giriş hattı vanaları,
- Tank,
- Tank çıkış hattı vanaları,
- P2- A B çıkış hattı pompaları
- Boru hattı

bölgeyi bazında Tablo 10-16’de verilmiştir.

Tablo 11. Giriş Pompaları için HAZOP Çalışması

Parametre	Kılavuz Kelime	Sapma Nedeni	Tespit Edilen Riskler
Akış	Az	Giriş hattı üzerindeki pompalardan (P1- A/B) çıkışın engellenmesi	- Mekanik arıza meydana gelmesi sonucu at mosfere hidrokarbon salınımı olması. - Yangın - Toksik Salınım
Akış	Az	P1- A/B arızası	- Mekanik arıza nedeniyle at mosfere hidrokarbon salınımı - Yangın - Toksik Salınım - Tanka kısa süreli besleme kaybı
Akış	Az	Hampetrolün yüksek vizkozitede gelmesi	- P1- A/B pompa motorlarında arıza - Fazla buhar tüketimi - Hidrokarbon salınımı - Yangın - Toksik Yayılım
Akış	Fazla	P1- A/B pompalarında arıza	- Tankta taşma - Taşma havuzunda hidrokarbon birikmesi - Hidrokarbon salınımı - Yangın - Toksik Yayılım
Korzyon	Fazla	P1- A/B pompasında korzyon	- Pompadan hidrokarbon sızıntısı - Yangın - Toksik salınım

Tablo 12 Tank Giriş Vanaları için HAZOP Çalışması

Parametre	Kılavuz Kelime	Sapma Nedeni	Tespit Edilen Riskler
Akış	Az	GV- 01/ GV- 03/ GV- 05/ GV- 07' de arıza olması	- Hasar sonucu atmosfere hidrokarbon salınması. Yangın Riski - Tank seviyesinde azalma. Prosese besleme kaybı - Toksik Salınım
Akış	Az	MV- 01/ MV- 03/ MV- 05/ MV- 07 vanalarında arıza meydana gelmesi	- Mekanik hasar sonucu atmosfere hidrokarbon salınması. Yangın Riski - Tank seviyesinde azalma. Prosese besleme kaybı - Toksik Salınım
Korozyon	Fazla	Giriş hattı vana flanşlarında kaçak	- Flanşlarda çatlak korozyonu sonucu hidrokarbon salınım - Yangın - Toksik salınım

Tablo 13 Tank için HAZOP Çalışması

Parametre	Kılavuz Kelime	Sapma Nedeni	Tespit Edilen Riskler
Akış	Fazla	Tanklara dolum şarjının fazla olması	- Tank seviyesinde yükselme sonucu taşma - Hidrokarbon sızırtısı - Taşma havuzunda hidrokarbon birikmesi - Yangın - Toksik Salınım
Akış	Ters	Tanklar arasında seviye farkı	Tankta mekanik arıza sonucu hidrokarbon salınım

			• Tankta taşma • Yangın • Toksik Salınım
Basıncı	Fazla	Dış yangın	• Tankta basınç artışı ve ani buharlaşma • Hidrokarbon salınımına neden olacak mekanik arıza • Yangın • Toksik Salınım
Sıcaklık	Az	Serpantin de arıza	• Ham petrol viskozitesinin artması • P2- AB pompa motorlarında arıza • Yangın • Toksik salınım
Sıcaklık	Fazla	Tank şarjına yüksek sıcaklıkta besleme gelmesi	• Yüksek sıcaklık nedeni ile mekanik arıza sonucu hidrokarbon salınım • Yangın • Toksik salınım
Korozyon	Fazla	Serpantin de aşınma	• Serpantinden geçen buharın ham petrole karışmasıyla sıcaklık ve basıncın artması sonucu hidrokarbon salınım • Pompalara buhar girmesi sonucu mekanik arıza • Yangın • Toksik salınım
Korozyon	Fazla	Tank diplerinde kaçak	• Taşma havuzuna hidrokarbon sızıntısı • Yangın • Toksik salınım • Toprağa hidrokarbon buluşması (kontaminasyon)
Korozyon	Fazla	Yüzer tavanın aşınması	• Yüzer tavan üzerinde hidrokarbon birikmesi • Tavanın çökmesi • Yangın • Toksik salınım

Korozyon	Fazla	M kserde korozyon	• M kser baēlantı noktalarından hidrokarbon sızıntısı • Taşma havuzunda hidrokarbon birikmesi • Yangın • Toksik salınım
Drenaj	Az	Tahliye vanasında arıza	• Tankta taşma sonucu hidrokarbon salınım • Yangın • Toksik salınım

Tablo 14 Tank Çıkış Hattı Vanaları için HAZOP Çalışması

Parametre	Kılavuz Kelime	Sapma Nedeni	Tespit Edilen Riskler
Akış	Az	GV- 02/ GV- 04/ GV- 06/ GV- 08’ de arıza meydana gelmesi	• Kaviteasyon nedeniyle P2- A/B pompalarında mekanik arıza olması nedeniyle atmosfere hidrokarbon salınım olması. Yangın Riski • Tank seviyesinde artış • Yangın • Toksik Salınım
Akış	Az	MV- 02/ MV- 04/ MV- 06/ MV- 08’ de arıza meydana gelmesi	• Kaviteasyon nedeniyle P2- A/B pompalarında mekanik arıza olması nedeniyle atmosfere hidrokarbon salınım olması. • Zamanla tank seviyesinde artış • Yangın • Toksik Salınım
Korozyon	Fazla	Çıkış hattı vana flanşlarında kaçak	Giriş hattı vanalarında ele alınmış olup tüm vanalar için sonuçları aynıdır.

Tablo 15 Çıkış Hattı Pompaları için HAZOP Çalışması

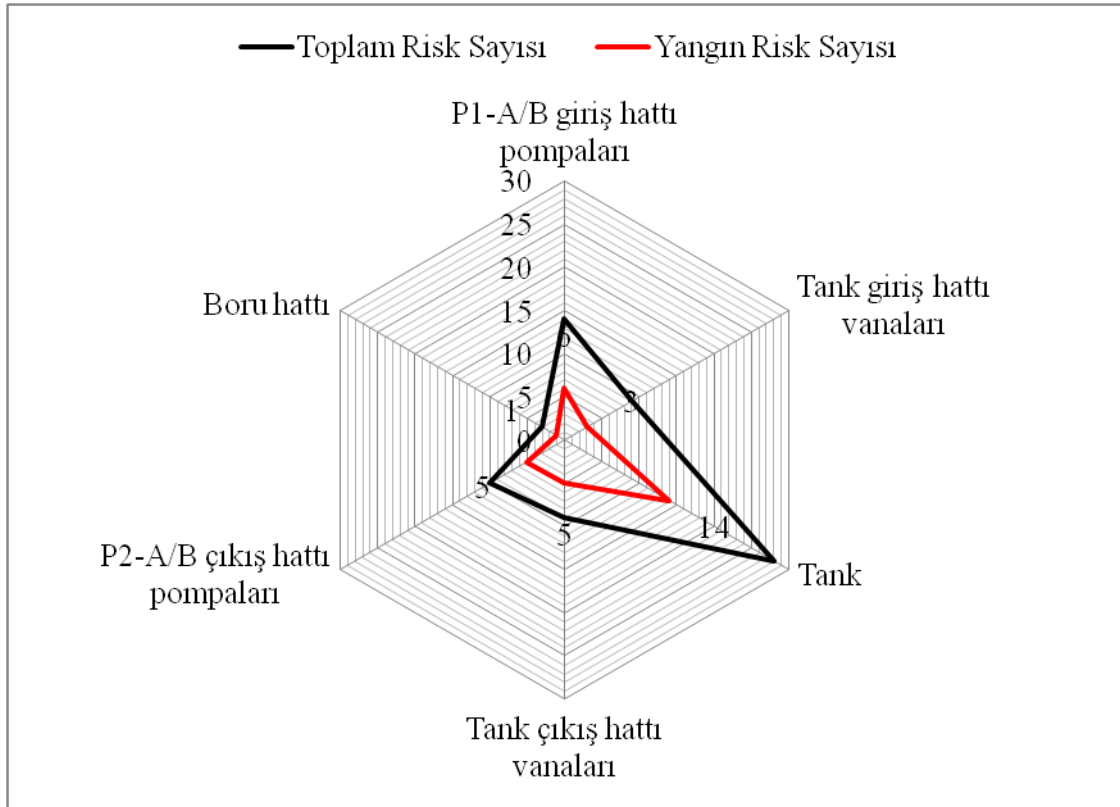
Para metre	Kıl avuz Keli me	Sap ma Nedeni	Tesp it Edilen Riskler
Akış	Az	Çıkış hattı üzerindeki pompalardan (P2- A B) çıkışın engellenmesi	- Mekanik arıza meydana gelmesi sonucu atmosfere hidrokarbon salınım olması. - Zamana tank seviyesinde artış - Yangın - Toksik Salınım
Akış	Az	P2- A B pompalarında arıza olması	- Mekanik arıza nedeniyle atmosfere hidrokarbon salınım - Proses kısa süreli besleme kaybı - Tank seviyesinde artış - Yangın - Toksik Salınım
Korozyon	Fazla	P2- A B pompasında korozyon	P1- A B pompası ile aynı

