

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ PARLAYICI, PATLAYICI  
VE ZEHİRLEYİCİ MADDELERİN DEPOLAMASINDAKİ  
RİSKLERİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mak.Müh. Yüksel DEMİRCAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fethi HALICI**

**Mayıs 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ PARLAYICI,  
PATLAYICI VE ZEHİRLEYİCİ MADDELERİN  
DEPOLAMASINDAKİ RİSKLERİN BELİRLENMESİ**

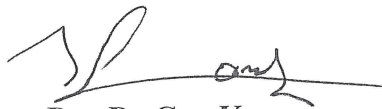
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mak.Müh. Yüksel DEMİRCAN**

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 01/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Fethi Halıcı

  
Doç. Dr. Can Kurnaz

  
Doç. Dr. İmdat Taymaz

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında benden hiçbir emeğini esirgemeyen danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fethi Halıcı'ya, büyük desteğini gördüğüm Sayın Doç Dr. Tahsin Engin'e, yine tez çalışmamın risk değerlendirmesi ile ilgili bölümlerinde yardımcı olan Hollanda Amsterdam İtfaiyesi'nde görevli Kimya Yüksek Mühendisi Nihat Malkoç'a, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiyesinde görevli Mehmet Direk'e eşime ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı ve Önemi .....	1
1.2. Yöntembilim ve Kapsam .....	4

### BÖLÜM 2.

#### PARLAYICI, PATLAYICI VE ZEHİRLEYİCİ MADDELER,

SINIFLANDIRILMASI VE EN SIK KULLANILANLARI .....	7
2.1. Parlayıcı Maddelerin Kimyasal Özellikleri .....	7
2.1.1. Hidrokarbon .....	7
2.1.1.1. Doymuş alifatik hidrokarbonlar .....	7
2.1.1.2. Doymamış hidrokarbonlar .....	8
2.2. Parlama Noktasının Belirlenmesi .....	9
2.2.1. Parlama noktası .....	9
2.2.1.1. Pensky-Martens kapalı kap metodu çalışma prensibi..	9
2.2.2. Alt patlama sınırı (LEL) .....	11
2.2.3. Üst patlama sınırı (UEL) .....	11
2.2.4. Tutuşma sıcaklığı .....	11
2.3. Patlama .....	12

2.3.1. BLEVE patlaması .....	12
2.3.2. UVCE patlaması .....	12
2.3.3. Toz Patlaması .....	13
2.4. Parlama Noktasına Göre Sıvı Maddelerin Sınıflandırılması .....	13
2.4.1. Yanıcı sıvılar .....	13
2.4.1.1. Sınıf II sıvılar .....	13
2.4.1.2. Sınıf IIIA sıvılar .....	13
2.4.1.3 Sınıf IIIB sıvılar .....	13
2.4.2. Parlayıcı sıvılar .....	14
2.4.2.1. Sınıf I sıvılar .....	14
2.2.1.2 Sınıf IB Sıvılar .....	15
2.2.1.3 Sınıf IC Sıvılar .....	15
2.5. Tehlikeli Kimyasalların Sınıflandırılması .....	15
2.5.1. Patlayıcı madde .....	16
2.5.2. Çok kolay alevlenir maddeler .....	16
2.5.3. Kolay alevlenir maddeler .....	16
2.5.4. Alevlenir madde .....	16
2.5.5. Çok toksik madde .....	16
2.5.6. Toksik madde .....	17
2.5.7. Zararlı madde .....	17
2.6. Endüstride En Sık Kullanılan Parlayıcı, Patlayıcı ve Zehirleyici Maddeler .....	17
2.6.1. Petrol .....	17
2.6.1.1. Petrolün kimyasal yapısı .....	18
2.6.1.2. Petrolün damıtılması .....	19
2.6.2. Doğalgaz .....	20
2.6.2.1. Doğalgazın yakıt özellikleri .....	21
2.6.2.2 Doğalgazın kullanım alanları .....	22
2.6.2.3. Doğalgazın taşıma yöntemleri .....	23
2.6.3. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı(LPG) .....	25
2.6.3.1. LPG'nin kullanım alanları .....	26
2.6.4. Benzin .....	27
2.6.4.1 Reid buhar basıncı .....	27

2.6.5. Amonyak .....	28
2.6.5.1. Amonyagın elde edilme yöntemleri .....	28
2.6.5.2. Amonyagın kullanım alanları .....	29
2.6.6. Asetilen .....	29
2.6.6.1. Asetilenin kullanımı .....	30
2.6.7. Aseton .....	30
2.6.7.1. Asetonun elde edilme yöntemleri .....	31
2.6.7.2. Kullanım alanları .....	31

### BÖLÜM 3.

#### PARLAYICI, PATLAYICI VE ZEHİRLEYİCİ MADDELERİN

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE DEPOLANMASI .....	32
3.1. Etiketleme .....	32
3.1.1. Tehlikeli kimyasallar yönetmeliğine göre etiketleme .....	32
3.1.2. Etiketleme boyutları .....	34
3.1.3. National fire protection association(NFPA) tehlike tanımlama sistemlerine göre etiketleme .....	34
3.2. Güvenlik ve Sağlık İşaretleri .....	39
3.3. Taşımacılıkta Kullanılan Tehlike Bildirim Kartları .....	41
3.4. Boruların Renklendirilmesi .....	42
3.5. Malzeme Güvenlik Bilgi Formu(MSDS) .....	43
3.5.1. MSDS'lerde bulunması gereken bilgiler .....	44
3.6. Depolama .....	45
3.6.1. Yanıcı, parlayıcı sıvıların depolaması .....	45
3.6.1.1. Açıkta yerüstü depolama .....	45
3.6.1.2. Kapalı bina ve yapılarda depolama .....	46
3.6.1.3. Yeraltı tank depolaması .....	47
3.6.2. LPG depolama(basınçlı kaplarda) .....	48
3.6.2.1. LPG tüplerinin depolaması .....	48
3.6.2.2. LPG'nin dökme olarak depolaması .....	48
3.6.2.3. LPG depolama tesisleri .....	49
3.6.3. Asetilen tüplerinin depolaması .....	50
3.6.4. LNG depolama .....	50

## BÖLÜM 4.

### ALAN ÇALIŞMASI OLARAK SEÇİLEN KOCAELİ-KÖRFEZ

İLÇESİNDE BULUNAN TESİSLERİN RİSK MODELLEMESİ .....	52
4.1. Bölge Tanıtımı .....	52
4.2. Yangının Matematiksel Modellemesi .....	55
4.2.1. Yangının alev boyu, eğimi yanma hızı .....	55
4.2.2. Yangının radyant ısı etkisi .....	57
4.2.3. Yanma sonucu CO <sub>2</sub> ve CO miktarının belirlenmesi .....	59
4.3. Tehlikeli Madde Kaza Senaryoları .....	60
4.3.1. Afet senaryoları .....	60
4.3.2. İş halinde olabilecek senaryolar .....	61
4.4. Kaza ve Etkileri .....	61
4.4.1. Yangın sonucu meydana gelen ısı ve etkileri .....	62
4.4.2. Patlama sonucu basınç artışı .....	64
4.4.3. Zehirlenme .....	64
4.5. Kaza Senaryoları .....	65
4.6. Bölge Risk Değerlendirilmesi .....	66
4.6.1. Rafineri (TÜPRAŞ) .....	66
4.6.2. LPG depolama, dolum ve dağıtım tesisleri .....	67
4.6.3. Akaryakıt depolama ve dolum tesisleri .....	67
4.6.4. Amonyak üretim ve depolama tesisi(İGSAŞ) .....	67
4.6.5. Diğer faaliyetler .....	68
4.7. Bölgede Olası Kaza Senaryoları ve Modellemeleri .....	68
4.7.1. LPG depolama ve dolum tesisleri .....	68
4.7.1.1. LPG depolama tanklarında tipik yangın türleri .....	69
4.7.1.2. LPG depolama ve dolum tesis bilgileri .....	71
4.7.1.3. Afet senaryosu ve modellemesi .....	72
4.7.2. Akaryakıt depolama ve dolum tesisleri .....	76
4.7.2.1. Akaryakıt depolama ve tesis bilgileri .....	77
4.7.2.2. Afet Senaryosu ve modellemesi .....	77
4.7.3. Amonyak depolama tesisi senaryoları ve modellemeleri .....	80
4.7.3.1. Olası afet senaryosu modellemesi .....	81
4.7.3.2. Dolum anında deniz suyu üzerine	

akıntı senaryo modellemesi .....	82
4.7.3.3. Dolum anında zemine akıntı modellemesi .....	83
4.7.3.4. Boru patlaması halinde akıntı modellemesi .....	84
BÖLÜM 5.	
SONUÇ DEĞERLENDİRMESİ VE ÖNERİLER .....	85
5.1. Patlayıcı Maddelerin Depolanması .....	85
5.2. Parlayıcı Maddelerin Depolanması .....	86
5.3. Zehirli Maddelerin Depolanması .....	86
5.4. Domino Etki Değerlendirilmesi .....	87
5.5. Yangınla Birlikte Oluşan Zehirli Gazlarının İnsan Sağlığına Etkisi .....	88
5.6. Öneriler .....	89
5.6.1. Etki alanında kalan yerleşim yerlerinin kaldırılması ve güvenlik bandı oluşturulması .....	89
5.6.2. Bölgenin organize sanayi bölgesine dönüştürülmesi .....	90
5.6.3. Yeni yapılacak depolama tanklarının yeraltına inşa edilmesi .....	90
5.6.4. Acil durum planları .....	91
5.6.5. Denetim ve kontroller .....	91
5.6.6. Mevzuatın yeniden düzenlenmesi .....	92
KAYNAKLAR .....	93
EKLER .....	97
ÖZ GEÇMİŞ .....	108



## SİMGELER VE KISALTMALAR

- AB : Avrupa Birliđi
- ABD : Amerika Birleşik Devletleri
- ADR : Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route)
- API : Amerika Petrol Enstitüsü (America Petroleum Institute)
- APELL : Bölgesel Düzeyde Acil Durumlar için Hazırlıklı Olma (Awareness and Preparedness of Emergencies of Local Level)
- BDT : Bağımsız Devletler Topluluđu
- BLEVE : Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması (Boiling Liquid Expand Vapor Explosion)
- BM : Birleşmiş Milletler
- BS : İngiliz Standardı (British Standard)
- CNG : Sıkıştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas)
- °C : Santigrat derece
- CO : Karbonmonoksit
- CO<sub>2</sub> : Karbondioksit
- CRED : Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster)
- ÇED : Çevresel Etki Değerlendirmesi
- DGEACL: Tehlikeli Maddeler Acil Eylem Kod Listesi 2005 (Dangerous Goods Emergency Action Code List 2005)
- EM-DAT :Acil Durum Olayları Veritabanı (Emergency Event Database)
- EN : Avrupa Standardı (European Norm)
- GSM : Gayri Sıhhi Müessese
- HIN : Tehlike Tanımlama Numarası (The Hazard Identification Numbers)
- GSYİH : Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

- ISO : Uluslararası Standart Organizasyonu (International Organization for Standardization)
- İGSAŞ : İstanbul Gübre Fabrikaları Anonim Şirketi
- KBB : Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
- LEL : Alt Patlama Sınırı (Lower Explosion Limit)
- LNG : Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquid Natural Gas)
- LPG : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquid Petrol Gas)
- MSDS : Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (Material Safety Data Silt)
- NFPA : Ulusal Yangından Koruma Kurumu (National Fire Protection Association)
- NGPA : Doğalgaz Üreticiler Derneği (Natural Gas Processers Association)
- PARPAT: Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük
- TKY : Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği
- TS : Türk Standardı
- TSE : Türk Standartları Enstitüsü
- TÜPRAŞ: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi-İzmit Rafinerisi
- UEL : Üst Patlama Sınırı (Upper Explosion Limit)
- UN : Birleşmiş Milletler (United National)
- UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United National Evermantel Program)
- UVCE : Sınırlandırılmayan Buhar Bulutu Patlaması(Unlimited Vapor Cloud Explosion)
- WHO : Dünya Sağlık Örgütü(World Health Organization)

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Pensky-Martens Kapalı Kap Metodu Deney Düzeneği .....	10
Şekil 2.2. LEL, UEL, Parlama Noktası Gibi Değerlerin Konsantrasyon ve Sıcaklık İle Değişimini .....	11
Şekil 2.3. Ham Petrolün Damıtılmasıyla Çıkan Ürünler ve Kullanım Alanları ...	19
Şekil 2.4. Türkiye'deki Mevcut ve Yapımı Planlanan Doğal Gaz Boru Hatları ..	21
Şekil 2.5. Doğal Gazın Boru Hatları İle Taşınması .....	23
Şekil 2.6. LNG İthal Terminali .....	24
Şekil 2.7. CNG Dolum İstasyonunun Şematik Gösterimi .....	25
Şekil 2.8. Reid Buhar Düzeneği .....	27
Şekil 3.1. Etiketleme Örneği .....	34
Şekil 3.2. Tehlikeli Kimyasallar İçin NFPA Sınıflandırma Şeması .....	35
Şekil 3.3. Endüstriyel Tesislerde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Kullanılacak İşaretler .....	40
Şekil 3.4. Standart İkaz Levhası Boyutları .....	41
Şekil 3.5. Tehlikeli Madde UN Numaralarının Kara Taşıtları Üzerine Monte Edilmesi .....	42
Şekil 3.6. LNG Tankı ve İç Yapısı .....	51
Şekil 4.1. Türkiye Deprem Haritası .....	53
Şekil 4.2. Körfez Rafineri Bölgesi, Çevresindeki Dolum Tesisleri ve Yerleşim Alanlarına Ait Uydu Görüntüsü .....	54
Şekil 4.3. Yanıcı ve Patlayıcı Maddeler Döküntüsü ve Ekti Alanları .....	63
Şekil 4.4. Zehirli Madde Dökülmesinde Etki ve Müdahale Alanı .....	65
Şekil 4.5. Amonyak Depolama Tankları .....	68
Şekil 4.6. Püsküren veya Düşük Basınçlı Tank Üstü Yangını .....	69
Şekil 4.7. Püsküren veya Düşük Basınçlı Tank Havuzu Yangını .....	69
Şekil 4.8. Püsküren Tank Altı Yangını .....	70
Şekil 4.9. Tank Bütünselliğini Bozan BLEVE	

