



T.C.

KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PETROL RAFİNERİ ÜRETİM SAHALARINDA İŞ
KAZALARININ AZALTILMASI VE L MATRİS YÖNTEMİ İLE
ÖRNEK RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI**

Mustafa MENEKLİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇETİNKAYA

KOCAELİ-2025

T.C.
KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PETROL RAFİNERİ ÜRETİM SAHALARINDA İŞ
KAZALARININ AZALTILMASI VE L MATRİS YÖNTEMİ
İLE ÖRNEK RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA MENEKLİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇETİNKAYA

KOCAELİ-2025

Onay Sayfası

Bu tez Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Gül Çiçek BİNTAŞ ZENGİN

Enstitü Müdürü

Bu tezin Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesinin tüm gerekliliklerini karşıladığını onaylıyorum.

Program Başkanı

Ahmet ŞEN

Mustafa Menekli tarafından teslim edilen “Petrol Rafineri Üretim Sahalarında İş Kazalarının Azaltılması ve L Matris Yöntemi ile Örnek Risk Değerlendirme Çalışması” başlıklı bu tezin kapsam ve kalite bakımından Yüksek Lisans derecesi için yeterli olduğunu değerlendirmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇETİNKAYA

Danışman

Tez Jürisi Üyeleri: (1. isim: Jüri başkanı; 2. isim: Danışman)

Jüri Başkanı Prof. Dr. CEYLAN GAZİ UÇKUN

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇETİNKAYA

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ŞEN

Orijinallik Sayfası

İşbu belge ile tezimde yer alan tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, kurallar gereği bu çalışmada özgün olmayan tüm materyal ve sonuçlar için ilgili kaynakların verildiğini beyan ederim.

Mustafa MENEKLİ

İmza

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında katkısı olan tüm kişi ve kurumlara gönülden teşekkür ederim.

Tez sürecimin her aşamasında bilgi ve deneyimiyle bana rehberlik eden, sorularıma sabırla yanıt veren ve akademik yolculuğuma ışık tutan danışmanım Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇETİNKAYA** 'ya en içten şükranlarımı sunarım.

Bu süreç boyunca yalnızca akademik değil, manevi olarak da yanımda olan aileme; özellikle sabırları, sevgileri ve bana duydukları güvenle her zaman destek olan sevgili eşime ve çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Aynı yolda yürürken birlikte emek verdiğim, desteğini her zaman hissettiğim değerli iş arkadaşlarıma ve özellikle katkılarıyla her zaman yanımda olan Hüseyin GÖK ağabeyime teşekkürü bir borç bilirim.

Emeği geçen herkese bir kez daha teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
RESİM LİSTESİ	xi
SEMBOL/KISALTMA LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Petrol Rafineri Endüstrisinin Tarihi	6
1.2. Petrol Rafineri Endüstrisinin Gelişimi ve Önemi.....	7
1.3. Türkiye’de Petrol Rafineri Tarihi ve Gelişimi	8
1.4. Petrol Rafineri Üretim Sahaları	12
1.4.1. Ham Petrol Distilasyon Üretim Sahası.....	13
1.4.2. Vakum Distilasyon Üretim Sahası	16
1.4.3. İzomerizasyon Üretim Sahası.....	19
1.4.4. Hydrocracker Üretim Sahası	21
1.4.5. Yardımcı Tesisler	26
1.5. Petrol Rafineri Üretim Sahalarında Karşılaşılan Tehlikeler.....	29
1.5.1. Kimyasal Tehlikeler	29
1.5.1.1. Kostik (NaOH)	33
1.5.1.2. Amonyak (NH ₃).....	36
1.5.1.3. Sülfürik Asit (H ₂ O ₄).....	38
1.5.1.4. Azot (N).....	39
1.5.1.5. Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	46
1.5.2. Fiziksel Tehlikeler	58
1.5.2.1. Gürültü.....	58
1.5.2.2. Titreşim.....	63
1.5.2.3. Termal Konfor	66
2.5.2.4. Aydınlatma	67

2.5.2.5.	Radyasyon	69
2.5.2.6.	Basınç	70
1.5.3.	Ergonomik Tehlikeler.....	71
1.5.4.	Biyolojik Tehlikeler.....	72
1.6.	Petrol Rafineri Sahalarında Yaşanmış Kazalar	73
1.6.1.	Bp Texas City Rafinerisi'nde Buhar Bulutu Patlaması ve Yangın	74
1.6.2.	Amuay Rafineri Patlaması.....	75
1.6.3.	Pembroke Rafinerisi Patlaması.....	76
1.6.4.	Tesoro Anacortes Rafinerisinde Isı Değiştiricisi Yarılması	78
1.6.5.	Tüpraş İzmir Rafinerisi – Nafta Tankı Patlaması.....	79
2.	İŞ KAZALARI VE NEDENLERİ	81
2.1.	İş Kazası ve Genel Özellikleri	81
2.2.	Rafineri Sahalarında Sık Görülen İş Kazalar	81
2.3.	İş Kazalarının Nedenleri.....	82
2.4.	Kaza Zinciri ve Domino Teorisi.....	83
3.	RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ	84
3.1.	Risk Değerlendirme	84
3.2.	Geleneksel ve Modern Yöntemler	84
3.3.	L Tipi Risk Matrisi Yöntemi	85
3.4.	L Tipi Matris yönteminin avantajları ve sınırlılıkları.....	86
4.	MATERYAL VE YÖNTEM	87
4.1.	Çalışma Sahası.....	87
4.2.	Veri Toplama.....	87
4.3.	İş Kazası Verilerinin Sınıflandırılması	87
4.4.	Risk Analizi Süreci.....	88
4.5.	L Tipi Matris Değerlendirme Kriterleri.....	88
4.6.	Örnek Senaryo ve Uygulama Adımları	90
5.	UYGULAMA VE BULGULARI	92
5.1.	Uygulamanın Amacı ve Kapsamı.....	92

5.2.	Tehlikelerin Belirlenmesi	92
5.3.	Hydrocracker Sahası Risk Değerlendirmesi.....	92
5.4.	Risk Analiz Bulguları	104
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	106
KAYNAKÇA.....		109



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Tüpraş 4 Rafineri Üretim ve Depolama Kapasitesi	11
Tablo 1. (Devamı) Tüpraş 4 Rafineri Üretim ve Depolama Kapasitesi	12
Tablo 2. Star Rafinerisi Üretim ve Depolama Kapasitesi	12
Tablo 3. Tehlikeli kimyasalların Özellik ve Etkileri	31
Tablo 4. Kimyasal Etiketleme Örnek tablosu.....	32
Tablo 5. Oksijen Oranının İnsan Vücuduna Etkileri	40
Tablo 6. Hidrojen Sülfürün Fizyolojik Etkileri	48
Tablo 7. Hidrojen Sülfür (H ₂ S) Toksikolojik, Fiziksel ve Güvenlik Özellikleri.....	48
Tablo 7. (Devamı) Hidrojen Sülfür (H ₂ S) Toksikolojik, Fiziksel ve Güvenlik Özellikleri	49
Tablo 8. Hidrojen Sülfür (H ₂ S) mesleki maruziyet limitleri	50
Tablo 9. Gürültü Seviyeleri ve Eşik Değer.....	59
Tablo 10. Maruziyet Sınır ve Etkin Değerleri	61
Tablo 11. OSHA'ya Göre Gürültü Maruziyet Sınırları	62
Tablo 12. ILO'ya Göre Gürültü Maruziyet Sınırları.....	62
Tablo 13. Olasılık Değerleri	89
Tablo 14. Şiddet Değerleri.....	89
Tablo 15. L tipi Matris Yöntemi.....	90
Tablo 16. Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu	93
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	94
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	95
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	96
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	97
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	98
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	99
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	100
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	101
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	102
Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu.....	103

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kişi Başına Petrol Tüketimi (ton/yıl 2023).....	4
Şekil 2. Bin Kişi Başına Araç Sayısı (2023)	4
Şekil 3. Ükelere Göre Ham Petrol Rezervleri (2021)	6
Şekil 4. 1950-80 dönemi Türkiye’de inşa edilen petrol rafineri tesisleri.....	10
Şekil 5. Ham petrolden petrol ürünleri üretiminde kullanılan prosesler ve son ürünler	13
Şekil 6. Ham Petrol Distilasyon Üretim Şeması	16
Şekil 7. Vakum distilasyonu akış şeması	17
Şekil 8. İzomerizasyon Üretim Akış Şeması.....	19
Şekil 9. Hydrocracker üretim akış şeması	23
Şekil 10. Konvansiyonel Rafinerilerde Ürün verimliliği	25
Şekil 11. Hydrocracker Rafinerilerinde Ürün verimliliği	26
Şekil 12. Bir Petrol Rafinerisindeki Yardımcı Tesisler.....	27
Şekil 13. Kimyasala Maruz Kalan Organlar	31
Şekil 14. Kostik Malzeme Güvenlik Bilgi Formu.....	35
Şekil 15. Amonyak Sıvı Malzeme Güvenlik Bilgi Formu	37
Şekil 16. H ₂ S Konsantrasyonlarının Etkileri	51
Şekil 17. H ₂ S Patlama ve Yanma özelliği	52
Şekil 18. H ₂ S ve Metan Patlama Aralığı	54
Şekil 19. Hidrojen sülfürün (H ₂ S) birikme yapabileceği yerler	54
Şekil 20. H ₂ S Sızıntısında Kaçış Yönü.....	56
Şekil 21. Yüksek Basınç Dramının Yandan Görünüşü	70

RESİM LİSTESİ

Resim 1. Ham Petrol Görünüşü	3
Resim 2. Batman Rafinerisi ham petrol işleme tesislerinden görünüş.....	9
Resim 3. Endüstriyel elektrostatik tek aşamalı tuz giderici ünitesi	14
Resim 4. Vakum Distilasyon kolonu Dış Görünüm	18
Resim 5. İzomerizasyon Üretim Sahası Görünümü.....	21
Resim 6. Hydrocracker üretim saha Görünümü.....	22
Resim 7. Katalizörün Reaktörlere Yüklenmesi.....	24
Resim 8. Çalışma Alanında Azot Uyarı Levhaları	42
Resim 9. Kapalı Alan Girilmez Uyarı Levhaları	43
Resim 10. Azot Çıkış Hattına Bağlanan Erkek Quick Kaplin	45
Resim 11. Tek Taraflı Dişi Quick Kaplin Azot Hattı	45
Resim 12. Pozitif basınçlı temiz hava maskeleri	55
Resim 13. Acil Kaçış Maskesi	57
Resim 14. H ₂ S Dedektör	57
Resim 15. El-kol titreşimine örnek çalışma	63
Resim 16. Tüm vücut titreşimine örnek çalışma.....	64
Resim 17. Ex-proof Led Aydınlatma	68
Resim 18. Petrol Rafineri Kontrol Odası (PCK Rafineri Almanya).....	71
Resim 19. Petrol Rafineri Vana Operasyonu	72
Resim 20. Biyolojik Atık Su Arıtma Sistemleri.....	73
Resim 21. Bp Texas City Rafinerisi'nde Buhar Bulutu Patlaması ve Yangın	74
Resim 22. Amuay Rafinerisi'nde Patlaması ve Yangın.....	76
Resim 23. Pembroke Rafinerisi'nde Patlaması ve Yangın.....	77
Resim 24. Tesoro Anacortes Rafinerisinde Patlama Sonrası Isı Değiştiricisi	78
Resim 25. Tesoro Anacortes Rafinerisinde Patlama Sonrası Isı Değiştiricisi	79
Resim 26. Tüpraş İzmir Rafinerisi Patlama Sonrası TK-3032	80

SEMBOL/KISALTMA LİSTESİ

‰: Yüzde

°C: Derece

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

A.Ş.: Anonim Şirketi

API: American Petroleum Index

BBP: Buhar Bulutu Patlaması

BLEVE: Kaynayan Sıvı Buhar Patlaması (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions)

BP: British Petroleum

ÇSGB: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

H₂S: Hidrojen Sülfür

HVGO: Ağır Vakum Gaz Oil (Heavy Vacuum Gas Oil)

İSG: İş Sağlığı ve Güvenliği

KKD: Kişisel Koruyucu Donanım

LPG: Likid Petrol Gazı

LVGO: Hafif Vakum Gaz Oil (Low Vacuum Gas Oil)

OPEC: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organization of Petroleum Exporting Countries)

PPM: Milyonda Bir Birim (Parts Per Million)

RDT: Risk Değerlendirme Tablosu

TÜPRAŞ: Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş

TEP: Ton Eşdeğer Petrol

Vb.: Ve bunun gibi

ÖZET

Petrol Rafineri Üretim Sahalarında İş Kazalarının Azaltılması ve L Matris Yöntemi ile Örnek Risk Değerlendirme Çalışması

MENEKLİ Mustafa

Yüksek Lisans, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi: Dr. Öğr. Onur ÇETİNKAYA

Temmuz 2025, 115 sayfa

Bu çalışma, yüksek tehlike potansiyeline sahip petrol rafineri üretim sahalarında iş kazalarının azaltılmasına yönelik risk temelli bir yaklaşım sunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle proses güvenliğinin kritik olduğu Hydrocracker üretim sahası örnek alınarak, olası tehlikelerin sistematik olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada risk değerlendirme aracı olarak L Tipi Matris Yöntemi kullanılmış; bu yöntemle olasılık ve şiddet düzeylerine göre risk puanları hesaplanmış, mevcut durum analizi yapılmış ve düzeltici-önleyici faaliyetlerin etkisiyle risk seviyelerindeki değişim izlenmiştir.

Analiz kapsamında; yüksekte çalışma, kapalı alan faaliyetleri, sıcak yüzey ve buhar temasları, kostik ve H₂S gibi tehlikeli kimyasallara maruziyet, döner ekipmanlar, basınçlı gazlar ve doğal afetler gibi 24 farklı faaliyet ve tehlike başlığı değerlendirilmiştir. Mevcut durumda çoğu risk “çok yüksek” (20 puan) ve “yüksek” (16 puan) düzeyinde iken, alınan kontrol önlemleri sonrasında bu risklerin önemli bir kısmı “orta” ve “düşük” seviyelere indirilebilmiştir.

Elde edilen bulgular, petrol rafinerisi gibi karmaşık ve entegre üretim sahalarında proaktif risk yönetimi uygulamalarının iş kazalarının önlenmesinde ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Uygun mühendislik kontrolleri, kişisel koruyucu donanım kullanımı, iş izin sistemleri, sürekli eğitim faaliyetleri ve acil durum planlamaları; risk seviyelerini düşürerek çalışan güvenliğini sağlamada temel rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Petrol Rafineri, İş Kazası, L Tipi Matris, Risk, Tehlikeler

ABSTRACT

Reduction Of Work Accidents in Oil Refinery Production Fields and Sample Risk Assessment Study with L Matrix Method

MENEKLİ Mustafa

Degree, Department of Occupational Health and Safety

Supervisor: Dr. Onur ÇETİNKAYA

July 2025, 115 pages

This study was conducted to present a risk-based approach aimed at reducing occupational accidents in petroleum refinery production areas, which are known for their high hazard potential. The Hydrocracker production unit, where process safety is critically important, was taken as a case study to systematically identify and assess potential hazards. The L-Matrix Method was used as a risk assessment tool. Through this method, risk scores were calculated based on the probability and severity of each hazard, current conditions were analyzed, and changes in risk levels were tracked following the implementation of corrective and preventive actions.

Within the scope of the analysis, 24 different activities and hazard categories were evaluated, including working at height, confined space operations, contact with hot surfaces and steam, exposure to hazardous chemicals such as caustic soda and hydrogen sulfide (H₂S), rotating equipment, pressurized gases, and natural disasters. While the initial risk scores were mostly at the "very high" (20 points) and "high" (16 points) levels, many of these risks were successfully reduced to "medium" and "low" levels through the application of control measures.

The findings demonstrate the effectiveness of proactive risk management practices in preventing occupational accidents in complex and integrated production environments such as petroleum refineries. Engineering controls, the use of personal protective equipment (PPE), permit-to-work systems, continuous training activities, and emergency preparedness plans play a crucial role in lowering risk levels and ensuring employee safety.

Keywords: Petroleum Refinery, Occupational Accidents, L Matrix, Risk, Hazar

GİRİŞ

Petrol rafinerileri, dünya enerji piyasasının en kritik bileşenlerinden birini oluşturarak, modern sanayinin bel kemiği olarak nitelendirilir. Bu tesislerde gerçekleştirilen karmaşık üretim süreçleri, yüksek güvenlik standartları ve titiz operasyonel kontrolleri gerektirir. Ancak, bu zorlu ortamlarda çalışan işçiler, çeşitli tehlikeler ve risklerle karşı karşıya kalmaktadır. İş kazalarının önlenmesi ve güvenli çalışma koşullarının sağlanması hem işçi sağlığı ve güvenliği hem de üretim verimliliği açısından büyük önem taşır. Petrol rafinerilerinde meydana gelen iş kazaları, ciddi yaralanmalar, meslek hastalıkları ve hatta ölümle sonuçlanabilen trajik olaylar olarak karşımıza çıkar. Bu tür kazalar, yalnızca çalışanların fiziksel ve ruhsal sağlığını olumsuz etkilemekle kalmaz, aynı zamanda rafineri işletmeleri için de büyük maddi kayıplara ve itibar zedelenmesine yol açar. İş kazalarının nedenleri genellikle insan hatası, ekipman arızaları, yetersiz eğitim ve denetim eksiklikleri gibi çeşitli faktörlere dayanır. Dolayısıyla, bu kazaların önlenmesine yönelik kapsamlı bir yaklaşım benimsenmesi kaçınılmazdır (Speight, 2005).

Bu çalışmada, petrol rafineri üretim sahalarında iş kazalarının azaltılmasına yönelik stratejiler ve önlemler detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Çalışmanın bir diğer önemli amacı ise, tesis içinde ve dışında yangın, patlama, ekipman hasarları gibi olası kazaların önlenmesi, üretimin ve mülkiyetin korunması ve daha da önemlisi, düzeltici ve önleyici faaliyetler üreterek yaşam riskinin veya kişisel sağlık zararlarının ve toplum üzerinde yıkıcı etkilerin önlenmesidir. L Matris yöntemi kullanılarak yapılan örnek bir risk değerlendirme çalışmasını sunmaktır. L Matris yöntemi, potansiyel tehlikelerin ve risklerin sistematik bir şekilde değerlendirilmesini ve önceliklendirilmesini sağlayan etkili bir araçtır. Bu yöntem, rafineri sahalarında iş güvenliği kültürünü güçlendirmek ve kazaların önlenmesine katkıda bulunmak için uygulanabilir çözümler sunar. L Matris yöntemi ile gerçekleştirilen bu çalışmada, tehlikelerin belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi ve alınması gereken önlemler sistematik bir şekilde incelenecektir. Ayrıca, rafineri işletmelerinin mevcut güvenlik politikaları ve prosedürleri gözden geçirilecek, iyileştirilmesi gereken alanlar tespit edilecektir. Bu sayede, iş güvenliği standartlarının yükseltilmesi ve iş kazalarının minimize edilmesi hedeflenmektedir (Brauer, 2006).

30/12/2013 tarih ve 28867 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik; tehlikeli kimyasal maddeler bulunduran kuruluşlarda büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve muhtemel

kazaların insanlara ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi amacıyla yürürlüğe girmiştir. İşletmeci, büyük kazaları önlemek ve büyük bir kazanın meydana gelmesi durumunda, bunların etkilerini çevre ve insanlara en az zarar verecek şekilde sınırlamak için gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlüdür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

Sonuç olarak, bu çalışma, petrol rafineri üretim sahalarında iş güvenliğinin artırılmasına ve çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunmasına yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. L Matris yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirme çalışması, sadece teorik bir yaklaşım sunmakla kalmayıp, pratik uygulamalar ve somut önerilerle de desteklenmektedir. Bu sayede, rafineri işletmeleri için sürdürülebilir ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmasına katkı sağlanacaktır.



1. GENEL BİLGİLER

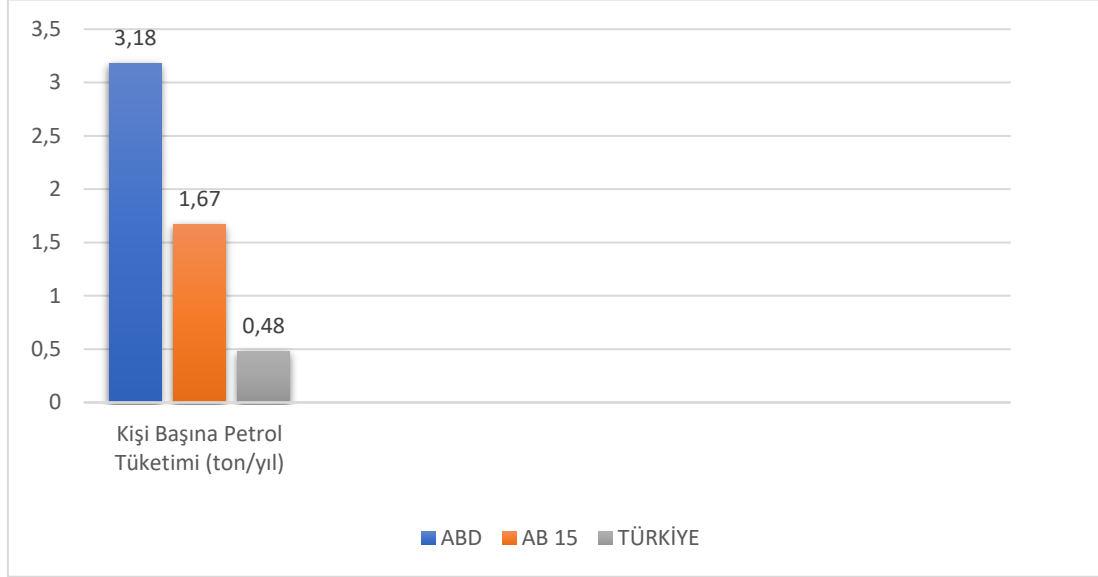
Petrol, organik maddelerin bozunup basınç ve ısıya maruz kalmasıyla meydana gelir. Bileşiminde hidrojen ve karbon mevcut olup içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunmaktadır. Resim 1’de görüldüğü gibi rafine edilmemiş sıvı haldeki petrole ham petrol, yarı katı ve katı halde bulunan, ağır hidrokarbon ve katrandan oluşan petrole ise asfalt, zift, katran ve benzeri isimler verilir. Ham petrolün ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için hidrokarbon olarak da isimlendirilir. Fosil ve karbon kökenli bir madde olan ham petrolün rafinerilerde ayrıştırılmasıyla çeşitli benzinler, petrol eterleri, gaz yağı, motorin, makine yağları, vazelin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), asfalt gibi çeşitlilik gösteren ürünler elde edilir. Petrolle birlikte doğalgazda bulunur (Speight, 2014).



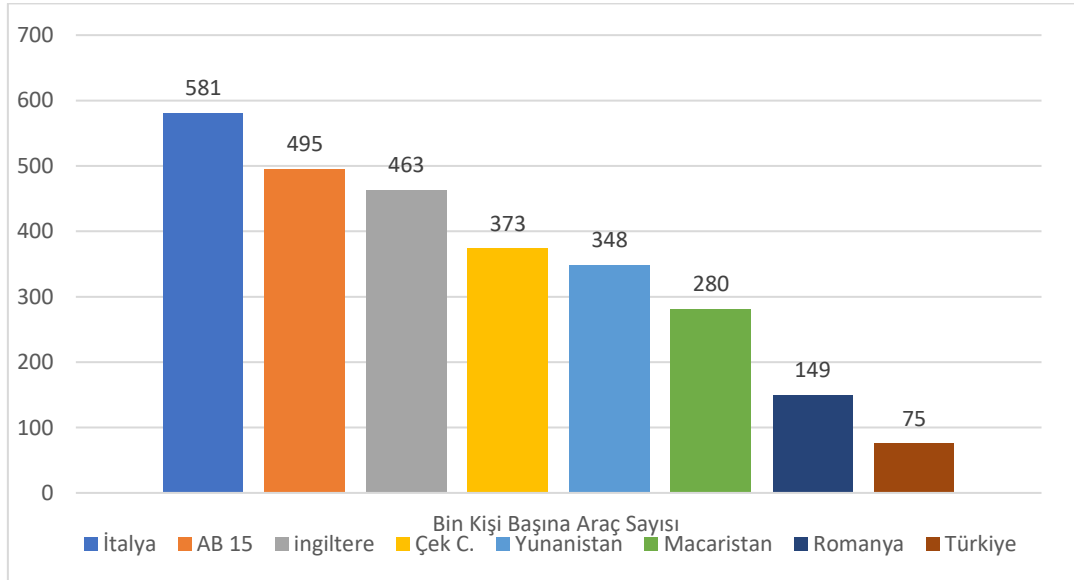
Resim 1. Ham Petrol Görünüşü

Petrol, günümüz ekonomileri açısından oldukça önemli bir enerji girdisidir. Bunun en önemli sebeplerinden biri, petrolün dünya toplam enerji tüketimi içerisindeki yüksek payıdır. Petrolün yoğun kullanımının en önemli sebebi ise yaygın tüketim ağıdır. Günümüzde elektrik üretiminden taşımacılığa kadar çok büyük bir yelpazede kullanımı söz konusudur. Dünya genelinde petrolün %64,5’i ulaşım, %16,6’sı enerji dışı uygulamalar, %7,8’i sanayi, %5,4’ü konut, %5,7’si diğer amaçlarla kullanılmaktadır (Uluslararası Enerji Ajansı, 2023).

Mevcut arz/talep dengesi çerçevesinde, petrol tüketiminin büyük kısmının ulaşım sektöründe gerçekleştirildiği göz önüne alındığında, ülkeler bazında kişi başına petrol tüketimi ve bin kişi başına düşen araç sayısının da bazı ülkeler bakımından, sektörün geleceğine ışık tutan göstergeler olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 1 ve 2’de görüldüğü üzere bu hususa ilişkin olarak bilgilere yer verilmektedir.



Şekil 1. Kişi Başına Petrol Tüketimi (ton/yıl 2023)



Şekil 1. Bin Kişi Başına Araç Sayısı (2023)

Şekil 2’de görüldüğü üzere çeşitli ülkelerde kişi başına düşen araç sayısı ve petrol tüketim miktarları bakımından ülkeler arasındaki farklılıklar, enerji talebini doğrudan

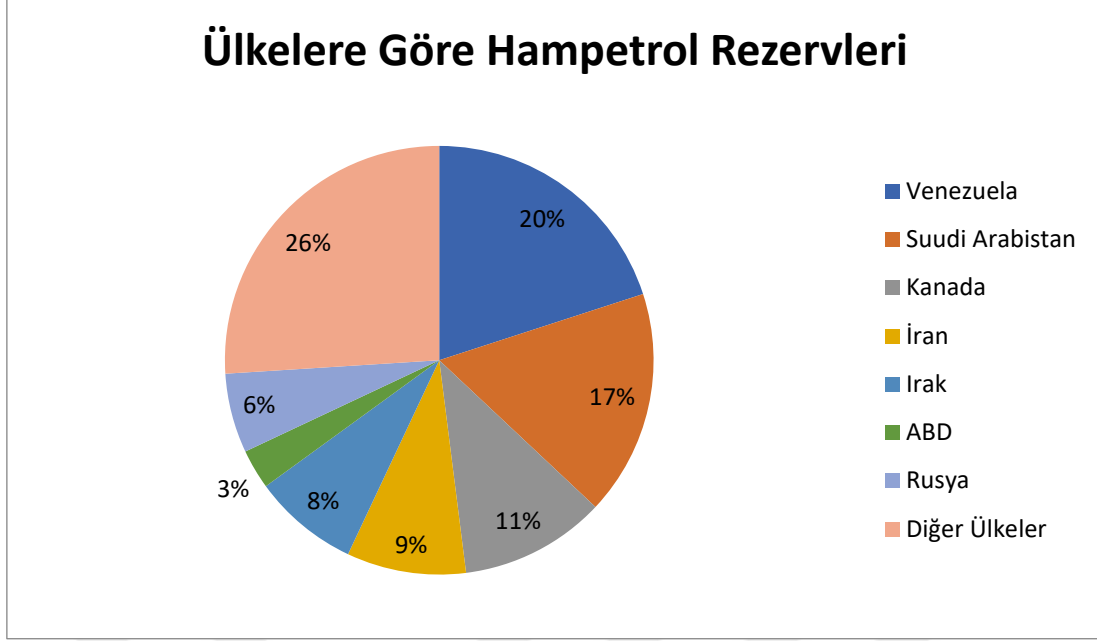
etkileyen bir faktördür. Gelişmiş ülkelerde yüksek araç sahipliği ve enerji tüketimi, petrol talebini artırırken, gelişmekte olan ülkelerin artan ekonomik büyüme ve ulaşım sektöründeki genişleme trendleri, petrol ürünlerinin önemini daha da artırmaktadır. Bu bağlamda, enerji dönüşümü politikaları ve yenilenebilir enerjiye olan yatırımlar, küresel petrol bağımlılığını azaltma açısından kritik bir role sahiptir. Petrol kaynaklarının devamlılığının sağlanması ekonomik ve siyasi dengeleri etkileyen en önemli unsurlardan biriyken, Ortadoğu’da sıkça gündeme gelen istikrarsızlıkların, ihtiyaç duyulan miktarda petrolün kesintisiz bir şekilde temininde sıkıntılar meydana geldiği görülmektedir (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü, 2021).

Petrol rezervlerinin coğrafi dağılımı, enerji güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Ortadoğu bölgesi, küresel petrol rezervlerinin büyük bir bölümüne ev sahipliği yaparak dünya enerji pazarında stratejik bir rol oynamaktadır. Bu durum, ekonomik ve siyasi dengelerin şekillenmesinde doğrudan etkili olmaktadır. Ancak, Ortadoğu’da yaşanan sık sık gündeme gelen istikrarsızlıklar, küresel enerji piyasasında arz güvenliğini tehdit eden bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Ortadoğu'nun petrol rezervlerindeki hakimiyeti, dünya genelinde enerji tüketiminin bu bölgeye olan bağımlılığını artırırken, bölgedeki çatışmalar ve siyasi gerginlikler petrol arzında kesintilere neden olabilir. Bu durum, enerji fiyatlarında dalgalanmalara yol açarak hem tüketici ülkelerde ekonomik istikrarsızlıklara hem de petrol üreten ülkelerin ekonomik performanslarında düşüşlere neden olur. Ayrıca, enerji güvenliği politikalarının oluşturulmasında ve alternatif enerji kaynaklarına yönelimde kritik bir motivasyon unsuru olarak karşımıza çıkar.

Ortadoğu'nun istikrarsızlığı, sadece petrol tüketici ülkeleri değil, aynı zamanda küresel ekonomik işleyişi etkileyen bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve arz güvenliğinin sağlanması, ekonomik ve siyasi politikaların merkezinde yer almaktadır.

Şekil 3’de görüldüğü üzere 2021 yılı itibarıyla küresel ölçekte toplam ham petrol rezervi 244,4 milyar ton olup Venezuela %20’lik pay ile ham petrol rezervleri dağılımında en büyük orana sahip ülke konumundadır Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2021).