Tablo 16. Boru Hattı için HAZOP Çalışması

Para metre	Kıl avuz Keli me	Sap ma Nedeni	Tesp it Edilen Riskler
Korozyon	Fazla	Boru hattında yarılmaları	- Tank sahası boru hattında kaçak sonucu hidrokarbon salınım - Toprağa hidrokarbon buluşması (kontaminasyon) - Yangın - Toksik salınım

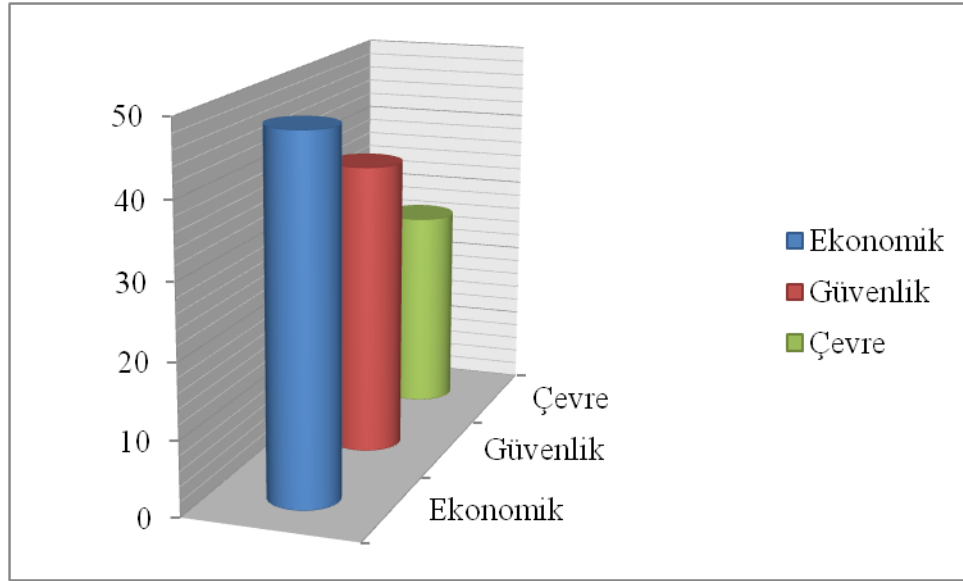
Tablo 10 – 16 tablolar da belirtilen sapma nedenlerine bağı tespit edilen riskler sonucu, ha mpetrol depolama tank sahası nda;

- Giriş pompaları ndaki sapma nedeni yle: 14 risk, 6 yangın riski
- Giriş vanaları ndaki sapma nedeni yle: 9 risk, 3 yangın riski
- Tank a d uş an sapma nedeni yle: 28 risk, 14 yangın riski
- Ç ıkış vanaları ndaki sapma nedeni yle: 9 risk, 6 yangın riski
- Ç ıkış pompaları ndaki sapma nedeni yle: 10 risk, 5 yangın riski
- Boru hattı ndaki sapma nedeni yle: 3 adet risk ve 1 adet yangın riski tespit edil miştir. (Ş ekil 14)



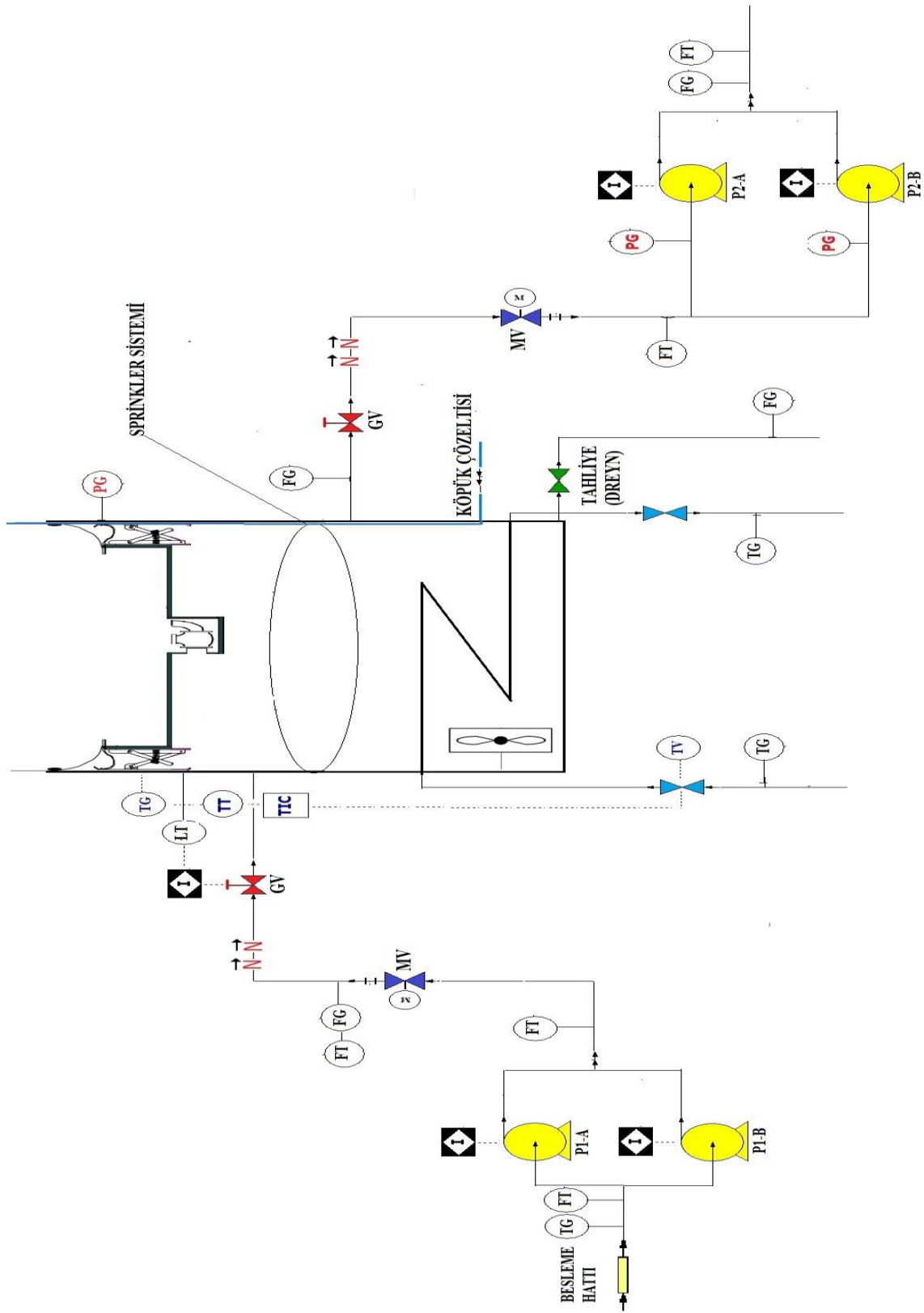
Ş ekil 14 Tank Sahası Böl geler Bazı nda Tespit Edilen Risk Sayısı Dağı lı mGrafi ğ i

Sonuçların Tehlike Kategorilerinin Belirlenmesi: Mevcut güvenlik önlemleri de göz önünde bulundurularak 73 “tehlikeli” kategorisinde risk tespit edilmiştir. Bu risklerin 48’i ekonomik, 29’u güvenlik ve 27 tanesi çevre tehlikesine sahiptir. İlgili bulguların grafiksel gösterimi Şekil 15’de verilmiştir.



Şekil 15. Sonuçların Tehlike Kategorilerinin Dağılım Grafiği

HAZOP Önerileri: Riski azaltmak ve sistem güvenliğini artırmak için 73 adet risk için toplam 111 adet öneri kaydedilmiştir. Önerilerden bazıları diğer riskler için de ortaktır. Bu risk azaltma tedbirleri Ek-1’deki HAZOP/ RDM Risk Analiz Formu’nda “Öneriler” başlığında detaylı olarak verilmiştir. Bu öneriler doğrultusunda oluşturulan tank enstrümantasyon diyagramı Şekil 16’da gösterilmiştir.