Patlaması((Akçagaz Yangını) .....	70
Şekil 4.10. Küre Patlaması Sonucu Çevredeki Basınç Etkisi .....	71
Şekil 4.11. 5000 m <sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	73
Şekil 4.12. 5000 m <sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Isı Yayılım Gücünün Ölüm Tehlikesine Oranı .....	73
Şekil 4.13. 5000 m <sup>3</sup> LPG Tankının Patlaması Etki Mesafesinin Harita Üzerinde Görünümü .....	74
Şekil 4.14. 20.Ton'luk LPG Tankerinin Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	75
Şekil 4.15. 45 kg'lık Tüpün Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	76
Şekil 4.16. 12 Kg Tüpün Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	76
Şekil 4.17. 6500 m <sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	78
Şekil 4.18. 3500 m <sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	78
Şekil 4.19. 650 m <sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi .....	79
Şekil 4.20. Dökülen Amonyagın Zamanın Fonksiyonu Olarak Buharlaşma Hızı .....	81
Şekil 4.21. Dökülen Amonyagın Etki Mesafesi .....	82
Şekil 4.22. Dolum Anında Su Üzerine Dökülen Amonyagın Etki Mesafesi .....	83
Şekil 4.23. Dolum Anında Zemine Akıntı .....	83
Şekil 4.24. Boru Patlaması Halinde Dökülmenin Etkisi .....	84

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya Genelinde Parlayıcı, Patlayıcı ve Zehirleyici Maddelerin Neden Olduğu Endüstriyel Kazalar .....	2
Tablo 2.1. Bazı Hidrokarbonların Kimyasal Özellikleri .....	8
Tablo 2.2. Yanıcı ve Parlayıcı Sıvıların Sınıflandırılması .....	14
Tablo 2.3. Petrol Rezervleri En Yüksek Olan İlk Beş Ülke .....	18
Tablo 2.4. LPG'nin Özellikleri .....	26
Tablo 3.1. Tehlikeli Madde Etiketlenmesinde Kullanılacak İşaretler ve Sembol .....	33
Tablo 3.2. Kırmızı Kodla Gösterilen Parlayıcılık, Yanıcılık Özelliğinin Tehlike Dereceleri .....	36
Tablo 3.3. Sarı Kodla Gösterilen Reaktiflik Özelliğinin Tehlike Dereceleri .....	37
Tablo 3.4. Mavi Kodla Gösterilen Sağlık Özelliğinin Tehlike Dereceleri .....	38
Tablo 3.5. Beyaz Kodla Gösterilen Özel Tehlike İşaretleri .....	39
Tablo 3.6. Akışkanların Taşındığı Borulara Ait İşaretleme Renkleri .....	43
Tablo 3.7. Açıkta Kurulu Yerüstü Tankları İle İlgili Asgari Emniyet Mesafeleri..	46
Tablo 3.8. Yanıcı ve Parlayıcı Sıvıların Depo Binası İçinde Depolanması .....	47
Tablo 3.9. Yeraltı Tankları İle İlgili Asgari Emniyet Mesafeleri .....	47
Tablo 3.10. LPG Tüplerinin Bina Dışında Depolanmasında Asgari Emniyet Uzaklıkları .....	48
Tablo 3.11. Dökme LPG tankları Asgari Emniyet Uzaklıkları .....	49
Tablo 3.12. LPG Depolama Tankları Asgari Emniyet Mesafeleri .....	49
Tablo 3.13. LNG Tanklarına Ait Asgari Mesafeler .....	51
Tablo 4.1. Kazaların İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkileri .....	62
Tablo 4.2. Yangın Sonucu Oluşan Isı ve Etkisi .....	63
Tablo 4.3. Patlama Sonucu Basınç Artışının İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkisi..	64
Tablo 4.4. Çeşitli Tanklara Ait BLEVE Afet Senaryoları .....	72
Tablo 4.5. LPG-Tanker Patlaması Senaryosu Modellemesi .....	74

Tablo 4.6. Benzin Tankı Patlaması Senaryo Sonuçları .....	80
Tablo 4.7. Amonyak Tesisi(İGSAS) İçerisinde Olabilecek Senaryolar .....	81
Tablo 5.1. Patlayıcı Maddeler İçin Mevzuattaki Asgari Emniyet Mesafeleri ile TNO Programıyla Hesaplanan Etki Mesafeleri .....	85
Tablo 5.2. Parlayıcı Maddeler İçin Mevzuattaki Asgari Emniyet Mesafeleri ile TNO Programıyla Hesaplanan Etki Mesafeleri .....	86
Tablo 5.3. Amonyak İle ilgili Hesaplanan Etki Mesafeleri ve Yerleşim Yerine Olan Mesafe .....	87
Tablo 5.4. Etki Alanında Kalan Yerleşim Yerlerine Ait İstatistikî Bilgiler .....	89

## ÖZET

**Anahtar Kelimeler:** endüstriyel kaza, parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde, depolama tesisleri.

1999 yılında yaşanan Marmara Depreminin etkisiyle çıkan Tüpraş yangını ve 2002 yılında meydana gelen Akçagaz LPG tanklarının patlaması, ülkemizde bulunan endüstriyel tesislerdeki parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolanması sırasında oluşacak afetlerin yerleşim yerlerini ne derece etkileyeceğini gündeme getirmiştir.

Türkiye’de sanayinin gelişmesine paralel olarak, şehirlerimizin nüfusu da hızla artmıştır. Hızla artan nüfus çarpık kentleşmeyi de beraberinde getirmiştir. Çarpık kentleşme denince; gecekondular, plansız bir şekilde yapılmış binalar, doğal çevreye zarar veren ve zamanla onu yok eden yapılaşma, sosyal tesislerin ve toplumsal yaşam alanlarının kıtlığı, sanayi bölgelerinin şehirle iç içe girmesi vb. durumlar akla gelir. Çarpık kentleşme; alt yapının yetersiz olması nedeniyle yoğun yağışlarda sel afetlerinin yaşanmasına, itfaiyenin giremediği sokaklar nedeniyle konut yangınlarının büyümesine, kontrol mekanizmasının yetersiz olması nedeniyle kaçak/depreme dayanıksız yapılaşmaya, endüstriyel tesislerle yerleşim yerlerinin iç içe girmesi nedeniyle sanayiden kaynaklı hava kirliliği ve atıksuların bölgede kanser oranını artırmasına ve bunun yanında olabilecek endüstriyel kazalar sonucu büyük afetlerin yaşanmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; endüstriyel tesislerde parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolanması sırasındaki risklerin belirlenerek, olası endüstriyel kaza durumunda tesislerin yakınındaki yerleşim yerlerine olan etkilerini azaltmaktır.

# **DEFINING THE RISKS OF INDUSTRIAL BASED INFLAMMABLE, EXPLOSIVE AND TOXIC MATERIAL STORAGE FACILITIES**

**Keywords:** industrial accident, inflammable, explosive and toxic material, storage facilities.

## **SUMMARY**

In 1999, Tüpraş İzmit Refinery caught fire which was triggered by the Marmara Earthquake and in 2002, Akçagaz Körfez LPG facility explosion took place. These disasters brought a vital question into minds: what will be aftereffects of storing inflammable, explosive and toxic materials near residential areas.

In Turkey, parallel with development of the industry, urban population has increased dramatically and unfortunately, this rapid population growth caused irregular urbanization including slums, unplanned buildings, structures that damage the environment, lack of the social facilities and social network areas, industrial facilities located nearby the city and etc. Irregular urbanization causes floods after heavy rainfall because of insufficient infrastructure, growth of the house fires because of narrow streets, illegal and undurable against a possible earthquake structuring because of loose/inadequate control mechanism and inevitable rise in cancer ratio because of industrial air pollution and waste water produced by industrial facilities near residential areas.

The main goal of this dissertation is to define risks of the industrial based inflammable, explosive and toxic material storage facilities and to reduce the undesired effects of probable industrial accidents towards local residents.



# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Birleşmiş milletlerin kabul ettiği ve en genel tanımıyla “insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan normal yaşamı durdurarak veya kesintiye uğratarak toplumları etkileyen ve yerel imkanlar ile baş edilemeyen her türlü doğal, teknolojik veya insan kaynaklı tüm olaylara” afet denilmektedir. Afet, doğal ve teknolojik olmak üzere iki çeşittir. Doğal afetler; deprem, buzlanma, çamur akıntısı, kuraklık, orman ve çalı yangınları, seller, salgın, vb. gibi sayılabilir. Teknolojik afetler ise; nükleer santral kazaları, kimyasal vb. endüstriyel kazalar, uçak, demiryolu ve gemi kazaları, baraj yıkılması, gibi olaylar bu sınıf içinde yer almaktadır. Teknolojik afetler kendi başına tetiklenebileceği gibi doğal bir afet veya bir insan tarafından da tetiklenebilir[1].

Özellikle 20. yüzyıl başlarından itibaren tehlikeli maddelerin artan üretimi, kullanımı ve depolanması yüzünden büyük endüstriyel kaza olasılığı büyük oranda artmıştır. Dolayısıyla da tüm halkın, çalışan kesimin ve çevrenin korunması gereği doğmuş, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi için sistematik yaklaşım ihtiyacı belirlemiştir. Üç Mil Adası’ndaki ve Çernobil’deki nükleer kazalardan sonra otoriteler nükleer tesislerin güvenli işletilmesi için birçok çalışmalar yürütmüştür. Ancak klasik endüstriye ilişkin risk değerlendirme çalışmalarının hızla başlamasıyla İtalya Seveso’daki büyük endüstriyel kaza dönüm noktası olmuştur[2].

Yaşanan bazı büyük kazalar sonrası, kimyasal maddelerden kaynaklanabilecek risklerin yönetimi konusu, bugün birçok ulusal ve uluslararası örgütün gündemindedir. WHO ve Belçika hükümeti tarafından 1988 yılında kurulan, CRED tarafından yürütülen EM-DAT bilgilerine göre, 1900’lü yılların başından günümüze

dek meydana gelen endüstriyel kazalarda toplam 472.222 kişi hayatını kaybetmiş ve 209.222 kişi yaralanmıştır[3].

Aşağıdaki Tablo:1’de dünya genelinde parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin neden olduğu bazı endüstriyel kazalar verilmiştir.

Tablo 1.1. Dünya Genelinde Parlayıcı, Patlayıcı ve Zehirleyici Maddelerin Neden Olduğu Endüstriyel Kazalar

YIL	OLDUĞU YER	OLAY	HASAR
1966	Feyzin/ FRANSA	LPG patlaması	18 ölü, 90 yaralı
1974	Flixborough /İNGİLTERE	Patlamada sikloheksan açığa çıkması	23 ölü, 104 yaralı, 3000 tahliye
1976	Seveso/İTALYA	Dioksin Sızıntısı	193 yaralı, 730 tahliye
1979	Novosibirsk /RUSYA	Kimya fabrikasında patlama	300 ölü
1980	Tacoa /VENEZÜELLA	Petrol yangını ve patlaması	145 ölü, 1000 tahliye
1984	Sao Poulo/ BREZİLYA	Petrol boru hattında patlama	508 ölü
1984	St.J.Ixhuatepec/ MEKSİKA	Gaz tankı patlaması	452 ölü, 4248 yaralı, 300.000 yaralı
1984	Bhopal / HİNDİSTAN	Pestisit fabrikasından sızıntı siyan gazı	72.500 ölü, binlerce yaralı, 200.000 tahliye
1986	Çernobil /RUSYA	Nükleer Reaktör kazası	725 ölü, 300 yaralı, 90.000 tahliye ve çevre ülkelere yayılma
1987	Houston /ABD	Ethylene + Isobütan patlaması	23 ölü, 130 yaralı
2001	Toulouse	Gübre tesisi patlaması sonucu yüksek oranda amonyum nitrat yayılımı	Geniş alanda etkilenme

İtalya'nın Seveso kasabasında 1976 yılında gerçekleşen ciddi endüstriyel kazayı takiben, endüstriyel donanımlarda kaza önleme üzerine bir direktif olan Seveso Direktifi(82/501/EEC) kabul edilmiştir. Daha sonra Hindistan, Bhopal'de 1984 yılında gerçekleşen iki büyük kaza ve Mexico City'de gerçekleşen gaz patlaması sonucu bu direktifin tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini doğurmuştur. Son olarak yeni ve gözden geçirilmiş II. Direktif(96/82/EEC), 1996 yılında kabul edilmiştir. AB, amonyum nitratla birlikte, patlayıcı ve yanıcı maddelerle ilgili Seveso II yönetmeliğindeki kuralları tekrar gözden geçirmiş ve daha da sertleşmiştir. AB, Enschede, Baia ve Toulouse'daki kazalardan sonra SEVESO II'nin kapsamını genişletmiş ve direktifin son hali olan 2003/105/EEC sayılı direktifi 16 Aralık 2003 tarihinde yayımlamıştır. Seveso II Direktifi adını alan veya diğer bir adıyla COMAH Direktifi, tehlikeli maddeler içeren büyük endüstriyel kazaların önlenmesine yönelik çeşitli kontrol yükümlülükleri getirmiştir[2].