Şekil 3. Ülkelere Göre Ham Petrol Rezervleri (2021)

1.1. Petrol Rafineri Endüstrisinin Tarihi

Petrolün ilk kullanımları MÖ 3000 yıllarına kadar uzanır. Mezopotamya, Mısır ve Çin gibi medeniyetler, yüzeyde bulunan doğal asfaltı su yalıtımı ve mumyalama işlemleri için kullanmışlardır. Ancak, modern anlamda petrolün işlenmesi ve kullanımı, 19. yüzyılda başlamıştır. MÖ 5. yüzyılda Çinliler, bambu borular kullanarak doğal gazı taşımış ve bu enerjiyi tuz üretiminde kullanmıştır. 9. yüzyılda Orta Doğu'da, ünlü bilgin El-Razi (Rhazes), petrolden kerosen elde etme yöntemleri üzerine yazmıştır (Smil, 2017).

Petrol rafinerisi endüstrisinin modern tarihi, 1859 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Edwin Drake'in ilk ticari petrol kuyusunu açmasıyla başlar. Bu, petrol üretiminde endüstriyel bir devrimin başlangıcı oldu (Yergin, 2008).

İlk Rafineriler 19. yüzyılın sonlarında kurulan rafineriler, ham petrolü kerosen gibi basit ürünlere dönüştürmek için kullanıldı. Otomobillerin geliştirilmesiyle birlikte benzin talebi arttı ve rafineriler daha gelişmiş damıtma yöntemlerini kullanmaya başladı.

20. yüzyıl, petrol rafinerisi teknolojilerinde ve endüstrinin küresel yayılımında büyük bir büyüme dönemi olmuştur. Katalitik Kreaking Teknolojisi, 1930'larda geliştirilmiştir ve daha yüksek verimli yakıtların üretimini mümkün kılmıştır. Petrokimya sanayisi, plastik, gübre, ilaç ve sentetik malzemelerin üretilmesinde petrol türevlerinin kullanımı artmıştır. II. Dünya Savaşı sırasında petrol ürünleri, savaş malzemeleri için kritik hale gelmiştir. Orta

Doğu'da büyük petrol rezervlerinin keşfi, endüstrinin coğrafi merkezini değiştirmiştir (Yergin, 2011).

Günümüzde petrol rafineri endüstrisi, çevresel kaygılar ve yenilenebilir enerjiye geçiş baskısı ile dönüşüm geçirmektedir. Çevre düzenlemeleri, Rafinerilerin karbon emisyonlarını azaltmak ve daha çevre dostu ürünler üretmek için yeni teknolojiler geliştirmesini sağlamaktadır. Yenilikçi Teknolojiler, biyoyakıtlar ve karbon yakalama teknolojileri gibi yenilikler, endüstrinin sürdürülebilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Dijitalleşme ve yapay zeka, rafinerilerdeki operasyonel verimliliği artırmaktadır. Rafinerilerde yapay zeka kullanılarak operasyonlar optimize edilmektedir. Örneğin, akıllı algoritmalar sayesinde bakım süreleri ve üretim planlaması daha verimli hale getirilmektedir.

Petrol rafineri endüstrisi, enerji talebinin artışı, teknolojik gelişmeler ve küresel ekonomik büyüme ile paralel olarak evrim geçirmiştir.

1.2. Petrol Rafineri Endüstrisinin Gelişimi ve Önemi

Petrol rafineri endüstrisi, modern dünya için hayati bir öneme sahip olan, ham petrolü günlük yaşamda kullanılan yakıtlar ve ürünler haline dönüştüren bir süreçtir. Bu sektör, enerji ihtiyacının artışı, endüstriyel devrimler ve teknolojik gelişmelerle şekillenmiştir. İlk rafineriler, 19. yüzyılda gazyağı gibi basit ürünleri üretmek amacıyla kurulmuş, ardından içten yanmalı motorların icadıyla daha karmaşık ürünler üretmek için dönüşüm geçirmiştir. Günümüzde petrol rafinerisi sadece bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda küresel ekonominin de temel direklerinden biridir. Petrol rafinerisinin gelişimi, teknolojik yenilikler ve artan talep ile şekillenmiştir. İlk ticari petrol kuyusu, 1859 yılında Edwin Drake tarafından ABD'nin Pennsylvania eyaletinde açılmıştır. Bu dönemde, petrol öncelikle gazyağı üretimi için rafine edilmiştir. İçten yanmalı motorların icadıyla birlikte benzin talebi hızla artmış ve rafineri süreçleri daha karmaşık hale gelmiştir. 20.yüzyıl, petrol rafinerisinin küresel yayılımını hızlandırmıştır. Katalitik kraking ve hydrocracking gibi yenilikçi teknolojiler, ham petrolden daha çeşitli ürünler elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, petrokimya endüstrisi gelişerek plastik, ilaç ve sentetik malzemelerin üretiminde petrol türevlerini kullanmıştır.

Günümüzde rafineriler, dijitalleşme ve yapay zeka gibi modern teknolojilerle operasyonel verimliliği artırmaktadırlar. Bunun yanı sıra, biyoyakıt üretimi ve karbon yakalama teknolojileri gibi çevreye duyarlı yöntemler geliştirilmektedir. Petrolün yenilenebilir enerji kaynaklarına olan geçişteki rolü ve stratejik önemi de dikkat

çekmektedir. Petrol rafineri endüstrisi, modern dünyanın enerji talebini karşılamada kilit bir oyuncudur. Tarihi süreçte yaşanan gelişmeler, rafineri teknolojilerinin ekonomik ve çevresel açıdan nasıl dönüştüğünü göstermektedir. Ancak, sürdürülebilir enerjiye geçiş ve çevresel kaygılar, endüstrinin geleceğini şekillendirmeye devam etmektedir. Petrol rafinerileri hem enerji güvenliği hem de ekonomik büyüme için kritik öneme sahip olmaya devam edecektir.

1.3. Türkiye’de Petrol Rafineri Tarihi ve Gelişimi

Petrolün enerji kaynağı olarak önem kazanması 19. yüzyılın sonlarına dayanır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde petrol arama çalışmaları başlamış, ancak bu dönemde ciddi bir üretim veya rafineri faaliyeti gerçekleşmemiştir. Sultan II. Abdülhamid'in petrol politikaları bu alandaki ilk girişimlerden biri olarak değerlendirilebilir. Sultan II. Abdülhamit, bölgedeki petrol kaynakları üzerinden başlayan devletler arasındaki rekabetin farkında olarak farklı ülkelerden uzmanlara ülkedeki petrol potansiyelleri hakkında saha araştırma raporları hazırlatmış; diğer taraftan üçüncü kişiler tarafından petrol arama ve işletme gelirlerinden elde edilecek payın Hazine-i Hassa'ya aktarılmasına dair ilk düzenlemeyi 1889 yılında hayata geçirmiştir (Şavklı, 2019).

Cumhuriyetin ilanından sonra, sanayileşme hamleleri kapsamında petrol sektörü de önem kazanmıştır. Türkiye'nin ilk petrol rafinerisi, Resim 2’de görüldüğü üzere 1955 yılında Batman'da kurulmuştur. Türk milli petrol sanayinin ilk kapsamlı rafineri tesisi olan Batman Rafinerisi'nin tarihsel geçmişi, 1920’lerde Petrol Arama ve İşletme İdaresi tarafından Mardin, Siirt, Cizre bölgesinde yürütülen petrol arama faaliyetlerine uzanmaktadır. Bu rafineri, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından işletilmiş ve ülkenin enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynamıştır. Cumhuriyet’in ikinci sanayileşme dönemine denk gelen 1950-80 yılları arasında, uluslararası ortamda gelişen küresel petrol sanayi üretim modellerine koşut yeni sanayi yerleşkeleri hayata geçmiştir.

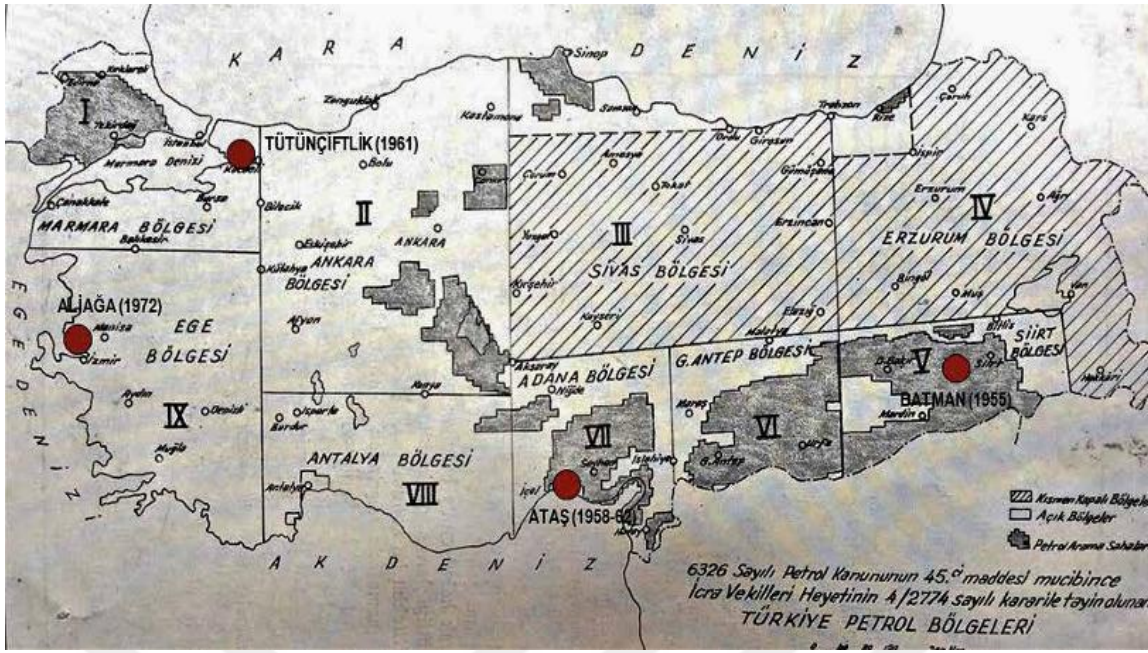


Resim 2. Batman Rafinerisi ham petrol işleme tesislerinden görünüş

6326 sayılı Petrol Kanunu'yla ülke sınırları içerisinde petrol ürünlerinin işlenmesine yönelik yabancı yatırımların gelişmesine imkân tanınmasının ardından 1958 yılında Mersin'in doğusunda; Shell, Mobil, BP şirketlerinin ortaklığında Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş. (ATAŞ) adıyla bir rafineri tesisi kurulmuştur (Devlet Planlama Teşkilatı, 1963).

Ayrıca, petrol ürünlerinin ülke genelinde işlenmesi ve dağıtımı konusunda, kamu kuruluşlarının güçlendirilmesi amacıyla Marmara ve Ege bölgelerinde yeni yatırım alanları geliştirilir. Bu kapsamda, TPAO tarafından İstanbul'a 80 km uzaklıkta İzmit Körfezi kıyısında Tütün çiftlik mevkiinde, ikinci rafineri tesisi olarak İPRAŞ tamamlanarak hizmete girmiştir. Aynı yıllarda Ege Bölgesinde inşa edilecek rafineri tesisi için İzmir'in Aliğa kasabası seçilmiş ve 1972 yılında Aliğa Rafinerisi işletmeye açılmıştır (Naycı & Bozkurt, 2022).

1958 yılında Mersin'de kurulan ATAŞ (Anadolu Tasfiyehanesi A.Ş.) Rafinerisi, özel sektörün petrol rafinajına katkısını temsil eder. Bu rafineri, uluslararası ortaklıklarla kurulmuş ve Türkiye'nin petrol işleme kapasitesini artırmıştır.



Şekil 4. 1950-80 dönemi Türkiye’de inşa edilen petrol rafineri tesisleri

20 Mayıs 1983 tarihinde yayınlanan kamu iktisadî teşebbüsleri hakkındaki 60 sayılı KHK ile Türkiye Petrol Kurumu (PETKUR) kuruldu. Aynı KHK ile TÜPRAŞ'ın da kurulmasına karar verildi. Böylece TÜPRAŞ, PETKUR'un bağlı ortaklığında bir kamu iktisadî teşebbüsü olarak faaliyetine başladı. 18 Haziran 1984 tarihinde yayımlanan 233 sayılı KHK ile PETKUR'nun varlığına son verildi. TPAO, bağlı ortaklık statüsünden yükseltilerek PETKUR'un yerini aldı. Bu sefer TÜPRAŞ, TPAO'nun bağlı ortaklığında bir KİT olarak faaliyetini sürdürdü.

TÜPRAŞ, 5 Temmuz 1990 yılında Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı'na bağlandı ve böylece özelleştirmesi yolunda ilk adım atıldı. 28 Ekim 1983'te yayınlanan kanunla İPRAŞ, Batman Rafinerisi, İzmir Rafinerisi ve yapımı devam etmekte olan Kırıkkale Rafinerisinin TÜPRAŞ'a bağlanmasına karar verildi. 16 Kasım 1983'te TÜPRAŞ, TPAO'dan ayrılarak Enerji Bakanlığı'na bağlı yarı-özel bir şirket olarak faaliyetine başladı. 28 Mayıs 1991'de Tüpraş'ın ilk halka arzı gerçekleşti ve %2,5 oranında hisseyle İMKB'de işlem görmeye başladı. 1999'da halka açıklık oranı %3,58'e ulaştı. 13 Ocak 2004'te yapılan özelleştirme ihalesini Tatneft- Zorlu Grubu 1,3 milyar dolarla kazandı, ancak Petrol-İş Sendikası'nın açtığı iptal davası Danıştay'ca onaylandı ve satış iptal edildi. 12 Eylül 2005'te yapılan ikinci ihalede 4,14 milyar Dolar ile en yüksek teklifi veren Koç-Shell Grubu, ihaleyi kazandı. 26 Ocak 2006'da TÜPRAŞ yönetimi Koç-Shell ortaklığına devredildi. Koç Holding, Aralık

2013'te Shell'in geri kalan %2 hissesini de satın alarak halka kapalı kısmının tek başına sahibi hâline geldi.

Batman Rafinerisi; Türkiye'nin ilk petrol rafinerisi olan Batman Rafinerisi, TPAO tarafından 1955 yılında yıllık 330 bin ton ham petrol damıtma kapasitesiyle Batman'da kuruldu. 1983'te TÜPRAŞ'ın parçası hâline geldi.

İzmit Rafinerisi; 1961 tarihinde ise Kocaeli'nin İzmit ilçesinde TPAO ve Amerikan Caltex ortaklığında yılda 1 milyon ton kapasiteyle İzmit Rafinerisi (İPRAŞ) kuruldu. 1972 yılında Caltex, tüm hisselerini TPAO'ya sattı. Mayıs 1983'te TPAO, PETKUR'a bağlı bir alt şirkete dönüştürülünce İPRAŞ da PETKUR'a bağlanmış oldu. Ancak 28 Ekim 1983'te İPRAŞ feshedildi ve TÜPRAŞ'ın bir parçası hâline geldi.

2001'de iş çeşitlemesi kapsamında satın alınan İzmit Rafinerisinin bitişiğindeki Petkim Yarımca Tesisleri'nin bulunduğu alanda, rafinerilerin ülke motorin açığını optimum düzeyde karşılamasını sağlamak üzere, en gelişmiş rafinaj teknolojileri kullanılarak tasarlanan 3 milyar dolarlık Fuel Oil Dönüşüm Tesisi tamamlanarak üretime başlamıştır. Eylül 2014'te İzmit Rafinerisi'nin bulunduğu bölgede Fuel Oil Dönüşüm Tesisi faaliyete geçmiştir.

İzmir Rafinerisi; 1972'de yıllık 3 milyon ton kapasiteli İzmir Rafinerisi açıldı. Kırıkkale Rafinerisi; 1986 yılında yıllık 5 milyon ton kapasiteli Kırıkkale Rafinerisi açıldı.

Tablo 1. Tüpraş 4 Rafineri Üretim ve Depolama Kapasitesi

RAFİNERİ ADI	ÜRETİM	DEPOLAMA KAPASİTESİ	NELSON KOMPLEKSİTESİ
Batman Rafinerisi	1,4 Milyon Ton	268 Bin m ³	1,83
İzmit Rafinerisi	11,3 Milyon Ton	3 Milyon m ³	14,5
İzmir Rafinerisi	11,9 Milyon Ton	2,5 Milyon m ³	7,66

Tablo 1. (Devamı) Tüpraş 4 Rafineri Üretim ve Depolama Kapasitesi

RAFİNERİ ADI	ÜRETİM	DEPOLAMA KAPASİTESİ	NELSON KOMPLEKSİTESİ
Kırıkkale Rafinerisi	5,4 Milyon Ton	1,3 Milyon m ³	6,32
Toplam	30 Milyon Ton	7.068 Milyon m ³	-

Nelson Kompleksitesi; Rafinerilerin verimliliğini ölçen bir gösterge. Bu göstergenin yükseklik seviyesi bir birim ham petrolden ne kadar yüksek katma değerli nihai ürün üretilbildiğini gösterir.

2018 yılında faaliyete geçen bir diğer Türkiye'nin en büyük özel sektör yatırımı olan Star Rafinerisi İzmir Aliaga'da bulunan bu tesis, yıllık 10 milyon ton ham petrol işleme kapasitesine sahiptir.

Star Rafinerisi; STAR Rafinerisi'nin temeli 2011 yılında atılmış ve inşaatı tamamlanarak 2018 yılında faaliyete geçmiştir. STAR Rafinerisi, Türkiye'nin en büyük ve en modern rafinerilerinden biridir.

Tablo 2. Star Rafinerisi Üretim ve Depolama Kapasitesi

RAFİNERİ ADI	ÜRETİM	DEPOLAMA KAPASİTESİ	NELSON KOMPLEKSİTESİ
Star Rafinerisi	12 Milyon Ton	1,9 Milyon m ³	-

1.4. Petrol Rafineri Üretim Sahaları

Petrol ürünlerinin üretimi için, hammaddeler farklı damıtma tesislerinde işlenir. Ham petrolü, destekleyici birimler ve tesisler yardımıyla ürünlere dönüştüren bu işleme birimlerinin kombinasyonuna rafineri denir. Ürün türüne yönelik piyasa talebi, mevcut ham kalite ve yetkililer tarafından belirlenen şartlar, bir rafinerinin boyutunu, yapılandırmasını ve karmaşıklığını etkiler. Bu faktörler bölgeden bölgeye değiştiği için rafinerilerin tesis yapıları da farklılık göstermektedir. Rafinerilere ait temel üretim bölümleri, proses üniteleri ve yardımcı tesislerdir. Bunlara ek olarak bazı rafinerilerde yağlama yağları üretilen baz yağı kompleksi, petrokimya veya aromatik hammaddesi üretilen tesisler de mevcuttur.

Şekil 5’de görüldüğü üzere ham petrolden petrol ürünleri üreten rafinerilerde bulunan üniteler ve son ürünler verilmiştir.



Rafineriye gelen ham petrol, işleme alınmadan önce yaklaşık 72–96 saat boyunca özel dinlendirme tanklarında bekletilir. Bu süre zarfında, petrol içerisinde bulunan deniz suyu, çamur ve benzeri yabancı maddeler, özgül ağırlık farkı nedeniyle çökelerek tank dibinde ikinci bir faz oluşturur. Dinlendirme süresi sonunda, tankın alt kısmında bulunan atık vanası açılarak bu ayrılan su ve katı maddeler sistem dışına alınır.

Arındırılmış ham petrol, pompalar yardımıyla Ham Petrol Distilasyon Ünitesine yönlendirilir. İlk olarak, birinci grup eşanjör serisi üzerinden geçirilerek yaklaşık 130 °C'ye kadar ön ısıtma işlemi gerçekleştirilir. Bu sıcaklıkta, Resim 3'de görüldüğü üzere ham petrol tuz giderici ünitesi'ne alınır. Burada petrol, girişte hacimce yaklaşık %5 oranında suyla karıştırılarak bir emülsiyon oluşturulur. Tuz giderici, bu emülsiyonu kullanarak ham petrol içerisindeki çözünmüş inorganik tuzları sistemden uzaklaştırır.



Resim 3. Endüstriyel elektrostatik tek aşamalı tuz giderici ünitesi

Ham petrol, içerdiği inorganik tuzlar nedeniyle özellikle atmosferik damıtma kolonu tepe ekipmanlarında ciddi korozyona neden olabilir. Tuz giderme işleminin yetersiz olması durumunda; ısı değiştiricilerde tüp delinmeleri, ekipman yüzeylerinde kirlenme ve birikim oluşması gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu da, rafineri ünitelerinin plan dışı duruşlarına neden olabilir. Bu nedenle tüm rafinerilerde elektrostatik tuz giderici üniteler, sistemin entegre bir parçası olarak kullanılır. Elektrostatik tuz giderici ünitesi, yatay-silindirik bir gövdeye sahip olup, içerisindeki iki elektrot aracılığıyla yüksek gerilim uygulanır. Bu sayede, ham petrol içerisinde emülsiyon halindeki su damlacıkları birleşerek ayrışır ve dibeye çöker. Böylece, çözünmüş tuzlar ve inorganik kirlilikler etkin bir şekilde uzaklaştırılır.

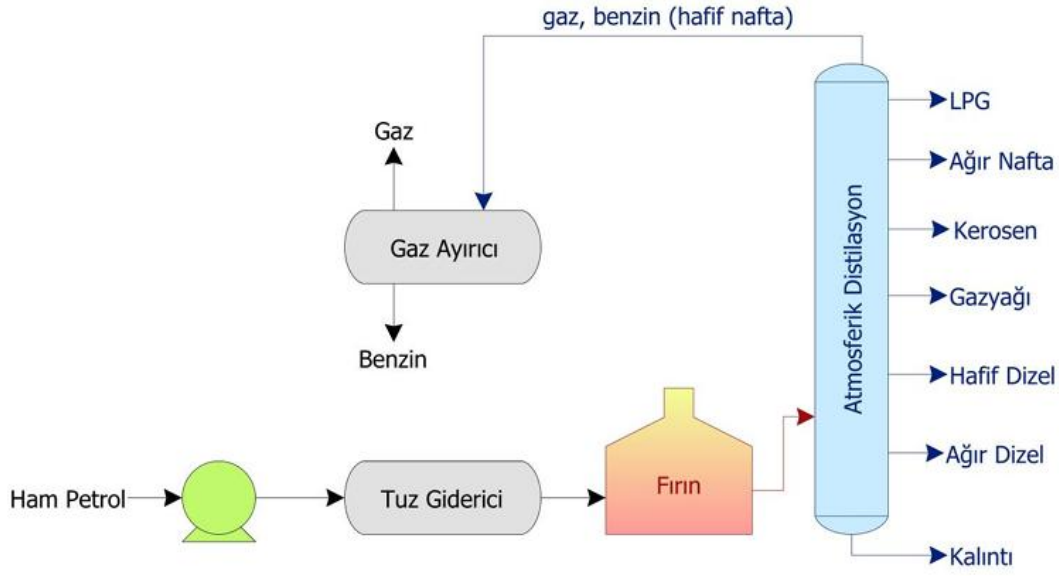
Tuzundan arındırılmış ham petrol, desalter çıkışında ikinci grup eşanjör serisinden geçirilerek daha yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılır. Daha sonra, dört ayrı kol halinde A ve B fırınlarına girer. Fırınlarda gerekli işlem sıcaklığına ulaştırılan ham petrol, buradan çıkarılarak Atmosferik Distilasyon Kolonunun alt kısmından iki kol halinde beslenir.

Şekil 6’da görüldüğü üzere kolon içerisinde fraksiyonel distilasyon uygulanarak ham petrol çeşitli ürünlere ayrıştırılır. Bu ürünler sırasıyla:

- Fuel Gas
- LPG
- Hafif Nafta
- Ağır Nafta
- Special Nafta
- Kerosen
- Hafif Dizel
- Ağır Dizel
- Atmosferik Dip

Kolonun tepe kısmındaki buhar yükünü azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla, nafta ve kerosen gibi hafif ürünlerin bir kısmı soğutularak reflux (geri döndürme) işlemi uygulanır.

Distilasyon kolonundan alınan Special Nafta, Kerosen, Hafif Dizel ve Ağır Dizel ürünleri, gravite (yerçekimi) etkisiyle alt kademede bulunan stripping kolonuna yönlendirilir. Burada, ürünler buharla sıyrılarak hafif uçucu bileşenlerinden arındırılır. Son olarak, eşanjörlerde belirli sıcaklıklara kadar soğutulan ürünler nihai depolama tanklarına gönderilir.



Şekil 6. Ham Petrol Distilasyon Üretim Şeması

1.4.2. Vakum Distilasyon Üretim Sahası

Vakum distilasyon ünitesi, Atmosferik Distilasyon Ünitesinden elde edilen dip fraksiyonu (atmosferik dip) işlemek üzere tasarlanmıştır. Bu ünite, ham petrolün yüksek kaynama noktalarına sahip ağır bileşenlerini, atmosferik koşullarda damıtmanın mümkün olmadığı durumlarda, vakum altındaki düşük basınç ortamında damıtarak ayrıştırma işlemini gerçekleştirir.

Vakum distilasyon süreci sonucunda aşağıdaki temel ürünler elde edilmektedir:

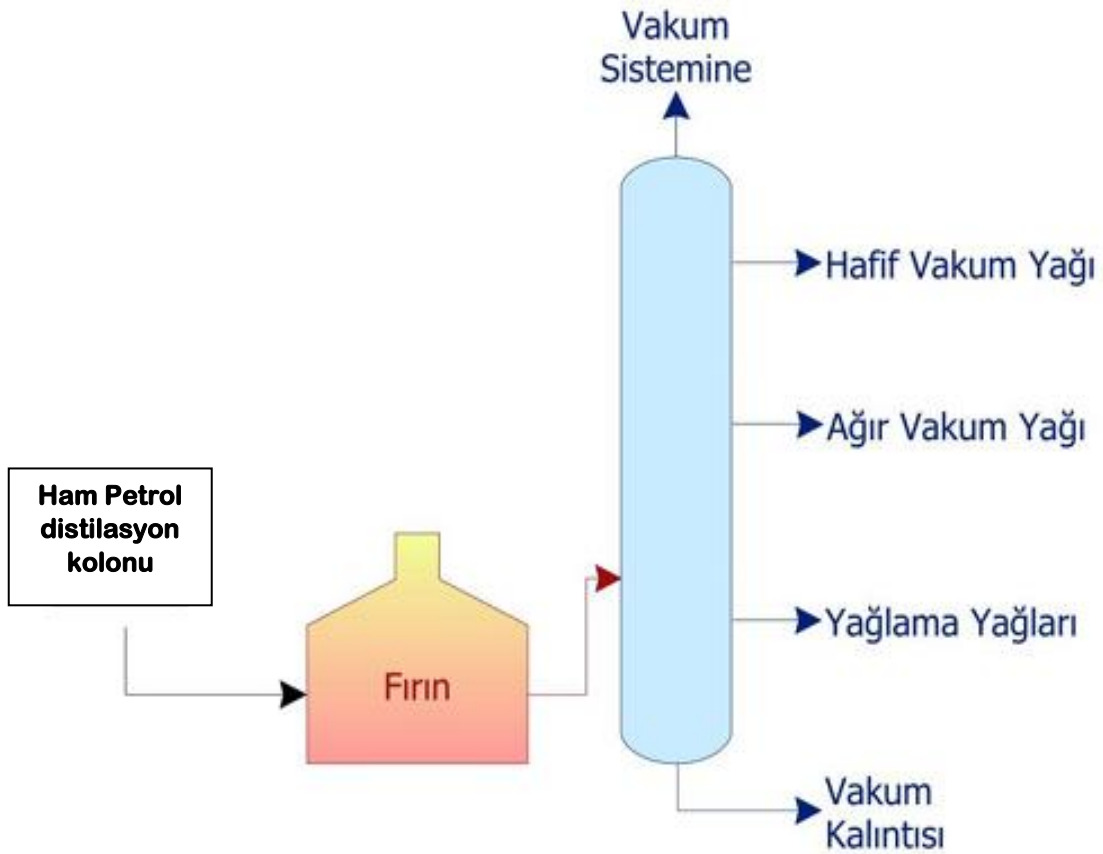
- Hafif Vakum Gaz Yağı (LVGO Light Vacuum Gas Oil)
- Ağır Vakum Gaz Yağı (HVGO Heavy Vacuum Gas Oil)
- Vakum Dip Ürünü (VB Vacuum Bottoms)

Atmosferik distilasyon kolonunun alt kısmından elde edilen dip fraksiyonu, vakum kolonuna gönderilmeden önce bir dizi ön ısıtıcıdan geçirilerek sıcaklığı artırılır. Ardından vakum şarj fırınında, hedeflenen besleme sıcaklığına ulaştırılır. Bu işlem, ağır fraksiyonların daha düşük sıcaklıklarda damıtılmasını mümkün kılmak amacıyla vakum altında gerçekleştirilir. Düşük basınç, bileşenlerin kaynama noktalarının düşmesini sağlayarak termal bozunma riskini azaltır.

Şekil 7’da görüldüğü üzere vakum kolonunda, bileşenler hafiften ağıra doğru fraksiyonlanır. Kolonun çeşitli seviyelerinden sırasıyla:

- Slop Yağı
- Hafif Vakum Yağı (LVGO)
- Ağır Vakum Yağı (HVGO)
- Vakum Dip Ürünü (VB)

elde edilir.



Şekil 7. Vakum distilasyonu akış şeması

Hafif Vakum Gaz Yağı (LVGO), Resim 4’de görüldüğü üzere vakum kolonunun üst kısımlarından çekilen LVGO, uygun sıcaklıklara kadar soğutulmak üzere eşanjörlerden geçirilir. Elde edilen ürünün bir kısmı, kolonun tepe kısmına soğuk refluks olarak geri beslenirken, diğer kısmı nihai ürün olarak tanklara yönlendirilir. Ayrıca LVGO, atmosferik

distilasyon ünitesinden elde edilen Ağır Dizel ile harmanlanarak desülfürizasyon ünitesine gönderilir ve burada kükürt içeriği azaltılarak dizel ürün elde edilir.



Resim 4. Vakum Distilasyon kolonu Dış Görünüm

Ağır Vakum Gaz Yağı (HVGO), LVGO 'ya kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda çekilen HVGO, eşanjörlerde kademeli olarak soğutulur. Elde edilen akım ikiye ayrılır: Bir kısmı sıcak reflux olarak kolona geri beslenir; diğer kısmı ise stim jeneratörüne yönlendirilerek buhar üretiminde kullanılır. Sonrasında tekrar ikiye ayrılan akımın bir bölümü soğuk reflux amacıyla eşanjörlerde soğutularak kolona geri verilir; diğer kısmı ise ürün tanklarına gönderilir. HVGO, fuel oil üretiminde kullanıldığı gibi, aynı zamanda FCC (Fluid Catalytic Cracking) ve Hydrocracking ünitelerine şarj olarak da kullanılmaktadır.

Vakum Dip Ürünü (VB): Vakum kolonunun en alt kısmından çekilen dip fraksiyonu, yüksek moleküler ağırlıklı ve viskoz yapıda olup doğrudan asfalt üretiminde kullanılmak üzere Asfalt Üretim Ünitesine veya fuel oil harmanlamasında kullanılmak üzere ara depolama tanklarına gönderilmektedir.