Şekil 16. HAZOP Önerileri Sonrası Tank Enstrümantasyon Diyagramı

4.2 Risk Derecelendirme Matrisi Analizi Bulguları

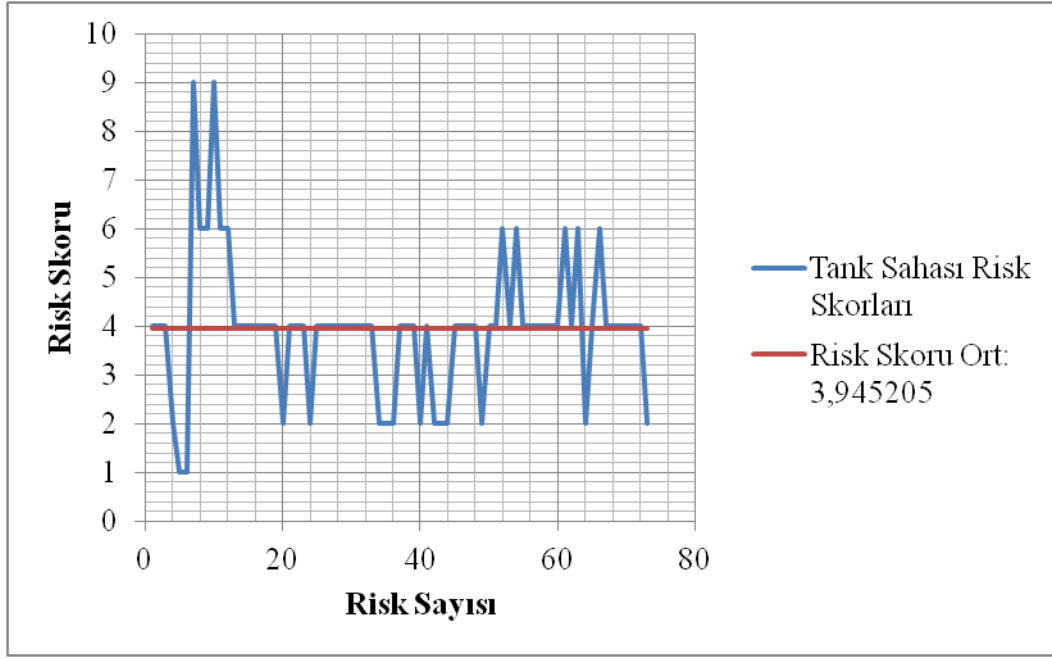
Risklerin belirlenmesi ve derecelendirilmesi aşamasında elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Risklerin Belirlenmesi: Ham petrol depolama tank sahasına ait riskler HAZOP analizi ile belirlenmiş ve yapılan bu analiz sonucu sahada 73 adet risk ve 35 adet yangın riski tespit edilmiştir. Bu riskler Ek-1’de verilen HAZOP/ RDM Risk Analiz Formunda “olası sonuçlar” başlığında yer almaktadır.

Sonuçların Olasılık Değerlerinin Atanması: Tespit edilen 73 adet riskin meydana gelme olasılığı belirlenmiştir. Bu değerler Ek-1’de verilen HAZOP/ RDM Risk Analiz Formunda “olasılık” başlığında yer almaktadır. 10 adet riskin olasılık değeri 1, 57 adet riskin olasılık değeri 2 ve 6 adet riskin olasılık değeri 3 olarak tespit edilmiştir.

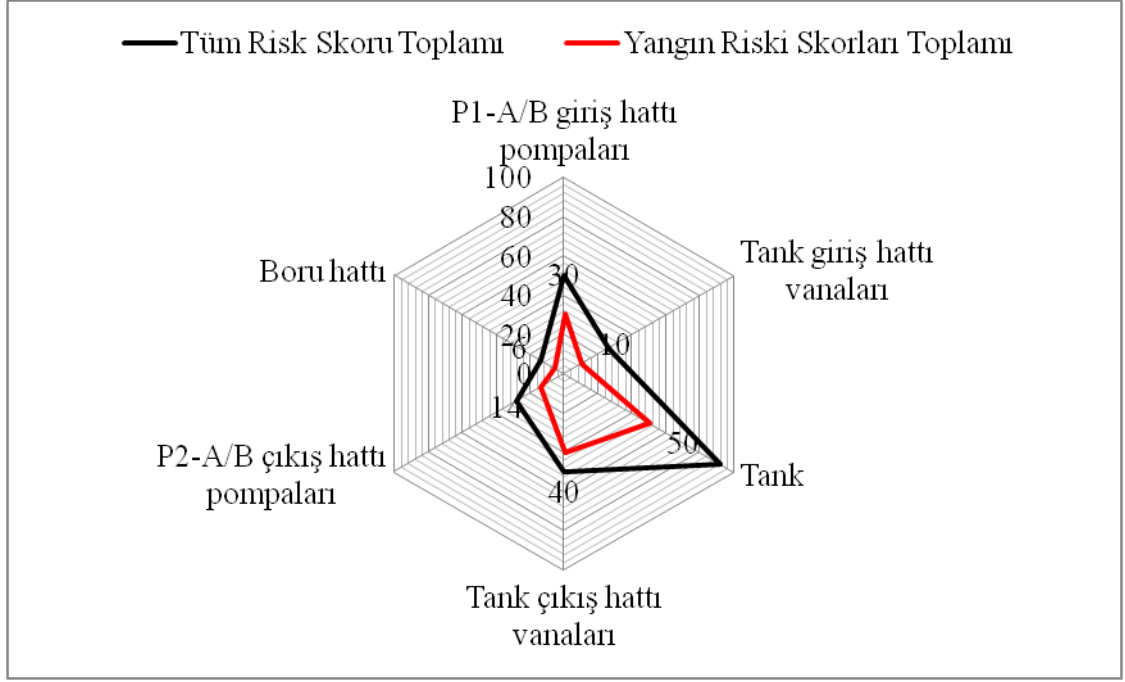
Sonuçların Şiddet Değerlerinin Atanması: Belirlenen 73 adet riskin düşmesi durumunda yaratacağı şiddet değerleri atanmıştır. 7 adet riskin şiddet değeri 1, 59 adet riskin şiddet değeri 2 ve 7 adet riskin şiddet değeri 3 tespit edilmiştir.

Risk Skorlarının Hesaplanması: Bu 73 adet riskin risk derecelendirme matrisi analizine göre tespit edilen olasılık ve şiddet değerlerinin çarpımı sonucu elde edilen risk skorlarına göre sahanın ortalama risk skoru 3,95 olarak elde edilmiştir. Bu değer, tank sahasının orta derece riskli olduğunu göstermekle birlikte, sınır değere yakın olması yüksek derece riske de yaklaştığını göstermektedir. Şekil 17’de HAZOP çalışması sonucunda tespit edilen risklerin RDM değerleri dağılımı verilmiştir.



Şekil 17. Risk Derecelendirme Matrisi Değerleri Dağılım Grafiği

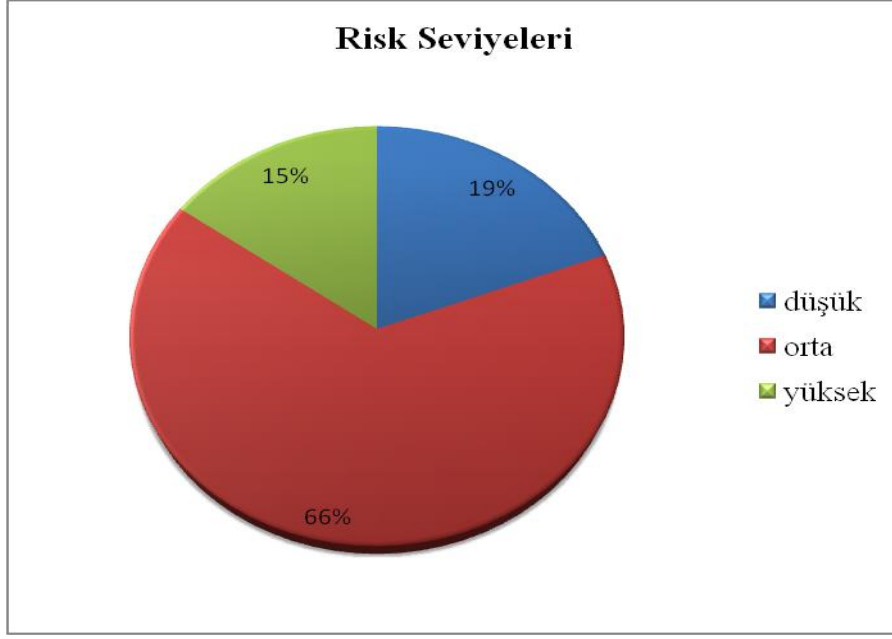
Tank sahasındaki giriş hattı pompaları, giriş hattı vanaları, tank, çıkış hattı vanaları, çıkış hattı pompaları ve boru hattı bölgeğinde tespit edilen sızma nedenlerine bağlı olarak oluşan risklerin ve yangın risklerinin skorları toplamına göre en yüksek toplam skora tankın kendisi sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgeler bazında toplam skor değerleri Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18 Tank Sahası Bölgelerine Göre Toplam Risk Skorları Değerleri

Risk Seviyelerinin Belirlenmesi: HAZOP analizi ile belirlenen riskler için risk skoru, tesisin mevcut güvenlik önlemleri göz önüne alınarak, riskin meydana gelme olasılığı ve risklerin şiddetinin çarpımıdır. 3X3 L Tipi matrisine göre “1-2” risk skoru düşük seviyede, “3-4” risk skoru orta seviyede ve “6-9” risk skoru yüksek seviyede risklidir.