Diğer taraftan dünyanın farklı bölgelerinde yer alan sanayileşmiş veya sanayileşmekte olan ülkelerde meydana gelen endüstriyel kazalar sonucunda ortaya çıkan büyük can, mal kayıpları ve bu kazaların çevre üzerinde olumsuz etkileri nedeniyle 1986 yılı sonlarından itibaren UNEP, özellikle gelişmekte olan ülkelerin hükümetlerine, bu kazaların oluşumunu önleme, acil durumlar ve zararlı etkileri en aza indirme konusunda bir dizi önlem önermiştir. Bu kapsamda sanayi kuruluşları ve risk taşıyan tesislerde can, mal çevre için tehlike yaratabilecek olaylara karşı önlem alma, plan yapabilmeye teknik personele ve karar organlarına yardımcı olabilmek, toplum duyarlılığını geliştirebilmek için BM Çevre Programı kapsamında APELL kitapçığı hazırlamıştır. UNEP çalışmalarının yanı sıra özellikle gelişmiş sanayi ülkelerinde Kimya Sanayi tarafından başlatılan Üçlü Sorumluluk(Responsible Care) uygulamasıyla "İnsan Sağlığı, Teknik Emniyet ve Çevre Koruma" konularında gönüllülük esasına dayalı bir yönetim anlayışı geliştirilmesi yönünde başarılı çalışmalar ve uygulamalar başlatılmıştır.

Türkiye'de toplumsal ekonomik ve çevresel açıdan tehlike oluşturabilecek büyük endüstri kuruluşlarının çoğunluğu, birinci derece deprem kuşağında ve kuruluş öncesinde belirlenmiş olan yasal güvenlik önlemlerine de fazla özen gösterilmeden faaliyete geçmişlerdir. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen 7.4

büyükluğündeki depremin toplum, çevre ve ülke ekonomisine etkileri halen sürmektedir. Depremin etkisiyle Yalova'da Aksa fabrikasında kimyevi madde sızıntısı meydana gelmiştir. Yine Tüpraş tesislerinde başlayan yangın, bölgesel bir felakete yol açabilecek düzeye gelmiş, ancak uluslararası işbirliği ve destek ile denetim altına alınabilmiştir. Yaşanan deprem felaketi, ülkede doğal ve teknolojik afetlerin yönetimi ve kontrolü ile ilgili yapılması gereken eylemlere ivme kazandırmıştır. Bu doğal ve teknolojik afetlerin etkisi ve sayısını azaltmak amacıyla, geçmişte yaşanan kazalardan ve doğal afetlerden alınan derslerden faydalanmak, entegre bir tehlike yönetimi yaklaşımı benimsemek ve acil durum planlamasının daha iyi bir şekilde yapılmasını sağlamak gerekmektedir[4].

Bu tezde alan çalışması olarak Türkiye'de parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolandığı endüstriyel tesislerin yoğun olarak bulunduğu Kocaeli ilinin Körfez ilçesi seçilmiştir. Körfez ilçesinin seçilmesinin en önemli nedenleri; bölgenin birinci derece deprem kuşağında kalması, bölgede bulunan petrol ve petrol ürünleri(LPG, Benzin, nafta, amonyak vs.) depolama tesislerinin kapasitelerinin oldukça yüksek olması ve bu tesisler ile çevresinde konuşlanan yerleşim yerlerinin birbirlerine oldukça yakın mesafede olması, etkili olmuştur. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Marmara Depreminin etkisiyle çıkan Tüpraş yangını, depremin yıkıcı etkisi nedeniyle yangına müdahaleyi etkilemiş ve yangın bölgeyi ciddi derecede risk altına sokmuştur. Yetkililer, bölgede enkaz altından yaralı kurtarmaya çalışan gönüllü kurtarma ekiplerini ve bölge halkını; yangının etkisini artırmasıyla bölgeden uzaklaştırmış, dolayısı ile kurtarma çalışmalarında gecikme yaşanmış, bu durum da ölü sayısının artmasına neden olmuştur. Bu tezin amacı; parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolandığı endüstriyel tesislerdeki riskleri belirleyerek, olası afetlerde oluşabilecek insan kaybını ve çevreye olan etkilerini en aza indirmektir.

## **1.2. Yöntembilim ve Kapsam**

Bu çalışmada; öncelikli olarak kaynak taraması yapılmış, ülkemizde ve yurt dışındaki yayınlar araştırılmıştır. Mevcut verilerin toplanmasında aşağıdaki kaynaklardan yararlanılmıştır.

- Kimya kitapları
- API ve NFPA standartları
- EN ve TSE standartları
- Tez konusunda yayımlanmış tez, makale, seminer ve konferans notları
- Türk Çevre Mevzuatı
- APELL el kitapçığı
- Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliği
- Deprem & Afet konusunda yayınlar
- Üretici firmalara ait MSDS belgeleri
- ÇED Yönetmeliği
- İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik
- Yangın Mühendisliği konusunda danışmanlık yapan firmalara ait internet yayınları, incelenmiştir.

Ayrıca alan çalışmasında, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ile Amsterdam Belediyesinin kardeş belediyeçilik anlaşması gereği, Logoeast kapsamında Körfez bölgesinde yapılan risk belirleme projesinde kullanılan Hollanda menşeli bilgisayar simülasyon programı(TNO Effects) yardımı ile parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin kaza senaryosu ile çevreye olan etkileri hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde; parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeler hakkında genel bilgiler verilerek, bu maddelerin kimyasal özellikleri, sınıflandırılması, endüstride en sık kullanılanların nasıl elde edildikleri ve sağlığa etkilerinden bahsedilecektir.

Üçüncü bölümünde; parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolama ve taşıma sırasında alınacak önlemler ve ilgili standartlar ile depolama tesislerinin dünyada hangi normlara göre kurulduğu, ülkemizde hangi standartlara göre dizayn edildiği ve asgari emniyet mesafelerinin nasıl belirlendiğinden söz edilecektir.

Dördüncü bölümde ise; alan çalışması olarak belirlenen Kocaeli-Körfez ilçesinde bulunan endüstriyel tesisler hakkında genel bilgi verilecek, bu tesislerle ilgili risk

modellemesi yapılacak, çevresinde konuşlanan yerleşim yerlerinin tesislere ne kadar yakın olduğu, tesislerin içinden geçen demiryolu hattının bölgeyi sabotaja açık savunmasız bıraktığı göz önüne alınarak, afet senaryoları yapılacak ve tesislerin çevresindeki yerleşim yerlerine olan etkileri; yangın mühendisliğinde kullanılan matematiksel formüllerle ve Amsterdam itfaiyesinin kullandığı bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplamalar yapılacaktır.

Son olarak beşinci bölümde; Kocaeli-Körfez ilçesinde yapılan çalışmanın sonucunda endüstriyel tesislerde parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolamasının yapıldığı tesislerin; mevcut mevzuat gereği bırakılan asgari emniyet mesafelerinin yeterli olmadığı, olası kaza/afet durumlarında çevredeki yerleşim yerlerinin yoğun bir şekilde etkilenebileceği görüldüğünden, bölge için neler yapılması gerektiği, bu tür tesislerin ilk kurulumu aşamasında Çevresel Etki Değerlendirmesi(ÇED), Yer Seçimi ve Tesis Kurma İzni, inşaat ruhsatı ve Gayri Sıhhi Müessese(GSM) Ruhsatı aşamalarında yetkililerce nelere dikkat edilmesi gerektiği belirtilecektir.

## **BÖLÜM 2. PARLAYICI, PATLAYICI VE ZEHİRLEYİCİ MADDELER, SINIFLANDIRILMASI VE EN SIK KULLANILANLARI**

Bu bölümde parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeler hakkında genel bilgiler verilerek, bu maddelerin kimyasal özellikleri, sınıflandırılması, endüstride en sık kullanılanların nasıl elde edildikleri, kullanım alanları ve sağlığa etkilerinden bahsedilecektir.

### **2.1. Parlayıcı Maddelerin Kimyasal Özellikleri**

#### **2.1.1. Hidrokarbon**

Sadece karbon ve hidrojen  $C_xH_y$  atomlarından oluşan kimyasal bileşiklerin genel adına Hidrokarbon denilmektedir. Örneğin metan ( $CH_4$ ) bir karbon ve dört hidrojen atomundan oluşan bir hidrokarbondur. Hidro karbonlar yapılarına bağlı olarak alifatik, aromatik ve alisiklik bileşikler olarak gruplandırılır. Alifatik ve alisiklik bileşiklerde doymuş ve doymamış olarak sınıflandırılır[5].

##### **2.1.1.1. Doymuş alifatik hidrokarbonlar**

Doymuş hidrokarbon, mümkün olan en çok hidrojen ihtiva eder ve karbonlar birbirlerine bir elektron çiftinin meydana getirdiği tek elektron bağı ile bağlıdırlar. Bunlara alkanlar veya parafinler de denir. Genel formülü  $C_nH_{2n+2}$ 'dir (n: karbon sayısı). Karbon sayısının Latincesinin sonuna (AN) eki getirilerek adlandırılır. Bileşikler birbirine yakın benzerlikler gösterir. Karbon sayısı birden ona kadar olan alkanlar; metan, etan, propan, bütan, pentan, heksan, heptan, oktan, nonan ve dekan şeklinde adlandırılır.

### 2.1.1.2. Doymamış hidrokarbonlar

Karbonlar birbirlerine çift veya üç bağ ile bağlanmışlardır. Alifatik hidrokarbonlar, hidrojen atomlarının bağlı olduğu düz veya dallanmış karbon zincirlerinden meydana gelmiştir.

**Alkenler:** Bu sınıfa olefinler sınıfı da denir. Bu sınıfta hiç olmazsa iki karbon arasında çift bağ vardır. Karbon sayısının Latincesinin sonuna EN ve İLEN eki getirilerek adlandırılır. Alkenler oldukça aktiftir. Doymamış karbonlara hidrojen, halojen ve diğer bazı bileşikler katılır. Genel formülleri  $C_nH_{2n}$ 'dir.

**Alkinler:** Doymamış diğer hidrokarbon grubudur. Karbonlardan bir çiftinin arasında üç bağ vardır. Karbon sayısının Latincesinin sonuna İN eki getirilerek adlandırılır. Genel formülü  $C_nH_{2n-2}$ 'dir.

**Aromatik hidrokarbonlar:** Bir veya daha çok benzen halkası ihtiva ederler. Benzen halkasının yapısı çok çeşitli şekilde gösterilmiştir. Birinci formül açık formül olup bağlanma şekillerini, karbon ve hidrojen sayılarını göstermektedir. 2 ve 3 numaralı formüller ise basitleştirilmiş benzen formülüdür. Benzen halkasına çeşitli grupların girdirilmesi ile çeşitli bileşikler elde edilir. Genel formülü  $C_nH_{2n-6}$  dır.

Aşağıdaki Tablo 2.1.'de bazı hidrokarbonların kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Bazı Hidrokarbonların Kimyasal Özellikleri

İsim	Moleküler Formülü	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Parlama Noktası (°C)	Parlama Sınırları %
Metan	CH <sub>4</sub>	-182,5	-161,5	-188	5-15
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-188	-42,1	-104	1,8-9,5
Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-138	-0,5	-105	1,8-9,5
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-130	36,1	-40	1,4-7,8
Nonan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	-54	150,8	31	0,7-5,6
Asetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-	-75	-	2,2-85
Aseton	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-95,4	56,2	<-20	2,6-13



## 2.2. Parlama Noktasının Belirlenmesi

### 2.2.1. Parlama noktası

Yanıcı ve parlayıcı madde buharlarının, yanmanın başlaması için hava ile oluşturduğu yeterli karışımın, yanma için gerekli eşik değere ulaştığı sıcaklık derecesine Parlama Noktası denir.

Parlama noktası, Cleveland açık kap metodu ve Pensky-Martens kapalı kap metodu olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak belirlenebilmektedir. Cleveland açık kap metodu 79 °C altında olan kimyasallar için uygulanmaz. Düşük alevlenme noktaları Pensky Martens kapalı kap metodu ile belirlenir.

Avrupa normunda ‘Determination of flash and fire points -- Cleveland open cup method(EN ISO 2592)’ ülkemizde ‘TS EN ISO Petrol Ürünleri ve Yağlayıcılar-Parlama ve Yanma Noktası Tayini’ olarak, Determination of flash point - Pensky-Martens closed cup method (ISO 2719:2002) ise TS EN ISO 2719 “Petrol Ürünleri ve Yağlayıcılar-Parlama Noktası Tayini-Pensky Martens Kapalı Kap Metodu” adıyla yayımlanarak standartlaştırılmıştır.

#### 2.2.1.1. Pensky-Martens kapalı kap metodu çalışma prensibi

Test numunesi, Şekil 2.1’de görülen Pensky-Martens test kabına yerleştirilir Test kabına doğru düzenli bir sıcaklıkta uzanan ateşleme kaynağı, sürekli olarak kesikli bir ateşleme meydana getirir. Ateşleme düzeneğinin oluşturduğu test numunesi buharının ortam basıncı altında alevlenerek sıvının tüm yüzeyine nüfuz ettiği andaki en düşük sıcaklık değeri "parlama noktası" olarak kaydedilir. Bu sıcaklık noktası, standart atmosfer basıncına göre bir eşitlik yardımı ile düzeltilir.

Gözlemlenen Parlama Noktasının Standart Atmosfer Basıncına Göre Düzeltilmesi;

101,3 kPa standart atmosferik basınca göre hesaplanan, Tc değeri aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulunur.