Safe Cat – Kükürt Giderme Sistemi: İzomerizasyon katalizörlerinin uzun ömürlü olması ve verimli çalışabilmesi için besleme akımındaki kükürt, azot, oksijen ve metalik bileşikler gibi katalizör zehirleyici maddelerin uzaklaştırılması zorunludur. Bu amaçla Safe Cat sistemi, izomerizasyon ünitesinin ön arıtma bölümü olarak entegre bir şekilde çalıştırılmaktadır.

Safe Cat sistemi, iki temel teknolojinin birleşiminden oluşur:

- Hidrodesülfürizasyon (HDS) Reaktörü: Hafif naftada bulunan organik kükürt bileşikleri, Kobalt-Molibden (Co-Mo) katalizörü eşliğinde hidrojen ortamında reaksiyona sokularak hidrojen sülfür (H_2S) gazına dönüştürülür.
- Adsorber Üniteleri (Swing Bed): Oluşan H_2S gazı, adsorber dramları aracılığıyla fiziksel olarak tutulur ve böylece şarj akımı kükürtten tamamen arındırılmış olur.

Zamanla doyunluğa ulaşan adsorber yataklar, TIP (Temizleme ve İzomerizasyon Prosesi) kısmından gelen buhar fazındaki izomerat ve hidrojen içeren bir akım ile rejenerasyona tabi tutulur. Bu desorbsiyon işlemi ile adsorber yataklar yenilenir ve ayrılan gaz karışımı, Stabilizer Kolonuna gönderilerek H_2S , LPG ve hafif hidrokarbonlardan ayrılır.

Safe Cat sistemi yalnızca kükürt giderimiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda:

- Olefinik hidrokarbonlar doyun hale getirilir,
- Organo-metal, oksijenli ve azotlu bileşikler de uzaklaştırılır.

Bu sayede izomerizasyon reaktörlerinde kullanılan platin içerikli katalizörlerin zehirlenmesi önlenmiş olur.

İzomerizasyon Reaktör Sistemi: Safe Cat sisteminden çıkan, kükürtten ve diğer zehirli bileşiklerden arındırılmış hafif nafta, izomerizasyon reaktörlerine yönlendirilir. Bu reaktörlerde, platin bazlı katalizörler yardımıyla düz zincirli normal parafinler, dallanmış yapılı izo-parafinlere dönüştürülür. Bu izomerleşme reaksiyonu sonucunda ürünün oktan sayısı önemli ölçüde artar.

İzomerizasyon reaktörlerinden çıkan ürün iki şekilde değerlendirilir:

- Dönüşüm oranı düşük normal parafinler, sistem dışına çıkarılmadan önce ayrıştırılarak tekrar şarj akımıyla karıştırılır ve izomerizasyon reaktörüne geri gönderilir. Böylece maksimum izomerleşme sağlanır.
- İzomerleşmiş ürün, izomerat olarak alınarak benzin harmanlamasında kullanılır.

Bu proseste elde edilen izomerat, Resim 5’de görüldüğü üzere kompleks ünitelerde çevresel düzenlemelere uygun, kurşunsuz ve yüksek oktanlı benzin üretimi açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.



Resim 5. İzomerizasyon Üretim Sahası Görünümü

1.4.4. Hydrocracker Üretim Sahası

Hydrocracking prosesi, ağır petrol fraksiyonlarının daha hafif ve yüksek değerli ürünlere dönüştürülmesi amacıyla geliştirilmiş Resim 6’da görüldüğü üzere çok yönlü bir rafineri prosesidir. Bu işlem, katalitik kraking ’in hidrojen gazı eşliğinde yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında gerçekleştirilmesiyle uygulanır. Hydrocracking sayesinde hem kimyasal dönüşüm sağlanır hem de kirlilik oluşturan bileşikler sistemden uzaklaştırılır.



Resim 6. Hydrocracker üretim saha Görünümü

Hydrocracker ünitesine şarj olarak genellikle aşağıdaki fraksiyonlar verilir:

- Ağır Atmosferik Gazyağları
- Vakum Gazyağları
- Katalitik veya Termal Kraming ile elde edilmiş Gazyağları

Bu şarjlar, proseste işlenerek aşağıdaki hedef ürünlere dönüştürülür:

- Nafta
- LPG
- Kerosen
- Dizel
- Orta distilatlar

Hydrocracking işlemi sırasında aynı anda kükürt, azot ve oksijen bileşikleri de sistemden uzaklaştırılır. Ayrıca olefinik bileşikler doygun hale getirilerek ürün karışımı parafinler, naftenler ve aromatiklerden oluşan temiz ve stabil bir yapıya dönüştürülür.

Şekil 9’da gösterildiği gibi hydrocracker prosesinde iki temel reaksiyon tipi yer alır:

- Hydrotreating (Hidro-arıtma) Reaksiyonları
- Hydrocracking (Hidro-kraming) Reaksiyonları

Hydrocracker ünitesi genellikle sabit yataklı (fixed-bed) katalizörlere sahip reaktörlerden oluşur. Bu sistemlerde katalizör aktivitesinin korunabilmesi için belirli periyotlarda Resim 7’de görüldüğü üzere ünite duruşları ve katalizör yükleme/boşaltma işlemleri gerçekleştirilir.

Hydrocracker üniteleri, konvansiyonel rafinerilere kıyasla daha yüksek verimlilik sunar. Hydrocracking prosesinde kullanılan hidrojen, genellikle buhar-metan reformlama (SMR) yöntemi ile elde edilir. Bu sistem, rafineride mevcut metan gazından hidrojen üretimi için kullanılır. Özellikle dizel, kerosen ve diğer orta distilat ürünlerin üretiminde oldukça etkilidir.

Michael ve Woyinbrakemi’nin yaptığı çalışmada, Nijerya’nın Okoro 2012 tipi ham petrolü kullanılmıştır. Bu petrol, düşük API değeri (23,54) ve konvansiyonel modüler rafineri işlemlerinde yüksek oranda artık ürün (42,16%) bırakması nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır.



Resim 7. Katalizörün Reaktörlere Yüklenmesi

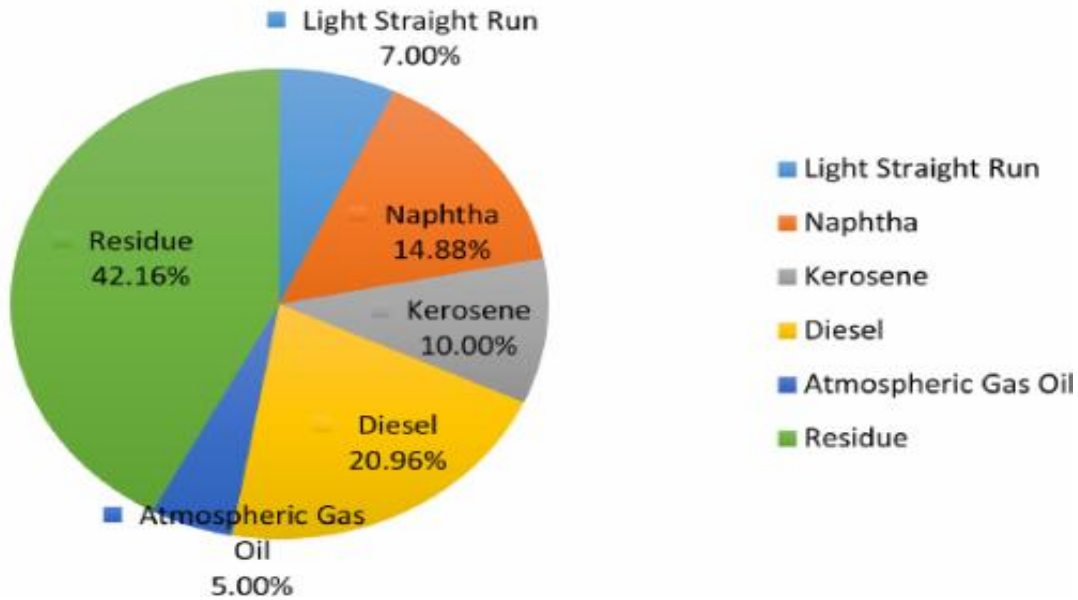
Çalışmada, bu artık fraksiyonlar hydrocracker reaktörüne ön şarj olarak kullanılmış ve şu koşullar altında işlenmiştir:

- Sıcaklık: 380 °C
- Basınç: 183 bar

Bu koşullarda uygulanan hidrojenasyon işlemiyle LPG, nafta ve dizel gibi yuğsek değerli uşunler elde edilmiştir. Kullanılan hidrojen gazı, rafineri içi metandan buhar-metan reformlama yuğtemiyle uşetilmiiştir. Bu yaklaşım, konvansiyonel moduşler rafinerilerde oluşan artık uşun sorununu ozerek uşun verimliliğini artırmıştır. Hydrocracker uşniteleri, geleneksel rafineri teknolojilerine gore çeşitli açılardan avantaj sunmaktadır:

- Daha yuğsek uşun duşuşum oranı
- Enerji verimliliği
- Çevresel etkilerin azaltılması (uşneğin karbon emisyonlarının duşuşuşmesi)
- Yuğsek kaliteli orta distilat uşunlerin uşetimi

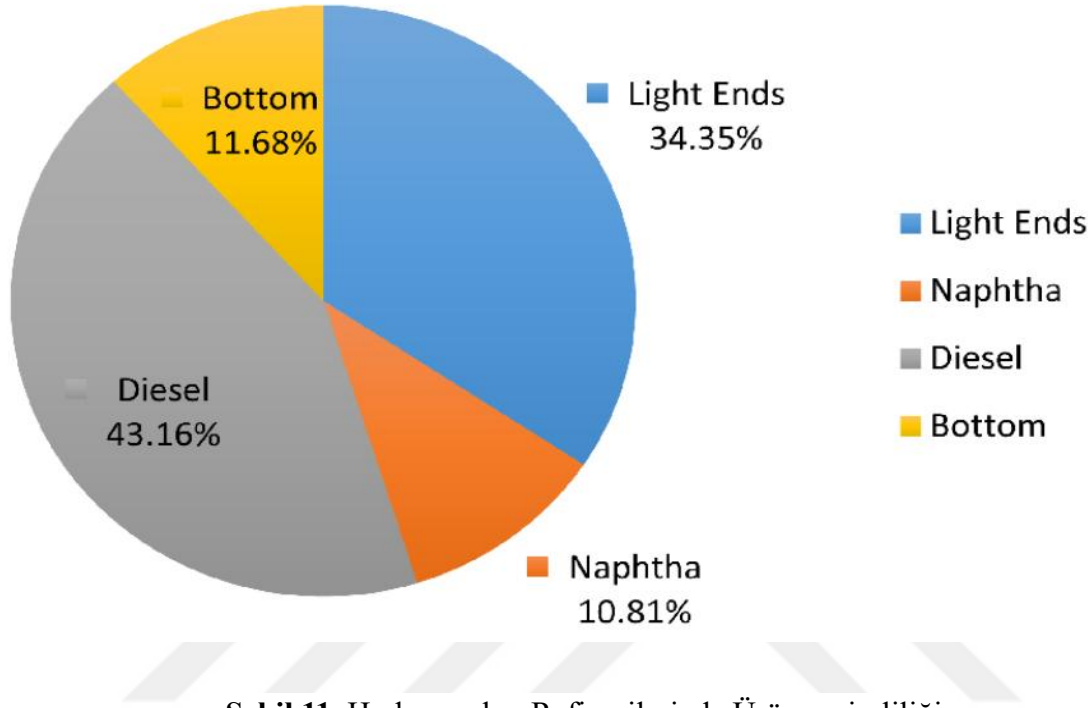
Konvansiyonel rafinerilerde genellikle daha duşuş duşuşum oranları ve yuğsek artık uşun miktarları goruľuřken, hydrocracker uşniteleri yuğsek duşuşum oranları ve daha değerli uşun elde etme kabiliyeti ile uşne çıkmaktadır. şekil 10'da goruľduęu uşzere Konvansiyonel rafinerilerde uşun verimliliği Light straight run %7, Nafta %14,88, Kerosen %10, Dizel %20,96, Atmosferik gaz oil %5, Rezidyum %42,16 ile duşuş verimlilikte çalışmaktadır (Michael & Woyinbrakemi, 2022).



şekil 10. Konvansiyonel Rafinerilerde Uşun verimliliği

Konvansiyonel rafinerilerde genellikle daha duşuş duşuşum oranları ve enerji verimliliği goruľuřken, hydrocracker uşniteleri daha yuğsek duşuşum oranları ve enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca, evresel etkileri azaltma konusunda da avantajlıdırlar. Uşneğin,

karbon emisyonlarını düşürmek için optimize edilmiş süreçler kullanılır. Şekil 11’de görüldüğü üzere hydrocracker ünitelerinde ürün verimliliği Light ends %34,35, Nafta %10,81, Dizel %43,16, Dip ürün %11,68 ile orta distilat ürünlerde artış olmuştur.



Şekil 11. Hydrocracker Rafinerilerinde Ürün verimliliği

1.4.5. Yardımcı Tesisler

Petrol rafinerileri, yüksek enerji yoğunluğuna sahip ve entegre proseslerin kesintisiz şekilde işletildiği kompleks endüstriyel sistemlerdir. Bu sistemlerin güvenli, sürdürülebilir ve verimli biçimde çalışabilmesi yalnızca ana proses ünitelerinin değil, aynı zamanda bu üniteleri destekleyen yardımcı tesislerin sürekliliğine ve bütünlüğüne bağlıdır. Bu çalışma kapsamında, rafinerilerdeki yardımcı tesisler teknik ve operasyonel açıdan incelenmekte; enerji üretimi, su arıtımı, gaz sistemleri, yangın güvenliği ve lojistik altyapılar gibi alt sistemlerin mühendislik prensipleri ve fonksiyonel rolleri değerlendirilmektedir.

Rafinerilerde temel üretim birimleri (örneğin atmosferik distilasyon, vakum distilasyonu, reforming, hydrocracking vb.) 24 saat kesintisiz olarak işletilmek zorundadır. Bu kesintisizliğin sağlanabilmesi, yalnızca proses ekipmanlarının dayanıklılığına değil, aynı zamanda yardımcı hizmetlerin sürekliliğine de bağlıdır. Şekil 12’de görüldüğü üzere yardımcı tesisler, üretimin doğrudan ihtiyaç duyduğu kaynakları sağlayarak üretim bütünlüğünü destekler.



Şekil 12. Bir Petrol Rafinerisindeki Yardımcı Tesisler

Bu sistemlerin yetersizliği veya işletme aksaklıkları, doğrudan ana prosesleri etkileyerek üretim kayıplarına, çevresel risklere ve güvenlik zafiyetlerine yol açabilir. Bu nedenle yardımcı tesislerin mühendislik tasarımı ve entegrasyonu, rafinerinin operasyonel başarısı açısından stratejik öneme sahiptir (Speight, 2015).

Petrol rafinerilerinde yer alan temel yardımcı tesis birimleri aşağıda listelenmiştir:

- Elektrik Üretim Sistemleri: Proses ekipmanlarının ve kontrol sistemlerinin enerji ihtiyacını karşılamak üzere yerinde üretim sağlanır.
- Buhar Üretim Sistemleri: Isı değişimi, sürüklenme ve güç üretimi gibi birçok proses adımıyla kullanılan buhar, genellikle kazanlar vasıtasıyla üretilir.
- Kojenerasyon Sistemleri: Eşzamanlı elektrik ve ısı üretimi sağlayarak enerji verimliliğini artıran entegre sistemlerdir.

- Su Temin ve Atık Su Arıtma Tesisleri: Proses suyu, soğutma suyu ve içme suyu ihtiyaçlarını karşılamak; aynı zamanda atık suların çevre mevzuatına uygun biçimde arıtılmasını sağlamak üzere tasarlanır.
- Basınçlı Hava Sistemleri: Proses kontrolü, vana operasyonları ve ekipman temizliği gibi alanlarda kullanılır.
- Azot Üretim Sistemleri: Yanıcı gazların inertlenmesi, ekipman temizliği ve güvenlik uygulamaları için kritik bir yardımcı gaz sistemidir.
- Soğutma Sistemleri: Proses sıvılarının ve gazların uygun sıcaklık aralıklarında tutulmasını sağlayarak ekipman koruması ve ürün kalitesine katkı sağlar.
- Flare Gazı Geri Kazanım Sistemleri: Emisyonları azaltmak ve enerji geri kazanımı sağlamak amacıyla flare gazlarının tekrar prosese kazandırılmasını sağlar.
- Atık Su Geri Kazanım Sistemleri: Rafineri su döngüsünün kapatılması ve çevresel etkinin azaltılması açısından önemli bir rol oynar.
- Depolama ve Lojistik Tesisleri: Ham petrol, yarı mamul ve nihai ürünlerin güvenli ve verimli şekilde depolanması ve sevkiyatını düzenler

Yardımcı tesislerin mühendislik tasarımı ve yönetimi yalnızca proses sürekliliğini sağlamakla kalmaz; enerji yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve iş güvenliği açısından da doğrudan belirleyicidir. Bu nedenle, yardımcı sistemlerin optimizasyonu ve dijitalleşmesi, modern rafineri tasarımlarında temel stratejik hedeflerden biri hâline gelmiştir.

Geleceğe yönelik rafineri yapılanmalarında, aşağıdaki konularda yardımcı tesislerin daha etkin roller üstlenmesi beklenmektedir:

- Enerji geri kazanımı ve verimlilik artırımı
- Su yönetiminde döngüsel yaklaşımlar
- Dijital izleme ve otomasyon sistemleriyle entegre kontrol
- Karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik uygulamalar

Yardımcı tesisler, bir rafinerinin görünmeyen fakat vazgeçilmez altyapı unsurlarıdır. Bu sistemlerin bütüncül şekilde ele alınması, rafinerilerin rekabet gücünü, çevresel uyumluluğunu ve operasyonel güvenliğini doğrudan etkilemektedir (6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012).

1.5. Petrol Rafineri Üretim Sahalarında Karşılaşılan Tehlikeler

Petrol rafinerileri, enerji sektörünün temel bileşenlerinden biri olup, modern endüstriyel toplumların enerji ihtiyacını karşılamada kritik bir rol üstlenmektedir. Ancak bu tesislerin yüksek teknolojiye ve kompleks üretim sistemlerine sahip olmaları, çeşitli iş sağlığı, güvenliği ve çevre (İSG-Ç) risklerini beraberinde getirmektedir. Rafinerilerde yürütülen faaliyetler; yanıcı, patlayıcı ve toksik kimyasalların kullanımı; yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekleşen prosesler; yoğun makineleşme ve otomasyon sistemleri gibi unsurlar nedeniyle birçok potansiyel tehlikeye açık yapıdadır. Bu nedenle, üretim sahalarında karşılaşılan tehlikelerin sistematik biçimde tanımlanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesi hem çalışan sağlığının korunması hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından temel bir gerekliliktir.

Petrol rafinerilerinde üretim süreçleri boyunca karşılaşılan başlıca tehlike türleri aşağıda sınıflandırılmıştır:

- Kimyasal Tehlikeler
- Fiziksel Tehlikeler
- Ergonomik Tehlikeler
- Biyolojik Tehlikeler

Türkiye'de petrol rafinerileri, 20.06.2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında değerlendirilmekte olup, bu kanunun 9. maddesi uyarınca yayımlanan İşyeri Tehlike Sınıfları Listesi (Ek-1) kapsamında "Çok Tehlikeli Sınıf" içerisinde yer almaktadır. Bu sınıflandırma, rafinerilerde iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin en üst düzeyde planlanması ve uygulanması gerektiğini göstermektedir

1.5.1. Kimyasal Tehlikeler

Petrol rafinerileri, yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan sistemleri, yanıcı ve reaktif maddelerle iç içe geçmiş prosesleri nedeniyle kimyasal tehlike riski yüksek olan endüstriyel tesislerdir. Bu bölümde rafineri ortamında karşılaşılan kimyasal maddeler, bu maddelerin özellikleri ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri ele alınmakta; söz konusu risklerin kontrol altına alınabilmesi için alınması gereken önlemler değerlendirilmektedir.

Kimyasal madde, belirli bir kimyasal bileşime sahip olan ve sabit fiziksel-kimyasal özellikler gösteren maddeleri tanımlar. Bu maddeler element veya bileşik, saf ya da karışım hâlinde bulunabilir. Sanayi devrimiyle birlikte kimyasallar, günlük yaşamdan tarıma, sağlık hizmetlerinden enerji üretimine kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmış; üretim ve tüketimde verimlilik sağlarken, insan sağlığı ve çevre açısından ciddi riskleri de beraberinde getirmiştir. Günümüzde birçok kimyasal maddenin kısa ve uzun vadeli etkileri bilimsel olarak ortaya konmuş, özellikle bazı maddelerin kanserojen, mutajen ve teratojen özellikler taşıdığı tespit edilmiştir. Bu nedenle kimyasal maddelerle çalışan kişilerin, bu maddelere maruz kalma yolları ve etkileri konusunda bilinçli olması büyük önem arz etmektedir (Tehlikeli Maddelerle Çalışmalarda Güvenlik Bilgi Formları Hakkında Yönetmelik, 2013).

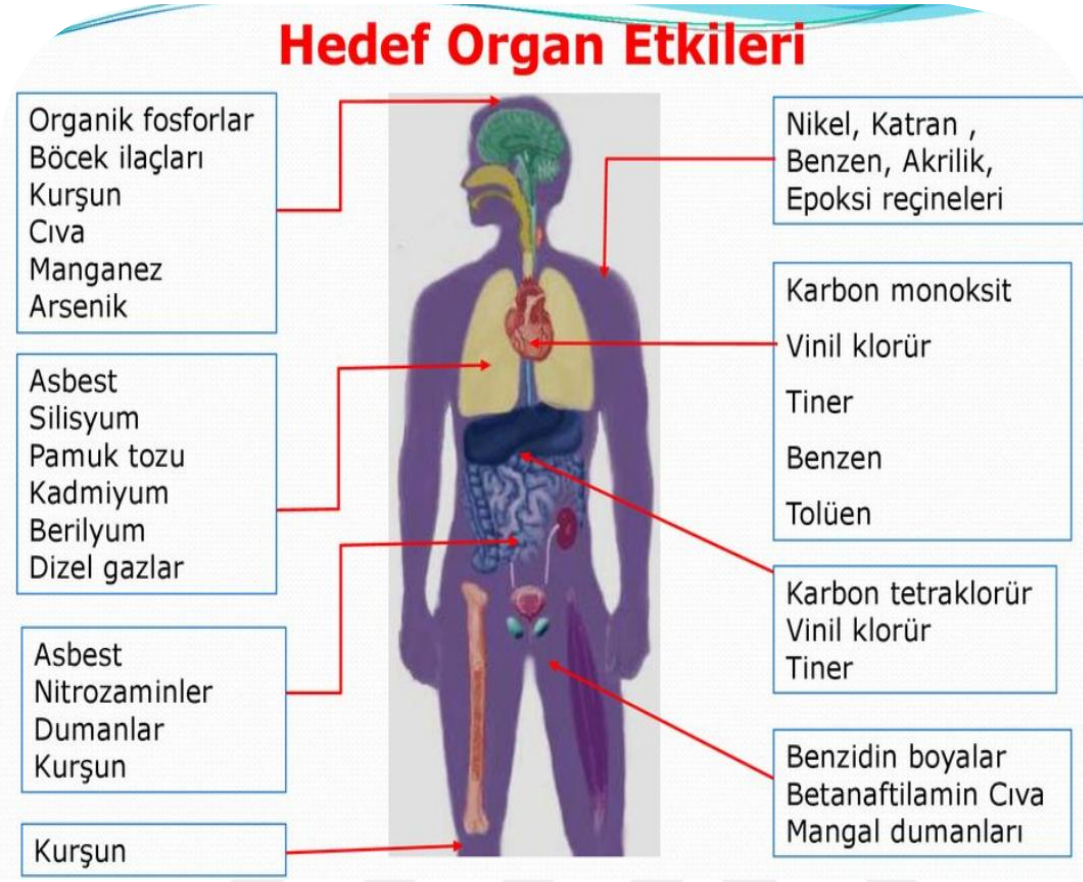
Rafineri ortamında kimyasallara maruziyet genellikle aşağıdaki yollarla gerçekleşmektedir:

- İnhalasyon (solunum yolu ile alım)
- İngestion (sindirim yolu ile alım)
- Dermal temas (deri yoluyla emilim veya açık yaradan geçiş)
- Parenteral yolla (enjeksiyon vb. kazalar yoluyla)

Kimyasalların toksik etkileri, genellikle aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Maddenin toksisite seviyesi
- Maruziyet süresi ve dozu
- Maddenin fiziksel hali (gaz, sıvı, katı)
- Kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı
- Kişinin fizyolojik duyarlılığı

Şekil 13’de görüldüğü üzere kimyasalların insan vücuduna etki edebileceği başlıca organlar gösterilmektedir.



Şekil 13. Kimyasala Maruz Kalan Organlar

Tablo 3 'de görüldüğü üzere rafinerilerde sık karşılaşılan bazı tehlikeli kimyasalların temel özelliklerini ve sağlık üzerindeki etkilerini özetlemektedir:

Tablo 3. Tehlikeli kimyasalların Özellik ve Etkileri

Kimyasal Adı	Özellikleri	Sağlık Üzerindeki Etkileri
Hidrojen Sülfür	Renksiz, çürük yumurta kokulu gaz	Solunum felci, bilinç kaybı, ölüm
Benzen	Uçucu,aromatik hidrokarbon	Kanserojen, kemik iliği baskılanması
Sülfürik Asit	Güçlü korozyif sıvı	Cilt ve göz yanıkları, solunum yolu tahribatı
Amonyak	Keskin kokulu gaz	Solunum yolu irritasyonu, gözde kalıcı hasar
Kostik Soda	Kuvvetli baz	Kimyasal yanıklar, doku tahribatı

Avrupa Birliği ve Türkiye mevzuatları uyarınca, kimyasal maddelerin kullanıcılarına yönelik güvenlik bilgilerinin etiketler aracılığıyla iletilmesi zorunludur. Bu etiketler;

- Maddenin tehlike sınıfını,
- Tehlike piktogramlarını,
- Önlem cümlelerini (P-cümleleri),
- Uyarı kelimelerini,
- Şarj ve üretici bilgilerini içerir

Tablo 4’ de gösterildiği gibi kimyasal etiketleme örnek tablosu verilmiştir.

Tablo 4. Kimyasal Etiketleme Örnek tablosu

Kimyasalın Adı	Kostik
Tehlikeleri	Yanmaya Sebep Olur, Solunum yolunu tahriş eder
Tehlike İşaretleri	
Tehlikenin Tanımı	Beyaz, higroskopik, kokusuz katı veya suyla çözülmüş halde sıvı formdadır.
Emniyet Uyarıları	Çocuklardan uzak tutunuz. Göz ile teması halinde hemen su ile yıkayınız. Acilen tıbbi yardım alınız.
Şarj Numarası	FE18756327RD
Üretici Bilgileri	Smith Chemicals Bristol, UK

Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS ya da Türkçe kısaltmasıyla MGBF), kimyasal maddelerle çalışırken alınması gereken önlemleri ve kimyasalların sağlık-çevre üzerindeki etkilerini tanımlayan teknik belgelerdir. Bu belgeler, kimyasalın adeta “kullanım kılavuzu” işlevi görerek risklerin kontrol altına alınmasına olanak sağlar.

MSDS / MGBF’lerde yer alan başlıca bilgi başlıkları şunlardır:

- Kimyasal ürün ve üretici bilgileri
- İçerik ve bileşim bilgisi
- Tehlike tanımları
- İlk yardım önlemleri
- Yangınla mücadele yöntemleri
- Kaza durumunda alınacak önlemler
- Depolama koşulları
- Kişisel koruyucu donanım bilgileri
- Fiziksel ve kimyasal özellikler
- Stabilite ve reaktivite bilgileri
- Toksikolojik ve ekolojik etkiler
- Atık yönetimi
- Nakliye ve yasal düzenlemeler

Bütün kimyasallar; Güvenlik Bilgi Formlarındaki bilgilere uygun olarak kullanılmalıdır (Hawkins & Chapman, 2009).

1.5.1.1. Kostik (NaOH)

Petrol rafinerilerinde çeşitli kimyasal maddeler, ham petrolün işlenmesi, ayrıştırılması, arıtılması ve nihai ürünlere dönüştürülmesi süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kimyasallar arasında, özellikle kostik (sodyum hidroksit, NaOH) önemli bir yer tutmaktadır. Rafinerilerde kostik genellikle saf olarak değil, suyla farklı oranlarda hazırlanmış çözeltiler şeklinde kullanılmaktadır.

Kostik kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir:

- **Gaz Yağı Çıkarma:** Gaz yağı, petrolün hafif fraksiyonlarından biridir ve rafinerilerde sodyum hidroksit kullanılarak gaz yağındaki asfalten ve diğer katı maddeler çözünebilir. Kostik, gaz yağının saflaştırılmasında asfaltenin çözünmesini sağlar ve böylece ürün kalitesini artırır.
- **Asit Giderme:** Doğal gaz içeriği yüksek olan bazı petrol kaynaklarında, asidik bileşenlerin giderilmesi amacıyla kostik kullanılmaktadır. Bu işlem, gazın daha temiz ve güvenli bir şekilde işlenmesini sağlar.
- **pH Ayarlama:** Rafineri proseslerinde pH dengesinin korunması kritik öneme sahiptir. Kostik, proses sıvılarının pH değerini düzenlemek için kullanılır. Bu amaçla pH sensörleri ile sürekli izleme ve otomatik kontrol sistemleri devrede bulunmaktadır.
- **Korozyon Önleme:** Rafineri prosesinde oluşabilecek asidik ortam ekipmanlarda korozyona neden olabilir. Kostik, bu asidik bileşenleri nötralize ederek tesis ekipmanlarının korunmasına katkı sağlar (National Institute for Occupational Safety and Health, 2007).

Kostik, güçlü bir baz olarak insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli riskler taşımaktadır.

Bu riskler şu şekilde sıralanabilir:

- **Kimyasal Yanıklar:** Kostik, cilt ve mukozalarda ciddi yanıklara yol açabilir. Özellikle sıvı formda deriye temas ettiğinde hızlı ve derin hasar oluşturur.
- **Solunum Problemleri:** Kostik buharlarının solunması solunum yollarında tahrişe sebep olabilir; bu durum öksürük, nefes darlığı ve boğazda yanma hissi gibi belirtilerle kendini gösterir.
- **Göz Hasarı:** Kostikle temas eden gözlerde kalıcı görme kaybına yol açabilecek yanıklar oluşabilir. Bu nedenle uygun göz koruyucu ekipman kullanımı zorunludur.
- **Sindirim Sistemi Hasarları:** Kostik maddelerin ağız yoluyla alınması ya da sindirim sistemi ile temas etmesi ciddi doku hasarlarına ve acil tıbbi müdahale gerektiren yaralanmalara neden olabilir.
- **Çevresel Etkiler:** Kostik bileşenlerin su ve toprak kaynaklarına karışması ekosistemlerde pH dengesini bozarak sucul yaşam ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkiler yaratabilir. Ayrıca, buharlaşma yoluyla hava kalitesinin bozulması ve insan sağlığının olumsuz etkilenmesi mümkündür.