HAZOP analizi çalışmasında elde edilen 73 riskin 14 tanesi “düşük”, 48 tanesi “orta” ve 11 tanesi “yüksek” seviyededir. Ham petrol depolama tank sahası geneli risk seviyeleri Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 19 Risk Derecelendirme Matrisi Dağılımı

Bu tablodan da görüleceği üzere ham petrol depolama tank sahasına ait yangın analizi sonuçlarının büyük bir kısmı “orta” yani “dikkate değer” risk seviyesinde yer almaktadır.

4.3 Yangın Önleme ve Yangından Korunma Çalışmaları

4.3.1 Eylem Planı Oluşturulması

Ham petrol depolama tank sahası yangın risklerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan HAZOP/ RDM analizi sonucu tespit edilen 73 riskin 14 tanesi “düşük”, 48 tanesi “orta” ve 11 tanesi “yüksek” risk seviyesinde yer almaktadır. Sahanın yangın güvenliği yönüyle mevcut risklerin tedirilebilir risk seviyesine düşürülmesi ve oluşacak olası bir yangının katastrofik etkilerinin azaltılması için birtakım faaliyetler yürütülmesi gerekmektedir. Yürütülen bu analiz çalışması ve bu analizler esnasında yapılan saha gözlemi/denetimi sonucu saha için uygulanması gereken risk azaltma çalışmaları,

HAZOP analizi ile belirlenmiş (111 öneri) ve risk derecelendirme matrisi sonucu belirlenen risk seviyelerine göre önceliklendirilmiştir. Farklı risk seviyelerindeki durumlar için aynı önerilerin verilmesi durumunda risk seviyesi yüksek olana göre önem sırası verilmiştir. Eylem planında 41 faaliyet yer almaktadır. Bu faaliyetlerden 12 tanesi hemen yapılması gereken, 21 tanesi mümkün olan en kısa zamanda yapılması gereken ve 8 tanesi uygulanmasının iyi olacağı düşünülen ve acil olmayan faaliyetlerdir. Oluşturulan bu eylem planı örnek gösterimi Şekil 20’de verilmiştir. Tablonun tamamı Ek-3’de yer almaktadır.

Oncelik Sırası	Faaliyetin Adı
1	Sahanın periyodik olarak denetiminin yapılması (Örnek saha denetim formu oluşturulmuş ve Ek-2’de verilmiştir.)
1	Yüzer tavanlı tanklarda hidrokarbon emisyon noktaları olan vanalar, tahliye (dreyn) hattı, seal bölgesi, dayk alanı ve flanş noktalarında hidrokarbon emisyon ölçümlerinin düzenli yapılması
2	Tank besleme hattında bulunan gate vanalar ve tank arasına akış transmitteri yerleştirilmesi
2	GV-01, GV-03, GV-05, GV-07 besleme vanalarına kilit sistemi (interlock) kurulması ve elektrik düğmesinin en az 15 metre mesafede olması
3	Motorize vanalar ve tank arasına akış gösterge ve transmitteri entegre edilmesi
1	Pompaların emiş bölümüne basınç göstergesi entegre edilmesi

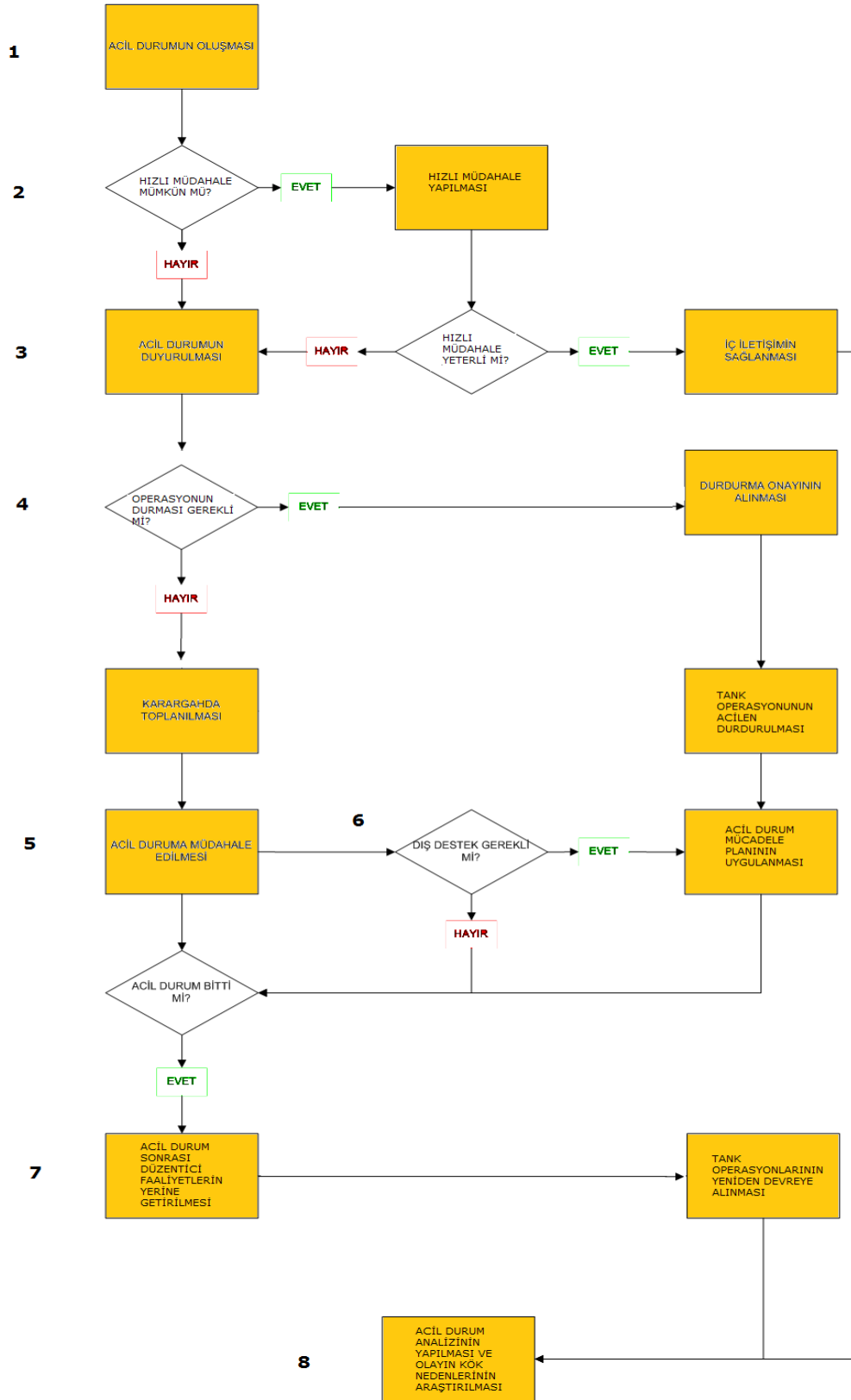
Şekil 20. Eylem Planı Örnek Gösterimi

4.3.2 Acil Durum Uygulamaları ve Yangınla Mücadele Stratejilerinin Güncellenmesi

Acil Durum Uygulamaları

HAZOP analiz çalışması 35 yangın riski tespit edilmiştir. Yangın, acil durum uygulaması gerektiren bir olaydır. Depolama tank sahasında meydana gelen acil durumlarda öncelikle hızlı müdahalenin yapıp yapılmayacağı tespit edilmelidir. Hızlı müdahale sonrası kontrol altına alınan ve ortadan kaldırılan acil durumun analizi yapılmalı ve nedenleri tartışılmalıdır. Hızlı müdahalenin yapılmayacağı durumlarda ise meydana gelen acil durum tüm çalışanlara duyurulmalı ve acil durum yönetimi odasında toplanmalıdır. Tank operasyonlarının durdurulması için onay alındıktan sonra yangından etkilenen tankın tüm operasyonlarının durdurulması ve bu operasyona anında müdahale imkanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Acil durum dış destek gerektiriyorsa kriz merkezi amirinin yönlendirmesine göre müdahale planı oluşturulur. Acil durum ortadan kaldırıldığında tank operasyonları emniyetli şekilde yeniden başlatılır. Meydana gelebilecek olası hastalık ve yaralanmaları en aza indirebilmek için tedbirlerin alınması ve düzeltici faaliyetlerin yapılması gerekmektedir.

Acil durumakış şeması Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Acil Durum Akış Şeması

Yangınlıa Mıcadele Stratejisi

Rafineri ham petrol depolama tank sahasında sabit köpük sistemi mevcuttur. Tank sahası uzaktan müdahale imkanı verecek biçimde sabit yangın söndürme sistemleri ile donatılmıştır. Olası dış yangında tankın soğutulmasını sağlamak için su sprink sistemlerinin de kurulması gerekmektedir. Bu sistemlerin ve diğer yangınlıa mücadele ekipmanlarının düzenli olarak bakım yapılmalıdır.