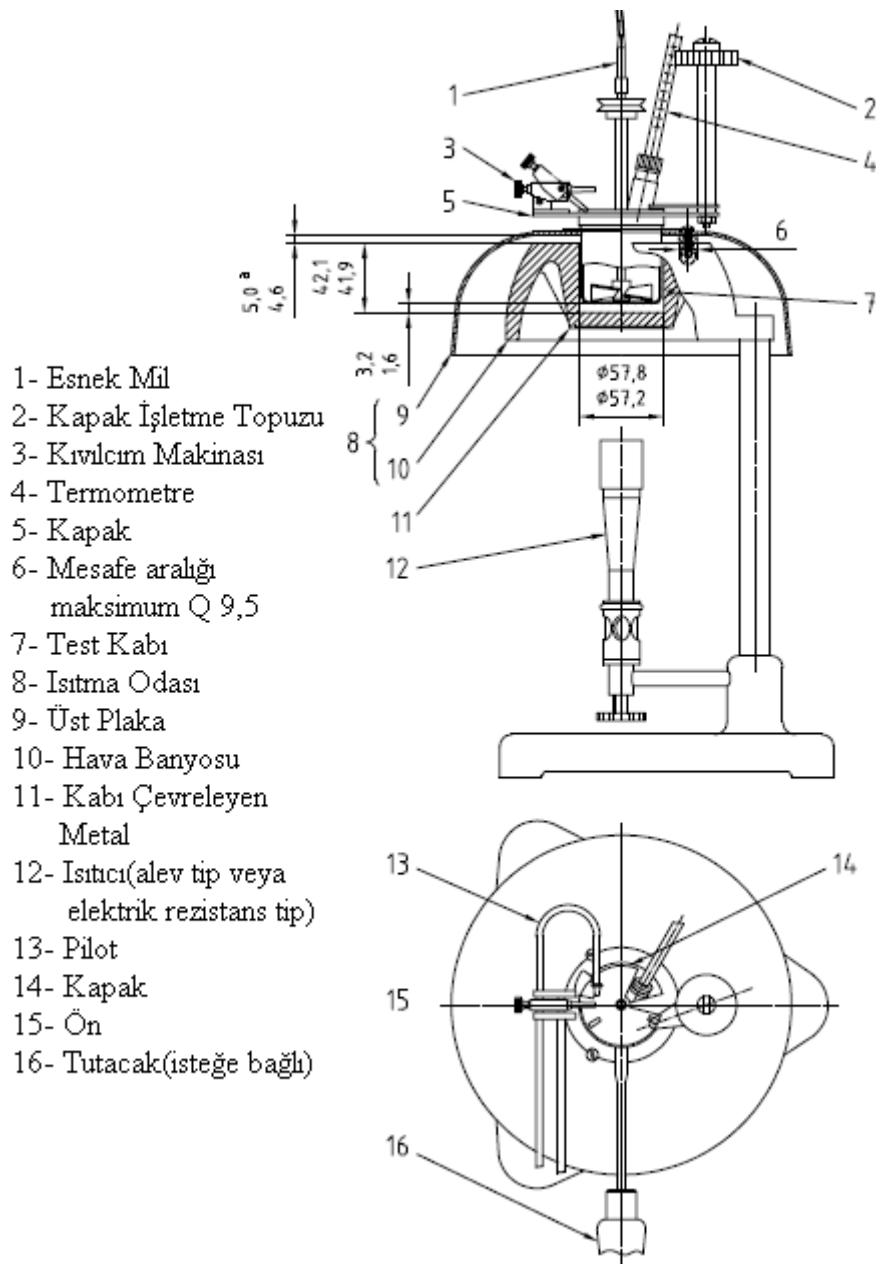
$$T_c = T_o + 0,25(101,3 - p) \quad (2.1)$$

Denklem (2.1)'de;

To: Ortamın mevcut barometrik basıncı altında hesaplanan parlama noktası (°C)

p: Ortamın barometrik basıncı (kPa)

Bu eşitlik tam olarak 98.0 ile 104.7 kPa basınç değeri aralığında düzeltilir[6].



Şekil 2.1. Pensky-Martens Kapalı Kap Metodu Deneş Düzenegi

### 2.2.2. Alt patlama sınırı(LEL)

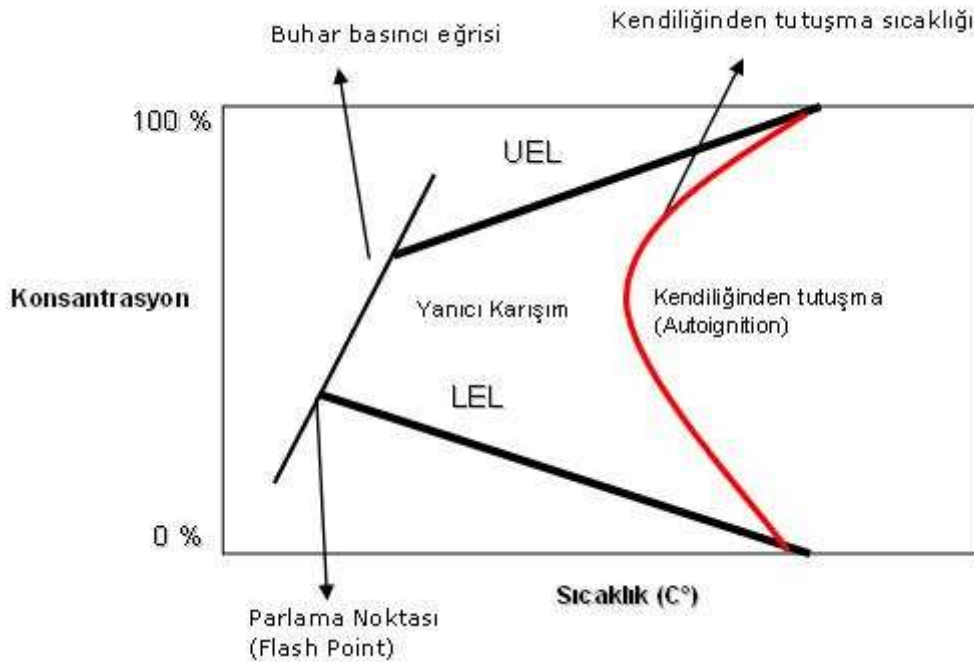
Yanıcı bir maddenin, parlamanın oluşması için hava içinde olması gereken minimum oranını ifade eder.

### 2.2.3. Üst patlama sınırı(UEL)

Yanıcı bir maddenin hava içinde yanmasını sürdürebileceği en üst sınırı tanımlamaktadır. Ortamdaki parlayıcı gaz oranı bu değeri aştığında yanma veya patlama oluşmaktadır.

### 2.2.4. Tutuşma sıcaklığı

Yeterli orandaki yakıt ve hava karışımının yanması veya patlaması için gerekli olan en küçük sıcaklık değeridir. Normal koşullarda, hiçbir ateş kaynağı olmadan, yanma bu değerlerde kendiliğinden başlar. Her yakıt ve karışım oranlarına göre değişiklik gösteren bir değerdir.



Şekil 2.2. LEL, UEL, Parlama Noktası Gibi Değerlerin Konsantrasyon ve Sıcaklık İle Değişimini

Yukarıdaki Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi LEL ve UEL değerleri arasındaki yanıcı karışım, artan buhar basıncının LEL değeri ile kesiştiği noktada, herhangi bir ateş kaynağı ile temas ettiğinde parlayacak noktadadır. Bu nokta parlama noktasıdır. LEL değerinin altında yeterli miktarda yanıcı karışım olmadığından yangın ve patlama oluşmamaktadır. Buharlaşıma arttıkça buhar basıncı da artacak, yanıcı karışımın hava içindeki oranı UEL değerine ulaşacaktır. Bu noktayı geçtiği an yanıcı karışım herhangi bir alev kaynağıyla buluşsa dahi tutuşmayacaktır[7].

### **2.3. Patlama**

Kararlı olmayan katı, sıvı ve gaz maddelerin sürtme, darbe, titreşim ısı ve ışık etkisi altında, fiziksel genleşme veya kimyasal tepkime sonucu, aniden genleşme ve sıcaklık artışı meydana getirmelerine Patlama denir. Patlama kimyasal bir reaksiyondur ve aniden ortaya çıkar. Üç çeşit patlama vardır.

#### **2.3.1. BLEVE patlaması**

Basınç altında sıvılaştırılmış gazlarda meydana gelen bir patlamadır. LPG gibi, basınçlı tanklarda depolanan parlayıcı maddeler, herhangi bir nedenle meydana gelen ani sıcaklık artışında kabın ısınması sonucu buharlaşır. Buharlaşan sıvı kap çeperlerine basınç uygular, ısı etkisi ile yumuşayan kabın dayanımı azalır ve artan iç basınç kabın aniden yırtılarak infilak etmesine neden olur. Patlama sonucu, tank parçaları çok uzaklara fırlayabilir. Örnek; LPG tanklarının patlaması.

#### **2.3.2. UVCE patlaması**

UVCE, atmosferde yanıcılık sınırları içindeki gaz bulutunun bir enerji ile karşılaşması sonucu oluşan ani yanma veya patlama ile sonuçlanan olaydır. Bu durumda gazlar ve buharlar sınırlandırılmaz ve enerjinin çoğu ısı olarak açığa çıkar. Örnek olarak, belli bir alanda birikmiş olan gazın ateş kaynağı ile teması sonucu aniden patlaması (evde gaz kaçağı sonrası gaz bulutunun patlaması vs.). UVCE de BLEVE gibi şiddetli ve tehlikeli bir patlama türüdür.

### **2.3.3. Toz patlaması**

Toz patlaması, gaz patlamalarından çok daha şiddetli etkilere sahip bir patlama türüdür. Hava ile patlamaya yetecek oranda karışım oluşturan tozun bu sırada herhangi bir ateş kaynağı ile temas kurması sonucu aniden alev alması ile patlama meydana gelir. Toz patlamaları, gaz patlamalarına oranla çok daha şiddetli olmaktadır. Bunun sebebi, patlama sonrasında çevredeki diğer tozların da reaksiyona girmesi ve zincir reaksiyon oluşmasıdır. İlk patlama sonrasında, patlama ortamına sürekli yeni tozlar (yanıcı madde) girmektedir. Halbuki gaz patlamalarında, patlama sonrasında gaz kaynağı kesilirse, patlama ve yangın ortamdaki gaz bitene kadar sürecek ve bir süre sonra da tamamen bitecektir[7].

## **2.4. Parlama Noktasına Göre Sıvı Maddelerin Sınıflandırılması**

### **2.4.1. Yanıcı sıvılar**

Parlama noktası 37,8°C ve daha yüksek olan sıvılardır. Yanıcı sıvılar üç grupta sınıflandırılırlar.

#### **2.4.1.1. Sınıf II sıvılar**

Parlama noktası 37,8°C ve daha yüksek, 60°C'dan düşük olan sıvılardır.

#### **2.4.1.2. Sınıf IIIA sıvılar**

Parlama noktası 60°C ve daha yüksek, 93°C'dan düşük olan sıvılardır.

#### **2.4.1.3 Sınıf IIIB sıvılar**

Parlama noktası 93°C ve daha yüksek olan sıvılardır.

## 2.4.2. Parlayıcı sıvılar

Parlama noktası 37,8°C'un altında olan sıvılardır. Parlayıcı sıvılar üç grupta sınıflandırılırlar.

### 2.4.2.1. Sınıf I sıvılar

Parlama noktası 37,8 °C'un altında olan ve 37,8 °C'daki Reid buhar basıncı 276 kPa'ı (2069 mm cıva) aşmayan sıvılar. Sınıf I sıvılar aşağıdaki alt sınıflara ayrılır.

**Sınıf IA sıvılar:** Parlama noktası 22,8°C'dan ve kaynama noktası 37,8°C'dan düşük olan sıvılardır.

Tablo 2.2. Yanıcı ve Parlayıcı Sıvıların Sınıflandırılması[8].

Sıvı	Parlama noktası	Sınıf	Kaynama noktası	Havada asgari tutuşma sıcaklığı
	°C		°C	°C
Antifriz	110	IIIB	149	-
Fren sıvısı	149	IIIB	282	-
Şase gresi	204	IIIB	> 427	> 427
Motorin (dizel yakıt)	≥ 55	II	-	-
Biyodizel	> 93	IIIB	180 ilâ 340	-
Biyoyakıt (% 85 etanollü benzin)	< 13	IB		Yak. 450
Benzin	-40 ilâ -46	IB	38 ilâ 204	Yak. 441
Dişli yağı	202	IIIB	> 427	> 427
Gaz yağı	≥ 38	II	151 ilâ 301	227
Lityum-moli gres	193	IIIB	> 427	> 482
Yağlama yağları	149 ilâ 232	IIIB	-	-
Hidrolik direksiyon sıvısı	177	IIIB	> 288	-
Beyaz gres	241	IIIB	> 427	> 427
% 100 metanol	12	IB	64	385
% 50 metanol / % 50 su	27	IB	-	-
% 20 metanol / % 80 su	48	II	-	-
% 5 metanol / % 95 su	97	IIIB	-	-

### 2.2.1.2 Sınıf IB sıvılar

Parlama noktası 22,8°C'dan düşük, kaynama noktası 37,8°C ve daha yüksek olan sıvılardır.

### 2.2.1.3 Sınıf IC sıvılar

Parlama noktası 22,8°C ve daha yüksek, ancak 37,8 °C'dan düşük olan sıvılardır[8].

## 2.4. Tehlikeli Kimyasalların Sınıflandırılması

Ülkemizde tehlikeli kimyasalların tanımının yapıldığı 2 yönetmelik mevcuttur. Bunlar Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği ile Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmeliğidir. Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği' ne göre kimyasal madde sınıfları:

1. Patlayıcı Madde
2. Oksitleyici Madde
3. Çok Toksik Madde
4. Toksik Madde
5. Aşındırıcı Madde
6. Zararlı Madde
7. Tahriş Edici Madde
8. Alerjik Madde
9. Kanserojen Madde
10. Mutajen Madde
11. Üreme İçin Toksik Madde
12. Alevlenir Madde
13. Kolay Alevlenir Madde
14. Çok Kolay Alevlenir Madde, olarak ayrılmıştır[9].

Bu maddelerden patlayıcı, alevlenir, kolay alevlenir ve çok kolay alevlenir maddeler yangın açısından risk oluşturan kimyasallar olup, diğer kimyasallar ise çalışan

işçilerin sağlığını olumsuz etkileyen tehlikeli kimyasallardır. Bu çalışmada, yangın açısından risk oluşturan kimyasallar ile zehirli kimyasallardan bahsedilecektir.

### **2.5.1. Patlayıcı madde**

Ani gaz yayılımı ile ekzotermik reaksiyon verebilen ve/veya kısmen kapatıldığında ısınma ile kendiliğinden patlayan, çabucak parlayan, katı, sıvı, jelatinimsi haldeki maddelerdir[9].

### **2.5.2. Çok kolay alevlenir maddeler**

Parlama noktası 0 °C' den, kaynama noktası 35 °C' den düşük sıvı haldeki maddeler ile oda sıcaklığı ve basıncı altında hava ile temasında yanabilen gaz haldeki maddelerdir[9].