KOSTİK MALZEME GÜVENLİK BİLGİ FORMU

TANIM :Sodyum Hidroksit Çözeltisi (min. %47,5)
BİLEŞİM:NaOH
CAS NO: 1310-73-2

UYARILAR VE ÖNLEMLER

TEHLİKE SEMBOLLERİ

4 ÖLDÜRÜCÜ
3 ÇOK TEHLİKELİ
2 ZARARLI
1 AZ ZARARLI
0 ZARARSIZ

1

4 ÇOK KOLAY YANAR
3 KOLAY YANAR
2 İSHİNCA YANAR
1 ÇOK İSHİNCA YANAR
0 YANMAZ

3

0

X

F YANICI
OK OKSİTLEYİCİ
ACD ASİT, ÇOR KORUZİF
ALK ALKALİ, X TAHRİŞ EDİCİ
W SU KULLANMA
RADYOAKTİF

ÖNLEYİCİ TEDBİRLER, KİŞİSEL KORUNMA VE TOKSİKOLOJİK BİLGİ
 Ürün aydın ve alkali olduğu için yükleme, boşaltma ve kullanımda çok dikkatli olunmalı ve koruyucu donanım kullanılmalı. Kullanım alanlarında göt duşu ve duş bulunmalı. Çalışma alanlarında setli tahliye zemini sağlansın. Geçirgen olmayan taban sağlansın. Rutubetten koruyarak depolansın. Kabı sıkıca kapalı olarak kuru ve ıyice havalandırılmış yerde saklansın.
Kişisel Korunma: PVC veya neopren eldiven, güvenlik gözlüğü ve yüz şiperi, geçirimsiz giysi, baret, kaymaz lastik veya neopren bot kullanılmalıdır.
Toksikolojik Bilgi: Suda yaşayan omurgasızlar ve algler için öldürücü.

GÜVENLİK UYARILARI VE ÇEVRESEL TEDBİRLER
 Kaza olması durumunda kişisel koruyucu ekipmanlarınızı kullanınız. İy bir havalandırma olduğundan emin olunuz. Kum veya toprak ile bariyer yapılarak yayılması önlenmelidir. Dökülen alan bol su ile yıkanmalıdır. Yıkama suyu atıma tesisine bertaraf edilmelidir.
Çevresel Tedbirlere: Çevreye bırakılmamalıdır. Kanalizasyona kanımmasına dikkat edilmelidir.
YANGIN SÖNDÜRME ÖNLEMLERİ
 Oksijen tüplü komple maske ve koruyucu giysi giyilmelidir. Yüksek sıcaklıkta; metallerin paslanmasız alevlenir ve patlayıcı hidrojen oluşur. Yangına maruz kalmış kapalı kaplar su püskürtülerek soğutulmalıdır.
Söndürme Maddeleri: Köpük, kuru kimyasallar ve karbondioksit kullanılmalı.

FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLER

Bilgi: Sıvı
Renk: Duman rengi
Koku: Koksuz
Kaynama Noktası: 142-144°C
Suda Çözünürlüğü: Tamamen çözünür.

PH: 13
Buhar Basıncı: 2 hPa
Çözünürlüğü: Suda çözünür,
Yoğunluk: 1,5 g/cm3

İLK YARDIM

Soluması Halinde: Derhal temiz havaya çıkartılmalı, doktor çağrılmalı. Soluk almyorsa suni solumun yapılmalı, soluk alma güçlüğü varsa oksijen verilmeli, hastaneye başvurulmalı.
Deriyle Temas Halinde: Kirlenmiş giysi ve ayakkabılar çıkartılmalı ve en az 15 dk cilt akan su ile yıkanmalı, giysiler tekrar kullanılmadan önce yıkanmalıdır.
Göze Temas Halinde: Göz kapakları açık tutularak en az 15 dk su ile yıkanmalıdır. Derin yanık durumunda doktor çağrılmalıdır.
Yutma Halinde: Derhal doktor çağrılmalı. Birci yerindeyse kusturmayın, bol miktarda su verin.

ÖZEL TEHLİKELER

Tehlike Sembolü: Ciltte aşınma
Risk Tanımı: Gözde hasara ve ciddi yanıklara sebep olur.
X: TAHRİŞ EDİCİ

HEKİMİN DİKKATİNE !

Sindirim sisteminde ciddi yanmalar, delinme riski, çok durumu oluşabilir. Dumanının soluması solumun sistemi için aydındır. Cilt ve gözler için çok aşındırıcıdır, ciddi yanıklara neden olur. Derhal yıkanmazsa muhtemel ciddi doku tahribi oluşur. Gözde bütün dokuları etkiler. Görme kaybı riski oluşturabilir.
Ulusal Zehir Danışma Merkezi-114

Şekil 14. Kostik Malzeme Güvenlik Bilgi Formu

Şekil 14’de görüldüğü üzere kostik maddelerle çalışılırken, kostik malzeme güvenlik bilgi formunda yazan insan sağlığı ve çevre koruması açısından gerekli tüm önlemlerin alınması zorunludur. Eldiven, koruyucu gözlük ve maske gibi kişisel koruyucu donanımların kullanımı ile birlikte, acil durumlarda müdahale için göz duşu ve vücut duşu gibi güvenlik ekipmanlarının erişilebilir olması hayati önem taşımaktadır. Bilinçli ve dikkatli bir yaklaşım,

kostik kaynaklı risklerin minimize edilmesini sağlayarak güvenli bir çalışma ortamının tesis edilmesine katkı sağlar (Perry ve Green, 2008).

1.5.1.2. Amonyak (NH₃)

Petrol rafinerilerinde amonyak, özellikle amin ünitelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu üniteler, ham petrol işleme sürecinde kükürt giderme işlemlerinde kritik bir rol üstlenmektedir. Ayrıca, amonyak hidrokraking, akışkan katalitik kraking (FCC) ve vakum distilasyon gibi çeşitli rafineri proseslerinde de kullanılmaktadır. Bu ünitelerde amonyak, hidrojen üretimi ve katalizörlerin korunması gibi amaçlarla işlev görür (Chalcopryite ve Zhao, 2010).

Rafinerilerde amonyak, %5-25 oranında sulu çözelti halinde veya basınçlı tüpler içerisinde gaz formunda muhafaza edilmekte ve kullanılmaktadır. NH₃, petrol rafineri ve diğer endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan kimyasal bir bileşiktir; ancak hem insan sağlığı hem de çevre açısından önemli riskler taşımaktadır. Amonyağın başlıca olumsuz etkileri şu şekildedir:

- Solunum Yolları Tahrişi: Amonyak gazının solunması, burun, boğaz ve akciğerlerde tahrişe neden olur. Yüksek konsantrasyonlarda maruziyet, nefes darlığı ve akciğer hasarına yol açabilir.
- Cilt ve Göz Hasarı: Amonyağın ciltle teması yanıklara ve tahrişe sebep olurken, gözle temasında ciddi hasar ve kalıcı görme kaybı riski bulunmaktadır.
- Sindirim Sistemi Problemleri: Amonyağın yutulması durumunda mide bulantısı, kusma ve iç organlarda tahriş gibi sağlık sorunları ortaya çıkabilir.
- Sinir Sistemi Üzerindeki Etkiler: Uzun süreli maruziyet baş ağrısı, baş dönmesi ve konsantrasyon güçlüğü gibi nörolojik belirtilere neden olabilir.
- Çevresel Etkiler: Amonyağın su kaynaklarına karışması sucul ekosistemler için toksik etkiler yaratırken, buharlaşması hava kirliliğine yol açabilir. Ayrıca, yanlış depolama veya atık yönetimi sonucu toprak kirliliği ve bitki örtüsünde zararlar oluşabilir.

Amonyak geniş kullanım alanına rağmen, Şekil 15’de görüldüğü üzere malzeme güvenlik bilgi formundaki potansiyel sağlık ve çevresel tehlikeleri nedeniyle dikkatle ele alınmalıdır. Maruziyetin önlenmesi amacıyla, eldiven, koruyucu gözlük ve maske gibi

kişisel koruyucu donanımların kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, acil durumlarda müdahale için göz duşu ve vücut duşlarının hazır bulundurulması hayati öneme sahiptir. Bu tedbirler hem çalışan sağlığının korunması hem de toplum sağlığının güvence altına alınması için zorunludur.

AMONYAK(SIVI)

ACİL DURUM TELEFONLARI		Genel Bilgilendirme																
TOM	2222	Kimyasal Fiziksel Özellikler	Kimyasal Güvenlik Tehlikesi															
YANGIN İHBAR	8888	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Görünüşü</td> <td>Sıvı</td> </tr> <tr> <td>Koku</td> <td>Keskin ve toksik</td> </tr> <tr> <td>Renk</td> <td>Renksiz</td> </tr> <tr> <td>Çözünürlük, Karıştırılabilirlik, pH</td> <td>pH=11,7(5%1'lik çözelti)</td> </tr> </table>	Görünüşü	Sıvı	Koku	Keskin ve toksik	Renk	Renksiz	Çözünürlük, Karıştırılabilirlik, pH	pH=11,7(5%1'lik çözelti)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td># R-34 Yanıklara neden olur.</td> </tr> <tr> <td># R36- Gözleri tahriş eder.</td> </tr> <tr> <td># R37- Solunum sistemini tahriş eder.</td> </tr> <tr> <td># R38- Cildi tahriş eder.</td> </tr> <tr> <td># R65- Zararlı: Yutulması halinde akciğerde hasara neden olabilir.</td> </tr> </table>	# R-34 Yanıklara neden olur.	# R36- Gözleri tahriş eder.	# R37- Solunum sistemini tahriş eder.	# R38- Cildi tahriş eder.	# R65- Zararlı: Yutulması halinde akciğerde hasara neden olabilir.		
Görünüşü	Sıvı																	
Koku	Keskin ve toksik																	
Renk	Renksiz																	
Çözünürlük, Karıştırılabilirlik, pH	pH=11,7(5%1'lik çözelti)																	
# R-34 Yanıklara neden olur.																		
# R36- Gözleri tahriş eder.																		
# R37- Solunum sistemini tahriş eder.																		
# R38- Cildi tahriş eder.																		
# R65- Zararlı: Yutulması halinde akciğerde hasara neden olabilir.																		
REYİT	4444	Korunma Tedbirleri																
		İşletme/Koruyucu Ekipmanlar	Kullanım ve Depolama Tedbirleri															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Göz ve Yüz Koruyucu</td> <td>Tam yüz kapayıcı gözlük</td> </tr> <tr> <td>El ve Kol Koruyucu</td> <td>PVC eldiven</td> </tr> <tr> <td>Solunum Sistem Koruyucu (Çevresel Ortamda (pH 14,2) koruyucu kullanılmamalı)</td> <td>Tip K Yataklı Kapasite 1000 Filtre</td> </tr> <tr> <td>Diğer Koruyucu</td> <td>-</td> </tr> </table>	Göz ve Yüz Koruyucu	Tam yüz kapayıcı gözlük	El ve Kol Koruyucu	PVC eldiven	Solunum Sistem Koruyucu (Çevresel Ortamda (pH 14,2) koruyucu kullanılmamalı)	Tip K Yataklı Kapasite 1000 Filtre	Diğer Koruyucu	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td># S3- Serin yerde muhafaza edin</td> </tr> <tr> <td># S23-Gaz / Duman / Buhar / Aerosollerini solumayın. (Uygun ifade üretici tarafından)</td> </tr> <tr> <td># S26- Göz ile temasında derhal bol su ile yıkayın ve doktora başvurun.</td> </tr> <tr> <td># S62- Yutulması halinde kusturmayın. Derhal ilk yardım servisine başvurun, kabıveya</td> </tr> <tr> <td># S 7/9 Kabı sıkıca kapalı halde ve iyi havalandırılan bir ortamda muhafaza edin.</td> </tr> <tr> <td># S 24/25 Göz ve cilt ile temasından sakının.</td> </tr> <tr> <td># S 29/35 Kanalizasyon sistemine boşaltmayın; atığını ve kabını güvenli bir biçimde bertaraf</td> </tr> <tr> <td># S 36/37/39 Uygun koruyucu giysi, koruyucu eldiven, koruyucu gözlük/maske kullanın.</td> </tr> </table>		# S3- Serin yerde muhafaza edin	# S23-Gaz / Duman / Buhar / Aerosollerini solumayın. (Uygun ifade üretici tarafından)	# S26- Göz ile temasında derhal bol su ile yıkayın ve doktora başvurun.	# S62- Yutulması halinde kusturmayın. Derhal ilk yardım servisine başvurun, kabıveya	# S 7/9 Kabı sıkıca kapalı halde ve iyi havalandırılan bir ortamda muhafaza edin.	# S 24/25 Göz ve cilt ile temasından sakının.	# S 29/35 Kanalizasyon sistemine boşaltmayın; atığını ve kabını güvenli bir biçimde bertaraf	# S 36/37/39 Uygun koruyucu giysi, koruyucu eldiven, koruyucu gözlük/maske kullanın.
Göz ve Yüz Koruyucu	Tam yüz kapayıcı gözlük																	
El ve Kol Koruyucu	PVC eldiven																	
Solunum Sistem Koruyucu (Çevresel Ortamda (pH 14,2) koruyucu kullanılmamalı)	Tip K Yataklı Kapasite 1000 Filtre																	
Diğer Koruyucu	-																	
# S3- Serin yerde muhafaza edin																		
# S23-Gaz / Duman / Buhar / Aerosollerini solumayın. (Uygun ifade üretici tarafından)																		
# S26- Göz ile temasında derhal bol su ile yıkayın ve doktora başvurun.																		
# S62- Yutulması halinde kusturmayın. Derhal ilk yardım servisine başvurun, kabıveya																		
# S 7/9 Kabı sıkıca kapalı halde ve iyi havalandırılan bir ortamda muhafaza edin.																		
# S 24/25 Göz ve cilt ile temasından sakının.																		
# S 29/35 Kanalizasyon sistemine boşaltmayın; atığını ve kabını güvenli bir biçimde bertaraf																		
# S 36/37/39 Uygun koruyucu giysi, koruyucu eldiven, koruyucu gözlük/maske kullanın.																		
		Acil Durum Tedbirleri																
		SÖNDÜRME VE YATILMA																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">TEHLİKE SEMBOLÜ</td> <td style="text-align: center;">T (Zehirli)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">ZEHİRLİ</td> </tr> </table>		TEHLİKE SEMBOLÜ	T (Zehirli)		ZEHİRLİ	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Çevresel Önlemler</td> <td>Kanalizasyona / Yüzeysel suya / Yer altı suyuyla karışmasını önleyin. Su kanallarının kaza sonucu kirlenmesi halinde yetkililere haber verin.</td> </tr> <tr> <td>Temizleme Yolu</td> <td>Su ile seyreltilir. <u>Seyreltik asetik asit, HCl, veya Sülfirik Asit ile nötralize ediliş</u>, kül veya başka bir inert madde ile emdirilerek kimyasal atık olarak bertaraf edilir.</td> </tr> </table>		Çevresel Önlemler	Kanalizasyona / Yüzeysel suya / Yer altı suyuyla karışmasını önleyin. Su kanallarının kaza sonucu kirlenmesi halinde yetkililere haber verin.	Temizleme Yolu	Su ile seyreltilir. <u>Seyreltik asetik asit, HCl, veya Sülfirik Asit ile nötralize ediliş</u> , kül veya başka bir inert madde ile emdirilerek kimyasal atık olarak bertaraf edilir.							
TEHLİKE SEMBOLÜ	T (Zehirli)																	
	ZEHİRLİ																	
Çevresel Önlemler	Kanalizasyona / Yüzeysel suya / Yer altı suyuyla karışmasını önleyin. Su kanallarının kaza sonucu kirlenmesi halinde yetkililere haber verin.																	
Temizleme Yolu	Su ile seyreltilir. <u>Seyreltik asetik asit, HCl, veya Sülfirik Asit ile nötralize ediliş</u> , kül veya başka bir inert madde ile emdirilerek kimyasal atık olarak bertaraf edilir.																	
		YANGINLA MÜCADELE																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">C (Ağır) (Ağır)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">KOROZİF</td> </tr> </table>		C	C (Ağır) (Ağır)		KOROZİF	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Uygun Söndürücüler</td> <td>Su spreyi, battaniye. Yangın kapları da su ile söndürülmelidir.</td> </tr> <tr> <td>Tehlikeli Yanma Ürünleri</td> <td>Nitrojen oksitleri, zehirli dumanları oluşabilir.</td> </tr> <tr> <td>Özel Tedbirler</td> <td>Temiz hava tüplü solunum sistemi ile müdahale edin.</td> </tr> </table>		Uygun Söndürücüler	Su spreyi, battaniye. Yangın kapları da su ile söndürülmelidir.	Tehlikeli Yanma Ürünleri	Nitrojen oksitleri, zehirli dumanları oluşabilir.	Özel Tedbirler	Temiz hava tüplü solunum sistemi ile müdahale edin.					
C	C (Ağır) (Ağır)																	
	KOROZİF																	
Uygun Söndürücüler	Su spreyi, battaniye. Yangın kapları da su ile söndürülmelidir.																	
Tehlikeli Yanma Ürünleri	Nitrojen oksitleri, zehirli dumanları oluşabilir.																	
Özel Tedbirler	Temiz hava tüplü solunum sistemi ile müdahale edin.																	
		MARIJİYET BELİRTİLERİ/İLK YARDIM																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">N</td> <td style="text-align: center;">N</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">ZEHİRLİ</td> </tr> </table>		N	N		ZEHİRLİ	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Teneffüs Edilmesi Durumunda</td> <td>Kişi derhal temiz havaya çıkarın. Protez, takma diş gibi şeyleri çıkarıp öyle ilk yardıma başlayın. Solunum zorluğu varsa suni teneffüs yapın. Kişinin nabızı yoksa eğitimli kişi tarafından oksijen maskesi uygulayın.</td> </tr> <tr> <td>Cilde Temas</td> <td>Hızlıca acil duş altına girip bol su ile yıkayın ve kimyasal bulaşan kıyafetlerinizi çıkarın. Derhal doktora</td> </tr> </table>		Teneffüs Edilmesi Durumunda	Kişi derhal temiz havaya çıkarın. Protez, takma diş gibi şeyleri çıkarıp öyle ilk yardıma başlayın. Solunum zorluğu varsa suni teneffüs yapın. Kişinin nabızı yoksa eğitimli kişi tarafından oksijen maskesi uygulayın.	Cilde Temas	Hızlıca acil duş altına girip bol su ile yıkayın ve kimyasal bulaşan kıyafetlerinizi çıkarın. Derhal doktora							
N	N																	
	ZEHİRLİ																	
Teneffüs Edilmesi Durumunda	Kişi derhal temiz havaya çıkarın. Protez, takma diş gibi şeyleri çıkarıp öyle ilk yardıma başlayın. Solunum zorluğu varsa suni teneffüs yapın. Kişinin nabızı yoksa eğitimli kişi tarafından oksijen maskesi uygulayın.																	
Cilde Temas	Hızlıca acil duş altına girip bol su ile yıkayın ve kimyasal bulaşan kıyafetlerinizi çıkarın. Derhal doktora																	

Şekil 15. Amonyak Sıvı Malzeme Güvenlik Bilgi Formu

1.5.1.3. Sülfürik Asit (H₂O₄)

Petrol rafinerileri, ham petrolü çeşitli ürünlere dönüştürerek enerji ve kimya sektörünün temel ihtiyaçlarını karşılayan karmaşık tesislerdir. Bu süreçlerde kullanılan kimyasal maddeler, rafinasyon verimliliği ve ürün kalitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Sülfürik asit (H₂SO₄), güçlü asidik özellikleri ve yüksek reaktivitesi nedeniyle petrol rafinerilerinde kritik bir öneme sahiptir (Bhaskar ve Vasudevan, 2012).

Sülfürik asit, özellikle alkilasyon proseslerinde katalizör olarak kullanılmaktadır. Bu işlemde, izobütan ile olefinler (örneğin, izobütilen) reaksiyona girerek yüksek oktanlı benzin bileşenleri olan izooktan üretir. Sülfürik asit, reaksiyon hızını artırarak işlem verimliliğini yükseltmektedir. Ayrıca, petrol ürünlerinde bulunan kükürt bileşenlerinin çevreye zararlı emisyonlara yol açmasını engellemek amacıyla sülfürik asit kullanılmaktadır. Gazyağı ve petrokok gibi yan ürünlerdeki kükürt bileşenleri, sülfürik asit ile reaksiyona girerek uzaklaştırılabilmektedir. Bunun yanı sıra, sülfürik asit bazı katalizörlerin üretiminde de rol oynamaktadır. Bu katalizörler, rafineri süreçlerinde reaksiyon hızını artırarak ürün verimliliğini optimize eder. Örneğin, alkilasyon işleminde kullanılan katalizörlerin üretiminde sülfürik asit gereklidir. Petro kok ve gazyağı gibi yan ürünlerdeki kükürt bileşenlerinin sülfürik asit ile arıtılması, ürün kalitesinin artırılmasını sağlamakta ve çevresel açıdan zararlı emisyonların azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, rafineri tesislerinde ortaya çıkan atık suyun arıtılmasında sülfürik asit önemli bir rol üstlenmektedir. Atık suyun pH dengesinin düzenlenmesi, ağır metallerin çöktürülmesi ve zararlı bileşiklerin nötralize edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Böylece çevreye verilen olumsuz etkiler en aza indirilmektedir.

Sülfürik asidin suyla tepkimesi ekzotermiktir ve bu reaksiyon sırasında yoğun ısı açığa çıkar. Ayrıca, metallerle temas ettiğinde hidrojen gazı açığa çıkararak parlama ve patlama riski oluşturabilir. Bu nedenle, sülfürik asit uygun şekilde etiketlenmiş, güvenli depolama alanlarında muhafaza edilmeli ve işlem sırasında iyi havalandırılan ortamlarda çalışılmalıdır. Sülfürik asit ile temas halinde, uygun koruyucu ekipmanlar gözlük, eldiven ve koruyucu giysi kullanımı zorunludur.

1.5.1.4. Azot (N)

Petrol rafinerilerinde azot, gaz ve sıvı formda çeşitli uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Azotun kullanım alanları, güvenlik, proses kontrolü ve ekipman koruması açısından büyük önem taşır.

Azot gaz olarak, aşağıdaki amaçlarla rafinerilerde kullanılır:

- Ekipmanların devre dışı olduğu dönemlerde korunması veya içindeki ürünlerin kendiliğinden alevlenmesini önlemek,
- Tanklarda patlayıcı ortam oluşumunu engellemek için ortamdan oksijen uzaklaştırmak,
- Ekipmanların bakım öncesi hidrokarbonlardan arındırılması (pörçleme) işlemi,
- Piroforik (kendiliğinden yanıcı) maddelerin oksidasyonunu önleyerek yangın riskinin azaltılması,
- Start-up öncesinde ekipman ve boru hatlarından gazların tahliyesi,
- Proseslerde inert ortam sağlamak veya laboratuvar analizlerinde kullanmak,
- Özel kaynak işlemleri sırasında inert gaz sağlamak,
- Enstrümantasyon impuls hatlarının hidrostatik testlerinde basınç medyası olarak,
- Depolama tanklarında havayla temasın önlenmesi amacıyla örtü gazı olarak,
- Ex-situ rejenerasyon öncesinde boşaltma işlemlerinin hızlandırılması ve kataliz yatağının hızlı soğutulması için oksijensiz ortam yaratmak

Sıvı olarak kullanımı,

Azotun kaynama noktası -196 °C olduğundan, sıvı azot rafinerilerde depolama ve soğutma amacıyla kullanılır. Ancak, sıvı azot ekipmanlarda çatlama ve donmaya yol açabilir. Ayrıca, sıvı azotla doğrudan temas, dokularda donmaya ve soğuk yanıklara sebep olabilir. Bu nedenle sıvı azot kullanımı sırasında gerekli koruyucu tedbirlerin alınması zorunludur.

Azot renksiz, kokusuz ve yanıcı olmayan bir gazdır. Suda çözünürlüğü düşüktür. Soluduğumuz havanın yaklaşık %79'u azot gazından oluşur ve bu oranda sağlık açısından herhangi bir tehlike oluşturmaz. Ancak, ortamda azot oranı arttıkça, oksijen konsantrasyonu azalır ve bu durum boğulmaya neden olabilir.

Tablo 5' de solunan havada bulunan oksijen miktarının insan vücuduna olan etkileri verilmiştir.

Tablo 5. Oksijen Oranının İnsan Vücuduna Etkileri

Oksijen (%vol)	Oksijen Oranının İnsan Vücuduna Etkileri
23.5	Maksimum “Emniyetli Seviye”
20.8	Havadaki Oksijen seviyesi
19.5	İzin verilen en düşük Oksijen seviyesi (detektörlerin alarm seviyesi)
15-19	İş yapma kabiliyeti ağırlaşır. Kalp krizi, akciğer yetmezliği, kan dolaşımı ile ilgili sorunlar ortaya çıkabilir.
12-14	Nefes alma zorlaşır, sıklığı artar, nabız artar; kas koordinasyonu, algı ve karar verme yetisi zayıflar. Çok tehlikelidir çünkü fark etmezsiniz!
10-12	Nefes sıklığı iyice artar ve derin nefes alma ihtiyacı duyulur, karar verme yetisi çok zayıflar, dudaklar morarmaya başlar.
8-10	Zihinsel yeti kaybolur, bayılma, bilinçsizlik, soluk yüz, dudakların morarması, mide bulantısı, kusma, vücudu hareket ettirememe
6-8	8 dakika – 100% ölüm 6 dakika – 50% ölüm oranı
4-6	40 saniye içinde komaya girer, kriz geçirir, solunum yetmezliği, ÖLÜM!

Azot oranının artması oksijen yetersizliğine yol açar ve hücrelerde oksijen taşınması bozularak bilinç kaybı meydana gelir. Bu nedenle, azot kullanılan ortamlarda oksijen ölçümü hayati önem taşır. Oksijen oranı düşük olan ortamda gaz detektörü ve gaz ölçüm cihazları yanlış ölçüm yaparlar. Rafinerilerde kullanılan portatif gaz detektörleri yanıcı gazın katalitik yanma testi ile çalışır. Bu testte cihazın içinde yanma sonucu ısınan tel (genellikle platinyum), %LEL veya LFL değerini verir.

Basınçlı azot tüplerinin güvenli kullanımı için şu önlemler alınmalıdır:

- Tüpler sadece azot için üretilmiş olmalı ve başka gazla dolu tüplere azot doldurulmamalıdır.
- Tüpler taşınırken vana kapalı ve koruyucu kapak takılı olmalıdır.
- Tüpler dik pozisyonda ve sabitlenmiş şekilde nakledilmelidir.
- Tüpler asla yan yatırılmamalı, mıknatıs veya halatla taşınmamalıdır.
- Kullanımda tüpler dik tutulmalı ve üzerindeki gaz etiketi kontrol edilmelidir.
- Basınç düşürücü, regülatör ve hortum gibi ekipmanlar uygun standartlarda olmalıdır.
- Vana yağlanmamalı, yavaşça açılmalı ve kaçaklar uygun yöntemlerle kontrol edilmelidir.
- Tüp basıncı artırmak için alev veya elektrikli ısıtıcı kullanılmamalıdır.
- Tüpler aşırı sıcaklığa maruz bırakılmamalı (45 °C üstü) ve donma sıcaklığının altına inilmemelidir.
- Tüpler düşme ve çarpma riskine karşı korunmalı, devrilmeyecek şekilde depolanmalıdır.
- Depolama alanı iyi havalandırılmalı, yangın risklerinden uzak tutulmalıdır.
- Dolu ve boş tüpler ayrı ayrı depolanmalıdır.

Rafinerilerde, oksijen seviyesi %19,5'in altına düştüğünde kapalı alanlarda çalışma özel güvenlik tedbirleri gerektirir. Bu alanlara yalnızca eğitilmiş ve yetkili personel girmelidir. Kapalı alan çevresi uygun uyarı levhaları ve emniyet şeritleri ile işaretlenmelidir. İçeride yapılan çalışmalar sürekli izlenmeli, iletişim sağlanmalı ve acil durum kurtarma ekipmanları hazır bulundurulmalıdır.



Resim 8. Çalışma Alanında Azot Uyarı Levhaları

Bakım çalışmalarında Resim 8’de görüldüğü üzere alana girişler engellenerek, azot uyarı levhaları konulmalıdır. Petrol rafinerilerinde %19,5 ‘un altında oksijen bulunan kapalı alanlarda çalışmak özel şartlara bağlıdır.

- Eğitimsiz ve yetkisiz personel kapalı alana giremez.
- Kapalı alan etrafına azot uyarı işaretleri konmalı ve alan emniyet şeridi ile çevrilmelidir.
- Resim 9’da görüldüğü üzere Kapalı alan girişine “Girilmez” levhası asılmalıdır.
- Kapalı alan içerisinde online olarak patlayıcı gaz, toksik gaz, sıcaklık ve/veya basınç ölçümleri yapılmalıdır.
- Kapalı alanda yapılacak çalışmalar sırasında çalışma alanı kamera sistemi ile sahaya kurulacak olan geçici kontrol odasından sürekli gözlemlenmeli, içeride çalışan personel ile iletişim sağlanmalıdır. (Kulaklıklılı telsiz vb.)
- Kapalı alana giren veya girme ihtimali olan personel daha önce bu işte çalışmış olmalı, kapalı alan korkusu bulunmamalıdır.



Resim 9. Kapalı Alan Girilmez Uyarı Levhaları

Kapalı alana giriş yapan personel için aşağıdaki koruyucu donanımlar zorunludur:

- Kilitli kask tipi baret,
- Bağımsız iki temiz hava beslemesi,
- Hava miktarını gösteren cihaz,
- Elektrik kullanımında yedek enerji kaynağı,
- Paraşüt tipi emniyet kemeri ve kurtarma halatı.
- Ayrıca, menhol girişinde nezaretçi bulunmalı ve kurtarma personeli hazırda tutulmalıdır
- Gözcü içeride çalışan personeli göz ile görebilecek şekilde konumlanmalıdır.
- Kapalı alanın giriş noktasında emniyetli yerde hazır vaziyette tutulan kurtarma ekipmanları bulunmalıdır.
- Eğitimli (arama-kurtarma, ilk yardım eğitimleri almış) kurtarma personeli gerekli ekipmanları ile birlikte hazır vaziyette beklemelidir.
- Menhol 'den içeri giren tüm kablolar düzenli ve takılmayacak şekilde olmalıdır.
- Düşme önleyici (emniyet kemeri, halat) ekipmanların kontrolü/testi işe başlamadan yapılmalıdır.
- Gaz ölçüm cihazlarının testleri ve kalibrasyonları yapılmış olmalıdır.
- Kapalı alan içerisinde 24V dan fazla olmamak kaydı ile yeterli aydınlatma sağlanmalıdır.

- Giriş-çıkış merdiveni emniyetli ve sabitlenmiş olmalıdır.
- Katalist yükleme ekipmanı sahaya emniyetli şekilde konumlandırılmış ve kontrolleri yapılmış olmalıdır.
- Temiz hava tüplerinin kontrolleri yapılmalı, basınç göstergeleri çalışır vaziyette olmalıdır.
- Acil kaçış planı yazılı olarak bulunmalı sahadaki tüm personel tarafından okunmuş olması sağlanmalıdır.