Tank sahasındaki yangın durumunda operasyonların durdurulması tercih edilmelidir. Operasyon durdurulduktan sonra, tankın Taşma havuzunda bulunan tahliye (dreyn) vanasının durumu kontrol edilmeli ve bu alanda hidrokarbon birikmesini engellemek için kapalı olduğundan emin olunmalıdır. Tanktaki ürünün transfer edilmesi gerekiyorsa ürün transfer hattı incelenmelidir. Tank seviye enstrüman sisteminin ve diğer kontrol sistemlerinin yangından etkilenip etkilenmediği kontrol edilmelidir.

Tüm tank yangınlarında öncelikle tankı çevreleyen yangın kontrol altına alınmalı ve söndürülmelidir. Yanan tankın ve ateş almış tankların tavan ve yan duvarlarına su verilerek tanklar emiyete alınmalı ve su sprink sistemleri çalıştırılmalıdır. Termal radyasyon seviyesi 8-32 kW/m² arasındaysa tankın soğutulması, 32 kW/m² üzerindeyse acil soğutma ve müdahale gerekmektedir. Yanan tankta, sabit köpük sisteminden köpük verilerek tank içindeki yangın söndürülmelidir. Bu esnada rüzgarın esiş istikameti dikkate alınarak yangına müdahale edilmesi gerekmektedir. Taşma havuzundaki drenaj vanaları açılarak bu alanda toplanan suyun boşaltılması sağlanmalıdır.

Tüm yüzey yangınlarında ham petrol yandıktan sonra aşağı doğru hareket eden ısı dalgası yayarak ısı transferine neden olmaktadır. 260 ila 310 °C ye kadar yükselabilen ısı dalgası tank diplerine ulaştığı zaman ham petrol içinde ve tank diplerinde bulunan

su nedeniyle burada şiddetli bir kaynama meydana gelir. Bu kaynama sonucu buhar fazına geçen su, yukarı doğru hareket eder. Yukarı çıkarken de ham petrolü yakar. Yanan petrol tank dışına kızgın yağ zerrecikleri halinde sıçrar. Isı dalgasının aşağıya doğru ilerlemesi, tank duvarlarına su uygulanarak kontrol edilmelidir. Kaynayarak taşma endişesi olduğunda, sıçramanın 500 metreyi bulabileceği de göz önünde bulundurularak tankın çevresi boşaltılmalıdır.

Yangına müdahale eden ekibin koruyucu giysileri temin ettiğinden ve gerektiği gibi giydiğinden emin olunmalıdır. Yangının büyüme ve yayılma durumu söz konusu ise personeli korumak için hortumlarla sus sesi yapılmalıdır. Yüzer tavan üzerinden müdahale mümkün olduğunca en son çare olarak düşünülmeli ve bu müdahale gerekiyorsa emniyet ipi kullanılmalıdır.

Yangının termal radyasyon etkileri de göz önünde bulundurularak personel her zaman 6 kW m² termal radyasyon seviyesinin dışında kalmalıdır. Eğer personelin bu 6 kW m² termal radyasyon bölgesine girmesi gerekiyorsa mutlaka koruyucu giysi giymeli ve azami 1 dakika bu alanda bulunmalıdır.

Fazla köpük kullanımı tankın yüzer tavanının çökmesine neden olabileceğinden senaryolarda ne kadar köpük kullanılması gerektiği hesaplanmalıdır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Petrol rafinerileri, ham petrol den günlük yaşamda kullanılan benzin, doğalgaz, LPG gibi yakıtların üretildiği dolayısıyla yangın riskleri açısından yüksek sağlık, güvenlik

ve çevresel tedbirlerin alınması gerektiği tesislerdir. Türkiye’de 1999 yılında 7.4 şiddetinde meydana gelen depremde de tecrübe edildiği üzere petrol rafinerisi tank sahasında meydana gelen yangın kontrol altına alınmadığında büyük bir felakete yol açabilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında da bir petrol rafinerisinin ham petrol depolama tank sahasındaki yangın riskleri belirlenmiş ve bu risklerin azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Tehlike ve işletilebilirlik (HAZOP) analizi, kimya endüstrisinde risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde en çok tercih edilen metotlardandır. Tesisin tasarımı aşamasında da uygulanabilen bu metotla işletme koşulları etkin bir şekilde analiz edilebilmekte ve analiz edilen bölüme özgü risk azaltma tedbirleri önerilebilmektedir. HAZOP analizi çalışması sonrasında uygulanan, hızlı ve kolay bir yöntem olan 3X3 risk derecelendirme matrisi (RDM) ile HAZOP sonuçları derecelendirilerek kantitatif olarak değerlendirilebilmektedir.

HAZOP/ RDM metotları kullanılarak ham petrol depolama tank sahasında yangın risklerinin belirlendiği bu çalışma tank sahasının mevcut durumunu ortaya koymuş ve tesise yeni düzenlemeler ve uygulamalar getirilmesi gerekliliğini göstermiştir. Tespit edilen riskler için sunulan öneriler, risk seviyeleri de göz önünde bulundurularak önceliklendirilmiş ve tesis için bir eylem planı oluşturulmuştur. Tesisin mevcut acil durum uygulamaları ve yangınla mücadele stratejileri incelenmiş, özellikle İngiltere ve AB uygulamaları dikkate alınarak bu stratejiler güncellenmiştir.

5.1.Sonuçlar

Çalışmanın sonuçları özetle aşağıda verilmiştir.

- Tez çalışması kapsamında analizi yapılan tesisin son 20 yıllık yangın kayıtları incelendiğinde meydana gelen 33 yangından 9'unun tank sahasında; 9'unun rafineri prosesleri dışında (lojman, yemekhane vb.); 7'sinin proses ünitelerinde; 2'sinin laboratuarda ve 6'sının yardımcı tesislerde (elektrik ünitesi, buhar ünitesi vb.) meydana geldiği görülmüştür.
- Tank sahasında meydana gelen yangınların cihaz, ekipman ve boru hattında meydana gelen arızalar sebebiyle oluşan hidrokarbon sızıntısından kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- HAZOP analizi ile ham petrol depolama tank sahasında yangına (hidrokarbon sızıntısına) neden olabilecek 25 sapma nedeni (tehlike), 73 adet risk ve 35 adet yangın riski tespit edilmiştir. Yangın riski toplam riskin %47,9'unu oluşturmaktadır.
- Tank sahasını bölgelere ayrılarak incelendiğinde (tank giriş hattı pompaları, tank giriş hattı vanaları, tankın kendisi, tank çıkış hattı vanaları, tank çıkış hattı pompaları, boru hattı) en çok sapma nedeni (tehlike) tankta tespit edilmiştir. Risk sayısı ve risk skoru da tank bölgesinde en yüksektir.
- HAZOP/ RDM çalışması ve saha denetimi sonrası tespit edilen 73 risk için toplam 111 adet öneri geliştirilmiştir. Bazı riskler için ortak risk azaltma önerileri bulunmaktadır.
- 111 adet öneri, sahanın risk seviyeleri de göz önünde bulundurularak önem sırasına konulmuş ve saha için eylem planı oluşturulmuştur. Ortak önerilerin de toplanması ile eylem planında 41 öneri yer almıştır. Bu eylem planında 12 adet hemen yapılması gereken, 21 adet mümkün olan en kısa zamanda yapılması

gereken ve 8 adet uygulanması nı n i y i d a c a ğ ı d ü ŝ ü n ü l e n v e a c i l d n a y a n f a a l i y e t y e r a l m ı ŝ t ı r.

- Risk derecelendirme matrisi kullanılarak değerlendirilen 73 riskin 11'i yüksek, 48'i orta ve 14 tanesi düşük seviyeli riskler olarak belirlenmiştir.
- Tank sahasının risk ortalaması 3,95'tir. Bu değer orta seviyede olma k l a b e r a b e r risk düzeyinin yüksek seviyeye yak ı n o l d u ğ u n u g ö ŝ t e r m i ŝ t i r.
- Hidrokarbon sızıntılarının engellenmesi ve kontrolü için tank sahasına entegre edil mesi a n a c ı y l a g ü v e n l i k e k i p m a n / c i h a z l a r ı n a , y ü k s e k s e v i y e a l a r n ı l a r a i h t i y a c o l d u ğ u t e s p i t e d i l m i ŝ t i r.
- Hidrokarbon sızıntılarının tespit edilmesi için çalışanlar tarafından düzenli yapılan herhangi bir saha denetimi ol m a d ı ğ ı g ö r ü l m ü ŝ t ü r.

5.2 Öneriler

Yapılan bu tez çalışması n ı n s o n u ç l a r ı d i k k a t e a l ı n a r a k g e l i ŝ t i r i l e n ö n e r i l e r a ŝ a ğ ı d a v e r i l m i ŝ t i r.