### **2.5.3. Kolay alevlenir maddeler**

- Parlama noktası 21 °C' den düşük olan sıvı haldeki,
- Ateş kaynağı ile kısa süreli temasta kendiliğinden yanabilen ve ateş kaynağının uzaklaştırılmasından sonra da yanmaya devam eden katı haldeki,
- Enerji uygulaması olmadan, ortam sıcaklığında hava ile temasında ısınabilen ve sonuç olarak alevlenen,
- Su veya nemli hava ile temasında, tehlikeli miktarda, çok kolay alevlenir gaz yayan maddelerdir[9].

### **2.5.4. Alevlenir madde**

Parlama noktası 21°C - 55 °C arasında olan sıvı haldeki maddelerdir.

### **2.5.5. Çok toksik madde**

Çok az miktarlarda solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deri yoluyla emildiğinde insan sağlığı üzerinde akut veya kronik hasarlara veya ölüme neden olan maddelerdir.



### **2.5.6. Toksik madde**

Az miktarlarda solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deri yoluyla emildiğinde insan sağlığı üzerinde akut veya kronik hasarlara veya ölüme neden olan maddelerdir.

### **2.5.7. Zararlı madde**

Solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deri yoluyla emildiğinde insan sağlığı üzerinde akut veya kronik hasarlara veya ölüme neden olan maddelerdir[9].

## **2.6. Endüstride En Sık Kullanılan Parlayıcı, Patlayıcı ve Zehirleyici Maddeler**

### **2.6.1. Petrol**

Uzun jeolojik süreçlerde karmaşık fiziksel ve kimyasal işlevler sonucunda oluşan kompleks bir hidrokarbon karışımıdır. Ham petrol içerisinde %80-85 oranında karbon, %10-20 oranında hidrojen ve %1-10 oranında diğer maddeler (kükürt, azot vb.) bulunmaktadır. Petrolün rengi yansıyan ışıkta yeşilimsi, içinden geçen (kırılan) ışıkta ise açık sarı, kırmızı ve bazen de siyahtır. Özgül ağırlık arttıkça renk de koyulaşır. Petrol ultraviyole ışık altında sarı-yeşil-mavi renklerde flüoresans gösterir. Bu özellik eser miktardaki petrolün kolayca belirlenmesini sağlar. Hafif hidrokarbonlu petroller hoş kokulu; doymamış hidrokarbon, kükürt ve nitrojen içeren petroller ise kötü kokuludur.

Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarına, ispatlanmış rezervleri ve yıllık üretim miktarları açısından bakıldığında, rezerv ömrünün; petrol için 42 yıl olacağı tahmin edilmektedir. Tüm dünyada en temel enerji kaynağı durumunda olan petrol, 2007 yılı itibariyle global enerji ihtiyacının %35,6'sını karşılamaktadır. Petrol rezervinin 100 milyar tonu (%62) Orta Doğu Ülkelerinde, 16,7 milyar tonu (%10) Rusya ve BDT ülkelerinde, 14,9 milyar tonu Afrika'da (%9) bulunmaktadır[10].

Tablo 2.3. Petrol Rezervleri En Yüksek Olan İlk Beş Ülke(1 varil=159 litre)[11]

Ülke	Kanıtlanmış Rezerv (10 <sup>9</sup> varil)	R/P Oranı
Suudi Arabistan	262,7	67,8
İran	132,5	88,7
Irak	115,0	>100
Kuveyt	99,0	>100
Birleşik Arap Emirlikleri	97,8	>100

Yerli kaynak potansiyelimiz 6,72 milyar varıldır. 2008 Ağustos ayı itibariyle Türkiye petrol rezervleri 37,3 milyon ton, 2007 tüketimi 31 milyon ton, ülkemizde petrol arama faaliyetlerinin başladığı tarihten 2008 yılı Eylül ayı sonuna kadar ham petrol üretimi ise 130,1 milyon tondur. Ülkemizde 2008 yılı sonu itibariyle petrol ve petrol ürünlerine dayalı termik santrallerimizin kurulu gücü 1.973 MW olup bu değer toplam kurulu gücümüzün %4,8 ini karşılamaktadır[10].

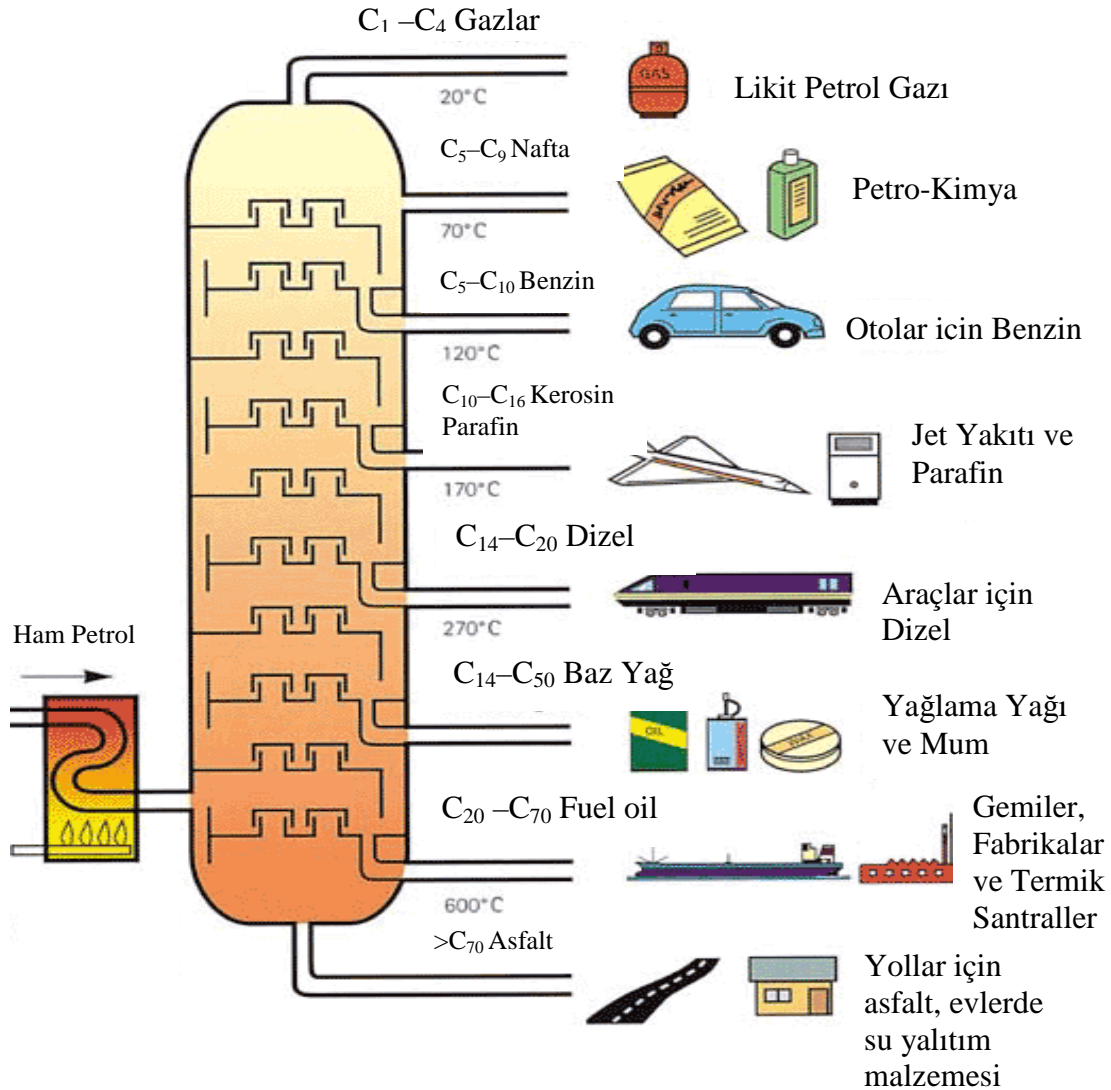
#### 2.6.1.1. Petrolün kimyasal yapısı

Petrol bir hidrokarbon bileşimidir. Petrol bileşiminde dört grup hidrokarbon bulunmaktadır. Bunlar Parafin veya metan serisi, Olefin (Naften) serisi, Aromat (Aromatikler) serisi ve Asetilen serisidir. Parafinler; 5 karbona kadar olanlar gaz(doğalgaz), 5-17 karbonlu olanlar sıvı (benzin, gazyağı, mazot), 17-22 Karbonlu olanlar yarı katı(makina yağları, jölemsi petrol ürünleri), 23 ve daha fazla Karbonlu olanlar katı(parafin, asfalt, zift) halde bulunurlar. Olefinler; doymamış hidrokarbon oldukları için kolayca kimyasal reaksiyonlara girerler, bu nedenle de petrol içerisinde seyrek bulunurlar. Aromatlar; çok ağır kokuları vardır. Bazen renksiz ve uçucu sıvı halinde bulunurlar. Asetilenler; doğada az bulunurlar. Petrol içerisinde sadece yüksek karbonlu olanları bulunur[12].

### 2.6.1.2. Petrolün damıtılması

İlk rafineri (Batch sistemi ile çalışan) gazyağı üretimi amacı ile 1860 yılında ABD’de kurulmuştur. Günümüzdeki modern rafinerilerden aşağıdaki ürünler elde edilmekte ve Şekil 2.3.’te ham petrolün damıtılmasıyla çıkan ürünler ve kullanım alanları gösterilmektedir.

- Gaz Ürünler : Propan ve Bütan (LPG)
- Beyaz Ürünler : Benzin, Nafta, Jet yakıtı, Gazyağı, Motorin, Madeniyağ, Solventler
- Katı ve Siyah Ürünler : Parafin Wax, Hafif-orta-ağır fuel oil, Asfalt, Kok, Kükürt



Şekil 2.3. Ham Petrolün Damıtılmasıyla Çıkan Ürünler ve Kullanım Alanları

Dünyamızın enerji kaynağının önemli bir miktarının karşılandığı petrolün rafinerilerde arıtılması ve işlenmesi sonucunda, ortalama olarak %43 benzin, %18 fuel oil ve motorin, %11 LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı, propan veya propan-bütan karışımı), %9 jet yakıtı, %5 asfalt ve %14 diğer ürünler elde edilmektedir[13].

### 2.6.2. Doğalgaz

Metan( $CH_4$ ), etan( $C_2H_6$ ), propan( $C_3H_8$ ) gibi hafif moleküler ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan bir karışımdır. Yeraltında yalnız başına veya petrol ile birlikte bulunabilir. Petrol gibi doğal gaz da kayaçların mikroskobik gözeneklerinde bulunur ve kayaç içerisinde akarak üretim kuyularına ulaşır. Doğal gaz, yüzeyde ayrıştırılarak içerisinde bulunan ağır hidrokarbonlar (bütan, pentan... vb) uzaklaştırılır. Doğal gaz renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir gazdır. Teneffüs edilmesi durumunda öldürücü etkisi yoktur. Sadece bir ortamda biriktiği zaman oksijen noksanlığı nedeniyle boğma etkisi vardır. Kokusu olmadığından kullanılmadan önce koku verici maddeler (merkaptanlar) ilave edilir.

Dünya doğalgaz rezervlerinin 73 trilyon metreküpü(%41) Orta Doğu ülkelerinde,59 trilyon metreküpü (%33) Rusya ve BDT ülkelerinde, 28 trilyon metreküpü (%16) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır. Doğalgazda yerli potansiyelimiz 21,86 milyar  $m^3$ tür.

Doğal gaz şehir içi evsel ve ticari olarak ilk kez 1988'de Ankara'da kullanıldı. 1992 yılında İstanbul'da, Bursa'da, Eskişehir'de, İzmit'te doğal gaz pazarı konut ve sanayi kullanımı olarak genişledi. Bugün ise doğal gaz kullanımı tüm Türkiye'de yaygın hâle gelmeye başlamıştır. 2008 yılı sonunda doğalgaz tüketimi bir önceki yıla göre %5,5 oranında artmıştır [10].

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi ülkemizde doğal gaz kullanımı hayli yaygınlaşmış, 63 ilimizde doğal gaz kullanılmaya başlanmış olup, 4 ilimizde boru hattı inşaatının devam ettiği, 5 ilimizde boru hattı yapımının ihale aşamasında olduğu ve 9 ilimiz için ise planlanma aşamasında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.4. Türkiye Deki Mevcut ve Yapımı Planlanan Doğal Gaz Boru Hatları [14]

### 2.6.2.1. Doğalgazın yakıt özellikleri

- Hava ile %5 ile % 15 arasındaki oranlarda karışırsa patlayıcıdır.
- Havadan hafiftir. Kapalı ortamlarda üst kısımlarda toplanır, havalandırma bacaları tavana yakın veya tavanda yapılmalıdır.
- Kuru bir gazdır içerisinde  $H_2O$  bulunmaz.
- Bünyesinde kükürtlü bileşikler bulunmadığından temiz bir gazdır.
- Yakıtın yanması sonucu uçucu kül ve partikül oluşmadığından kazan borularında ısı transferini engelleyici kurum oluşmaz.
- Yanması tam ve temizdir. Hava fazlalık kat sayısı uygun tutulursa CO oluşmaz. Yanmanın kontrolü gaz yakıt olduğundan daha kolaydır.
- Yanma için ön hazırlık ve depo gerekmez.
- Yatırım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Isıl değeri yüksektir.
- Yanma esnasında gerekli hava miktarı oldukça azdır.