Petrol Rafineri sahalarında azot kullanma kuralları aşağıdaki gibidir;

- Azot kullanımı sadece işletme tarafından verilen izinle yapılmalıdır.
- Sistemde sabit azot bağlantıları kullanılmadığında izole edilmeli veya körlenmelidir.
- Azot kullanılan noktalarda uyarı işaretleri mutlaka bulunmalıdır.
- Rutin dışı azot kullanımlarında İş Tehlike Analizi (İTA) yapılmalıdır.
- Azot atmosfere pörç yapılırken alan uyarı levhaları ile işaretlenmeli, yetkisiz giriş engellenmelidir.
- Azot, havalı alet ve ekipmanlarda kullanılmamalıdır.
- Azot çıkış noktaları Resim 10 ve Resim 11’de görüldüğü üzere quick kaplinli olmalı ve uyarı etiketleri bulunmalıdır.
- Azot bağlantılarında sadece uygun sertifikalı hortumlar kullanılmalıdır.



Resim 10. Azot Çıkış Hattına Bağlanan Erkek Quick Kaplin



Resim 11. Tek Taraflı Dişi Quick Kaplin Azot Hattı

1.5.1.5. Hidrojen Sülfür (H₂S)

Hidrojen sülfür (H₂S), doğada özellikle petrol, doğal gaz ve diğer hidrokarbon rezervuarlarında yaygın olarak bulunan, toksik ve korozyif özelliklere sahip bir gazdır. H₂S ile güvenli çalışma koşullarının sağlanabilmesi için, bu bileşiğin temel fiziksel, kimyasal ve toksikolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

Yoğunluk Özellikleri: Saf hidrojen sülfür, molekül ağırlığı 34 g/mol olan ve havadan daha yoğun bir gazdır. Ancak endüstriyel ortamlarda H₂S genellikle diğer gaz ve buharlarla karışık halde bulunur. Bu nedenle, kaçak veya salım durumlarında H₂S'nin davranışı, karışımın toplam yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Gaz, havadan daha ağır, daha hafif veya havayla benzer yoğunlukta hareket edebilir. Bu nedenle, potansiyel bir H₂S sızıntısı durumunda gazın dikey ve yatay yayılımı, ortam koşulları ve bileşen yoğunlukları göz önünde bulundurularak dikkatle değerlendirilmelidir.

Kokuya Dayalı Tespit Güvenilmezliği: Hidrojen sülfür düşük konsantrasyonlarda karakteristik çürük yumurta kokusuna sahip olmasına rağmen, orta ve yüksek konsantrasyonlarda ya da düşük seviyelerde uzun süreli maruziyet durumlarında koku alma duyusu geçici olarak baskılanabilir veya tamamen kaybolabilir. Bu nedenle, koku alma duyusuna dayalı H₂S algısı güvenilir bir gösterge değildir. H₂S'nin fizyolojik etkileri, maruz kalınan konsantrasyon ve maruziyet süresine bağlı olarak değişmekte olup, ilgili toksikolojik tablolarla detaylandırılmaktadır. Konsantrasyon genellikle ppm (parts per million) birimiyle ifade edilir.

Uçuculuk Özelliği ve Faz Dağılımı: Çözülmüş H₂S, çoğunlukla ham petrol ve diğer hidrokarbon sıvılarında bulunur. Bu sıvı fazda bulunan H₂S, bileşenleri arasında en uçucu olanlardan biridir. Bu nedenle, düşük seviyelerde çözülmüş H₂S dahi sıvı fazın hemen üzerindeki buhar fazında yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir. Bu durum, tanklar, boru hatları ve depolama sistemlerinde ani ve beklenmeyen gaz salımlarına yol açabileceğinden dikkatle izlenmelidir.

Korozyon Mekanizmaları: Hidrojen sülfür, özellikle yüksek sıcaklık koşullarında metal yüzeylerde ciddi korozyon sorunlarına neden olabilir. Yaygın korozyon türleri arasında yüksek sıcaklık sülfür korozyonu, sülfür kaynaklı stres çatlaması (SSC- Sulfide

Stress Cracking) ve hidrojen kırılması bulunmaktadır. Bu mekanizmalar, ekipmanın mekanik bütünlüğünü tehdit eder ve proses güvenliğini riske atar.

Piroforik Etki ve Önleyici Tedbirler: Hidrojen sülfür, demir ile reaksiyona girerek piroforik demir sülfür (FeS) bileşikler oluşturabilir. Bu bileşikler oksijenle temas ettiğinde kendiliğinden tutuşabilir. Bu nedenle, FeS birikimi olasılığı bulunan sistemlerde (örneğin boru hatları, tanklar, vanalar) hava ile teması engellenmeli veya sistemler kontrollü bir şekilde nemli tutulmalıdır. Bu önlemler, olası yangın ve patlama risklerinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Rafineri ekipmanlarının bakımı, tasarımı ve işletilmesi sürecinde, çalışanların ve çevrelerindeki bireylerin hidrojen sülfür (H₂S) gazına maruz kalma potansiyelleri dikkate alınmalıdır.

Hidrojen sülfürün işlenmesi ve elleçlenmesinden kaynaklanan tehlikeler, çalışanların sağlığını ciddi şekilde tehdit edebileceğinden, bu tehlikeler ve geçerli maruziyet limitlerine dair bilgiler, etkilenen tüm personele erişilebilir ve anlaşılabilir bir şekilde sunulmalıdır. Hidrojen sülfürün fizyolojik etkileri, gazın konsantrasyonuna ve maruziyet süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu etkiler, hafif tahrişlerden, ciddi solunum bozukluklarına ve hatta ölüme kadar geniş bir yelpazeye yayılabilir. Dolayısıyla, gazın işlenmesi sırasında sağlık risklerinin en aza indirilmesi amacıyla, çalışanlar için belirlenen maruziyet limitlerinin izlenmesi önem arz etmektedir. Tablo 6 ve Tablo 7’de görüldüğü üzere bu etkiler ve gazın çalışma ortamındaki konsantrasyonu hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

Tablo 6. Hidrojen Sülfürün Fizyolojik Etkileri

Konsantrasyon, ppm	Zaman	Etki
0.1- 0.5	Anında	Rahatsız edici kokunun duyulmaya başlandığı aralık,
10	Anında	Göz tahrişi eşik değeri, uzun süreli maruziyette koku alma duyusu yitirmeye başlanır,
50	1 saat	Göz ve solunum yolu tahrişi,
100	2-15 dakika	Koku alma duyusunun yitirilmesi,
300	30 dakika	Ters bir sağlık etkisi olmadan kaçılacak maksimum maruziyet,
700	Anında	Kısa sürede bilinç kaybı, nefes alma durur ve kazazede kurtarılamazsa ölüm gerçekleşir.
1,000	Anında	Anında kendinden geçme, kurtarılmazsa birkaç dakika içerisinde kalıcı beyin hasarı ya da ölüm gerçekleşebilir

Tablo 7. Hidrojen Sülfür (H₂S) Toksikolojik, Fiziksel ve Güvenlik Özellikleri

Konu	Özellik
Kişisel Koruyucu Donanım	Kauçuk çerçeveli dalgıç tipi gözlük; onaylanmış solunum koruması.
Ortaya Çıkan Belirtiler	Göz, burun ve boğaz tahrişi. Yüksek konsantrasyonlarda solunması halinde, hiperpne ve solunum felci ortaya çıkabilir. Çok yüksek miktarlarda solunması akciğer ödeme yol açabilir.

Tablo 7. (Devamı) Hidrojen Sülfür (H₂S) Toksikolojik, Fiziksel ve Güvenlik Özellikleri

Konu	Özellik
Maruziyeti Takiben Tedavi	Solunması- Kazazedeyi maruziyet alanından uzağa taşıyın, suni tenefüs yapın, oksijen desteği sağlayın ve hemen doktora başvurun. Göz ile teması-Gözleri su ile yıkayın.
Yutulması Durumunda Toksisitesi	Oda sıcaklığında gaz fazında olduğu için yutulma olasılığı düşüktür.
Buharının (Gaz) Tahriş Edici Özellikleri	Buharı, personelin genellikle orta ya da yüksek buhar konsantrasyonlarını tolere etmeyeceği şekilde orta derecede tahriş edicidir.
Katı veya Sıvı Tahriş Edici Özellikleri	Minimum tehlike. Giysilerin üstüne dökülüp bırakılırsa acıma ve deride kızarıklığa neden olabilir.
Koku Eşiği	0.0047 ppm
Parlama Noktası	Parlayıcı Gaz
Havada Sınırları	Parlayıcılık 4.3%-45%
Yangın Elemanları	Söndürme Gaz akışını durdurun
Yanma Ürünlerine Has Tehlikeler	Yangın durumunda zehirli gazlar ortaya çıkar.
Yangındaki Eğilimi	Buharı havadan ağırdır ve parlama-tutuşma ateşleme ve parlama için hatırı sayılır bir mesafe seyahat edebilir
Tutuşma Sıcaklığı	260°C
Yanma Hızı	2.3 mm/dakika. (Sıvı)
Stokiyometrik Hava Yakıt Oranı	7.1 (hesaplanmış)
Yanma Molar Oranı (Ürün/Reaktan)	2.0 (hesaplanmış)
15 ° C ve 1 atm'de Fiziksel Durumu	Gaz

Hidrojen sülfür için farklı uluslararası standartlara göre belirlenmiş olan mesleki maruziyet limitleri, çalışanların güvenliği için kritik öneme sahiptir. Bu limitler, gazın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek için tasarlanmıştır. Tablo 8’ de görüldüğü üzere hidrojen sülfürün değişik standartlara göre belirlenen mesleki maruziyet limitleri verilmiştir (European Agency for Safety and Health at Work, 2016).

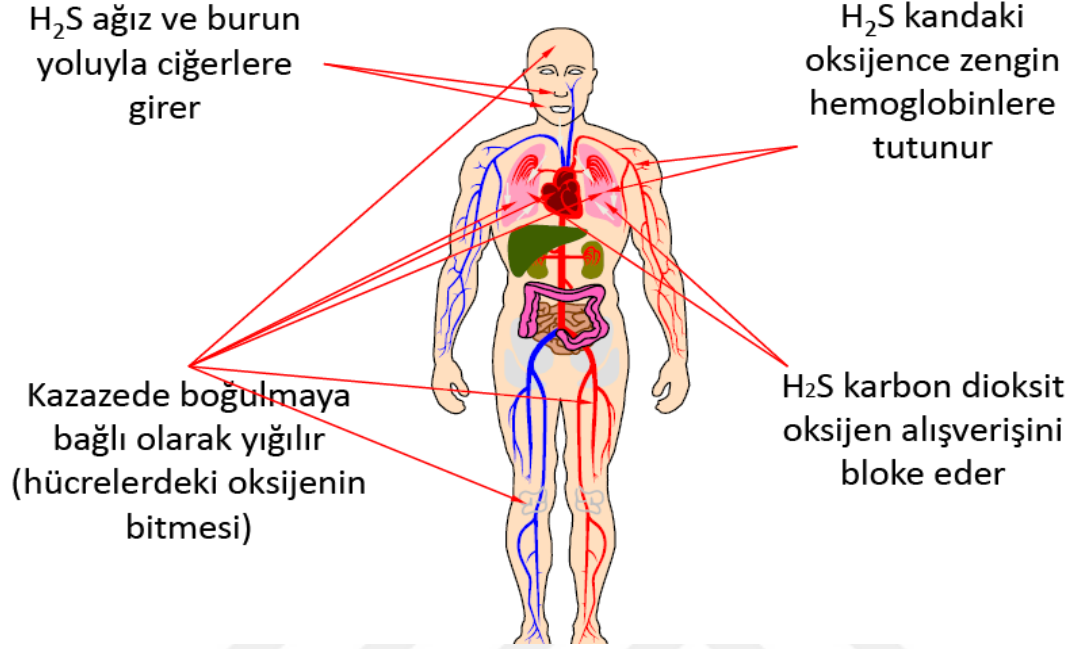
Tablo 8. Hidrojen Sülfür (H₂S) mesleki maruziyet limitleri

Konsantrasyon, ppm	Süre	Maruziyet Limit Dayanağı
10	8 saat TWA ¹	ACGIH ²
20	10 dakika tavan ³	OSHA ⁴
50	Maksimum tepe noktası ⁵	OSHA ⁴
100	IDLH ⁶	NIOSH ⁷

1. TWA (Time-Weighted Average): Çalışma süresince (genellikle 8 saatlik vardiya) ortalama maruziyet değeri.
2. ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists – Amerikan Hükümet Sanayi Hijyenistleri Konferansı.
3. Tavan (Ceiling Limit): Bu konsantrasyon seviyesinin hiçbir şekilde aşılması gereken üst sınırdır.
4. OSHA: Occupational Safety and Health Administration – Amerika Birleşik Devletleri İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu.
5. Maksimum Tepe Noktası (Peak): Çalışma sırasında yalnızca çok kısa sürelerle maruz kalınabilecek en yüksek konsantrasyon seviyesidir.
6. IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health): Can veya sağlık için ani tehlike yaratan konsantrasyon.
7. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (ABD).

Rafineri operasyonları kapsamında hidrojen sülfür (H₂S) içerebilecek alanlarda gerçekleştirilen flanş ayırma, körleme, dreyn işlemleri, emniyet vanalarının (PSV) sökölüp takılması, kontrol vanası ve enstrümantasyon ekipmanlarının bakımı gibi işlemler sırasında, çalışanların H₂S maruziyetine karşı etkin bir şekilde korunmaları gerekmektedir. Bu tür

alışmalar yalnızca pozitif basınçlı temiz hava solunum maskeleri kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Bu yaklaşım, akut zehirlenme ve maruziyete bağlı diğer sağlık etkilerinin önlenmesi açısından elzemdir.

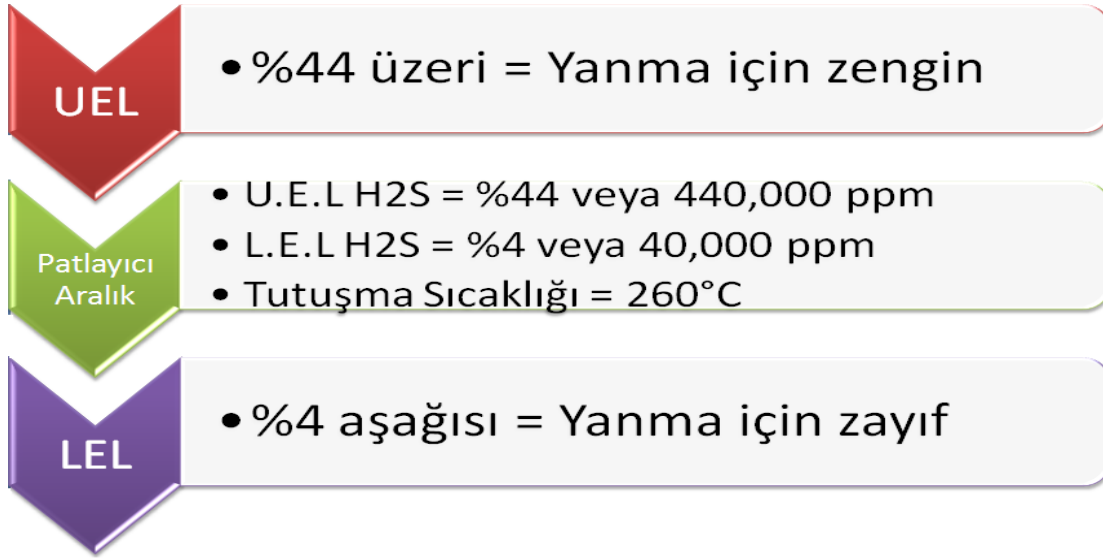


şekil 16. H₂S Konsantrasyonlarının Etkileri

şekil 16’da görüldüğü gibi hidrojen sülfürün insan sağlığı üzerindeki etkileri ile fiziksel ve kimyasal özellikleri özetlenmiş olup, iş güvenliği yönetim sistemleri kapsamında çalışanların düzenli olarak bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Bu doğrultuda, rutin işlemler sırasında potansiyel H₂S maruziyeti değerlendirmeleri yapılmalı ve bu risk analizleri işyeri kayıtlarında uygun şekilde belgelenmelidir. Rutin dışı işlemler örneğin, beklenmeyen duruşlar ve arızı bakım çalışmaları öncesinde gerçekleştirilen iş güvenliği değerlendirmelerine hidrojen sülfür tehlikesi de dahil edilmelidir. Yapılan değerlendirmeler, ilgili tüm personele açık ve anlaşılabilir şekilde duyurulmalı, maruziyet sınırlarının aşılmaması adına gerekli mühendislik ve idari kontrol önlemleri alınmalıdır.

Hidrojen sülfür gazı hava ile birleştiğinde patlayabilir. şekil 17’de görüldüğü üzere patlama ve yanma özelliği diğer gazlarla kıyaslandığında çok geniş bir patlama aralığına sahiptir. Hidrojen sülfür mavi alevle kükürt dioksit (SO₂) gazı çıkararak yanar. Bu gaz gözleri ve akciğerleri tahriş eder ve öldürücü olabilmesi nedeniyle kaçınılmalıdır.



Şekil 17. H₂S Patlama ve Yanma özelliği

Hidrojen sülfürün çevreye yayılımı sonucu oluşabilecek senaryolar belirlenmeli, bu senaryoların hem şiddet hem de olasılık açısından azaltılmasına yönelik planlama yapılmalıdır.

Özellikle H₂S'in birikme riski taşıdığı proses analizör odalarına girişlerde, algılama ve erken uyarı sistemleri kurulmalıdır. Benzer şekilde, hidrojen sülfür yayılımı ihtimalinin bulunduğu alanlara yakın binalar ve kontrol odaları için de temiz hava emiş hatlarına H₂S detektörlerinin entegre edilmesi zorunludur. Zehirli gaz yayılımı durumunda sığınak olarak kullanılabilecek binaların listesi oluşturulmalı ve bu yapılar barınak özelliklerine uygun biçimde işaretlenmelidir. Bu binalarda havalandırma sistemlerine bağlı gaz dedektörleri bulunmalı ve sistemler, gaz kaçağı algılandığında havalandırmayı otomatik olarak durdurabilecek donanıma sahip olmalıdır. Kapatma sistemlerinin kontrol düğmeleri açıkça işaretlenmeli ve bina içerisinden erişilebilir olmalıdır. Binalarda hava geçişinin kontrol altında tutulması için, kapı ve pencere kenarları sızdırmaz malzemelerle izole edilmelidir. Görevli personelin güvenli çalışma koşullarını sürdürebilmesi için yeterli miktarda temiz hava beslemeli solunum cihazları hazır bulundurulmalıdır. Kaçak sırasında görevli olmayan personelin güvenli alanlara tahliyesini sağlayacak tahliye planları oluşturulmalı, bu planlar barınakta kalış süresi, barınağın terk edilme zamanı ve tahliye yöntemlerini açıkça kapsamalıdır.

Barınak binalarının emniyete alınabilmesi için aşağıdaki teknik gereklilikler yerine getirilmelidir;

- Hava emiş sistemlerinin, alarm sonrasında otomatik olarak devreden çıkmasını sağlayacak donanımların kurulması,
- Negatif basınç yaratabilecek hava sirkülasyon sistemlerinin manuel olarak durdurulabilmesi,
- Kritik kontrol sistemleri ve elektrikli ekipmanların havalandırmalarının dış ortamdan izole edilebilir olması,
- Tüm havalandırma ekipmanlarının, olası negatif basınca neden olacak şekilde çalışmasının engellenmesi.

Barınakların güvenliğine ilişkin mevcut test, denetim ve dokümantasyon süreçlerinin örneğin havalandırmanın durdurulması, kapı ve pencere sızdırmazlıklarının kontrolü, solunum ekipmanlarının uygunluğunun değerlendirilmesi gibi düzenli ve etkili şekilde uygulanabilir olması gerekmektedir. Ayrıca, tahliye planlarının işleyişini doğrulamak amacıyla periyodik (yıllık) tatbikatlar yapılmalı ve bu uygulamalara tüm çalışanların katılımı sağlanmalıdır.

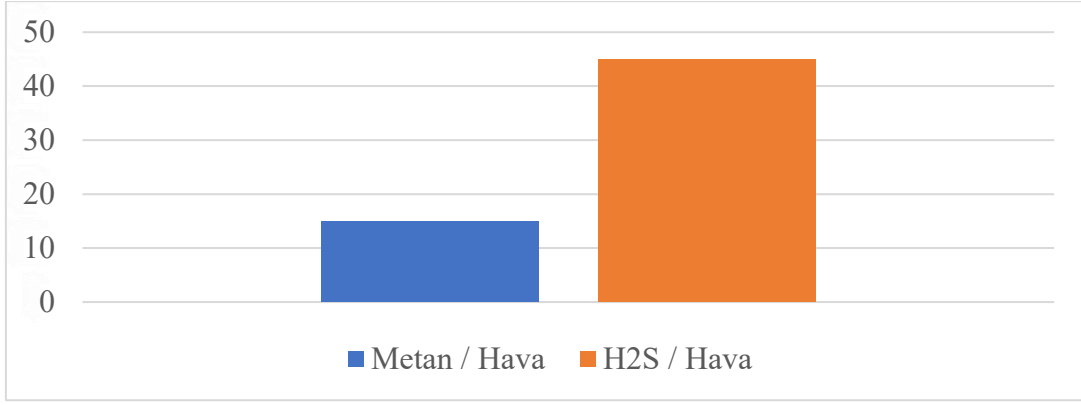
Son olarak, içinde hidrojen sülfür akışı bulunan enstrümantasyon sistemlerinin, kontrol odaları veya diğer kapalı binalar içinde gerekli kontroller yapılmadan çalışma yapılmasına izin verilmemelidir. Bu tür uygulamalar, yayılım riskini artırabileceğinden dolayı iş güvenliği açısından ciddi tehlike oluşturur.

Hidrojen sülfür (H_2S) / hava karışımının patlayıcı aralığı, yani alt ve üst patlama limitleri (LEL ve UEL), aşağıdaki gibidir:

- Alt Patlama Limiti (LEL): %4 (hacimce H_2S)
- Üst Patlama Limiti (UEL): %44 (hacimce H_2S)

Metan (CH_4) / Hava karışımının patlayıcı aralığı, yani alt ve üst patlama limitleri (LEL ve UEL), aşağıdaki gibidir:

- Alt Patlama Limiti (LEL): %5 (hacimce metan)
- Üst Patlama Limiti (UEL): %15 (hacimce metan)

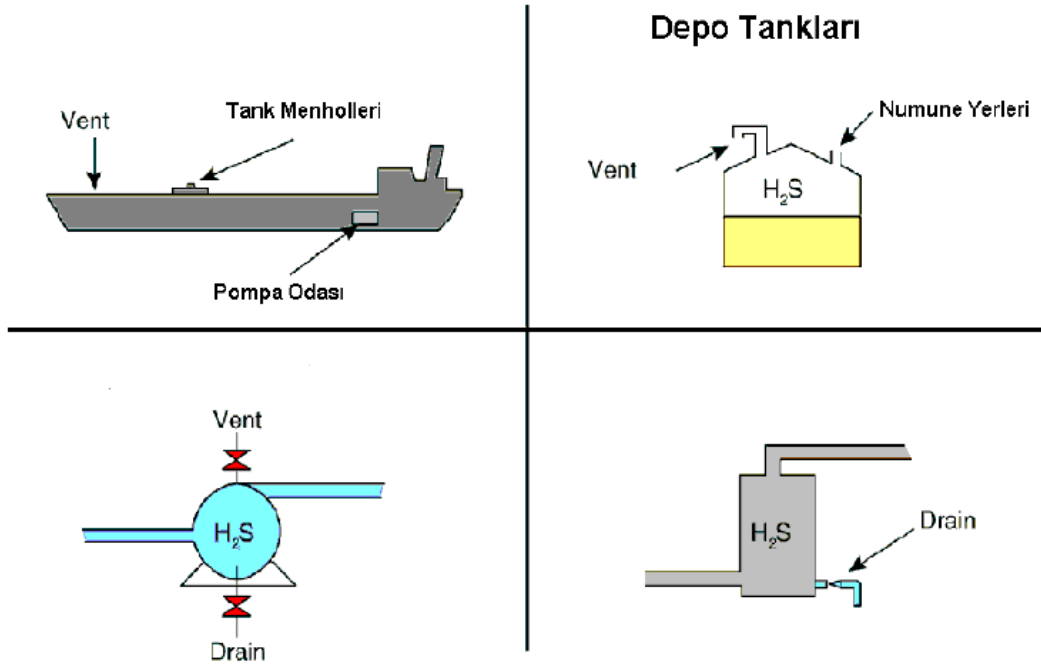


Şekil 18. H₂S ve Metan Patlama Aralığı

Şekil 18’de görüldüğü üzere H₂S, metan (CH₄) gibi diğer yanıcı gazlara kıyasla çok daha geniş bir patlama aralığına sahiptir. Bu da şu anlama gelir:

Çok daha farklı koşullarda patlama riski oluşturabilir. Küçük sızıntılar bile uygun karışım ve ateşleme kaynağı ile ciddi patlama ve yangın tehlikesi oluşturabilir.

Şekil 19’da görüldüğü gibi hidrojen sülfürün (H₂S) birikme yapabileceği yerlere örnekler verilmiştir:



Şekil 19. Hidrojen sülfürün (H₂S) birikme yapabileceği yerler

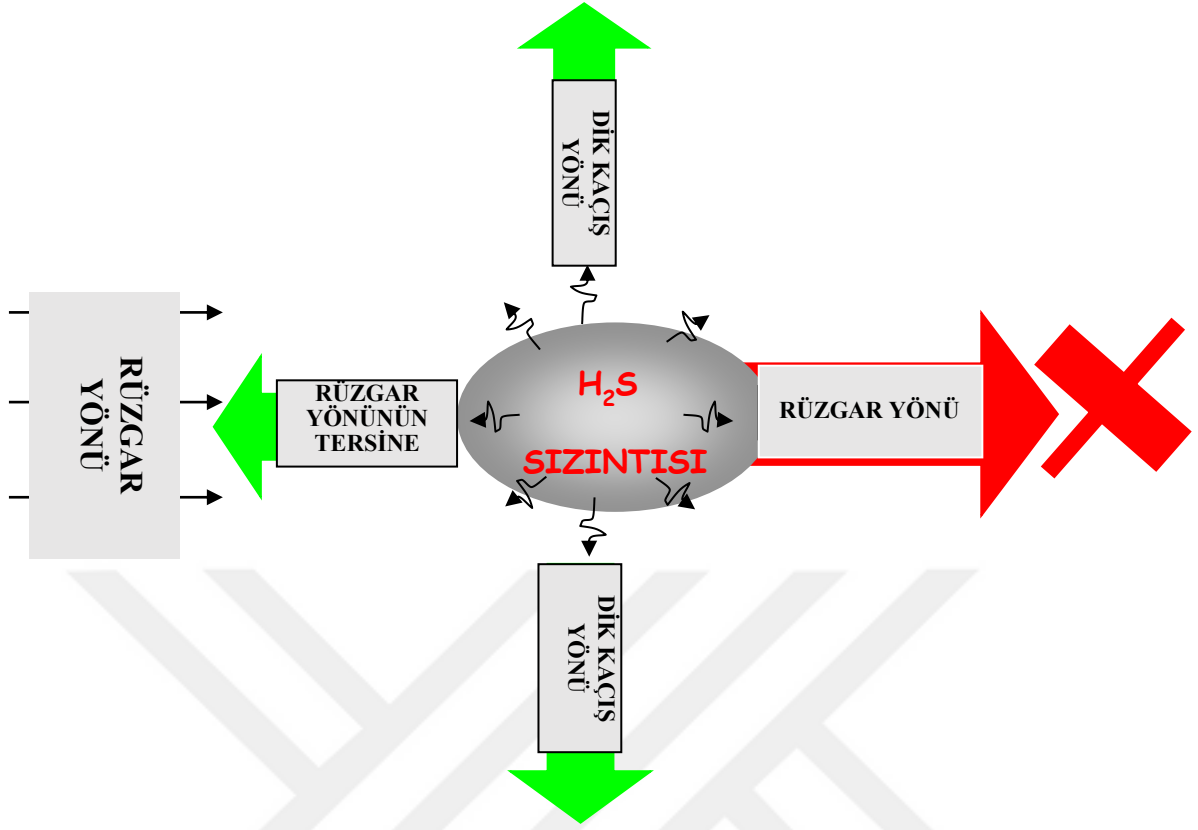
Hidrojen sülfür (H_2S) ile emniyetli çalışma koşullarının sağlanabilmesi, uygun tasarlanmış ve düzenli şekilde işletilen emniyet ekipmanlarının varlığına bağlıdır. Bu ekipmanlar; kaçakların erken tespiti, personelin zamanında uyarılması ve acil müdahalenin etkin biçimde yürütülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle rüzgâr altı bölgelerde çalışan personelin korunmasında doğru yerleştirilmiş emniyet sistemleri hayati bir rol oynar.



Resim 12. Pozitif basınçlı temiz hava maskeleri

Pozitif basınçlı temiz hava maskeleri, sabit gaz algılama sistemleri ve kişisel H_2S dedektörleri gibi ekipmanların kolay erişilebilir konumda bulunması ve en az ayda bir kez işlevsellik testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu testlerin sonuçları kayıt altına alınmalı ve denetimlerde sunulabilir olmalıdır. Hidrojen sülfür konsantrasyonunun mesleki maruziyet sınırlarını aşma ihtimali bulunan alanlarda uyarı işaretleri yerleştirilmeli ve zeminler sarı çizgilerle işaretlenmelidir. Ayrıca, konsantrasyonu 500 ppm ve üzeri olan gaz hatları ile 1000 ppm ve üzeri H_2S içeren sıvı hatlarda, tehlike sembolleri eşliğinde “ H_2S ” uyarı etiketi bulunmalı; bu hatlara ait flanşlar, dreynler ve numune alma bağlantıları sarı renkte boyanmalıdır.

Sahada hâkim rüzgâr yönünün tespiti, kaçak durumlarında etkili tahliye ve müdahale stratejileri açısından önemlidir. Bu amaçla, görünür konumlara rüzgâr gülleri veya rüzgâr tulumları yerleştirilmelidir. Görsel göstergelerin yetersiz kaldığı durumlarda flare alevleri veya baca gazı dumanı da rüzgâr yönünü belirlemek için kullanılabilir.



Şekil 20. H₂S Sızıntısında Kaçış Yönü

Yukarıdaki Şekil 20’de görüldüğü üzere H₂S sızıntısı olduğu durumlarda rüzgar yönünü tayin ederek, rüzgara karşı uzaklaşmamız gerekmektedir. H₂S kaçağına müdahale edecek ekipler için, konsantrasyonun 100 ppm ve üzeri olduğu alanlara giriş yapabilmesi için yeterli sayıda pozitif basınçlı temiz hava maskesi bulundurulmalıdır. Bu tür durumlarda önceden hazırlanmış müdahale planları, emniyet ekipmanları ve yedek personel hazır bulundurulmalı; dış desteğe gerek duyulmayan küçük çaplı sızıntılar için ise H₂S Acil Müdahale Planı’na uygun hareket edilmelidir.



Resim 13. Acil Kaçış Maskesi

Resim 13’de görüldüğü üzere tüm saha personelinin bel kemerine ya da palaskasına acil kaçış maskesi takılı olmalı; bu maskelerin yedekleri ise ünite kontrol odalarında, ayrıca taşeron ve geçici çalışanlar için uygun noktalarda bulunmalıdır. Kartuşlu acil kaçış maskeleri yalnızca kaçış amacıyla kullanılmalı ve saha denetimlerinde taşındığı kontrol edilmelidir.