- Arızalardan kaynaklanan hidrokarbon sızıntısını ve yangına neden olmasını engellemek için saha düzenli olarak denetlenmeli, sahaya dedektörler yerleştirilmeli, korozyona karşı katodik koruma tedbirleri geliştirilmeli, operatöre arızaları iletecek yüksek seviye alarm sistemleri kurulmalı ve tüm ekipman ve enstrümanların periyodik bakım onarım ı n a y a p ı l m a l ı d ı r . İ y i b i r b a k ı m o n a r ı m v e d e n e t l e n e ç a l ı ŝ m a l a r ı b i r ç o k d u r u m d a d ü ŝ ü k m a l i y e t l i r i s k a z a l t m a t e d b i r i s a ğ l a m a k t a d ı r.
- Yüzer tavanlı tanklarda taşma nedeniyle en çok seal (yüzer tavanlı tankın sızdırmazlık malzemesi) bölgesinde yangın görüldüğü için bu bölgeye lineer ısı

dedektörü yerleştirilmeli, seal malzemesi yangına dayanıklı seçilmeli ve sızıntıları en üst seviyede engellemek için çift seal kullanılmalıdır. Yüzer tavanlara geliştirilmiş köpük sistemi kurulmalı, yangın durumunda kullanılan köpük nedeniyle yüzer tavanda çökme meydana gelmesi için tavana drenaj (tahliye) sistemi entegre edilmelidir.

- Tank çevresindeki taşma havuzu/benti (havuzlama bölgesi) duvarı yükseklikleri ile ilgili detaylı bir inceleme yapılmalı, tank taşma havuzu kapasiteleri tekrar hesaplanmalıdır. Taşma havuzu bölgesinde meydana gelecek bir yangının diğer tanklar üzerindeki termal radyasyon etkileri araştırılmalıdır. Bu hesaplamalar doğrultusunda senaryolar geliştirilerek tanklara soğutma ve söndürme sistemleri oluşturulmalıdır. Bu konuda uluslararası standartlardan yararlanılabilir.
- HAZOP analiz çalışması sonucunda 73 yangın riski tespit edilmiştir. Sahada meydana gelecek olası bir tank yangını, acil müdahale gerektiren bir durumdur ve söndürmek için büyük çaba, masraf ve insan gücü gerektirir. Zaman ve insan gücünü dolayısıyla hasarı asgariye indirmek için tanklar mutlaka uzaktan müdahale imkanı verecek biçimde sabit yangın söndürme sistemleri ile donatılmalıdır. Rafineri ham petrol depolama tank sahasında sabit köpük sistemi mevcuttur. Olası dış yangında tankın soğutulmasını sağlamak için su sprink sistemlerinin de kurulması gerekmektedir. Bu sistemlerin ve diğer yangınla mücadele ekipmanlarının düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.
- Depolama tank sahasında meydana gelen yangınlara iyi bir planlama stratejisi ile müdahale edildiğinde insan hayatına veya çevreye büyük bir tehlike getirilmeyeceğinden yangın ve acil durum senaryo çalışmaları yapılmalı ve

müdahale ekiplerinin yararlanması için bu senaryolar çerçevesinde ön yangın planları oluşturulmalıdır.

- Petrol rafinerileri; proseslerin, ünitelerin, depolama sahalarının ve yardımcı tesislerin birbirleri ile bağlantılı olduğu bir sisteme sahiptir. Bu nedenle ham petrol depolama tank sahası için yapılan bu çalışmada belirlenen senaryolar, diğer tank sahalarındaki ve proses ünitelerindeki olası sonuçlar ve mevcut güvenlik tedbirleri de incelenerek gözden geçirilmelidir.
- Tesis tasarımının iyi yapılması birçok büyük endüstriyel kazanın oluşmasını engellemektedir. Bu nedenle yeni kurulacak tesislerde subjektif güvenlik tedbirleri sunan HAZOP gibi metotlar kullanılarak risk değerlendirilmesi yapılmalıdır.
- Yangına müdahale stratejileri, düzgün aralıklarla yapılan tatbikat ve eğitimle geliştirilmeli ve gerekli tüm tedbirler alınmalıdır.
- Büyük endüstriyel kaza riski olan bu tür tesislerde gaz algılama ve söndürme sistemlerinin tasarımı, işletme tecrübesi yüksek ve alanında uzman kişilerce yapılmalı ve teknolojik gelişmeler takip edilerek iyileştirmeler uygulanmalıdır.
- Rafinerilerde yangın güvenliğini sağlanması ve oluşacak yangının etkilerinin azaltılması için güvenlik tedbirleri güncel ulusal ve uluslararası mevzuat çerçevesinde yenilenmeli ve tesise özel bir yangın tehlike yönetimi politikası oluşturulmalıdır. Bu politika doğrultusunda alınacak risk azaltma tedbirleri için çoğunlukla maliyet de göz önünde tutulmalıdır.
- Büyük tesisler için yapılan risk değerlendirilmesi tek bir metoda bağlı kalmamalı, en az iki ayrı metod kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmalı ve risk azaltma tedbirleri önceliklendirilmelidir.

- Özellikle büyük tesislerde yangınları tümüyle önlenmenin imkanı yoktur fakat bunları en aza indirmek mümkündür. Küçük bir ihmal veya bilgi noksanlığı bir tesisin birkaç saat içinde yanıp kül olmasına, büyük can ve mal kayıplarına neden olabilir. Yangınla mücadelede doğru strateji uygulanabilmesi için yangınla mücadele ekibinin kompedanlığı eğitimiyle artırılmalıdır.
- Her ne kadar günümüzde karmaşık prosesli tesislerde risk değerlendirme hizmeti genel olarak yabancı uzmanlardan alınsa da ortam koşullarını en iyi yereldeki uzman bileceği içintestesteki uzmanlar, profesyonel risk değerlendirme yapacak şekilde eğitimlerle desteklenmeli, iyi uygulamalarıyla bilinen yurtdışındaki tesislere, emiyet ekipmanları sağlayan firmalara ve kural koyuculara tanıtımbilgi edinme amacıyla teknik gezilere gönderilmelidir.
- Büyük sanayi tesislerinin hem kurulum hem de güvenlik tedbirleri küçük sanayilere göre daha maliyetli olmaktadır. Özellikle çok tehlikeli sınıfta bulunan büyük sanayi tesisleri için güvenlik tedbirlerinin maliyeti oldukça fazladır. Bu nedenle, tesisintasarıma normal işletme ve bakım-onarımsartlarında yapılan risk değerlendirmelerinde önerilen risk azaltma tedbirlerinin maliyet analizi de çok iyi yapılmalıdır. Risk düzeyi düşük bir bölge için yüksek maliyetli koruma tedbirleri ekonomik açıdan uygun olmayacaktır. Bunun için risk değerlendirme çalışması sonrasında niceliksel LOPA (koruma katman analizi), SIL (güvenlik bütünlük seviyesi) belirlene çalışmaları yararlı olacaktır.
- Yangının olumsuz etkilerini en aza indirmede en önemli unsur yangın türlerinin, mücadele yöntemlerinin ve mücadele için kullanılacak sistem ekipman, araç ve gereçlerini iyi bilinmesi ve doğru kullanılması ile sağlanacak hızlı müdahaledir. Bu nedenle, gelişen teknolojiler doğrultusunda ve büyük yatırımlar sonucunda

inşa edilen binaların/tesislerin yangın güvenliği konusunda tüm çalışanlar bilgilendirilmeli, acil durumlarda çalışanların görevleri iyi belirlenmeli ve çalışanlara tebliğ edilmelidir.

- Tesisler, bütünsel bir vizyona sahip risk azaltma stratejileri belirlenmeli ve risk değerlendirilmesinde belirlenemeyen risklerin de kontrolünü sağlamak için risk azaltma programı oluşturmalıdır.
- Türkiye'nin içinde bulunduğu süreç de dikkate alınarak Avrupa Topluluğu kurallarına paralel olarak çok tehlikeli sınıfta yer alan üst seviyeli kuruluşlar için Teknik Emniyet Yönetim Sistemi oluşturulmalıdır.
- Üniversitelerin mühendislik fakültelerinde sanayi ile işbirliği yapılarak yangın mühendisliği alanında akademik çalışmalar artırılmalı ve geliştirilmelidir.
- Yangın güvenliğinin geliştirilmesi için akademik çalışmalar da yürüten İngiltere'deki İtfaiye Koleji, Pasif Yangın Koruma Federasyonu, Yangın Güvenliği Yöneticileri Enstitüsü, Yangın Önleme Görevlileri Enstitüsü gibi yapıların Türkiye'de de oluşturulması gerekmektedir.
- Belediyelerin itfaiye birimlerinin oluşturulan yangın istatistikleri sanayi/işyeri bazında nedenleri de verilerek daha ayrıntılı tutulmalıdır. Böylelikle kök sebep analizinde daha gerçekçi niceliksel sonuçlar elde edilecektir.
- Risk değerlendirilmesinde ve özellikle yangın analizinde, dâsı yangınların termal radyasyon hesapları yapılarak çevredeki diğer tesisleri nasıl ve ne düzeyde etkilediği belirlenmelidir.
- Ülkemizde SEVESO II ve SEVESO III direktifleri kapsamında yürürlüğe giren ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin

Azaltılması Hakkında Yönetmelik'e göre güvenlik raporlarında yer alan acil durum eylemlerinin senaryo çalışmalarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Bu çalışmaların yapılmasında kullanılabilecek FAST ve ALOHA gibi kaza modelleme yazılım programları, Türkiye coğrafyası ve koşulları (nem sıcaklık gibi hava koşulları) göz önünde bulundurularak, devlet tarafından Türkiye'ye özel geliştirilmesi ve ücretsiz olarak kullanıma sunulmalıdır. Böylelikle tesislerin domino etkileri belirlenerek daha gerçekçi tedbirler alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Alaei R ve ark., 2014, Safety Assessment Approach of Hazard And Operability (HAZOP) For Sulfur Recovery Unit Claus Reaction Furnace Package; Hower; Heat Exchanger Equipment in South Pars Gas Processing Plant, Journal of Natural Gas Science and Engineering S 20 S 271-284

Argyropoulos, C D, Christdis, MN, Nvolianitou, Z, Mirkatos, NC, **A Hazards Assessment Methodology for Large Liquid Hydrocarbon Fuel Tanks**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries S 25, S329 – 335.