### 2.6.2.2. Doğalgazın kullanım alanları

Fosil yakıtlar içerisinde çevreyi en az kirleten yakıt olması, kömür, elektrik, fuel oil ve LPG'ye göre maliyeti daha düşük olması ve enerji verimliliğinin yüksek olması nedeniyle kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır. Doğalgaz;

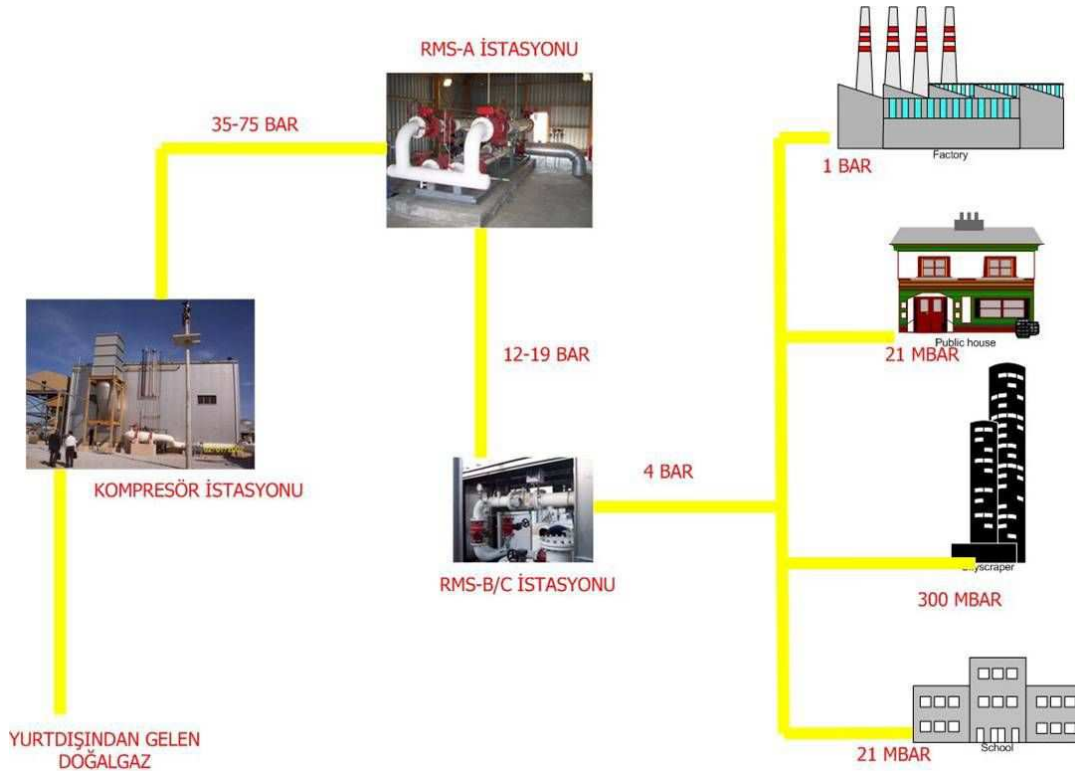
- **Konutlarda;** sıcak su, pişirme ve ısınma ihtiyaçları için,
- **Elektrik üretiminde,** termik santrallerde yakıt olarak,
- **Endüstride;** sıcak su, buhar üretimi, kurutma ve ısı işlemler gibi birçok proseste,
- **Soğutma sistemlerinde;** elektriğin doğal gaza nazaran maliyetinin giderek artması nedeniyle soğutma sistemlerinde,
- **Kimya sanayinde;** doğalgazın bünyesinde bulunan hidrokarbonlar(düşük Karbon ve yüksek Hidrojen oranı) nedeniyle, amonyak, metanol, hidrojen ve perokimya ürünlerin sentezinde, mürekkep, zambak, sentetik lastik, fotoğraf filmi, plastik, gübre vb. maddelerin üretiminde ham madde olarak,
- **Otobüslerde;** doğal gazın benzin ve dizele göre daha ucuz ve daha temiz yakıt olması nedeniyle toplu taşıma araçlarında Sıkıştırılmış Doğal Gaz(CNG) olarak, kullanılmaktadır.

### 2.6.2.3. Doğalgazın taşıma yöntemleri

Doğalgaz genel olarak üç şekilde taşınmaktadır. En verimli ve ucuz taşıma yöntemi boru hatları ile yapılmaktadır. Ancak doğal gazın deniz aşırı ülkelerden nakledilmesi ve doğal gazın henüz ulaşmadığı yerlerde kullanımını sağlamak için sıvılaştırılmış veya sıkıştırılmış olarak da taşınmaktadır. Ülkemize doğal gaz; Rusya, Azerbaycan, Türkmenistan ve İran'dan boru hattı ile Nijerya, Cezayir, Mısır'dan sıvılaştırılmış olarak deniz yoluyla gelmektedir.

**Doğalgazın boru hatları ile taşınması:** Doğalgaz kentler arasında çelik borularda yüksek basınçla (40–70 bar) taşınır. Şehir yakınındaki ana basınç düşürme istasyonlarında 14–19 bara düşürülür. Bu basınç şehir içerisinde belirli merkezlerde 4 bar'a indirilir. 4 bar basınçtaki doğal gaz, (PE) polietilen borularla mahalle aralarına ve konut girişlerindeki (RS) regülatör istasyonlarına gelerek basınç 21 mbar'a veya

büyük tüketim noktalarında 300 mbar'a düşürülür. Bu tesisatlar şehir içi dağıtım ihalesini alan firma tarafından yapılır. Doğal gaz buradan bina içerisinde çelik borularla yakma cihazlarına getirilerek kullanılır. Bina iç tesisatı dağıtım yapan gaz firmasının yetki verdiği firmalar tarafından projelendirilir ve yapılır[13].



Şekil 2.5. Doğal Gazın Boru Hatları İle Taşınması[13]

**Sıvılaştırılmış doğal gaz(LNG) olarak taşınması:** Doğal gazın deniz aşırı ülkelerden nakledilmesi ve doğal gazın henüz ulaşmadığı yerlerde, doğal gaz kullanımına imkan sağlamak için, doğal gazın atmosferik basınçta yaklaşık olarak  $-162^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulması ile elde edilen, sıvı fazda bir yakıttır. Sıvı fazda taşınır ve depolanır, gaz fazında ise tüketime sunulmaktadır. Doğal gazın sıvılaştırılması aşamasında, doğal gazın bünyesinde bulunan ağır hidrokarbonlardan arındırılması, LNG'nin doğal gaza kıyasla daha temiz ve daha yüksek enerji değerine sahip olmasını sağlamaktadır. Yüksek miktarda doğal gaz düşük basınç altında depolanabilmekte ve taşınabilmektedir. Bir birim hacim LNG buharlaştırıldığında yaklaşık olarak 600 birim hacim doğal gaz elde edilir. LNG doğal haliyle kokusuz, renksiz, korozif olmayan ve zehirleyici bir özelliği bulunmayan bir sıvıdır.

Buharlaştırıldıktan sonra kolayca fark edilmesi için içerisine kokulandırıcılar eklenerek kullanıma sunulur[15].

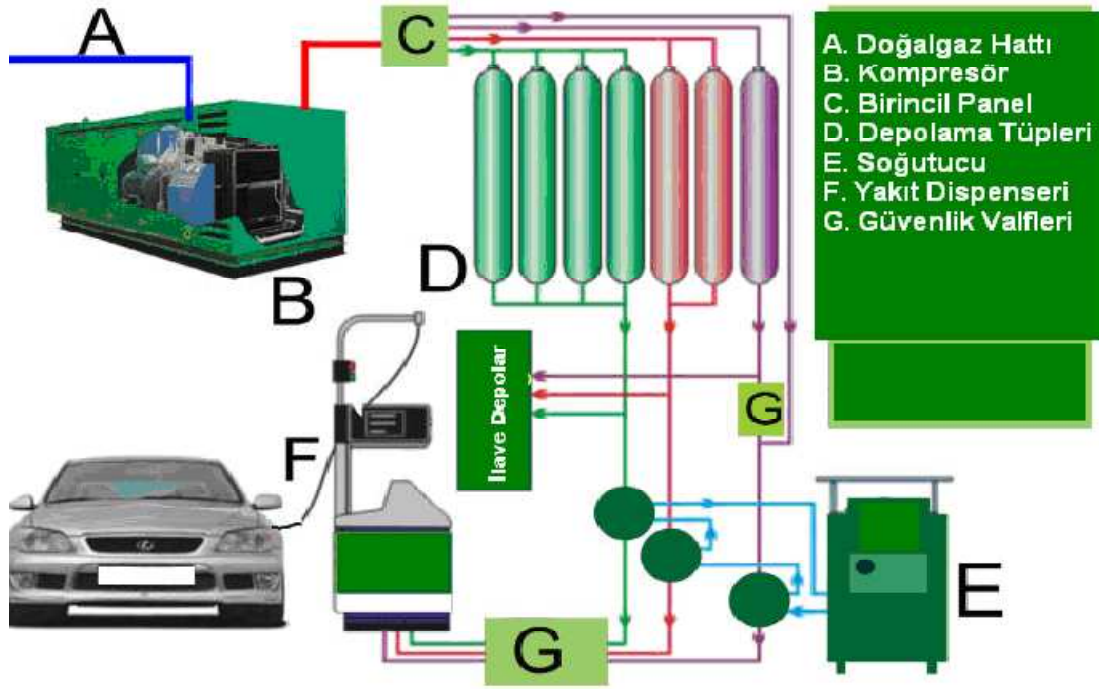
Türkiye'de diğer bazı doğalgaz ithal eden ülkeler gibi doğalgaz arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi, arz güvenliğinin ve arz esnekliğinin artırılması için hem baz yük tesisi olarak çalıştırmak hem de ihtiyaç duyulduğunda pik düşürücü olarak devreye sokulmak üzere Marmara Ereğlisi'nde LNG İthal Terminali yapılmıştır. 1994 yılında işletmeye alınan terminalin sürekli enjeksiyon kapasitesi  $685.000 \text{ m}^3/\text{saattir}$ . [16]



Şekil 2.6. LNG İthal Terminali [16]

**Sıkıştırılmış doğalgaz(CNG) olarak kullanılması:** Doğalgazın ulusal iletim şebekesi veya şehir içi dağıtım sisteminden alınıp, yaklaşık 200-250 bar basınç altında sıkıştırılması ile elde edilen gaz fazında bir yakıttır. Yüksek basınç altında gaz fazında taşınır ve depolanır, basıncının düşürülmesi suretiyle yine gaz fazında tüketime sunulmaktadır. Doğal gazın benzin ve dizele göre daha ucuz ve daha temiz yakıt olması nedeniyle toplu taşıma araçlarında CNG kullanımı yaygın hale gelmeye başlamıştır. [15]





Şekil 2.7. CNG Dolum İstasyonunun Şematik Gösterimi[17].

### 2.6.3. Sıvılaştırılmış petrol gazı(LPG)

Petrolden yada doğalgazdan elde edilen, basınç altında sıvılaştırılan, esas itibariyle propan, bütan ve bunların izomerleri gibi hidrokarbonlar veya karışımlarıdır. LPG, petrolden veya doğal gazdan doğrudan karışım hâlinde elde edilebileceği gibi, ticarî propan( $C_3H_8$ ) ve ticari bütanın( $C_4H_{10}$ ) belirli oranlarda karıştırılması suretiyle de elde edilebilir[18]. Normal şartlar altında ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve 1 atm basınçta) gaz fazında bulunur, basınç uygulandığında sıvı fazına geçer ve bu basınç kaldırıldığında tekrar gaz haline dönüşür. LPG, sıvı fazında taşınır, ölçülür ve depolanır; gaz fazında tüketime sunulur[19].

Sıvılaştırılmış petrol gazlarının düşük derişimde kısa süre solunması insanlarda zehirlenme belirtisi göstermez. Yapılan deneylerde, % 1 oranında sıvılaştırılmış petrol gazı içeren havanın 10 dakika süre ile solunmasının insanlarda herhangi bir zehirlenme belirtisine sebep olmadığı iddia edilmektedir. % 10 oranında sıvılaştırılmış petrol gazı içeren havanın 2 dakika süre ile solunması ise baş

dönmesine sebep olabilir. Kullanma esnasında, sıvılaştırılmış petrol gazlarının patlayıcı ve parlayıcı özellikleri yanında, havadan ağır olması sebebiyle zemine çökerek yayılma ve havasızlıktan boğulmaya sebep olma özelliği de dikkate alınmalıdır[18].

### 2.6.3.1. LPG'nin kullanım alanları

LPG, tüplü, dökme ve otogaz olmak üzere üç ayrı satış şeklinde kullanıma sunulmuştur.

- **Tüplü kullanım:** konutlarda sıcak su, pişirme ve ısınma ihtiyaçları için; endüstriyel işletmelerde, başta pişirme olmak üzere çeşitli işlemlerin enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır.
- **Dökme kullanım:** konutlarda ve turizmde ısıtma, pişirme, sıcak su ve buhar üretiminde; endüstriyel işletmelerde ise sıcak su, buhar üretimi, kurutma ve ısıtma işlemler gibi birçok işlemde kullanılmaktadır.
- **Otogaz kullanım:** binek araçlarda benzine alternatif olarak kullanılmaktadır.