Resim 14. H₂S Dedektör

Bütün üretim sahalarında sabit dedektör kullanım gerekliliği analiz edilmelidir. Resim 14’de görüldüğü üzere gerekli görülen birimlerde sabit H₂S dedektörleri hem saha içinde hem de kontrol odalarında alarm verecek şekilde kurulmalıdır. Bu dedektörlerin alarm eşikleri, yüksek alarm (high) için 10 ppm, yüksek-yüksek alarm için ise 25 ppm olarak ayarlanmalıdır. 25 ppm düzeyindeki alarm için farklı bir sesli uyarı sistemi kullanılarak, kaçak seviyesinin çalışanlar tarafından ayırt edilebilmesi sağlanmalıdır.

Gürültülü çalışma ortamlarında yalnızca sesli değil, aynı zamanda görsel alarm sistemleri (örneğin flaşör lambalar) da kullanılmalıdır. H₂S maruziyet riski bulunan tüm ünite ve proses noktalarında çalışanların, kişisel H₂S dedektörleri ile donatılması

gerekmektedir. Bu durum özellikle, kükürt ve asfalt dolumu, zengin aminle yapılan çalışmalar, boru hatlarının açılması veya kapalı alanlara giriş gibi faaliyetlerde önem arz eder. Hidrojen sülfürün su içinde çözünürlük özelliğinden dolayı, tehlikeli alanlarda su sisleme sistemlerinin tesis edilmesi önerilmektedir. Bu sistemler, H₂S kaçağının bastırılmasında etkili olabilir. Ayrıca, bu gibi alanlarda yangın monitörleri ile desteklenen su sisleme sistemleri bulundurulmalıdır.

1.5.2. Fiziksel Tehlikeler

Petrol rafinerileri, ham petrolü çeşitli arıtma işlemleri ile kullanıma uygun ürünlere dönüştüren yüksek riskli kompleks sistemlerdir. Bu süreçlerde kullanılan ekipmanlar ve proses koşulları, çalışanların maruz kalabileceği fiziksel risk etmenlerini artırmaktadır. Fiziksel risk etmenleri, işyerinde fiziksel çevre koşullarından kaynaklanan ve çalışan sağlığını olumsuz etkileyebilen faktörler olarak tanımlanır.

Fiziksel risk etmenleri aşağıdaki gibidir;

- Gürültü
- Titreşim
- Termal Konfor
- Aydınlatma
- Radyasyon
- Basınç

1.5.2.1. Gürültü

Rafinerilerde çalışan pompalar, kompresörler, türbinler ve diğer mekanik ekipmanlar sürekli yüksek düzeyde gürültü üretmektedir. Maruz kalınan sürekli gürültü, işitme kaybı (özellikle gürültüye bağlı işitme kaybı- GBİK), stres, dikkat dağınıklığı ve iletişim zorluklarına neden olabilir. Türkiye’de ve uluslararası düzeyde birçok iş sağlığı düzenlemesi, çalışanların maruz kalabileceği gürültü düzeylerini sınırlandırmaktadır (Occupational Safety and Health Administration,2018).

Aşağıdaki Tablo 9’ da gürültü seviyeleri ve eşik değerler verilmiştir.

Tablo 9. Gürültü Seviyeleri ve Eşik Değer

Kaynak (Yer ve Konum)	Yoğunluk Düzeyi	Şiddet (dBA)	Eşik Değer
İşitme (Duyma) Eşiği	1.10^{-12} W/m^2	(Duyma Eşiği) 0	10^0
Yaprak Hışırtısı	1.10^{-11} W/m^2	10	10^1
Sessiz Bir Orman	1.10^{-10} W/m^2	20	10^2
Fısıltı ile Konuşma	1.10^{-9} W/m^2	30	10^3
Sessiz Bir Oda	1.10^{-8} W/m^2	40	10^4
Şehirde Bir Büro	1.10^{-7} W/m^2	50	10^5
Normal Konuşma	1.10^{-6} W/m^2	60	10^6
Dikey Matkap	1.10^{-5} W/m^2	70	10^7
Yüksek Sesle Konuşma / Yoğun Trafik / Elektrik Süpürgesi	1.10^{-4} W/m^2	80	10^8
Kuvvetlice Bağırma / Sinema Salonu / Baskı İşleri / Kamyon Sesi	1.10^{-3} W/m^2	90	10^9
Dokuma ve Tekstil Atölyeleri / Walkman (En Yüksek Sesi)	1.10^{-2} W/m^2	100	10^{10}
Havalı Çekiç / Ağaç İşleri / Rock Konseri / Petrol Rafineri	1.10^{-1} W/m^2	110	10^{11}
Bilyeli Değirmen / Şimşek Gürültüsü / Presler / Pnömotik Çekiç	1.10 W/m^2	120	10^{12}
Yolcu Uçakları (Yer Hizmetleri)	1.10^1 W/m^2	130	10^{13}
Tüfek Patlaması	1.10^2 W/m^2	(Ağrı Eşiği) 140	10^{14}
Jet Uçakları (Kalkışı) / Top Mermisi Patlaması	1.10^4 W/m^2	(Zar Yırtılır) 160	10^{16}
Roket Fırlatma		180	10^{18}

Gürültünün insan üzerinde fizyolojik, psikolojik ve performans etkileri aşağıda verilmiştir.

Fizyolojik etkileri;

- Geçici veya sürekli işitme bozuklukları (kayıpları)

- Kan basıncının artması
- Dolaşım bozuklukları
- Solunumda hızlanma
- Terlemede artış
- Kalp atışlarında yavaşlama ve ani refleksler
- İktidarsızlık

Psikolojik etkileri;

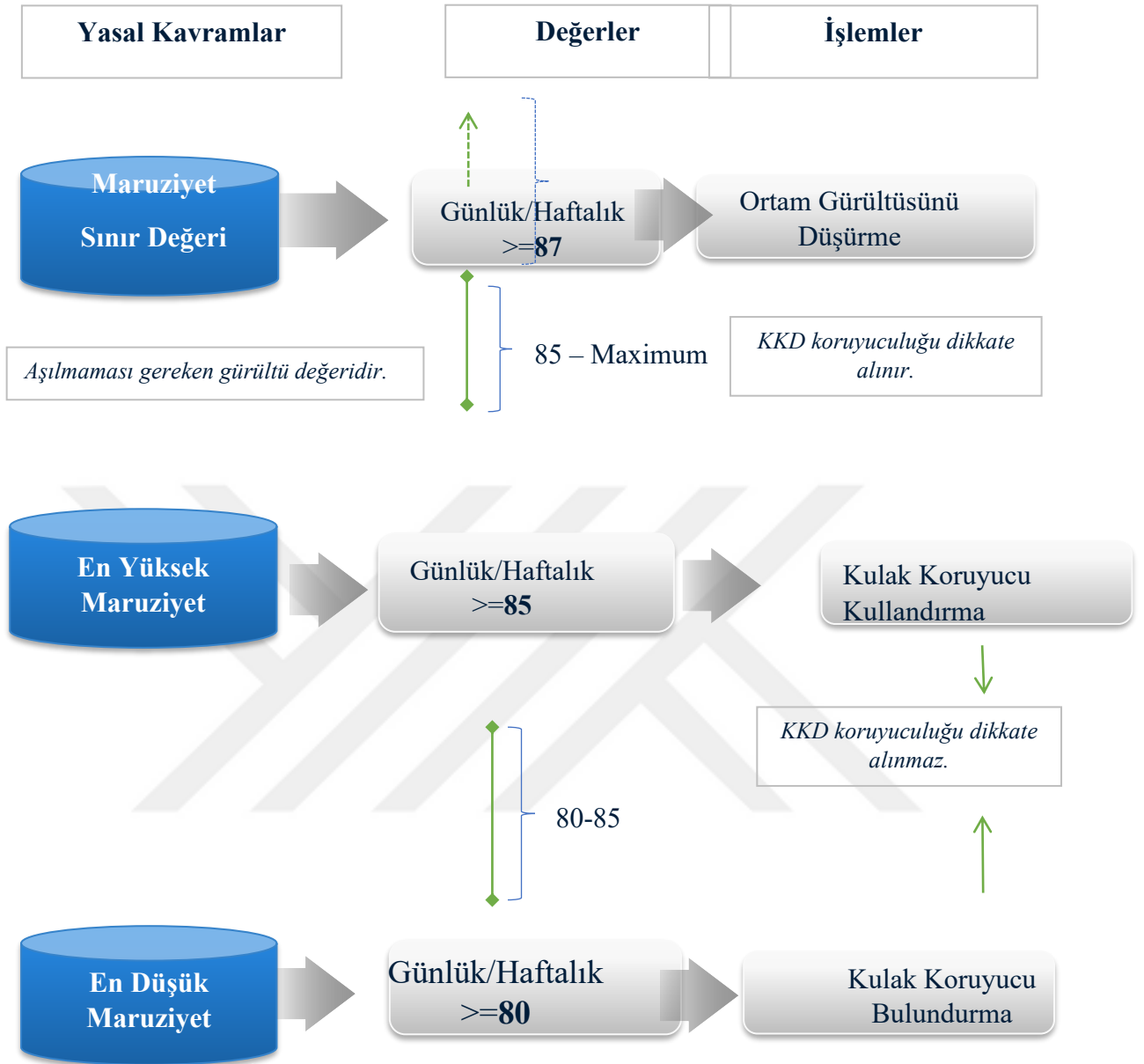
- Davranış bozuklukları
- Uyku bozuklukları
- Aşırı sinirlilik ve tepkiler
- Konuşurken bağırma
- Hoşnutsuzluk
- Tedirginlik
- Baş ağrıları
- Stresler

Performans etkileri;

- İş veriminin düşmesi
- Konsantrasyon bozukluğu
- Hareketlerin yavaşlaması
- Dinlenmenin bozulması

Türkiye'de işyerlerinde gürültüye maruziyet düzeyleri, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna bağlı olarak çıkarılan “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik” ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik, 2003/10/EC sayılı Avrupa Birliği Gürültü Direktifi ile uyumludur. Yani AB ve Türkiye'deki sınırlar birebir örtüşmektedir (Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013).

Tablo 10. Maruziyet Sınır ve Etkin Değerleri



Günlük gürültü maruziyetinin günden güne belirgin şekilde farklılık gösterdiğinin kesin olarak tespit edilmesi durumunda, maruziyet sınır ve etkin değerlerinde günlük maruziyet değerleri yerine haftalık maruziyet değerleri kullanılabilir.

Uluslararası kurumlar tarafından gürültü maruziyet sınırları belirli sınırlarla düzenlenmiştir. Tablo 11 'de OSHA (Occupational Safety and Health Administration- ABD) tarafından belirlenen gürültü maruziyet sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 11. OSHA' ya Göre Gürültü Maruziyet Sınırları

Gürültü Düzeyi (dBA)	Maksimum Maruziyet Süresi
90 (dBA)	8 saat
92 (dBA)	6 saat
95 (dBA)	4 saat
97 (dBA)	3 saat
100 (dBA)	2 saat
102 (dBA)	1,5 saat
105 (dBA)	1 saat
110 (dBA)	0,5 saat (30 dk)
>115 dBA	Hiçbir süreyle izin verilmez

Tablo 12 'de ILO (International Labour Organization - Uluslararası Çalışma Örgütü) tarafından belirlenen gürültü maruziyet sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 12. ILO'ya Göre Gürültü Maruziyet Sınırları

Gürültü Düzeyi (dBA)	Maksimum Maruziyet Süresi
85 (dBA)	8 saat
88 (dBA)	4 saat
91 (dBA)	2 saat
94 (dBA)	1 saat
97 (dBA)	30 dk
100 (dBA)	15 dk
>100 (dBA)	Süre dahada kısıtlanmalı veya önlenmeli

Türkiye, OSHA (ABD) ve ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) ile karşılaştırıldığında, gürültüye maruziyet konusunda ILO/AB normlarına daha yakın, OSHA'dan ise daha koruyucu bir yaklaşım benimsemiştir.

OSHA'nın 90 dBA (8 saat) sınırı, çalışanları daha yüksek gürültü seviyelerinde daha uzun süre çalıştırmaya izin verir. Türkiye'de ise, 85 dBA'da önlem alınması zorunludur ve 87 dBA sınırı, kişisel koruyucular sonrası bile aşılmamalıdır. Bu, Türkiye'nin OSHA'ya kıyasla daha katı ve çalışan sağlığı odaklı olduğunu gösterir.

Türkiye'de mevzuat güçlüdür ancak bazı sektörlerde uygulama zafiyetleri yaşanabilir. Uygulamada denetim, eğitim ve bilinç düzeyi, bu sistemlerin etkinliğini belirleyen en önemli farkı oluşturmaktadır.

1.5.2.2. Titreşim

Petrol rafinerileri, ağır makinelerin, motorların, pompaların ve boru sistemlerinin yoğun olarak kullanıldığı çalışma ortamlarıdır. Bu ortamlarda çalışan işçiler, sürekli veya aralıklı olarak mekanik titreşimlere maruz kalabilmektedir. Titreşim maruziyeti; çalışan sağlığını, konforunu ve iş verimliliğini olumsuz etkileyen önemli fiziksel risk etmenlerinden biridir. Özellikle el-kol titreşimi (HTV – Hand-Arm Vibration) ve tüm vücut titreşimi (WBV – Whole-Body Vibration), uzun süreli maruziyetlerde kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, sinirsel bozukluklar ve dolaşım sistemi problemleri gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Griffin, 1990).



Resim 15. El-kol titreşimine örnek çalışma

Petrol rafinerilerinde kullanılan pinomatik el aletleri, torçlar, taşlama makineleri ve boru kesme cihazları, çalışanların el ve kol bölgelerine titreşim ileten başlıca ekipmanlardır. Resim 15’de görüldüğü üzere el-kol titreşimine uzun süreli maruziyet, titreşim beyaz parmak, karpal tünel sendromu ve nörovasküler hasar gibi rahatsızlıklara neden olabilir.



Resim 16. Tüm vücut titreşimine örnek çalışma

Forklift, vinç, tanker dolum makineleri veya sabit platformlarda çalışan personel, genellikle tüm vücut titreşimine maruz kalır. Resim 16’da görüldüğü üzere tüm vücut titreşimine bağlı olarak, özellikle bel ağrıları, bel fıtığı, disk dejenerasyonu ve denge bozuklukları gibi problemler gelişebilir.

Türkiye’de "Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik", 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında çıkarılmıştır.

Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğe göre, maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri aşağıda verilmiştir Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (2013).

El-kol titreşimi için;

- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 5 m/s².
- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 2,5 m/s².

Bütün vücut titreşimi için;

- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 1,15 m/s².
- Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 0,5 m/s².

İşveren, bu sınırların aşıldığı durumlarda teknik ve organizasyonel önlemler almakla yükümlüdür.

İşveren, mekanik titreşime ve yol açabileceği risklere maruziyeti en aza indirmek için özellikle aşağıdaki hususları dikkate alarak teknik ve organizasyona yönelik önlemleri içeren bir eylem planı oluşturur ve uygulamaya koyar;

- Düşük titreşimli el aletlerinin kullanımı
- Ekipmanların düzenli bakımı ve balans ayarları
- Zemin yalıtımı ve titreşim sönümleyici platformlar
- Maruziyet süresinin sınırlandırılması
- Çalışma rotasyonlarının planlanması
- Titreşimli ekipman kullanımından sonra dinlenme araları
- Titreşim sönümleyici eldivenler (sadece yardımcıdır, temel çözüm değildir)
- Sırt ve bel destekli ergonomik oturma sistemleri
- Çalışanlara titreşim kaynakları, etkileri ve koruyucu önlemler hakkında düzenli eğitim verilmelidir
- Olası semptomlara karşı erken bildirim mekanizmaları kurulmalıdır.

Titreşimin Vücuda Etkileri aşağıdaki gibidir;

El- kol vibrasyon sendromu ile ilgili olan başlıca semptomlar,

- Dolaşım rahatsızlıkları,
- Kemik ve eklem rahatsızlıkları,
- Kas rahatsızlıkları ve diğer rahatsızlıklardır.

Tüm Vücut Vibrasyon sendromu ile ilgili olan başlıca semptomlar,

- Yorgunluk, uykusuzluk, baş ağrısı,
- Bel ağrısındaki artış ve omurgadaki olumsuz etkiler,
- Merkezi sinir sistemi rahatsızlıkları,
- Dolaşım ve Sindirim Sistemi rahatsızlıkları,

- Psikolojik etkiler.

Petrol rafinerilerinde çalışanların titreşim kaynaklı risklere maruziyeti, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi sonuçlar doğurabilir. El-kol ve tüm vücut titreşimi farklı mekanizmalarla etkili olurken, her ikisi de kas-iskelet sistemi üzerinde kalıcı hasarlara neden olabilmektedir. Bu nedenle, mühendislik çözümleri, kişisel koruyucular ve organizasyonel planlamalar bir bütün olarak ele alınmalı; maruziyet sınırları yasal düzenlemeler çerçevesinde dikkatle izlenmelidir. İşverenin proaktif yaklaşımı ve çalışanların bilinçlendirilmesi, uzun vadeli sağlık ve verimlilik açısından kritik öneme sahiptir.

1.5.2.3. Termal Konfor

Petrol rafinerileri, yüksek sıcaklığın olduğu ekipmanlar ve dış ortam koşullarına açık geniş iş alanlarının bulunduğu kompleks proses tesislerdir. Bu tür ortamlarda çalışan işçilerin termal konforu, yalnızca iş verimliliği açısından değil, aynı zamanda sağlık ve güvenlik bakımından da kritik öneme sahiptir. Termal konforun sağlanamaması, çalışanlarda ısı stresi, ısı yorgunluğu, ısı çarpması gibi akut durumlara veya kronik performans düşüklüğü gibi etkilerle sonuçlanabilir (Parsons, 2014).

Petrol rafinerilerinde çalışanlar hem açık hava koşullarında hem de yüksek sıcaklıkta çalışan ekipmanlara yakın olarak faaliyet gösterirler.

Risk kaynakları aşağıda belirtildiği gibidir;

- Yüksek sıcaklıktaki boru hatları ve reaktörler
- Fırınlar, kazanlar, ısı eşanjörleri
- Açık sahada güneşe direkt maruziyet (özellikle yaz aylarında)
- Koruyucu giysilerin hava geçirgenliğini azaltması

Bu koşullar altında çalışanların vücut sıcaklık dengesi bozulabilir ve ısıya bağlı performans kayıpları, iş kazası riski ve sağlık problemleri artabilir.

Türkiye’de termal konfor doğrudan yasal bir sınırla tanımlanmasa ’da 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu çerçevesinde işverenler, çalışanları aşırı sıcak ve soğuk ortam risklerinden korumakla yükümlüdür.

Uluslararası alanda ise;

ISO 7730 – Ergonomi: Termal konforun analizi için PMV (Predicted Mean Vote) ve PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) göstergeleri kullanılır.

ASHRAE Standard 55 – İnsanların iç mekân termal çevresindeki memnuniyet kriterlerini belirler.

İşveren, çalışanlarına termal konforunu sağlamak ve tehlikeleri en aza indirmek için koruyucu önlemler ve uygulamaları aşağıdaki gibi alır;

- Isı yayan ekipmanların yalıtımı
- Gölge alanların kurulması
- Doğal ve/veya mekanik havalandırma sistemleri
- Sıcak saatlerde çalışma sürelerinin azaltılması
- Dönüşümlü çalışma ve dinlenme molaları
- İzleme sistemleri ile sıcaklık ve nemin sürekli takibi
- Isı geçirgenliği yüksek, nefes alabilen koruyucu giysiler
- Sıvı alımının teşvik edilmesi
- Çalışanlara eğitim (ısı stresi belirtileri, ilk yardım, önleyici davranışlar)

Petrol rafinerilerinde termal konforun sağlanması, yalnızca çalışanların refahını artırmakla kalmaz, aynı zamanda iş güvenliği risklerini azaltır ve üretkenliği doğrudan etkiler. Yüksek sıcaklığa maruz kalma hem fiziksel sağlık hem de karar verme ve dikkat gibi bilişsel süreçleri olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle işverenler, mühendislik ve yönetsel önlemlerle birlikte çalışanları bilinçlendirerek, termal riskleri kontrol altına almalıdır.

2.5.2.4. Aydınlatma

Petrol rafinerileri, 24 saat kesintisiz üretim yapılan, karmaşık ve tehlikeli proseslerin yürütüldüğü büyük endüstriyel tesislerdir. Bu tesislerde uygun aydınlatma, sadece görsel konfor sağlamakla kalmaz; aynı zamanda çalışanların dikkatini artırır, iş kazalarını önler ve verimliliği destekler. Yetersiz veya dengesiz aydınlatma, görsel yorgunluk, dikkat dağınıklığı ve hata oranlarının artmasına yol açarak iş sağlığı ve güvenliği açısından risk teşkil eder (Boyce, 2014).

Özellikle rafinerilerde, yetersiz aydınlatma durumlarında;

- Patlayıcı ve yanıcı ortamlarda yanlış müdahale riski,
- Hareketli ekipmanlarla çarpışma olasılığı,
- Etiket ve uyarı işaretlerinin okunamaması,

- Yetersiz gece görüşü gibi ciddi güvenlik açıklarına neden olabilir.

Uygun aydınlatma; renk ayırt etme, derinlik algısı, detay görme gibi kritik görsel işlevleri destekler. Bu, özellikle kontrol odaları, valf istasyonları, bakım-onarım alanları gibi hassas birimler için hayati önem taşır.

Rafinerilerde hem açık alanlar (tank sahaları, boru hatları, yükleme platformları) hem de kapalı alanlar (kontrol odaları, atölyeler, laboratuvarlar) bulunmaktadır. Bu alanların aydınlatma gereksinimleri, TS EN 12464-1 standardına göre belirlenmelidir. Bu standarda göre, örneğin kontrol odaları için önerilen aydınlatma düzeyi 500 lx (lüks) iken, dış mekân yürüyüş yolları için 20-50 lx gibi daha düşük düzeyler yeterli olabilir (Türk Standardları Enstitüsü, 2012).



Resim 17. Ex-proof Led Aydınlatma

Resim 17’de görüldüğü üzere aydınlatma sistemlerinde özellikle patlama riski bulunan alanlar için ex-proof (patlamaya dayanıklı) armatürler kullanılmalıdır. Zira H₂S, metan ve diğer uçucu hidrokarbonların bulunduğu ortamlarda, elektrikli aydınlatma ekipmanları potansiyel tutuşma kaynakları olabilir. Bu bağlamda ATEX direktiflerine (94/9/EC ve 99/92/EC) uygun ekipman tercih edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, rafinerilerdeki gece vardiyaları nedeniyle süreklilik arz eden bir aydınlatma sistemine ihtiyaç vardır. Bu nedenle enerji verimliliği yüksek, uzun ömürlü ve bakım ihtiyacı az olan LED aydınlatma sistemleri ön plana çıkmaktadır.

Petrol rafinerilerinde aydınlatma; ergonomik, güvenli, verimli ve çevresel koşullara dayanıklı olmalıdır. Uygun aydınlatma, çalışanların dikkat düzeyini artırmakta, ekipman

okuma hatalarını azaltmakta ve patlama riski bulunan alanlarda güvenliğini sağlamaktadır (Kaya ve Yılmaz, 2021).

2.5.2.5. Radyasyon

Petrol rafinerilerinde radyasyon riski, doğrudan görünür bir tehlike olmasa da özellikle norm birikimi ve radyoaktif cihaz kullanımı bağlamında dikkate alınmalı ölçüm, denetim ve koruma önlemleri mutlaka uygulanmalıdır.

Rafineri operasyonlarında radyasyon genellikle iki temel kaynaktan ortaya çıkabilir;

- Doğal Radyonüklidler (NORM): Ham petrol ve doğal gaz, yer kabuğundan çıkarılırken doğada bulunan radyonüklidleri (örneğin radon, radyum-226, potasyum-40) beraberinde getirir. Bu maddeler boru hatları, ayırıcılar ve depolama tanklarında birikerek çalışanların düşük düzeyde doğal radyasyona maruz kalmasına neden olabilir.

Endüstriyel Radyonüklid Kullanımı: Bazı rafineri proseslerinde özellikle seviye ölçüm cihazlarında, yoğunluk ve kalınlık ölçümlerinde veya korozyon tespiti gibi uygulamalarda gamma ışını (genellikle Cs-137 veya Co-60) yayan kaynaklar kullanılır. Bu tür uygulamalar kontrollü olsa da sızıntı veya yetersiz koruma durumunda ciddi iyonlaştırıcı radyasyon riskleri doğabilir (Bayramoğlu ve Sarı, 2018).

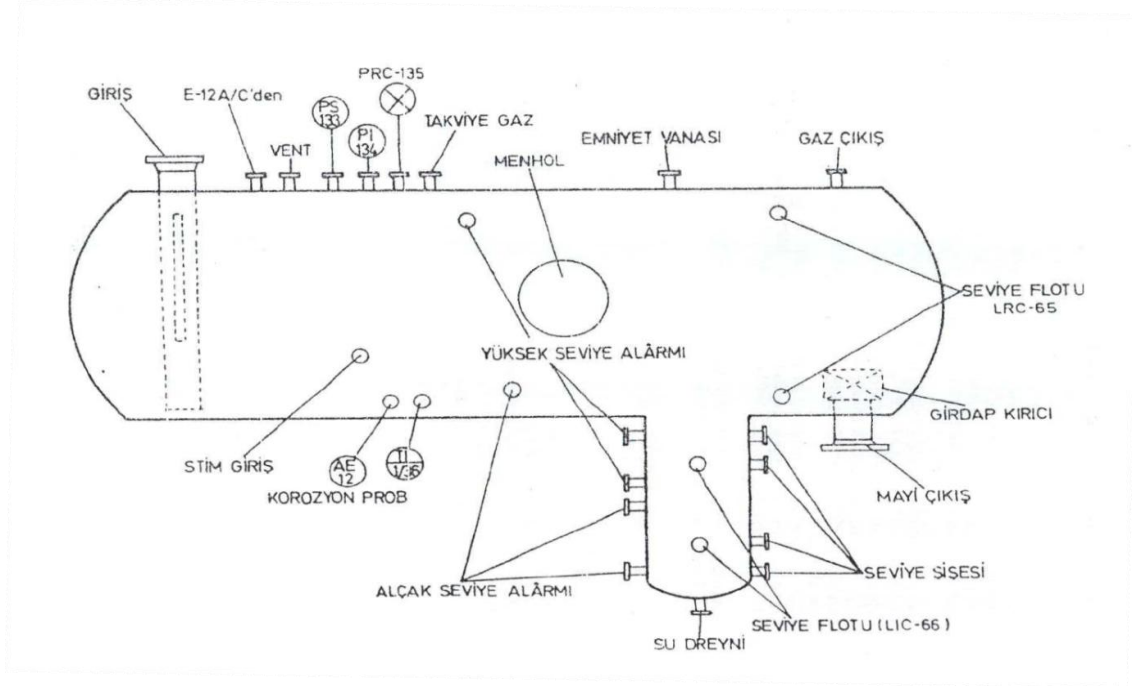
Radyografik çekimler sırasında;

- Kolimatör Kullanılmalı
- Gerekiyorsa Kurşun levha Kullanılmalı
- Güvenlik Bariyeri, Işıldak ve Uyarı Levhası Konmalı
- Radyolojik Limitler 3 mSv ve 7,5 mSv i aşmamalıdır.

Türkiye'de, bu tür faaliyetler Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından denetlenmektedir. İşyerlerinde iyonlaştırıcı radyasyonla çalışılan tüm ortamlarda, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği çerçevesinde radyasyon kaynaklarının düzenli kontrolü, sınırlı alan uygulaması, kişisel dozimetre kullanımı ve çalışanların radyasyon eğitimlerinin tamamlanmış olması zorunludur (İyonlaştırıcı Radyasyonla Çalışılan Ortamlarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2012).

2.5.2.6. Basınç

Petrol rafinerileri, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında çalışan sürekli üretim proseslerinden oluşur. Bu proseslerdeki birçok işlem (örneğin damıtma, kraking ve reforming gibi) yüksek basınç koşulları altında gerçekleştirilir. Basınçlı sistemlerin kontrolsüz çalışması veya ekipman arızaları, ciddi patlama riski, kimyasal sızıntı ve ölümcül iş kazaları gibi sonuçlara yol açabilir.



Şekil 21. Yüksek Basınç Dramının Yandan Görünüşü

Rafinerilerde yaygın olarak kullanılan reaktörler, ısı eşanjörleri, pompa ve kompresörler, boru sistemleri ve özellikle basınçlı kaplar, belirli bir iç basınca dayanmak üzere tasarlanmıştır. Bu ekipmanlar, TS EN 13445 (Basınçlı Kaplar için Avrupa Standardı) gibi uluslararası standartlara uygun olarak üretilmeli ve düzenli olarak test edilmelidir (Türk Standartları Enstitüsü, 2012).

Petrol işleme sırasında kullanılan bu basınçlı sistemlerde, proses kontrolü ve operatör müdahalesi kadar, otomatik emniyet sistemleri de önem taşır. Şekil 2.38’de görüldüğü üzere emniyet valfleri, basınç transmitterleri ve otomatik kapatma sistemleri, sistemin belirlenen sınırlar dışına çıkmasını önleyerek güvenliği sağlar. Yüksek basınçlı sistemlerde en önemli risklerden biri de basınç altında sızıntı yapan hidrokarbonların tutuşarak yangın veya patlama oluşturmasıdır. Bu nedenle, petrol rafinerilerinde basınç kontrolü yalnızca proses

güvenliği için değil, aynı zamanda yangın güvenliği açısından da kritik öneme sahiptir (Yıldız ve Güneş, 2020).

1.5.3. Ergonomik Tehlikeler

Petrol rafinerileri, ağır sanayi kapsamındaki üretim tesislerinden biridir. Bu tesislerde çalışan işçiler hem fiziksel olarak zorlayıcı görevler hem de uzun süreli, dikkat gerektiren faaliyetlerle karşı karşıyadır. Bu ortamda ergonomi, sadece işçi konforunu artırmakla kalmayıp; aynı zamanda iş kazalarını, kas-iskelet sistemi hastalıklarını ve üretim hatalarını önlemek açısından da kritik bir role sahiptir.

- Ekipmanların elle kaldırılması
- Dolgu hattında tekrarlayan hareketler
- Uygun olmayan vücut duruşları (vana operasyonu gibi)
- Ellerin ve kasların dönmesine neden olan görev ve aletler,
- Ters yöne güç uygulamalarında,
- Ellere, bileklere, sırtta ve eklemlere fazla yük bindiği hallerde,
- Kolların baş üzerinde çalışmaya zorlandığı zaman,
- Belin eğilmeye zorlandığı işler.



Resim 18. Petrol Rafineri Kontrol Odası (PCK Rafineri Almanya)

Resim 18’de görüldüğü üzere kontrol odalarında görevli kontrol operatörleri, sürekli ekran başında çalışmakta ve statik duruş, göz yorgunluğu, bilek ve boyun ağrıları gibi bilişsel

ve fiziksel yüklerle karşılaşmaktadır. Bu durum, işin hem fiziksel hem de zihinsel ergonomisini dikkate almayı gerektirir.

Rafineri çalışanları genellikle tekrarlayan hareketler, ağır kaldırma, uzun süreli ayakta kalma, yüksek sıcaklıkta çalışma, dar alanlarda faaliyet gösterme gibi ergonomik açıdan riskli koşullara maruz kalırlar. Özellikle Resim 19’da görüldüğü üzere vana operasyonları, bakım-onarım ve saha operatörlük görevlerinde çalışanlar için bu tür faktörler ciddi kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına (MSD) yol açabilir (Erdem ve Güven, 2020).