Assael, MJ., Kakosimos, KE, 2010, Fires, Explosions, and Toxic Gas **Dispersions Effects Calculation and Risk Analysis**, CRC Press, ISBN 978-1-4398-2675-1, S 285-293

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, T C Resmi Gazete, 26735, 19 Aralık 2007

BP, 2008, **Liquid Hydrocarbon Storage Tank Fires: Prevention and Response**, Process Safety Series, Institution of Chemical Engineers, İngiltere, S 25.

Brandt-Rauf, P. W, Fallon, L F, Tarantini, T, Idema, C, Andrews, L, 1988, **Health Hazards of Fire Fighters: Exposure Assessment**, British Journal of Industrial Medicine, S 45, S 606-612

Bryan, John L, 1982 **Fire Suppression and Extinguishing Systems**, Macmillan Publishing Co., s. ABD S. 200-215.

BSI, 2001, **IEC 61882:2001, Hazard and operability, Studies (HAZOP studies) Application guide**, British Standards Institution, İngiltere, S 9.

Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerini Azaltılması Hakkında Yönetmelik, T C Resmi Gazete, 28867, 30 Aralık 2013

Carson, P., Minford, 2002, C, **Hazardous Chemicals Handbook**, Butterworth-Heinemann, 2. Basım İngiltere, S 287-288, S 201-244, S 153-154.

Center for Chemical Process Safety, 1996, **Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires**, American Institute of Chemical Engineers, ISBN 0-8169-0646-7, S 11-13.

Center for Chemical Process Safety, 1994, **Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs**, American Institute of Chemical Engineers, ISBN 0-8169-0474-X S 3-8, 59, 157-242

Chief Fire and Rescue Adviser, 2013, **Generic Risk Assessment 3.10 Fighting Fires in Petrochemical Plant And Pipelines**, The Stationery Office, ISBN 9780117540552, S 6

Chernisnoff, N. P., 2000, **Handbook of Hazardous Chemical Properties**, Butterworth-Heinemann Yayınları, ABD S 365-366, S 347, S 80, S 79, S 119-120, S. 303, S 204-205, S 206-207, S 18, S 80-81.

CIBSE GUIDE, 2010, **Fire Engineering**, The Chartered Institution of Building Services Engineers, ISBN-10 1906846138, İngiltere, S 5-44.

Crippa, C., Fiorentini, L., Rossini, V., Stefanelli, R., Tafaro, S., Marchi, M., 2009, **Fire Risk Management System For Safe Operation of Large Atmospheric Storage Tanks**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries S 22, S 574–581.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Risk Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Başlık Seveso Erişim
[<http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfai ceri kti m &cid=685 &detId=687 &ustId=685>], Erişim Tarihi: 13.05.2015.

Della-Gustina, D.E., 2014, **Fire Safety Management Handbook**, CRC Press, 3. Basım ABD S 11-15.

Dujin, N.J., 2015, **Recommendations on The Use and Design of Risk Matrices**, Safety Science 76 S 21–31.

Emekler, B. Ergül, N., 2010, **Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik**, Bilge Strateji, C 2, S 3, S 59-63.

Ericson, C A, 2005, **Hazard Analysis Techniques for System Safety**, John Wiley & Sons Inc, Virginia, S 372, S 373, S 365 - 367.

Eriç M, 1976, **Malzeme de Yangın Etkisi, Alınması Gereken Tedbirler ve Onarımlar**, Yapı Endüstri Merkezi YAPI Dergisi, S 19, S 49-57.

Evarts, B, **Fires in US Industrial and Manufacturing Facilities**, NFPA Raporu, Erişim [<http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fires-by-property-type/industrial-and-manufacturing-facilities/fires-in-us-industrial-and-manufacturing-facilities>], Erişim Tarihi: 22.02.2015

Factory Mutual Engineering Corporation, 1967, **Handbook of Industrial Loss Prevention**, McGraw Hill, 2. Basım, ABD, S 10-39.

Farner, R R, 1971, **Major Loss Prevention in the Process Industries**, I. Chem E Symposium Series No. 34, S 82

Fire Service Manual, 2000, **Fire Service Operations- Petrochemical Incidents**, HM Fire Service, İngiltere, S 5, 29-49.

Gardina, M, Morale, M, 2015, **Safety Study of an LNG Regasification Plant Using an FMECA and HAZOP Integrated Methodology**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries S 35, S 35-45

Hadjisophocleous, G V, Fu, Z, 2004, **Literature Review of Fire Risk Assessment Methodologies**, International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, C 6, S 1, S 28-45.

Hartzell, G E, Priest, D N, Switzer, W G, 1985, **Modeling of Toxicological Effects of Fire Gases: II. Mathematical Modeling of Intoxication of Rats By Carbon Monoxide and Hydrogen Cyanide**, Journal of Fire Sciences, C 3 S 2, S 115-128.

HSE, **Process Fire Risks**, Erişim
[[http:// www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/processfire.htm](http://www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/processfire.htm)], Erişim tarihi:
24.01.2015

Hughes, P, Ferrett, E, 2012, **Introduction to International Health and Safety at Work**, Nebosh Eğiti m Kitabı, Taylor & Francis Yayı nevi, İngiltere, S 95-98.

IEC 60300-3-9, 1995, **Güvenilirlik Yöneti mi – 3. Böl üm Uygulama Rehberi – 9. Kı sı m** Teknolojik sistemlerde risk değ erlendirmesi, Uuslar arası Elektroteknik Ko misyonu.

Inspectorate Publications, ISBN 0 11 3412274, Volume 2, İngiltere, S 47-49, S 65-84.

Frantzych, H, 1998, **Risk analysis and fire safety engineering**, Fire Safety Journal, Vol. 31, No. 4, S 313-329.

Inst one, B T, 1990, **The Management Factor: Property Insurance Hazard Assess ment In Hydrocarbon Processing and Petrochemical Plants**, Safety and Loss Prevention in the Chemical and Oil Processing Industries, İngiltere, S. 113.

Kaiser, J, 1980, **Experience of Gretener Method**, Fire Safety Journal, Vol. 2, No. 3, S. 213-222.

Kavaz, U, 1994, **Kuru Kı nyasal Tozlu Yangın Söndür me Sistemleri ve HRD Uygul a maları**, Yangın ve Güvenlik Dergisi, Teknik Yayı ncılık İstanbul, S.6

Kefeli, E, 2004, **Yangın Söndürme Gazları Sektör Raporu**, İstanbul Ticaret Odası, S 4

McAteer, J. D, Whiteman, L, 1993, **Learning from Hamlet: The Case for a National Safety and Health Board**, New Solutions, C 3, S 2, S 54-59.

Kletz, T, 2001, **Hazop and Hazan, Identifying and Assessing Process Industry Hazards**, Institution of Chemical Engineers, 4 Baskı, ISBN-10: 0 85295 506 5, ISBN-13: 978 0 85295 506 2, İngiltere, S 9-20.

Mannan, S, 2014, **Lees' Loss Prevention in The Process Industries - Hazard Identification, Assessment and Control**, Elsevier Yayıncılık 2 Glt, USA, s. 1090, S. 1686-1693, S 1686-1693.

Meacham B.J. 2002, **Building Fire Risk Analysis**, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering National Fire Protection Association, Kanada, S 5-153.

Meacham B.J., 2001, **Addressing Risk and Uncertainty in Performance-Based Fire Protection Engineering**, Fire Protection Engineering Vol. 10, S 16-25.

Department of Defense, **Military Standard 882B** Erişim [<http://www.systemsafety.org/Documents/ML-STD-882B.pdf>], Erişim 22.03.2015.

National Fire Protection Association, 2013, **NFPA Glossary of Terms**, Erişim [file:///C:/Users/Toshiba/Documents/Downloads/glossary_of_terms_2013.pdf] Erişim Tarihi: 27.10.2014.