Tablo 2.4. LPG'nin Özellikleri[18]

ÖZELLİK	PROPAN	BÜTAN	LPG
İlk kaynama noktası(atmosfer basıncında), °C	-46	-9	-
Sıvı Fazın özgül ısısı, 15,6°C ta,kJ/Kg°C	1366	1276	
Bir litre sıvılaştırılmış petrol gazının(sıvı fazdaki) buhar hacmi(atmosfer basıncında 15,6°C ta), m <sup>3</sup>	0,271	0,235	-
Hava - gaz karışımlarının parlama sınırları,% (v/v)			
Alt sınır(LEL)	2,15	1,55	-
Üst sınır(UEL)	9,60	9,60	9,60
Kaynama noktasında buharlaşma ısısı			
kJ/kg	430	388	-
kJ/kg	219	226	-
Alev sıcaklığı (havada), °C, en çok	1980	2008	-

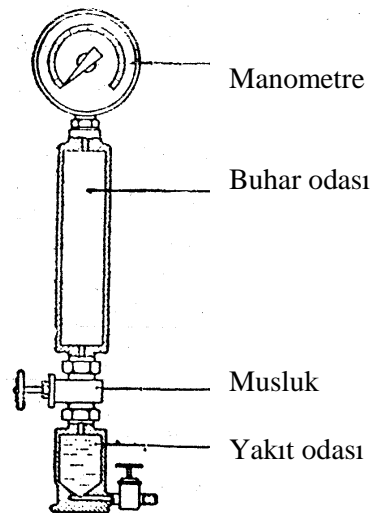
#### 2.6.4. Benzin

Benzin,  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de alevlenen,  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $204\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında kaynayan, özgül ağırlığı 0,680-0,760  $\text{gr}/\text{cm}^3$  olan, renksiz ve kendine has bir kokusu bulunan hidrokarbonlar karışımıdır. Bir kilogramı yandığında 10500 kcal enerji verir. Sıvı yakıtların genel karakteristikleri yanında benzinlerde ayrıca şu özellikler de aranır:

- Uçuculuk
- Depolama dayanıklılığı
- Korozyon azlığı
- Vuruntuya karşı direnç

##### 2.6.4.1. Reid buhar basıncı

Her sıvının sıcaklıkla değişen bir buhar basıncı vardır. Bu basınç atmosfer basıncına eşit olduğu zaman kaynamaya başlar. Sıvı ne kadar uçucu olursa, alçak sıcaklıklardaki buhar basıncı da o kadar yükselir. Benzinin buhar tıkaçına karşı eğilimi bu fizik kuralına göre belirlenir. Bir benzinin buhar basıncının ölçülmesi için Şekil 2.8.'deki Reid deneyi düzenlenir. Alet iki çelik odacıktan meydana gelmektedir. Alttaki oda benzin, diğeri ise buhar odasıdır ve buhar odası benzin odasından 4,5 defa büyüktür. Buhar odasının üst kısmına bir manometre bağlıdır.



Şekil 2.8. Reid Buhar Düzenegi

Buhar basıncı bulunacak benzin, yakıt odasına konur. Alet 37,8°C sıcaklıktaki su banyosunda ısıtıldıktan sonra, basınç artışı durana kadar bir kaç defa sallanır. Daha sonra manometredeki değer okunur. Ölçülen değere Reid buhar basıncı denir. Benzinin Reid buhar basıncı yükseldikçe, buhar tıkaç eğilimi artar. Yapılan birçok deney ve denemeler sonucu soğuk iklimlerde kışın Reid buhar basıncının 12 Ib/inç<sup>2</sup> (0,82 kg/cm<sup>2</sup>), sıcak iklimlerde yazın 8 Ib/inç<sup>2</sup> (0,54 kg/cm<sup>2</sup>) olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Türkiye için bu değerler yazın 8 - 8,15 Ib/inç<sup>2</sup> (0,54 - 0,57 kg/cm<sup>2</sup>), kışın 9-11 Ib/inç<sup>2</sup> (0,61 - 0,74 kg/cm<sup>2</sup>) olmalıdır. Bu basınç değerlerini elde etmek için benzin içindeki hafif ve ağır hidrokarbonlar arasında dengelemeler yapılır[20].

### 2.6.5. Amonyak

Renksiz ve kendine özgü çok keskin kokusu olan, zehirli ve aşındırıcı bir gazdır. Kimyasal formülü NH<sub>3</sub> dir. Düşük sıcaklıklarda alevlenme özelliği vardır. Kimyasal olarak baziktir. Amonyak gazı 10°C ısı ve 6-7 atmosferlik basınç altında sıvı haline gelir. Daha da soğutulan amonyak,-74° de kitle halinde donar. Amonyak suda kolay erir. Günlük işlerde kullanılan amonyak % 10 oranında sulu bir eriyektir. Amonyak oksijenle yakılırsa, su ve serbest azot meydana çıkar[21]. Amonyakın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

Molekül yapısı	: 17,0 g/mol
Kaynama derecesi	: -33 °C
Erime noktası	: -78 °C
Rahatsız edici konsantrasyon	: 20 mg/m <sup>3</sup> (1 saat içinde)
Sağlığa zararlı konsantrasyon	: 100 mg/m <sup>3</sup> (1 saat içinde)
Öldürücü konsantrasyon	: 500 mg/m <sup>3</sup> (1 saat içinde)
Koku sınırı	: 0,027 mg/m <sup>3</sup> (0,038 ppm)

#### 2.6.5.1. Amonyakın elde edilme yöntemleri

Havagazı ve kok fabrikalarında, amonyak ikinci dereceden bir ürün olarak elde edilir. Endüstride hava azotundan sentetik olarak amonyak sağlanmaktadır. Bu yöntem Alman kimyacısı Haber tarafından bulunmuş ve Cari Bosch tarafından

uygulandığı için Haber-Bosch yöntemi diye isimlendirilmiştir. Hayvan cesetlerinin ve bitkilerin bozulup çürümesinden oluşan amonyak belli belirsiz bir oranla havada da bulunur. İnsan ve hayvanların vücudunda, proteinlerin parçalanmasıyla devamlı olarak amonyak meydana gelir. Bu amonyak idrarla dışarı verilir. Havadaki çok az oranda amonyak, yukarıda değinmiş olduğumuz, gibi hayvansal ve bitkisel proteinlerin çürümesiyle yayılmaktadır.

### 2.6.5.2. Amonyakın kullanım alanları

- Amonyak, endüstride en çok azotlu gübrelerin ve nitrik asitin üretiminde başlangıç maddesi olarak,
- Laboratuvarlarda zayıf baz olarak ve birçok kimyasal maddenin elde edilmesinde,
- Amonyum tuzları imalatında, üre, boya, ilaç ve plastik gibi organik madde imalatında,
- Amonyak gazı normal sıcaklıkta basınç uygulandığında kolaylıkla sıvılaşır, oluşan bu sıvının buharlaşma ısısı(327 kcal/g ) yüksek olması nedeniyle endüstride soğutucu olarak,
- Basmacılıkta ve soda yapımında,
- Amonyak çözeltisi, gümüş takımların temizlenmesine, kumaş lekelerinin çıkarılmasında,
- Tıpta yakıcı olarak,
- Malzemelerin ısıl işlemlerinde Azot ve Hidrojen kaynağı olarak, Gaz Nitür işleminde ise parçaların yüzeyine azot emdirme amacıyla, kullanılır.

### 2.6.6. Asetilen

Oldukça parlayıcı ve yanıcı bir gazdır. Renksiz ve saf asetilen kokusuzdur. Ticari asetilen sarımsak kokusuna benzer bir kokusu vardır. Kimyasal formülü  $C_2H_2$  dir. Molekül ağırlığı 26,02 g olup, molekülünün % 7,75'i  $H_2$  ve % 92,25'i  $C_2$  dir. Asetilen zehirli değildir, fakat yüksek konsantrasyonda boğucu gaz olarak davranır. Basınç altında ve düşük sıcaklıkta sıvılaştırılabilir. Asetilen molekülü yüksek enerjiye sahiptir. Elementlerine ayrışırken verdiği ısı 54.800 kaloridir. Asetilen

yanma esnasında çıkardığı yüksek ısıdan dolayı endüstride çok yaygın kullanılır. Asetilen en az oksijen tüketimiyle en yüksek alev hızına(6,9 m/s) ve 3600 °C alev sıcaklığına ulaşmaktadır[22].

### 2.6.6.1. Asetilenin kullanımı

Asetilen durgun halde, özellikle basınç altında, çok tehlikelidir. Basınç altında patlama ve parlama tabiatından dolayı asetilen özel kaplarda taşınmalıdır. Taşıma işinin emniyetli olması için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Metotlardan birinde asetilenin taşındığı silindirik kap içerisine porözlü (sünger gibi) katı bir madde konur. Bu suretle silindirik kabın herhangi bir yerinde gazın toplanmasının önüne geçilmiş olur. Başka bir metot ise, bir çözücüde çözülerek taşınmasıdır. Çözücü olarak aseton kullanılır. Aseton kendi hacmi kadar asetilen çözer. Bu teknikle asetilen 17-18 atmosfer basınç altında emniyetle taşınabilir. 1891 yılında F.F.H. Moisan, kalsiyum karpit'in( $CaC_2$ ) elektrik fırınlarında geniş ölçüde elde edilmesini geliştirdi. Böylece Asetilen bol miktarda elde edilmeye başlandı. Asetilen elde etmek için kalsiyum karbid su ile muamele edilir. Asetilen;

- Asetilen az oksijenle yakılırsa isli, yeterli oksijen ile karıştırılıp yakılırsa parlak bir alev verir. Bu özelliğinden dolayı da eskiden aydınlatmada,
- Bu gün asetilenin aydınlatmada kullanılması yok gibidir. Saf oksijen ile beslenen hamaçlarda 3000°C'lik alev elde edilir ki, bu alev metallerin kaynak yapılmasında ve demir kütüklerin eritilerek kesilmesinde,
- Reaksiyona girme bakımından ve ucuz oluşu sebebiyle birçok organik maddelerin elde edilmesinde,
- Su ile civa sülfat ve sülfürik asitin katalitik etkisiyle Aset Aldehit elde edilme işleminde, kullanılır.

### 2.6.7. Aseton

Kimyasal ve endüstriyel önemi olan organik bir çözücü, alifatik (düz zincirli) ketonların ilk üyesi. Renksiz, kokulu, akışkan bir sıvıdır. 56,3°C'de kaynar. Şiddetli

yanıcıdır. Donma noktası  $-95^{\circ}\text{C}$ , parlama noktası  $-20^{\circ}\text{C}$  ve tutuşma noktası  $465^{\circ}\text{C}$ 'dir. Alkol, su ve eterle her oranda karışabilir. Kimyaca ismi, propanon veya dimetil ketondur. Genel olarak ketonlar, his duyusunu ve kan basıncını azaltır. Aseton, etil alkolden daha az zehirli olmasına rağmen sarhoşluk ve uyku meydana getirir. Fakat bu özelliğinin etkisi eter ve kloroformunkinden daha azdır. Alkali (bazik) ortamda aseton; klor, brom ve iyotla muamele edilirse; kloroform, bromoform ve iyodoform elde edilir[23].

### 2.6.7.1. Asetonun elde edilme yöntemleri

- Kalsiyum asetatın kuru kuruya ısıtılmasından,
- Nişasta ihtiva eden tahılların bir çeşit bakteri (A, Fernbahc'in bulduğu) vasıtasıyla fermantasyonundan,
- Saf asetik asit ısıtılmış metalik oksitler ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) üzerinden geçirilirse, aseton, su ve karbondioksit verecek şekilde bozulmasıyla,
- İzopropil alkolden hidrojen çıkarmakla veya izopropil alkolü oksitlemekle, elde edilir.

### 2.6.7.2. Asetonun kullanım alanları

Aseton çözücü özelliklere sahip olduğundan endüstride birçok alanda kullanılır.

- Birçok yağları, reçineleri, selüloz nitrat ve selüloz asetatı çözer. Bu özelliğinden dolayı aseton, patlayıcı madde ve sentetik iplik fabrikasyonunda,
- Çok sayıdaki önemli kimyasal reaksiyonları ile laboratuarda ve endüstride birçok organik maddelerin üretiminde,
- Kozmetik sektöründe çözücü olarak(oje çıkarıcı),
- Boya sektöründe inceltici ve çözücü olarak,
- Temizlik malzemesi üretiminde,
- Aseton, uyuşturucu sulfonal grubu ilaçların başlangıç maddesi olarak, kullanılır.

## **BÖLÜM 3. PARLAYICI, PATLAYICI VE ZEHİRLEYİCİ MADDELERİN ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE DEPOLANMASI**

Bu bölümde ilk önce parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolanacağı tesislerde; Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği'ne ve NFPA'a göre etiketlemenin nasıl yapıldığı, endüstriyel tesislerde kullanılan güvenlik ve sağlık işaretleri, taşımacılıkta kullanılan tehlike bildirim kartları, proseslerde kullanılan boruların renklendirilmesi, malzeme güvenlik bilgi formlarının(MSDS) hazırlanması ve son olarak parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolanmasının hangi mevzuatlara göre nasıl yapılması gerektiği hakkında bilgi verilecektir.

### **3.1. Etiketleme**

#### **3.1.1. Tehlikeli kimyasallar yönetmeliğine göre etiketleme**












Tehlikeli maddelerin üretim ve ticaretini yapanlar, bunların özelliklerine göre etiketlenmesinden sorumludur. Üreticiler, bu bölümde verilen etiketleme ile ilgili kurallara uymak zorundadır. Buna göre etiketlerde;

- Üreticinin adı ve adresi,
- Maddenin kimyasal ve ticari adı, kapalı formülü,
- Ürünlerin, ticari adı, amaçlanan kullanım alanları ve içeriğine giren maddelerin tehlike sembolleri,
- Özel tehlikelere karşı dikkat çekici, "çok şiddetli patlayıcı", şiddetli zehir gibi ibareler, güvenlik tavsiyeleri alınabilecek tedbirler hakkında özlü bilgiler ve zararlı maddeyi tanımlayan özellikler,
- Tablo 3.1.'de, tek tek maddeler için verilen tehlike işaretlerinden ilgili olanlar,
- Kimyasal tanımı ve etkin maddesinin yüzdesi,
- Diğer katkı maddeleri ve en azından bunların grup tanımları, bulundurulur.



Etiketlerde çevre ve insan sağlığı için tehlike durumları ve korunma önlemleri işaretlerle gösterilir. Tablo 3.1’de verilen işaretler dışında işaret kullanılamaz[24].

Tablo-3.1. Tehlikeli Madde Etiketlenmesinde Kullanılacak İşaretler ve Sembol

Tehlike Özelliği	İşareti	Sembolü	Tehlike Özelliği	İşareti	Sembolü
<b>Patlayıcı</b>	E		<b>Oksitleyici</b>	O	
<b>Alevlenir:</b> Çok Kolay Alevlenir• Kolay alevlenir• Alevlenir •	F <sup>+</sup> F F		<b>Toksit / Zehirli:</b> Çok toksik• toksik•	T <sup>+</sup> T	
<b>Zararlı</b>	Xn		<b>Aşındırıcı</b>	C	
<b>Tahriş Edici</b>	Xi		<b>Alerjik:</b> Solunma ile alerjik• Cilt teması ile alerjik•	Xn Xi	
<b>Kanserojen /Mutajen / Üreme için Toksik:</b> Kategori 1 ve 2 Kategori 3	T Xn	 	<b>Çevre için tehlikeli:</b> Çevrede su ortamı için tehlikeli Su ortamı dışında çevre için tehlikeli	N N	

### 3.1.2. Etiketleme boyutları

Tehlikeli madde veya müstahzarlarının etiketlerinin boyutları, ambalaj kaplarının hacimlerine göre aşağıdaki gibi olmalıdır.