Resim 19. Petrol Rafineri Vana Operasyonu

Rafinerilerde yapılan bazı saha çalışmalarında, uygun ergonomik önlemlerin alınmamasının çalışan verimliliğini %15’e kadar düşürdüğü ve iş gücü kaybına yol açtığı belirlenmiştir (International Labour Organization, 2016).

1.5.4. Biyolojik Tehlikeler

Petrol rafinerileri genellikle biyolojik risklerin düşük olduğu sanayi tesisleri olarak kabul edilse de özellikle açık alanlar, atık su sistemleri, soğutma kuleleri ve boru hatları gibi çevresel faktörlerin etkili olduğu alanlarda biyolojik tehlikeler ortaya çıkabilmektedir. Bu tehlikeler çoğunlukla mikroorganizmalar, mantarlar, biyofilm oluşturan bakteriler ve vektörlerle taşınan patojenler şeklinde kendini gösterir.



Resim 20. Biyolojik Atık Su Arıtma Sistemleri

Resim 20’de görüldüğü üzere rafineri ortamında biyolojik tehlikelerin en sık görüldüğü alanlardan biri, atık su arıtma sistemleridir. Bu sistemlerde çalışan personel, kanalizasyon kökenli bakteriler, parazitler ve virüsler gibi patojenlerle doğrudan temas riski altındadır.

Biyolojik risklere karşı alınması gereken başlıca önlemler şunlardır:

- Atık su sistemlerinde çalışanların kişisel koruyucu donanım kullanması,
- Soğutma kuleleri ve boru hatlarının periyodik dezenfeksiyonu,
- Havalandırma sistemlerinin düzenli filtre değişimi ve bakımının yapılması,
- Tüm çalışanlara biyolojik risk farkındalık eğitimi verilmesi

Her ne kadar biyolojik tehlikeler kimyasal ve fiziksel tehlikeler kadar öne çıkmasa da, bu tehditlerin ihmal edilmesi durumunda iş gücü kaybı, meslek hastalıkları ve üretim süreçlerinde aksamalar gibi sonuçlar kaçınılmaz hale gelebilir.

1.6. Petrol Rafineri Sahalarında Yaşanmış Kazalar

Petrol rafinerileri, ham petrolün çeşitli ürünlere dönüştürüldüğü, yüksek sıcaklık, basınç ve kimyasal reaksiyonların iç içe geçtiği karmaşık proseslerin yürütüldüğü tesislerdir. Bu tesislerdeki üretim süreçleri, doğaları gereği yüksek risk barındırmakta; özellikle yanıcı, patlayıcı ve toksik maddelerle çalışılması, iş sağlığı ve güvenliği açısından özel önlemler gerektirmektedir. Rafineri faaliyetlerinin her aşamasında; ekipman arızaları, insan hataları,

bakım eksiklikleri veya yetersiz güvenlik kültürü gibi unsurlar, ciddi iş kazalarına ve endüstriyel felaketlere yol açabilmektedir.

Geçmişte dünya genelinde petrol rafinerilerinde meydana gelen büyük çaplı kazalar hem insan kayıplarına hem de çevresel yıkıma neden olmuş; aynı zamanda sektör genelinde güvenlik politikalarının yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu kazalar, yalnızca teknik arızaların değil, aynı zamanda organizasyonel zafiyetlerin de önemli birer göstergesidir. Dolayısıyla rafineri kazaları, sadece teknik analizlerle değil, bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalı; yönetsel, insani ve sistemsel boyutlar da detaylı biçimde incelenmelidir.

Bu çalışma kapsamında, farklı ülkelerde yaşanmış bazı önemli rafineri kazaları incelenerek, bu olayların nedenleri ve sonuçları değerlendirilecektir.

1.6.1. Bp Texas City Rafinerisi'nde Buhar Bulutu Patlaması ve Yangın

23 Mart 2005 tarihinde saat 13:20 civarı ABD'nin Teksas eyaletinde bulunan BP Texas City Rafinerisi'nde meydana gelen buhar bulutu patlaması, proses güvenliği tarihine geçen en büyük endüstriyel kazalardan biri olmuştur.



Resim 21. Bp Texas City Rafinerisi'nde Buhar Bulutu Patlaması ve Yangın

Patlama, izomerizasyon ünitesinde start up (devreye alma) işlemi sırasında meydana gelmiştir. Sistemdeki raffinate splitter kolonu, güvenli seviye sınırının oldukça üzerine kadar doldurulmuş ve aşırı basınç altında işletilmiştir. Bu esnada, blowdown (taşırma) sisteminin

atmosfere açık olması, büyük miktarda sıvı ve gaz karışımının dış ortama salınmasına neden olmuştur. Salınan bu hidrokarbon buharı, rafineri sahasında yayılarak yakıt kamyonlarının yakınında tutuşmuş ve Resim 21’de görüldüğü üzere büyük bir patlamaya yol açmıştır (Chemical Safety Board, 2007).

BP Texas City Rafinerisi'nde meydana gelen buhar bulutu patlamasında görünmeyen kaza nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Çalışma ortamının operasyon personelinin prosedürden sapmasını teşvik etmesi,
- BP’nin vardiya değişimi ve tehlikeli operasyonlar (üniteyi devreye alma gibi) operasyonlar için etkili bir iletişim politikasının olmaması,
- Operatörleri ünitenin gerçek koşullarına karşı uyarmayan arızalı enstrümantasyon,
- Kulenin fazla doldurup doldurulmadığını operasyon personelinin görmesini engelleyen kötü tasarlanmış bilgisayarlı kontrol sistemi,
- Ünitenin çalıştırılması sırasında etkin olmayan gözetim ve teknik yardım,
- Ünitenin yüksek riskli olduğu zamanlarda kontrol odası operatörlüğü görevini yapacak yeterli personelin olmaması,
- Çalışan yorgunluğunu önlemeye ilişkin politikanın olmaması,
- Normal olmayan devreye alma koşulları için yetersiz operatör eğitimi,
- Etkin güvenli çalışma sınırlarının belirlenememesi.

Yaşanan bu patlama sonucunda 15 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 180 kişi yaralanmış ve çevrede ciddi yapısal ve ekonomik kayıplar yaşanmıştır.

Rafineride milyonlarca dolarlık fiziksel yıkım ve iş kaybı oluşmuştur. BP 1,6 milyar doların üzerinde tazminat ve ceza ödemek zorunda kalmıştır. BP’nin üst yönetim kadrosunda değişiklikler olmuş ve kamuoyunda ciddi prestij kaybı yaşanmasına neden olmuştur.

1.6.2. Amuay Rafineri Patlaması

2012 yılında Venezuela’nın Falcon eyaletinde bulunan Amuay Rafinerisi’nde meydana gelen patlama, ülkenin en büyük endüstriyel kazalarından biri olarak tarihe geçmiştir. Bu olay, sadece Venezuela için değil, dünya genelinde endüstriyel güvenlik ve proses güvenliği açısından önemli dersler içermektedir. Amuay Rafinerisi, Venezuela’nın en büyük petrol rafinerisi olan Paraguaná Rafineri Kompleksi’nin bir parçasıdır. 25 Ağustos 2012 yerel saat ile 01:11 civarı rafinerideki bir gaz sızıntısının tespitiyle başlamıştır. Bu sızıntı, yaklaşık bir saat boyunca çevredeki alanlara yayılmış ve sonunda bir ateş kaynağı ile

temas ederek, Resim 22’de görüldüğü üzere patlamaya yol açmıştır. Olayın teknik incelemeleri, sızıntının başladığı P-200 pompasının daha önce de arızalandığını ve sızdırmaya neden olduğunu ortaya koymuştur. Patlama, 1.600’den fazla evin hasar görmesine ve çevredeki iş yerlerinin tahrip olmasına neden olmuştur. En az 48 kişi hayatını kaybetmiş ve 151 kişi yaralanmıştır. Olayın, rafinerinin üretim kapasitesinin geçici olarak düşmesine ve yaklaşık 1,1 milyar dolar civarında maddi zarara yol açtığı bildirilmiştir.



Resim 22. Amuay Rafinerisi’nde Patlaması ve Yangın

Bu olay, endüstriyel tesislerde güvenlik önlemlerinin ve bakım süreçlerinin ne denli kritik olduğunu bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Sızıntıların erken tespiti, düzenli bakım ve personel eğitimi gibi önlemler, benzer kazaların önlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

1.6.3. Pembroke Rafinerisi Patlaması

2011 yılında Birleşik Krallık’ın Pembrokeshire bölgesindeki Pembroke Petrol Rafinerisi’nde meydana gelen patlama, endüstriyel güvenlik açısından önemli bir dönüm noktasıdır. Bu olay, güvenlik önlemlerinin yetersizliği ve iletişim eksikliklerinin ciddi sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Pembroke Petrol Rafinerisi'nde 02.06.2011 tarihinde saat 01:00 civarı amine geri kazanım ünitesindeki bir depolama tankının temizliği sırasında meydana gelmiştir. Tankın içinde biriken yanıcı gazlar, bir kıvılcım veya statik elektrik nedeniyle tutuşmuş ve patlamaya yol açmıştır. Patlama sonucunda tankın üst kısmı fırlamış ve çevredeki ekipmanlara zarar vermiştir. Olayın ardından yapılan incelemeler, patlamanın tamamen önlenabilir olduğunu ve birçok güvenlik önleminin ihmal edildiğini ortaya koymuştur. Olayda 4 işçi hayatını kaybetmiş ve 1 işçi ağır yaralanmıştır. Patlama, Resim 23'de görüldüğü üzere çevredeki ekipmanlara zarar vermiş ve yangınlara yol açmıştır (Health and Safety Executive, 2011).



Resim 23. Pembroke Rafinerisi'nde Patlaması ve Yangın

Yapılan incelemeler, tankın içinde biriken yanıcı gazların patlamaya neden olduğunu göstermektedir. Tankın temizliği sırasında kullanılan ekipmanların topraklanmamış olması, statik elektrik birikimine yol açmış ve bu da patlamaya neden olmuştur. Ayrıca, tankın içinde biriken gazların potansiyel tehlikesi yeterince değerlendirilmemiş ve gerekli önlemler alınmamıştır.

1.6.4. Tesoro Anacortes Rafinerisinde Isı Değiştiricisi Yarılması

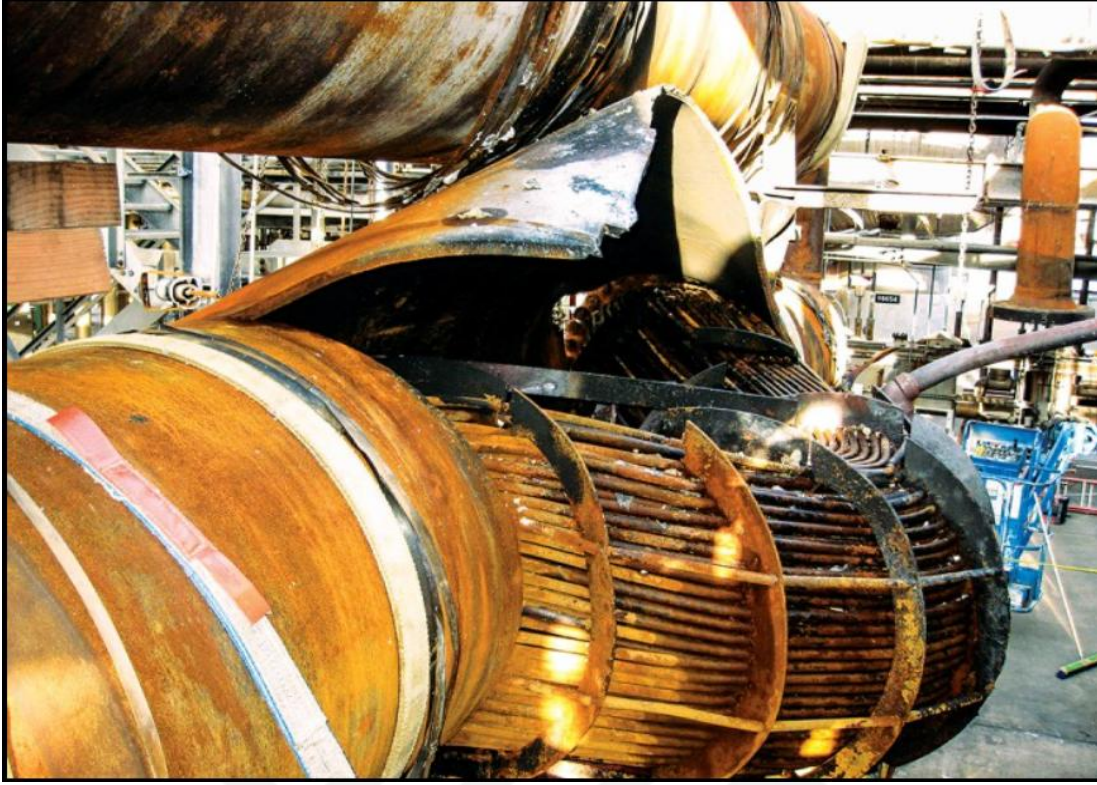
2010 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington eyaletinde bulunan Tesoro Anacortes Rafinerisi'nde meydana gelen patlama, endüstriyel güvenlik açısından önemli bir dönüm noktasıdır. 2 Nisan 2010 tarihinde yerel saat 00:30 civarı gerçekleşen bu olay, yüksek sıcaklık hidrojen saldırısı (HTHA, High Temperature Hydrogen Attack) nedeniyle bir ısı değiştiricisinin çatlaması sonucu yedi işçinin hayatını kaybetmesine ve bir işçinin ağır yaralanmasına yol açmıştır.



Resim 24. Tesoro Anacortes Rafinerisinde Patlama Sonrası Isı Değiştiricisi

HTHA (High Temperature Hydrogen Attack), Yüksek sıcaklık ve basınç altında hidrojenin karbon çeliğiyle reaksiyona girerek metalin mekanik özelliklerini zayıflatması ve çatlamasına neden olmasıdır. HTHA'ya karşı dirençli malzemeler kullanılmamış; karbon çeliği tercih edilmiştir.

Resim 24 ve Resim 25'de görüldüğü üzere olay, Nafta hydrotreater ünitesinin bakım sonrası yeniden devreye alınması sırasında meydana gelmiştir. Yedi kişilik bir ekip, ısı değiştiricilerinin yeniden devreye alınması işlemi sırasında, karbon çeliğinden yapılmış bir ısı değiştiricisinin yüksek sıcaklık hidrojen saldırısına (HTHA) uğrayarak çatlaması sonucu patlama gerçekleşmiştir. Patlama, çevredeki evlerde camların kırılmasına ve yoğun bir duman bulutunun oluşmasına neden olmuştur. Yangın yaklaşık 90 dakika süresince devam etmiştir (U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2010).



Resim 25. Tesoro Anacortes Rafinerisinde Patlama Sonrası Isı Değiştiricisi

Petrol rafinerilerinde meydana gelen büyük ölçekli kazalar, çoğu zaman yalnızca teknik eksikliklerden değil, aynı zamanda organizasyonel kültürdeki zayıflıklardan ve bireysel algılardan da kaynaklanmaktadır. Riskli durumların ölümcül sonuçlarla neticelenmesine neden olan davranışsal ve kültürel yaklaşımlar “burada bir şey olmaz” zihniyeti, riskin normalleşmesi, tehlikenin geçici olduğu inancı, uyarı sisteminin dikkate alınmaması, gibi nedenler çok tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir.

1.6.5. Tüpraş İzmir Rafinerisi – Nafta Tankı Patlaması

11.10.2017 tarihinde saat 09:25 civarı İzmir'in Aliaga ilçesinde bulunan TÜPRAŞ İzmir Rafinerisi'nde, uzun süredir bakımda bulunan ve işletmeye alınmak üzere hazırlanan bir nafta tankının içinde çalışma yapıldığı sırada gaz sıkışması sonucu patlama meydana gelmiştir.

Bilirkişi raporuna göre; olay şu şekilde gerçekleşmiştir, " TK-3032 numaralı tankı Şubat 2016'da bakıma aldı. Bakım için taşeron şirketle anlaştı. Tank boşaltıldıktan sonra ürün giriş çıkış noktaları körlendi. Projeye göre tank, bakım bittikten sonra 9 Ekim 2017'de devreye alma aşamasına getirildi. 10 Ekim'de tankın giriş çıkış hatlarına konulan kör tıplar çıkarıldı. Tıplar alınınca tanka; petrolün damıtılmasından elde edilen benzin ve gazyağı

arasında bir ürün olan nafta sızdı. Gaz kütlesi tankı kapladı. Rapora göre, tıpaları alınmış tankın ateşli işlem yapılması yasak olduğu halde işçiler 11 Ekim'de 19 metre yükseklikteki tank kapağında sibop kapağı temizliği için çıkarıldı. Dört taşeron işçi, imzalı iş izin formu ve onaylı ateş izin sertifikası olmaksızın izinsiz ve kural dışı şekilde çalıştırıldı. Taş motorunun çıkardığı kıvılcımlar nafta gazının patlaması ve yanmasına yol açtı."



Resim 26. Tüpraş İzmir Rafinerisi Patlama Sonrası TK-3032

Resim 26’da görüldüğü üzere bu kaza, petrol rafineri tesislerinde bakım, onarım ve devreye alma süreçlerinin ne kadar kritik öneme sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Olay, operasyonel süreçlerde uygulanan talimatlar ile prosedürlerin eksiksiz ve titizlikle uygulanmasının hayati bir gereklilik olduğunu göstermiştir. Özellikle gaz birikimi ve buhar bulutu oluşumu gibi durumların, uygun şekilde kontrol altına alınmadığında büyük çaplı endüstriyel kazalara ve can kayıplarına yol açabileceği anlaşılmıştır. Bu bağlamda, risk yönetimi, proses güvenliği ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının sistematik ve entegre bir şekilde yürütülmesi gerektiği bir kez daha vurgulanmıştır.

2. İŞ KAZALARI VE NEDENLERİ

Petrol rafinerileri, içerdği karmaşık prosesler, yanıcı ve patlayıcı maddelerle çalışma, yüksek sıcaklık ve basınç gibi nedenlerle iş kazalarının en sık yaşandığı endüstriyel alanlardan biridir. Bu bölümde petrol rafinerisindeki iş kazalarını ve nedenlerini inceleyeceğiz.

2.1. İş Kazası ve Genel Özellikleri

İş kazası, çalışanların işin yürütümü sırasında meydana gelen, bedensel veya ruhsal zarara yol açan, ani ve dış etkili olaylardır. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre; iş kazası yalnızca işyerinde değil, işe gidiş-geliş sırasında veya işyeri dışında görevlendirme durumunda da meydana gelebilir.

İş kazalarının önemli bir özelliği önlenabilir olmalarıdır. Bu nedenle sistemli bir önleme yaklaşımı benimsemek, sadece yasal bir zorunluluk değil, aynı zamanda işyerlerinin etik ve ekonomik sorumluluğudur (Heinrich ve Petersen, 1980).

2.2. Rafineri Sahalarında Sık Görülen İş Kazalar

Petrol rafinerileri, kimyasal tehlikeler, yanıcı-parlayıcı maddeler, yüksek sıcaklık ve basınç altında çalışan sistemler nedeniyle yüksek riskli çalışma ortamlarıdır. Bu ortamlarda en sık karşılaşılan iş kazaları:

- Yüksekten düşme
- Patlama ve yangınlar
- Elektrik çarpması
- Kimyasal maddeye maruz kalma
- Sıkışma/ezilme gibi mekanik kazalardır.

Ayrıca yüksekte çalışma, sıcak iş (kaynak, taşlama vb.) ve kapalı alanda çalışma gibi tehlikeli işlerde kişisel koruyucu donanım eksikliği, yeterli gözetim yapılmaması, ekipmanların periyodik kontrollerinin aksatılması kazalara davetiye çıkarabilmektedir (Korhan ve Sağlam, 2014).

2.3. İş Kazalarının Nedenleri

İş kazalarının temel nedenleri genellikle “4M Kuralı” olarak bilinen dört ana başlık altında incelenir: İnsan (Man), Makine (Machine), Ortam/Çevre (Medium) ve Yönetim (Management). Bu model, kazaların oluş nedenlerini sistematik şekilde analiz etmek ve önleme stratejileri geliştirmek için kullanılır. İş kazalarının nedenleri, aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

a) İnsan Kaynaklı Nedenler

- Yetersiz eğitim ve deneyim
- Dikkatsizlik, dalgınlık veya acelecilik
- Kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanmamak
- Fiziksel ve psikolojik yetersizlik (yorgunluk, stres vb.)
- Güvensiz davranış alışkanlıkları

İş kazalarının %80’den fazlasının insan hatasına dayandığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir.

b) Makine/Ekipman Kaynaklı Nedenler

- Arızalı veya bakımı yapılmamış makineler
- Koruyucu sistemlerin eksikliği (emniyet siperleri, acil durdurma düğmeleri vb.)
- Hatalı montaj veya kurulum
- Teknolojik yetersizlik ve eski ekipman kullanımı
- Otomasyon sistemlerinin arızası

Uygun makine seçimi ve periyodik bakım, bu tür kazaların önüne geçilmesinde kritik rol oynar.

c) Ortam/Çevresel Nedenler

- Yetersiz aydınlatma
- Kaygan zeminler
- Gürültü, titreşim, toz ve duman
- Sıcaklık, nem gibi iklimsel koşullar
- Yetersiz havalandırma
- Kapalı alan ve yüksek yerlerde çalışma koşulları

Bu faktörler doğrudan tehlike yaratabileceği gibi, insanın dikkatini azaltarak dolaylı riskler de oluşturabilir.

d) Yönetimsel Nedenler

- Risk değerlendirmesi yapılmaması veya güncel olmaması
- Eğitimlerin verilmemesi veya yetersiz olması
- Denetim eksikliği ve kurallara uyulmaması
- Yetersiz güvenlik kültürü
- İş güvenliği politikalarının uygulanmaması
- Sadece üretim odaklı çalışma yaklaşımı

Kazaların temelinde çoğu zaman organizasyonel ve yönetimsel eksiklikler yatar. Güçlü bir İSG yönetimi, kazaları önlemede en etkili araçlardan biridir (Heinrich ve Petersen, 1980).

2.4. Kaza Zinciri ve Domino Teorisi

Heinrich'in Domino Teorisi, iş kazalarının birbirine bağlı neden-sonuç zinciri ile oluştuğunu ifade eder. Zincirin halkaları şunlardır:

- Kalıtsal ve sosyal çevre (Riskli davranışlara yatkınlık, kurallara karşı tolerans geliştirme)
- Kişisel kusurlar (Eğitim almadan işe başlatılan bir çalışanın ekipmanı yanlış kullanması)
- Güvensiz hareket veya şart (KKD kullanılmaması, açıkta kalan kablolar, kaygan zemin)
- Kaza (Kaygan zeminde düşme)
- Yaralanma (Kırık, yanık, iş göremezlik durumu)

Bu modele göre, zincirin herhangi bir halkasında yapılacak müdahale ile kazaların önüne geçilebilir. Özellikle güvensiz davranış ve koşullar zincirin kırılma noktalarıdır.

3. RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

3.1. Risk Değerlendirme

Petrol rafinerileri, yüksek düzeyde tehlike potansiyeline sahip tesisler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, tehlikelerin sistematik olarak belirlenmesi, risklerin analiz edilmesi ve kontrol önlemlerinin geliştirilmesi kritik önemdedir. Aynı zamanda bu süreç, 29.12.2012 tarih ve 28512 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanmış olan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne uygun şekilde gerçekleştirilir.

Risk değerlendirmesi süreci şu temel adımları içerir:

- Tehlikelerin sistematik olarak tanımlanması,
- Risklerin analiz edilerek seviyelerinin belirlenmesi,
- Uygun kontrol önlemlerinin tanımlanması,
- Dokümantasyonun sağlanması ve düzenli aralıklarla güncellenmesi.

Tehlike sınıfına göre çok tehlikeli alanlar için en geç 2 yılda bir, az tehlikeli alanlar için ise 6 yılda bir değerlendirme yenilenmelidir.

Risk değerlendirmeleri, işveren temsilcileri, iş güvenliği uzmanları, işyeri hekimi, çalışan temsilcileri ve konuya hâkim çalışanların oluşturduğu multidisipliner bir ekip tarafından gerçekleştirilir. Gerekli durumlarda dış uzmanlardan da destek alınabilir.

3.2. Geleneksel ve Modern Yöntemler

Risk değerlendirmesinde kullanılan yöntemler, temelde nitel (kalitatif) ve nicel (kantitatif) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Her bir yöntem, değerlendirme derinliği, uzmanlık gereksinimi ve uygulama alanına göre farklılık gösterir.

- Geleneksel Yöntemler

Kontrol Listeleri (Checklist): Belirli iş sağlığı ve güvenliği kriterlerine göre hazırlanmış sorular dizisidir. Standartlara uygunluk kontrolü sağlar. Avantaj: Kolay uygulanabilir.

Gözlemsel Analizler (Gözlem Formları): İşyerinde davranışsal veya çevresel riskleri gözlemleyerek kaydetme yöntemidir. Güvenli olmayan davranışları tespit etmekte kullanılır.

Tehlike Tanımlama (HAZID- Hazard Identification): Tehlikelerin erken tespiti için yapılan beyin fırtınası tarzı analizdir. HAZOP'tan daha genel ve ön aşamadır.

İşyeri Turu ve Ramak Kala İncelemeleri: İşyerinde düzenli denetimler ve "kazaya ramak kala" olaylarının raporlanmasıyla öğrenilen yöntemdir. Önleyici tedbir alınmasını sağlar.

- Modern (İleri Seviye) Yöntemler:

HAZOP (Hazard and Operability Study): Proseslerde sapmaları sistematik olarak inceleyen ekip çalışması yöntemidir. Parametreler (basınç, sıcaklık vb.) üzerinden olası sapmalar belirlenir.

FTA (Fault Tree Analysis) – Hata Ağacı Analizi: Belirli bir istenmeyen olayın olası nedenlerini mantıksal diyagramlarla gösterir. Yukarıdan aşağıya doğru analiz yapılır.

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis): Sistem bileşenlerinin hangi şekillerde arızalanabileceği ve bu arızaların sonuçlarının ne olabileceğini belirler. Risk Öncelik Numarası (RiskPriorityNumber PRN) hesaplanır.

L Tipi Risk Matrisi (L-Matris): Olasılık ve şiddet matrisinin genişletilmiş versiyonudur. Renk kodlamasıyla risk seviyeleri görselleştirilir. Kurumlara özel uyarlanabilir.

3.3. L Tipi Risk Matrisi Yöntemi

L Tipi Risk Matrisi Yöntemi, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında kullanılan, tehlikeleri değerlendirerek risk düzeylerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bir risk analiz yöntemidir. Adını matrisin şekli olan "L" harfinden alır, çünkü değerlendirme mantığı matris üzerinde L şeklinde bir çizimle ifade edilir. Matrisin satır ve sütunları, sistemde yer alan faktörleri temsil eder ve bu faktörlerin birbirleri üzerindeki etkileri matrisin hücrelerine sayısal ya da sembolik değerlerle işlenir. L Matris Yönetimi'nin en önemli özelliği, etkileşim derecelerini nitel ya da nicel olarak ifade edebilmesidir. Bu sayede uzman görüşlerine dayalı olarak karmaşık ilişkilerin modellenmesi mümkün hale gelir (Güler ve Çobanoğlu, 2015).

L tipi matris, Olasılık (P) ve Şiddet (S) çarpanları üzerinden risk skoru hesaplar:

$$\text{Risk Skoru} = \text{Olasılık (P)} \times \text{Şiddet (S)}$$

L Tipi Risk Matrisi yöntemi özellikle aşağıdaki alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır:

- İş Sağlığı ve Güvenliği risk analizleri

- Rutin saha kontrol ve bakım planlamaları
- Kritik ekipman/alan risk derecelendirmesi
- Geçici işler ve yüklenici faaliyetleri
- Proses değişikliği öncesi risk incelemesi

Büyük endüstriyel tesislerde, L-Matris yöntemi genellikle ön değerlendirme ve saha bazlı hızlı analizler için tercih edilirken, kritik prosesler için daha ileri tekniklerle birlikte kullanılır.

3.4. L Tipi Matris yönteminin avantajları ve sınırlılıkları

L Matrisi, doğru uygulandığında çok yönlü ve güçlü bir analiz aracıdır. Ancak, kullanımı dikkat, deneyim ve sağlam veri gerektirir.

L Tipi Matris Yönteminin avantajları;

- Kullanımı kolaydır, saha çalışanları tarafından bile uygulanabilir.
- Görsel ve anlaşılır çıktılar üretir.
- Hızlı karar alma süreçlerini destekler.
- Tüm iş kollarında genelleştirilebilir.
- Proje başında risk önceliklendirmesi sağlar.

L Tipi Matris Yönteminin sınırlılıkları;

- Subjektif puanlama: Olasılık ve şiddet puanları kişiden kişiye değişebilir.
- Karmaşık senaryoları yeterince derin analiz edemez.
- Aynı risk skoruna sahip durumlar, farklı risk dinamiklerine sahip olabilir (örneğin 5x1 ile 1x5 aynı sonucu verir ama gerçek farklıdır).
- Kök neden analizi sağlamaz; sadece sonuç odaklıdır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Çalışma Sahası

Bu tez çalışması, İzmir/Aliağa ilçesinde faaliyet gösteren bir petrol rafinerisinin üretim sahalarında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu üretim sahaları; ham petrol distilasyonu, vakum distilasyonu, izomerizasyon ve hydrocracking gibi işlemleri içeren yüksek riskli birimler ile bu birimlere destek sağlayan yardımcı tesislerden oluşmaktadır.

Sahada yürütülen faaliyetlerin karmaşık ve sürekli olması, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi tehlike ve riskleri beraberinde getirmektedir.

4.2. Veri Toplama

Rafineri bünyesinde uygulanan İSG politikaları, risk değerlendirme dokümanları, acil durum planları, eğitim kayıtları ve denetim raporları materyal kapsamında değerlendirilmiştir. Bu belgeler, mevcut risk yönetim yaklaşımının analizi için temel teşkil etmiştir. İş güvenliği uzmanları, proses güvenliği şefleri, saha mühendisleri ve çalışanlarla yapılan görüşmeler aracılığıyla, ayrıca saha ziyaretleri sırasında yapılan doğrudan gözlemler, risklerin somut şekilde tanımlanmasını sağlamıştır. Veri toplama süreci aşağıdaki kaynaklarla desteklenmiştir:

- Yıllık iş kazası sıklık oranları
- Şiddet oranları
- Toplam eğitim süreleri, gözlem kayıtları
- Kritik ekipman bakım istatistikleri
- İş ortağı ve ana işveren kıyaslamaları

4.3. İş Kazası Verilerinin Sınıflandırılması

Toplanan veriler, türlerine ve oluş biçimlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Kazanın Nedeni: İnsan hatası, ekipman arızası, prosedür eksikliği, çevresel etkenler
- Kazanın Türü: Düşme, sıkışma, çarpma, kesilme, yanık
- Zarar Gören: Ana işveren çalışanı / Alt yüklenici

- Kazanın Ciddiyeti: Ramak kala, hafif yaralanma, ciddi yaralanma, ölüm
- Kaza Alanı: Üretim sahası, Tank sahası, bakım atölyesi, platform, boru hattı, vs.