Nolan, D.P., 2014, **Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles**, Elsevier, 3. Baskı, ISBN 978-0-323-31301-8, ABD, S 35-39.

Nolan, D.P., 1996, **Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities**, Noyes Publications, ABD S 41-43, S 46-47.

Özkılıç, Ö., 2014, **Risk Değerlendirme – Atex Direktifleri – Patlayıcı Ortamlar ve Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması – Kantitatif Risk Değerlendirme**, TİSK, Ankara, S. 182-184, S 219-229, S. 224.

Pérez- Marín, M., Rodríguez-Toral, M.A., 2013, **HAZOP- Local Approach in the Mexican Oil & Gas Industry**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries S. 26, S 936-940.

Purser, D.A., 2002, **Toxicity Assessment of Combustion Products**, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3. Baskı, National Fire Protection Association, Kanada, S 83-171.

Ralph L. Webb, R.L., Kip N.H., 2005, **Principles of Enhanced Heat Transfer**, Taylor & Francis Yay., 2. Baskı S 1-10.

Ramachandran, G., 1982, **Properties of Extreme Order Statistics and Their Application to Fire Protection and Insurance Problems**, Fire Safety Journal S 5, S 59.

Rasbash, D. ve ark., 2004, **Evaluation of Fire Safety**, John Wiley & Sons Ltd 1. Baskı, İngiltere, S 457. S.366.

Rausand, M., 2011, **Risk Assessment Theory, Methods and Applications**, Wiley Yayınları, Kanada, S 40-45.

Sadgrove, K., 2015, **The Complete Guide to Business Risk Management**, 3. Baskı, İngiltere, S 44-48.

Shell International Petroleum Company Limited, 1983, **The Petroleum Handbook**, Elsevier, 6 Baskı, ISBN 0-444-42118-1, Hollanda, S 235 – 327.

Shell International Petroleum Company Limited, 2006, **Risk Assessment Matrix**, Shell Health, Safety and Environment Panel, 3. Baskı, S 6-8

Shi, L, Shuai, J., Xu, K, 2014, **Fuzzy Fault Tree Assessment Based on Improved Ahp for Fire and Explosion Accidents for Steel Oil Storage Tanks**, Journal of Hazardous Materials S 278, S 529–538.

Society for Risk Analysis, **Glossary of risk analysis terms**, Erişim [[http:// www.sra.org/glossary.htm](http://www.sra.org/glossary.htm)] Erişim Tarihi: 14. 11. 2014.

Stec, A, Hill, R, 2010, **Fire Toxicity**, Woodhead Publishing Ltd, İngiltere, S 282-342.

Şahin N, 2000, **Uluslararası Yangın İstatistikleri ve Değerlendirme**, Yangın Güvenlik Kongresi Bildiriler Kitabı, ISBN- 975 - 395 - 402 – 6, S 41-42

TBMM (10/238) Esas Numaralı Meclis Araştırma Komisyonu Raporu, TBMM Erişim [[http:// www.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem2/yil01/ss978.htm](http://www.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem2/yil01/ss978.htm)], Erişim tarihi: 06.10.2014.

TSE, 1989, **TS 7486 Yangından Korunma- Terimler**, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, S 1-7.

Todd, C S, 2008, **A Comprehensive Guide to Fire Safety**, British Standards Institution, ISBN 978 0 580 50943 8, İngiltere, S 1-2, S 78

Uehara, V, 1991, **Fire Safety Assessments in Petrochemical Plants**, Fire Safety Science- Proceedings of The Third International Symposium International Association for Fire Safety Science, S. 83-96.

Virdi, K S, Matthews, R S, Clarke, J. L, Garas, E K, 2000, **Abnormal Loading on Structures, Experimental and Numerical Modelling**, E & FN Spon Yayıncılık, İngiltere, S. 142-152.

Watts J. M, Hall, J. R, 2002, **Introduction to Fire Risk Analysis**, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering National Fire Protection Association, Kanada, S. 5-1.

Watts, J. M, Rosenbaum E R, 2001, **Fire Risk Assessment For Cultural Heritage**, Interflam 9th International Fire Science and Engineering Conference, İngiltere, S. 203.

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 S. 26, S. 1390 – 1398.

Yavuz G, 1997, **Yangın Korunumu Kıyasına İlişkin Özet Bilgiler**, Yangın ve Güvenlik Dergisi, S. 31, S. 87 – 91.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seval EROĞLU

Doğum Yeri : İzmir

Doğum Yılı : 1985

Medeni Hali : Bekar

E-posta : seval.eroglu@sgb.gov.tr

Eğitim ve Akademik Durumu:

Ortaokul	: 1996-2000	Kırıkkale Anadolu Lisesi, Kırıkkale
Lise	: 2000-2003	Çankırı Süleyman Demirel Fen Lisesi, Çankırı
Lisans	: 2003-2008	Gazi Üniversitesi, Konya Mühendisliği, Ankara (1. Staj: Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.) (2. Staj: Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.)
Yüksek Lisans	: 2013-	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı
Yabancı Dil	: İngilizce (İleri Düzey) Almanca (Orta Düzey)	
İş Deneyimi		
2012-	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Eğitim ve Araştırma Merkezi (Ankara) /	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzman Yard.
2011-2015	: AB Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı (Ankara) / Bağmsız Dış Uzman	
2010-2011	: Tehlikeli Atık Yönetim Teknolojileri İd. Şti (Ankara) /	İş Sağlığı ve Güvenliği & Kalite Kontrol Mühendisi
2009-2010	: Jugendbildungszentrum Brossin e. V. (Almanya) /	Proje Çalışanı (Avrupa Gönüllü Hizmeti)
Proje/Sempozyum Sunumları		
2014	KOBİ'lerde Risk Değerlendirmesi Uygulamalarının İSG Açısından İncelenmesi" AB Mesleki Eğitim Projesi	
2013	"Dikkat! Gençler İş Başında!" AB Gençlik Projesi	
2013	Eurodesk Awards "Champions of European Youth Information" Brüksel, Belçika	

2012

Carl Friedrich Goerdeler İyi Yönetişim Okulu, Berlin, Almanya

ÖZET

EROĞLU S., Petrol Rafinerilerinde Yangın Risklerinin Belirlenmesi: Rafineri Tank Sahası Örneği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi ve Araştırma Merkezi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2015

Petrol endüstrisi günümüz enerji ihtiyacını önemli ölçüde karşılayan, karışık ve kompleks tesislerden oluşan büyük bir endüstridir. Önemli bir insan kaynağına da sahip olan petrol endüstrisi tesislerinde meydana gelecek yangın, patlama ve toksik salınımı gibi büyük endüstriyel kazalar insana, çevreye ve tesisin kendisine ciddi zarar verebilecek şekilde sonuçlanabilmektedir. Bu kazaları tecrübe etmek adına yapılabilecek en önemli önleme faaliyetlerinden birisi de düzenli aralıklarla yapılacak olan risk değerlendirmesi çalışmasıdır.

Bu uzmanlık tezi çalışmasında, petrol rafinerilerindeki üç büyük kazalardan yangın olayı ele alınmış ve istatistikî olarak rafinerilerinde en çok yangın görülen alanlardan olan petrol depolama tank sahasının yangın riskleri belirlenmiştir. Risklerin tespiti için tehlike ve işletilebilirlik analizi (HAZOP) metodu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar 3X3 risk derecelendirme matrisi (RDM) ile değerlendirilerek risk skorları atanmıştır. Bu iki analiz sonucunda tank sahasında 25 sapma nedeni ve bu sapma nedenlerine bağlı olarak 73 risk ve 35 yangın riski tespit edilmiştir. Risk azaltma önerileri risk skorlarına göre önceliklendirilerek eylem planı oluşturulmuş ve saha için acil durum uygulamaları ile yangınla mücadele stratejileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Risk Değerlendirmesi, HAZOP, Petrol Rafinerileri, Depolama Tank Sahası

ABSTRACT

EROĞLU S., Determination of the Fire Risks in the Oil Refinery: The Case of Refinery Tank Farm Ministry of Labor and Social Security, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitimi ve Araştırma Merkezi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2015

Oil industry, which provides today's energy need substantially, is a large industry consisting of complex plants. Major industrial accidents such as fires, explosions or toxic release in this industry which has an important human resources, could cause serious damage to the people, environment or plant itself. One of the most important prevention activities that can be done in order not to experience these accidents is a regular risk assessment study for the plant.

In this thesis study, fire from three major accidents in oil refinery was discussed and fire risks of crude oil storage tank farm- where is the most fire seen area statistically, have been identified. For the determination of risks, Hazard and Operability Analysis (HAZOP) method was used. The results from HAZOP were evaluated and scored by Risk Ranking Matrix. 25 causes, 73 risks and 35 fire risks were identified with the result of this study. Action plan was generated according to risk reduction recommendations which are prioritized with the risk scores of the risks and fire fighting strategies have been developed for the storage tank.

Keywords: Fire, Risk Assessment, HAZOP, Oil Refinery, Storage Tank Farm