4.4. Risk Analizi Süreci

Petrol rafinerilerinde risk analizi aşağıdaki aşamalarla yürütülmelidir.

- Tehlike Tanımlama; Üretim sahaları ve yardımcı tesisler ayrı ayrı ele alınmalıdır. Kimyasal, Fiziksel ve Organizasyonel tehlikeler belirlenir.
- Risk Analizi; Olasılık ve Şiddet değerlendirmesi yapılır. L-Matris, Fine-Kinney, HAZOP, FTA, ETA, gibi yöntemler kullanılır.
- Risk değerlendirmesi; Belirlenen risklerin seviyeleri hesaplanır, Kritik riskler önceliklendirilir ve Kabul edilebilir ve “Makul ölçüde uygulanabilir olduğu kadar düşük “(ALARP As low as reasonably practicable) seviyeleri belirlenir.
- Kontrol Tedbirlerinin Belirlenmesi; Tehlikenin ortadan kaldırılması (toksik kimyasal yerine alternatif madde kullanımı), Mühendislik kontrolleri (otomatik shut-off valfler, yangın söndürme sistemleri), İdari kontroller (prosedür, eğitim, iş izin sistemi), Kişisel koruyucu donanımlar (Baret, Gözlük, Kulaklık, Eldiven, İş Ayakkabısı, Kaçış Maskesi)
- İzleme ve Gözden Geçirme; Değerlendirme sonuçları düzenli aralıklarla ve her tehlike değişiminde yeniden gözden geçirilmelidir.

4.5. L Tipi Matris Değerlendirme Kriterleri

L Tipi Risk Matrisi, riskin olasılık ve şiddet (etki) düzeylerine göre sınıflandırılmasını sağlayan yarı nicel bir analiz yöntemidir. “L” ifadesi, matrisin harf şeklindeki görsel yapısını ifade eder. Bütün riskler olasılık(L) ve şiddet(S) çarpımı ile risk skoru hesaplanır.

- Olasılık (L)

Bir olayın ya da istenmeyen durumun gerçekleşme ihtimalidir. Genellikle sayısal (örneğin 1–5 ya da 1–10 arası) veya sözlü (düşük, orta, yüksek) ölçekle ifade edilir.

Tablo 13. Olasılık Değerleri

Puan	Olasılık
1	Çok Düşük – Nadiren olur
2	Düşük – Seyrek olur
3	Orta – Ara sıra olabilir
4	Yüksek – Sıkça olur
5	Çok Yüksek – Her zaman olabilir

- Şiddet (S)

Bir olayın gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek zararın, hasarın veya etkilerin ciddiyetini ifade eder. İnsan sağlığına, çevreye, üretime veya kurumsal itibar gibi alanlara etkisi değerlendirilir.

Tablo 14. Şiddet Değerleri

Puan	Şiddet
1	Önemsiz – Etkisiz veya kolay telafi edilebilir
2	Küçük – Küçük hasar veya ufak gecikme
3	Orta – Geçici iş durması, küçük yaralanma
4	Ciddi – Kalıcı zarar, büyük ekonomik kayıp
5	Felaket – Ölüm, büyük çevresel felaket

- Risk Skoru (R)

Değerlendirme Formülü:

$$\text{Risk Skoru} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet}$$

Olasılık genellikle 1’den 5’e kadar puanlanır:

1: Çok düşük (nadiren)

5: Çok yüksek (sürekli tekrarlayan)

Şiddet de 1’den 5’e kadar puanlanır:

1: Önemsiz

5: Ölümcül ya da tesis kapanmasına neden olacak düzeyde

Bu çarpanlara göre 25'e kadar risk skoru hesaplanır ve riskler:

- Düşük (1–5)
- Orta (6–12)
- Yüksek (13–20)
- Çok Yüksek (21–25) olarak sınıflandırılır.

Tablo 15’de L tipi Matris yönteminin Olasılık ve Şiddet dereceleri 1 ve 5 arası verilmiştir.

Tablo 15. L tipi Matris Yöntemi

RİSK	OLASILIK(L)				
ŞİDDET(S)	1 Çok Düşük	2 Düşük	3 Orta	4 Yüksek	5 Çok Yüksek
1 Önemsiz	1 Çok Düşük	2 Çok Düşük	3 Çok Düşük	4 Çok Düşük	5 Düşük
2 Küçük	2 Çok Düşük	4 Çok Düşük	6 Düşük	8 Düşük	10 Orta
3 Orta	3 Çok Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Yüksek
4 Ciddi	4 Çok Düşük	8 Düşük	12 Orta	16 Yüksek	20 Çok Yüksek
5 Felaket/Ölüm	5 Düşük	10 Orta	15 Yüksek	20 Çok Yüksek	25 Çok Yüksek

4.6. Örnek Senaryo ve Uygulama Adımları

Senaryo:

LPG pompası çıkış hattındaki vana tamiri sırasında sıcak iş yapılırken, izolasyon prosedürleri eksik uygulanmış ve patlayıcı gaz sızıntısı oluşmuştur.

Adımlar:

1. Tehlike: Yanıcı gaz kaçağı – sıcak iş
2. Olasılık puanı: 4 (yüksek – aylık gözlenen)
3. Şiddet puanı: 5 (ölümcül risk)
4. Risk puanı: $4 \times 5 = 20 \rightarrow$ Yüksek Risk
5. Kontrol Önlemleri:
 - Gaz algılama cihazı kullanılmalı
 - Çalışma öncesi izolasyon doğrulama testleri yapılmalı
 - Sıcak çalışma izni prosedürü gözden geçirilmeli
 - Eğitim tekrarlanmalı ve yetkisiz kişiler sahadan uzaklaştırılmalı

5. UYGULAMA VE BULGULARI

5.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma kapsamında, İzmir Aliğa ilçesindeki bir petrol rafinerisinin hydrocracker ünitesi referans alınarak, üretim sahalarında meydana gelebilecek olası iş kazalarının önlenmesine yönelik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Risk değerlendirmesinde L Tipi Matris yöntemi kullanılarak proses parametrelerinin risk seviyeleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı, saha çalışanlarının güvenliğini artırmak, ekipman hasarlarını önlemek ve üretim sürekliliğini sağlamaktır.

5.2. Tehlikelerin Belirlenmesi

Hydrocracker sahasında yapılan saha gözlemleri ve geçmiş iş kazası raporları incelenerek şu temel tehlikeler belirlenmiştir:

- Yangın ve patlama
- Yüksekten düşme
- Yüksek sıcaklık nedeniyle yanık
- Elektrik çarpması
- Kimyasal maddeye maruz kalma
- Sıkışma/ezilme /batma
- Kayma/Düşme/Çarpma vb.
-

5.3. Hydrocracker Sahası Risk Değerlendirmesi

L Tipi Risk Matrisi, Tehlikenin olasılık(L) ve şiddet (S) düzeylerine göre sınıflandırılmasını sağlayan bir analiz yöntemidir. Tablo 16’da hazırlamış olduğum Risk değerlendirmesi Hydrocracker üretim sahasına ait olup olasılık ve şiddet değerlerinin çarpılması sonucu hesaplanmıştır.

Tablo 16. Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olasılık	Şiddet	
1	Hydro-Cracker Saha Kontrolü	Yüksekte Çalışma	Yaralan ma Sakatlan ma/Ölüm	*6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu *Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği	4	5	20	Çok Yüksek	*İskele ve Merdiven Standardına Uygun Çalışma Yapılması * Rafineri Girişi İş Başı Eğitimleri ve Yıllık Tekrarlama *Korkuluk ve Platformlara Süpürgelik Yapılması		2	5	Orta
2	Hydro-cracker Saha Kontrolü	Sıcak Hat, Ekipman ve Yüzeyler	Yanık, Yaralan ma	*6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu *İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	4	16	Yüksek	*Isıya Karşı Korumalı Eldiven, *İş Kıyafeti Kullanılması, *Sıcak yüzeylerde izolasyon yapılmaktadır *Açık sıcak yüzeylere “dikkat sıcak yüzey” uyarı levhası asılmalı.		2	4	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olasılık	Şiddet	
3	Hydro-cracker Saha Kontrolü	Kostik Bome /Seviye Kontrolü	Dökülme Yayılma	*Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik *Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	4	5	20	Çok Yüksek	*Döküntü Kitleri, Saha Betonları, Havuzlar, *Giderlerin Kapalı Sisteme Bağlı Olması, *Güvenli kimyasal uygulamaları eğitimi verilmesi *KKD Kullanımı * Güvenli kimyasal uygulamaları eğitimi * Diphoterine Acil müdahale kiti kullanılması	2	5	Orta	
4	Hydro-cracker Ekipman saha temizliği	Yüksek Basınçlı Buhar	Sakatlık/ Ölüm	*6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	*Basınca Dayanımlı Kişisel Koruyucu *Steam tabancası kullanımına başlanması. *Yüksek sıcaklık levhası *Uyarı levhaları *İş izni	2	5	Orta	

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olasılık	Şiddet	
5	Hydro-cracker Saha	Kapalı Alan Çalışması	Yaralanma Sakatlanma Ölüm	İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	*Ortam ölçümü yapılması * Gözcü Bulunması * Emin Giriş İzni *Dram menhollerine uyarı işareti asılması *Tel kafes ile kapatılması		2	5	Orta
6	Hydrocracker Saha Kontrolü	Kedi merdiveninden Düşme	Yaralanma Sakatlanma/Ölüm	Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	*Ünitedeki dikey merdivenlerin platform geçiş noktalarına yerine kendi cazibesi ile kapanan korkuluklu kapıların yapılması		2	5	Orta

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu	Olasılık			Şiddet		
7	Hydrocracker Saha Kazı Çalışması	Elektrostatik Enerji	Sakatlanma/ Ölüm	6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği	3	5	15	Yüksek	*Kaçak akım röleleri *Elektrik tesisatının bakım ve kontrolleri *Topraklamalar *Çalışmaya Başlamadan Yer Altı Projesinin İncelenmesi, *İş İzni, *Kazı İzni, *Kazı Alanının Etrafının Şerit ile Çevrilmesi	1	5	Düşük		
8	Hydrocracker Saha Kontrolü	IBC Tankları Topraklamadan Kullanmak	Yaralanma Sakatlanma/ Ölüm	6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Yapı İşlerinde Sağlık Güvenlik Yönetmeliği ADR Yönetmeliği Genel Hükümler *Elektrik tesisleri topraklama yönetmeliği	4	5	20	Çok Yüksek	*IBC tankının metal platform yüzeyinde ki topraklama tarafının sabit yapılması *5 yıl kullanım süresine uyulması * İş İzni Sistemi, * İş Tehlike Analizleri,	2	5	Orta		

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılı	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olasılı	Şiddet	
9	Hydro-cracker Fırın Kontrolü	Açık Aleve Maruz Kalma	Yanık/ Yaralanma	Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik	3	4	12	Orta	*Fırın kontrol talimatına göre operasyon yürütülmesi *Siperlik Kullanımı *Fırın Gözetleme Camları kullanılması		2	4	Düşük
10	Hydro-cracker Saha Kontrolü	Basınçlı Gazlar	Yaralanma Sakatlanma/ Ölüm	Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği Osha-Occupational Safety And Health Administration- Standard 1910.253	4	5	20	Çok Yüksek	* Basınç Regülatörleri * Dışarıda Depolama * Sık Kontrol ve Bakım * Uygun Depolama 5 Senede Bir Hidrostatik Test * Oksi Gaz Prosedürü		2	4	Düşük
11	Hydro-cracker Saha Kontrolü	Döner Ekipmanların Hareketli Parçaları	Yaralanma /Uzuv kaybı	Ağır ve Tehlikeli İşler Yönetmeliği İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Makine Koruyucuları Yönetmeliği	4	4	16	Yüksek	* İş İzni * Enerji İzolasyonu Yapılmadan Ekipmanda Çalışma Yapılmaması *Çalışan Ekipmanlarda Muhafaza Bulunması *KKD Kullanımı		2	4	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olaslık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olaslık	Şiddet	
12	Hydrocracker Saha Kontrolü/ Numune alma	H ₂ S'e maruz Kalmak	Zehirleyici gaz, tahriş edici, bilinç kaybı ve ölümle sonuçlanma	* Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	* Sabit Dedektörler * Kişisel Yaka Detektörü Kullanımı * Acil Kaçış Maskesi * Acil Durumda Sahanın Boşaltılması * H ₂ S prosedürüne uygun olan çalışmalar		2	5	Orta
13	Hydrocracker Saha Kimyasal İkmali	Amonyak	Sağlığa etki Ergonomik etki	* Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	3	4	12	Orta	* Temiz Hava Tüplü maske kullanarak ikmal yapılması * KKD Kullanımı		2	2	Çok Düşük
14	Hydrocracker Saha Kontrolü	Proses Kimyasallar	Karaya dökülme/ yayılma Zehirlenme Ölüm	Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli Ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İş Yerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Yönetmelik	3	5	15	Yüksek	Ünitelerde Paratoner Bulunması * Ekipmanlarda Bulunan Topraklamalar * Ünitelerde Supportlarının Fireproof Olması		2	4	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu			Olasılık	Şiddet	
15	Hydrocracker Proses Ünitelerine Giriş	İzinsiz Giriş	Zehirlenme-Boğulma / Yaralanma/Sakatlanma/ Ölüm	* 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	3	5	15	Yüksek	Ziyaretçiler saha yetkilisine haber vermeden girmemelidir * Refakatçiler ile birlikte hareket edilmektedir. * Taşeron takip sistemi uygulamaları * EÇK giriş eğitimleri		2	4	Düşük
16	Hydrocracker Saha Kontrolü Vana Operasyonu	Çarpma Takılma	Yaralanma/Sakatlanma	* 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	4	16	Yüksek	*KKD kullanımı *Saha tertip düzen çalışmaları *Planlı / Plansız emniyet turları *Vanaların uç kollarına yeşil tapalardan takılarak belirgin hale getirilmesi.		2	3	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	
17	Hydrocracker Sahası, Bakım çalışmaları	Yüksek Basınçlı Su	Sakatlanma/Ölüm	* 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği * KKD İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	* İş İzni Sistemi, * İş Tehlike Analizleri, * Basınca Dayanımlı Kişisel Koruyucu Donanımlar, * Periyodik Bakımlar	2	4	Düşük
18	Hydrocracker Sahası, Ekipman bakımları	El Aletleri Kullanımı	Vücutta kesi/delinme/ sivri ucun batması/ elektrik çarpması	*6331 İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik *Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	4	4	16	Yüksek	* KKD Kullanımı- Mekanik Dirençli Eldiven Kullanımı * Ergonomi Eğitimi * Elektrik Departmanı Kontrolleri ve Etiketleme	2	4	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri					DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu	Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Olasılık	Şiddet	
19	Hydrocracker Sahası, Doğal afet yönetimi	Deprem	Yangın/ Patlama	* Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	5	20	Çok Yüksek	* Ünite Acil Duruş Prosedürleri * Tahliye Planı * Düzenli felaket tatbikatları ile acil durum hazırlıkları * Tatbikatlar	3	4	Orta
20	Hydrocracker Sahası, Bakım çalışmaları	Kullanılmış Katalizler	Karaya Dökülme /Yayılma	* Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik * Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği * Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği * Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri	4	4	16	Yüksek	* Döküntü Kitleri, * Saha Havuzlar, * Giderlerin Kapalı Sisteme Bağlı Olması, * İş İzni Sistemi, * Periyodik Bakımlar * KKD * Acil Duşlar	2	3	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Durum Değerleri					DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu	Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Olasılık	Şiddet	
21	Hydrocracker Saha Kontrolü/ Ekipmana Müdahale/ Bakım çalışmaları	Azot Oksitler	Akut: Akciğerleri ciddi şekilde tahriş eder. Kimyasal ödeme neden olur Kronik: Solunum yolu rahatsızlıklarına yol açar.	* Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği * Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği * Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	4	16	Yüksek	* Sabit Dedektörler * Kişisel Yaka Detektörü Kullanımı * Acil Kaçış Maskesi * Acil Durumda Sahanın Boşaltılması * İlk Yardım Eğitimleri * Acil Doktor Müdahalesi/Ambulans * Bacalarda Online Emisyon Ölçümü	2	3	Düşük
22	Hydrocracker Vana operasyonları	Çarpma/Burkma	Hızlı/ani hareket sonucu el parmaklarının vanaya çarpması/sıkışması	* İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	4	16	Yüksek	* Mekanik eldiven kullanımı * İş İzni Sistemi * Kişisel Koruyucu Donanımları,	2	3	Düşük

Tablo 16. (Devamı) Petrol rafineri hydrocracker sahası risk değerlendirme tablosu

No	Saha/ Alan	Tehlike	Risk	Yasal Mevzuat	Mevcut Değerleri			Durum	Düzenleyici Faaliyetler	Önleyici	DÖF Değerler		Sonrası Risk Değ. Sonucu
					Olasılık	Şiddet	Risk Puanı		Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	
23	Hydrocracker Saha Kontrolü/ Ekipmana Müdahale/ Dreyn	Nafta	Karaya Dökülme/ Yayılma Yangın/ Sürekli Maruziyet Kansere neden olabilir	* Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği * Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	4	5	20	Çok Yüksek	* İş İzni Sistemi, * Rafineri Geneli Yangın Suyu Hatları, Monitörler, * Sabit ve Portatif Gaz Dedektörleri, * Acil Durum Planları, * Rafineri Yangınla Mücadele Standardı, * Periyodik Bakımlar * KKD Kullanımı,		3	4	Orta
24	Hydrocracker Saha Kontrolü/ Ekipmana Müdahale/ Dreyn	Hat Yarılması	Yangın/ Parlama/ Ölüm	* Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik * İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	4	5	20	Çok Yüksek	Sabit H2S ve Patlayıcı Gaz Detektörleri * Portatif Yaka Detektörü * Ünite Acil Duruş Prosedürleri * Ünite Esd Sistemleri * Tahliye Planı * Rafineri Yangınla Mücadele Standardı		3	4	Orta

5.4. Risk Analiz Bulguları

Hydrocracker sahasında yapılan risk değerlendirmesi sonucunda toplam 24 farklı faaliyet alanı incelenmiş ve bu faaliyetler sırasında ortaya çıkabilecek tehlikeler belirlenmiştir. Mevcut koşullarda değerlendirilen risklerin bk çoğunluğu “ok Yüksek” ve “Yüksek” seviyede olup, bu durum ciddi iş sağlığı ve güvenliği tehditleri içerdiğini göstermektedir.

Belirlenen başlıca kritik riskler:

- Yüksekte alışma,
- Sıcak yüzey teması,
- Kimyasal madde dökülmeleri (kostik, amonyak, nafta vb.),
- Kapalı alan alışmaları,
- Yüksek basınçlı buhar ve su kullanımı,
- Açık aleve maruz kalma,
- Basınçlı gazlar,
- H₂S ve NO_x gazlarına maruziyet,
- Döner ekipmanların hareketli parçaları,
- Deprem gibi doğal afetlere karşı yetersiz hazırlık.

Bu risklerin şiddeti çoğunlukla 4 veya 5 (lm, ciddi yaralanma, zehirlenme) olarak değerlendirilmiş olup, alınan önlemler öncesinde risk puanlarının bk kısmı 16–20 aralığında yer almıştır.

Uygulanan düzeltici-önleyici faaliyetler (DF) sayesinde:

- Risklerin olasılık değerleri çoğunlukla 4’ten 2’ye düşürülmüş,
- Risk puanları 20 seviyesinden 8–10 seviyelerine çekilmiştir,
- Tüm “ok yüksek” risklerin seviyesi “orta” veya “düşük” seviyeye indirilmiştir.

DF kapsamında yapılan temel uygulamalar:

- İş izni sistemi ve tehlike analizleri,

- KKD kullanımı (mekanik eldiven, sıcak yüzey eldiveni, kaçış maskesi vb.),
- Uyarı levhaları ve ikaz sistemleri,
- Dedektörler, izolasyon ve topraklama sistemleri,
- Acil durum planları, eğitimler ve tatbikatlar.

Sonuç olarak, yapılan analiz hydrocracker sahasında iş güvenliği açısından yüksek riskli birçok alan bulunduğunu ortaya koymuş, ancak uygulanan sistemli ve teknik önlemlerle bu risklerin kontrol altına alınabileceği belirlenmiştir. Periyodik izleme ve güncellenen eğitimlerle risk seviyelerinin sürdürülebilir şekilde düşük tutulması önem arz etmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, petrol rafinerilerinde önemli bir proses ünitesi olan Hydrocracker üretim sahasında gerçekleştirilen risk değerlendirmesi kapsamında, saha faaliyetleri detaylı şekilde incelenmiş ve 24 adet farklı tehlike tanımlanmıştır. Her bir tehlike için mevcut durumdaki olasılık ve şiddet değerleri dikkate alınarak L Tipi Matris Yöntemi ile risk puanları hesaplanmış, ardından Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler (DÖF) uygulanarak risk seviyeleri yeniden değerlendirilmiştir.

Değerlendirme sonuçlarına göre:

- Mevcut durumda risk puanlarının önemli bir bölümü “çok yüksek” (20 puan) ve “yüksek” (16 puan) seviyelerindedir.
- Kritik tehlikeler arasında yüksekte çalışma, sıcak yüzeyler, kostik ve H₂S maruziyeti, basınçlı gazlar, kapalı alan çalışmaları ve yüksek basınçlı akışkan kullanımı yer almaktadır.
- Uygulanan kontrol önlemleriyle birlikte risk puanları genellikle 8–10 seviyelerine düşürülmüş ve riskler “orta” veya “düşük” seviyeye indirgenmiştir.

Çalışma, Hydrocracker sahasında yürütülen işlerin tehlike potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu ve kontrol önlemleri uygulanmadığı takdirde ciddi iş kazaları ile sonuçlanabileceğini açıkça ortaya koymuştur. Bu nedenle proaktif yaklaşımlarla sürekli iyileştirme ve risk kontrolü büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, çalışmanın sürekliliği ve iş güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

1. Risk değerlendirmeleri periyodik olarak güncellenmeli, proses değişikliklerinde veya iş akışı değiştiğinde tekrar yapılmalıdır.
2. Yeni başlayan çalışanlara hem rafineri sahasına hem de güvenlik kültürüne özel yoğun bir başlangıç eğitimi uygulanmalıdır.
3. Tüm çalışanlara yönelik yıllık ve işe özel tekrar eğitimleri zorunlu hale getirilmelidir.
4. Çalışanların güvenli davranış göstermesi teşvik edilmeli, “cezalandırma” yerine “öğrenme” kültürü benimsenmelidir.

5. Alt yüklenici firmalar, ana işverenin benimsediği güvenlik standartlarına tabi tutulmalı ve performansları düzenli olarak değerlendirilmelidir.
6. Kritik ekipmanların bakım süreleri aksatılmamalı, önleyici bakım sistemleri dijital olarak izlenmelidir.
7. Makine ve ekipmanlarda kilitleme-etiketleme, gaz algılama sistemleri, yangın söndürme sistemleri gibi teknik önlemler standart hâline getirilmelidir.
8. KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) kullanımı sahada denetlenmeli, eksik kullanım durumları için anlık uyarı ve raporlama sistemi kurulmalıdır.
9. Kapalı alan, yüksek basınç, sıcak yüzey ve kimyasal madde maruziyeti gibi yüksek riskli işlemlerde gözetmen/denetçi uygulaması yaygınlaştırılmalıdır.
10. Tüm saha çalışanları için acil durum tatbikatları (yangın, sızıntı, zehirli gaz kaçağı vb.) senaryolu olarak düzenli aralıklarla uygulanmalıdır.
11. Acil durum ekipmanlarının (dedektörler, kaçış maskeleri, göz duşları vb.) bakım ve kalibrasyonları sistemli olarak takip edilmelidir.
12. Sahadaki enerji kaynakları için kilitleme/etiketleme prosedürü daha katı şekilde uygulanmalı, yetkisiz müdahaleler engellenmelidir.
13. İş izni sistemi ve tehlike analizleri, sadece prosedür gereği değil, etkin bir kontrol aracı olarak sahada aktif kullanılmalıdır.
14. Çalışanlardan gelen geri bildirimler ve “ramak kala” olaylar dijital sistemlerle kaydedilerek erken uyarı mekanizmaları oluşturulmalıdır.
15. Gerçekleşen her kaza detaylı şekilde analiz edilmeli, kök nedenler ortaya çıkarılmalı ve düzeltici/önleyici faaliyetler (DÖF) uygulanmalıdır.
16. Sürekli saha denetimleri ve “İş İzni Denetim” sistemi kazadan önce riskleri fark etmeyi sağlar.
17. Yönetici saha turları, liderlik davranışını teşvik eder ve güvenlik kültürünün gelişmesini sağlar.
18. Dijital gözlem sistemleri, mobil güvenlik uygulamaları, yapay zekâ destekli analiz yazılımları kaza öngörülerinde kullanılabilir.

Bu sonuçlar, rafineri sahalarında risk değerlendirmesinin sadece yasal zorunluluk değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliğinin temel yapı taşlarından biri olduğunu göstermektedir. Etkin bir iş güvenliği yönetim sisteminin oluşturulması, kazaları önlemede en önemli araç olacaktır.



KAYNAKÇA

- 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012, 20 Haziran). *Resmî Gazete* (Sayı: 28339).
- Bayramoğlu, E., & Sarı, D. (2018). Endüstride iyonlaştırıcı radyasyon kullanımı ve güvenlik önlemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 31(3), 675–684.
- Bhaskar, S. K., & Vasudevan, R. (2012). *Petroleum refining technology and economics* (2nd ed.). CRC Press.
- Bird, F. E. (1974). *Management guide to loss control*. Institute Press.
- Boyce, P. R. (2014). *Human factors in lighting* (3rd ed.). CRC Press.
- Brauer, R. L. (2006). *Safety and health for engineers* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Büyük endüstriyel kazaların kontrolü hakkında yönetmelik. (2019, 2 Mart). *Resmî Gazete* (Sayı: 30702).
- Chalcopyrite, K., & Zhao, Q. (2010). *Industrial chemistry: A practical approach*. Wiley.
- Chemical Safety and Hazard Investigation Board. (2010). *Tesoro Anacortes refinery explosion report*. CSB.
- Chemical Safety Board. (2007). *Investigation report: Refinery explosion and fire, BP Texas City* (Report No. 2005-04-I-TX).
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013, 28 Temmuz). *Resmî Gazete* (Sayı: 28721).
- Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013, 22 Ağustos). *Resmî Gazete* (Sayı: 28743).
- Devlet Planlama Teşkilatı. (1963). *Birinci beş yıllık kalkınma planı (1963–1967)*. DPT Yayınları.
- Energy Information Administration. (2023). *Statistical review of world energy* (72nd ed.).
- Erdem, R., & Güven, H. (2020). İş sağlığı ve güvenliği açısından ergonomi: Kimya ve petrol sektöründe bir değerlendirme. *İş ve İnsan Dergisi*, 7(1), 57–66.

- European Agency for Safety and Health at Work. (2016). *Hydrogen sulfide*.
- European Union. (1999). *Directive 1999/92/EC on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres*. Official Journal of the European Communities.
- Griffin, M. J. (1990). *Handbook of human vibration*. Academic Press.
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (2015). *İş sağlığı ve güvenliği*. Hacettepe Yayıncılık.
- Hawkins, M., & Chapman, S. (2009). *Chemical processes and operations in refineries: Theory and practice*. Wiley.
- Health and Safety Executive. (2011). *Pembroke refinery inspection report*.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention*. McGraw-Hill.
- Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. McGraw-Hill.
- Heinrich, H. W., Petersen, D., & Roos, N. (1980). *Industrial accident prevention* (5th ed.). McGraw-Hill.
- International Atomic Energy Agency. (2013). *Radiation protection and NORM residue management in the oil and gas industry* (Safety Reports Series No. 34).
- International Labour Organization. (2009a). *Checklist for occupational safety and health*.
- International Labour Organization. (2009b). *Guidelines on occupational safety and health management systems*.
- International Labour Organization. (2011). *Biological hazards in the workplace*.
- International Labour Organization. (2016). *Workplace ergonomics: A global perspective on improving working conditions*.
- İyonlaştırıcı Radyasyonla Çalışılan Ortamlarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik. (2012, 30 Mart). *Resmî Gazete* (Sayı: 28250).
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. (2012, 29 Aralık). *Resmî Gazete* (Sayı: 28512).

Kaya, H., & Yılmaz, M. (2021). Sanayi tesislerinde LED aydınlatma sistemlerinin verimliliği. *Enerji Verimliliği Dergisi*, 14(3), 110–118.

Korhan, O., & Sağlam, S. (2014). Petrol rafinerilerinde iş kazalarının analizi ve risk değerlendirmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 9(2), 45–53.

Korkmaz, S. H. (2016). *Risk analizi yöntemleri*. Nobel Yayıncılık.

Michael, A., & Woyinbrakemi, I. (2022). Optimization of the stripping section of modular refinery operations in Nigeria. *Open Journal of Optimization*, 11, 15–31.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2007). *Pocket guide to chemical hazards*. U.S. Department of Health and Human Services.

Naycı, N., & Bozkurt, T. (2022). Türkiye’de petrol sanayinin tarihsel gelişimi ve endüstri mirası bağlamında Batman ve Ataş rafineri tesisleri. *TUBA-KED*, 26.

Occupational Safety and Health Administration. (2002). *Job hazard analysis*. U.S. Department of Labor.

Occupational Safety and Health Administration. (2018). *OSHA standard 29 CFR 1910.95: Occupational noise exposure*.

Parsons, K. C. (2014). *Human thermal environments*. CRC Press.

Perry, R. H., & Green, D. W. (2008). *Perry’s chemical engineers’ handbook* (8th ed.). McGraw-Hill.

Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. MIT Press.

Speight, J. G. (2005). *Environmental analysis and technology for the refining industry*. John Wiley & Sons.

Speight, J. G. (2014). *The chemistry and technology of petroleum* (5th ed.). CRC Press.

Speight, J. G. (2015). *Handbook of petroleum product analysis*. John Wiley & Sons.

Tehlikeli Maddelerle Çalışmalarda Güvenlik Bilgi Formları Hakkında Yönetmelik. (2013, 12 Ağustos). *Resmî Gazete* (Sayı: 29204).

Türk Standardları Enstitüsü. (2012a). *TS EN 12464-1: İşyerlerinde aydınlatma – Kapalı alanlar*.

Türk Standardları Enstitüsü. (2012b). *TS EN 13445: Basınçlı kaplar – Tasarım ve imalat kuralları*.

Uluslararası Enerji Ajansı. (2021). *Oil 2021: Analysis and forecast to 2025*.

Uluslararası Enerji Ajansı. (2024). *Global energy review 2025*.

Yergin, D. (2008). *The prize: The epic quest for oil, money & power*. Free Press.

Yergin, D. (2011). *The quest: Energy, security, and the remaking of the modern world*. Penguin.

Yıldız, A., & Güneş, H. (2020). Yüksek basınçlı proseslerde patlama riski ve önleyici yöntemler. *İş Güvenliği ve Endüstriyel Risk Dergisi*, 14(2), 211–220.

Wikipedia. (2006, 14 Aralık). *Tüpraş*. 12 Nisan 2025 tarihinde <https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCpra%C5%9F> adresinden alınmıştır.