- 0,25 litreye kadar uygun görülecek büyüklükte,
- 0,26-3,0 litre arası için en az 52 mm x 74 mm,
- 3,1-50 litre arası için en az 74 mm x 105 mm,
- 51-500 litre arası için en az 105 x 148 mm,
- 500 litreden büyük olanlar için en az 148 mm x 210 mm.

Tehlike sembolleri, Tablo 3.1.'de görüldüğü gibi portakal sarısı zemin üzerine siyah baskı ile verilir. Her tehlike sembolü en az 1 cm<sup>2</sup> alana sahip olup, işaretin yapılacağı yüzeyin en az onda birini kaplar. Belli bir tehlike sınıfı için kullanılan sembol bir başka tehlike sınıfını da içeriyorsa Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliğin 17'nci maddesinin (e) bendinde öngörülen tehlike içermeyen sembollerinden bazıları eğer yer müsait değilse etiketlere konmayabilir[24].

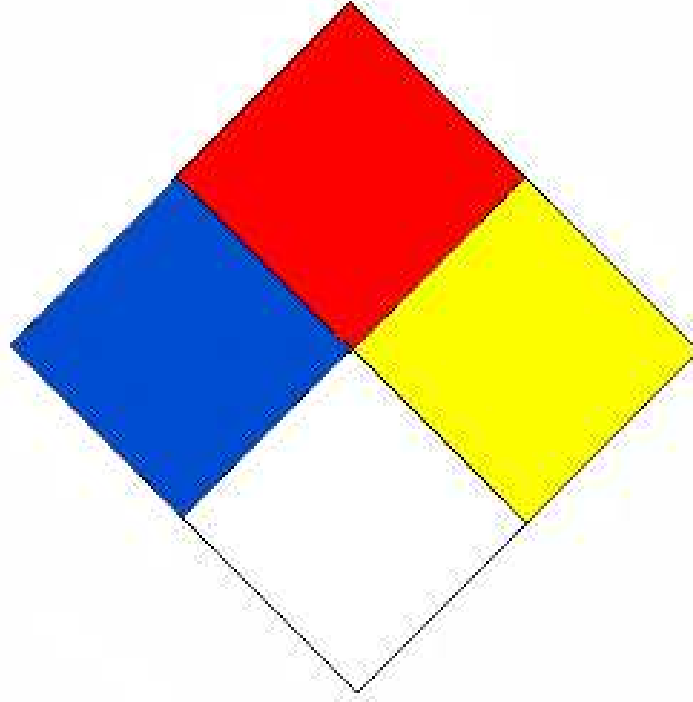


Şekil 3.1. Etiketleme Örneği

### 3.1.3. National fire protection association(nfpa) tehlike tanımlama sistemlerine göre etiketleme boyutları

“NFPA-704 / Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response” standardı, büyük hacimli kimyasal depo, tank ve kapların

işaretlenmesine yönelik hazırlanmış bir standarttır. Bu standard, kimyasalların sağlık ve yangın ile diğer risklerini ve kararsızlığını tanımlamaktadır. Her bir risk için ayrı renkler ve numaralar verilmiştir.



Şekil 3.2. Tehlikeli Kimyasallar İçin NFPA Sınıflandırma Şeması[25]

Yukarıda görülen şema, “Tehlike Elması” olarak da adlandırılmaktadır. Her bölüm farklı renge sahiptir ve her renk farklı bir tehlikeyi tanımlamaktadır. Buna göre;

- Kırmızı : Parlayıcılık, Yanıcılık,
- Mavi : Sağlık üzerindeki etkisi
- Sarı : Reaktiflik
- Beyaz (boş alan): Kimyasala ait özel bilgiler

anlamına gelmektedir.

Şekil 3.2.’de gösterilen her renk üzerine 0 ile 4 arasında bir numara yazılarak, tehlikenin derecesini göstermektedir. 0’ dan 4’ e gidildikçe malzemenin yanıcılığı artmakta, sağlık için daha tehlikeli hale gelmekte ve giderek kararsızlaşmaktadır. Aşağıdaki tablolarda; kırmızı, mavi, sarı ve beyaz alan üzerindeki numaraların

tehlike dereceleri belirtilmiş ve örnek olarak parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeler verilmiştir.

Tablo 3.2. Kırmızı Kodla Gösterilen Parlayıcılık, Yanıcılık Özelliğinin Tehlike Dereceleri[26]

Tehlike Derecesi	PARLAYICILIK, YANICILIK	Renk Kodu Kırmızı
4	<b>Yüksek derecede parlayıcı madde</b> , normal ortam sıcaklığında ve atmosfer basıncı altında çok çabuk veya tamamen buharlaşabilen veya havada kolayca yayılabilen ve kolaylıkla yanabilen maddelerdir. Bu maddeler: Gazlar, sirojenik maddeler parlama noktası 22,8 °C ve kaynama noktası 37,8 °C'nin altında olan sıvılar veya sınıf IA sıvıları, fiziksel formları nedeniyle hava ile patlayıcı karışımlar oluşturan ve yanıcı katı tozları ve parlayıcı veya yanıcı sıvı damlacıkları gibi havada kolayca disperse olan maddelerdir. Örnek: Etan, Metan, Bütan, Petrol Eteri,	
3	<b>Parlayıcı madde</b> , Hemen hemen bir ortam sıcaklığında tutuşabilen katı ve sıvılardır. Kaynama noktası 37,8 °C veya üstünde olan sıvılar ve parlama noktası 22,8 °C veya 37, 8 °C'nin altında olan sıvılar IB ve IC Sınıfı parlayıcı sıvılardır. Hızla yanan fakat hava ile patlayıcı özellikte karışımlar oluşturmayan kaba formundaki katı maddeler pamuk, sisal ve kenevir gibi hızla yanan ve ani yangın tehlikesi yaratan lifli yapıdaki katı maddelerdir. Genellikle içerdikleri oksijen sebebiyle(kuru nitro selüloz ve birçok organik peroksit gibi)çok hızlı bir şekilde yanan maddeler, hava ile temasta kendiliğinden tutuşan maddeler, pamuk, kenevir gibi materyallerdir. Örnek: Asiton, Toluen, Ksilen, Hegzan, Metil Alkol, Metil Etil Keton	
2	<b>Orta derecede parlayıcı madde</b> , tutuşmanın gerçekleşmesi için önce orta derecede ısıtılması veya ortam sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa maruz bırakılması gereken maddelerdir. Bu maddeler normal şartlarda hava ile zararlı karışımlar oluşturmazlar. Ancak yüksek ortam sıcaklıkları veya ısıtma sonucunda zararlı karışım oluşturacak buhar çıkarırlar. Parlama noktası 37,8 °C veya üzerinde, ancak 93,4 °C dan düşük olan sıvılar kolayca parlayıcı buhar çıkaran katı veya yarı katılardır. Örnek: PMA, İso Oktil Alkol, Butil Akrlat,Fenol	
1	<b>Az parlayıcı maddeler</b> ; tutuşmanın ve yanmanın gerçekleşmesi için ortam sıcaklığı ne olursa olsun önceden ısıtılmaları gereken maddeler, 815,5 °C sıcaklığa 5 dakika veya daha kısa süreli maruz bırakılmada havada yanan maddeler. Parlama noktası 93,4 °C'nin üzerinde olan sıvılar, katılar ve yarı katılar, birçok yanıcı maddeleri içerir. Örnek: Glikoller, Tri Klor Etilen, Nonil, Fenol, Trafo Yağı,	
0	<b>Yanmayan maddeler</b> , parlama noktası yoktur. 815,5 °C'ye maruz bırakıldığında yanmayan maddelerdir. Örnek: Kostik, Soda, Sülfirik Asit	



Tablo 3.3. Sarı Kodla Gösterilen Reaktiflik Özelliğinin Tehlike Dereceleri[26]

Tehlike Derecesi	REAKTİFLİK <span style="float: right;">Renk Kodu Sarı</span>
4	<b>Yüksek derecede reaktif madde</b> , normal ortam sıcaklığı ve basıncı altında kolayca ve şiddetli bir şekilde detone olabilir ve patlayarak dekompoze olabilir. Mekanik yada lokal ısı şoklarına karşı hassas materyaldir. Bilinen maddelerle veya kendi başına kendiliğinden ivme kazanan şiddetli ekzotermik reaksiyonlara neden olabilir. Bu materyallerle ilgili yangın durumunda yangın çok çabuk ilerleyeceğinden yangın mahallini boşaltmak gerekebilir. Örnek: Nitro Gliserin
3	<b>Reaktif madde</b> , detone olabilir veya patlayıcı reaksiyon verebilir. Ancak bunlar için ısıtılması ve kuvvetli bir ateşleme kaynağı gerekir. Yanabilen maddeleri okside ederek yangına neden olabilir. Yüksek sıcaklıklarda termal veya mekanik şoklara karşı hassastır.
2	<b>Orta derece reaktif madde</b> , normal şartlarda stabil değildir. Detone olmadan kolayca şiddetli değişime uğrar. Normal basınç ve sıcaklıkta hızlı bir enerji çıkışı ile sonuçlanan bir kimyasal değişime uğrayabilir. Su ile şiddetli bir şekilde reaksiyon verebilir. Su ile potansiyel patlayıcı karışımlar oluşturur. Ama infilak etmezler. Örnek: Sülfirik Asit, Akriolatlar, Vinil Asetat, Monomer
1	<b>Az Parlayıcı maddeler</b> ; anın ve yanmanın gerçekleşmesi için ortam sıcaklığı ne olursa olsun önceden ısıtılmaları gereken maddeler, 815,5 °C sıcaklığa 5 dakika veya daha kısa süreli maruz bırakılmada havada yanan maddeler. Parlama noktası 93,4 °C'nin üzerinde olan sıvılar, katılar ve yarı katılar, bir çok yanıcı maddeleri içerir. Örnek: Glikoller, Tri Klor Etilen, Nonil, Fenol, Trafo Yağı,
0	<b>Yanmayan maddeler</b> , parlama noktası yoktur. 815,5 oC'ye maruz bırakıldığında yanmayan maddelerdir. Örnek: Kostik, Soda, Sülfirik Asit

Tablo 3.4. Mavi Kodla Gösterilen Sağlık Özelliğinin Tehlike Dereceleri[26]




















Tehlike Derecesi	SAĞLIK	Renk Kodu: Mavi
4	<b>Yüksek derecede zehirli madde;</b> çok kısa süreli maruz kalınması halinde anında tıbbi müdahale bulunulsa dahi ölüm veya ciddi kalıcı yaralanmalara neden olabilir. İnsana kanserojen, mutajen veya teratojen etkisi olduğu bilinmektedir. Özel korunma ekipmanı olmadan yaklaşılmaması gereklidir. Normal şartlarda ve yangın şartları altında gaz çıkışına neden olacak inhalasyon, temas veya absorpsiyon yolu ile temas vücuda alınabilmektedir. Yangın anında dumanın küçük bir miktarı bile ölüme yol açabilir. Özel koruyucu gerekmektedir. Örnek: Nikotin	
3	<b>Zehirli madde;</b> kısa süreli maruz kalınması halinde anında tıbbi müdahale bulunulsa dahi ciddi ama geçici veya kalıcı yaralanmalara neden olabilir. Bu tip materyallerin yangın durumlarında saha açık olsa bile sağlık için tehlikelidir. Duman için maske kullanılmalı, yüz kapatılmalı, eller için eldiven, bacak, kol ve vücut için koruyucu bantlar kullanılmalıdır. Deri ile temas eden her yer kapatılmalıdır. Örnek: Sülfirik Asit, Kostik Soda,	
2	<b>Orta derecede zehirli madde;</b> uzun süreli veya sürekli maruz kalma durumunda anında tıbbi müdahale bulunmaz ise geçici güç kayıplarına veya kalıcı yaralanmaya neden olabilir. Zehirli yanma ürünleri meydana gelebilir. Yüksek derecede tahriş edici yanma ürünleri meydana getirebilir. Yangın durumunda gözler, yüz korunmalı, duman için maske kullanılmalıdır. Örnek: Toluen, Ksilen, Asetik Anhidrid	
1	<b>Az zehirli madde;</b> maruz kalma durumunda hiçbir tıbbi müdahale yapılmaz ise tahriş sonucu ciddi olmayan kalıcı yaralanmalara neden olabilir. Yangın şartlarında tahriş edici yanma ürünleri verebilir. Yangın söndürücüler gaz maskesi takması gerekir. Örnek: Propilen, Soya Yağı, Trafo Yağı,	
0	<b>Zehirlilik etkisi olmayan madde;</b> maruz kalındığında sıradan yanıcı maddelerden gelebilecek zararlardan daha fazla bir zarara neden olmaz. Örnek: Glikol, Aseton, Hegzan Metil Etil, Keton	

Tablo 3.5. Beyaz Kodla Gösterilen Özel Tehlike İşaretleri[26]

Tehlike Derecesi	ÖZEL TEHLİKE İŞARETLERİ	Renk Kodu: Beyaz
	Boş kare su kullanılabilir.	
	Söndürme için su ve sulu söndürücüler kullanılmaz. Suyu reaktif olan maddeleri ifade eder. Bu maddeler su ile temas ettiklerinde hızlı bir enerji çıkışı gerçekleşir. Başka bir ifade ile su ile temasta yanabilir ve parlamaya neden olabilir. Örnek: Magnezyum Metali	
	Madde serbest kalırsa radyo aktivite tehlikesi vardır.	
ACID	Asit	
ALK	Alkali	
COR	Korozif	
OX	Oksitleyici maddeyi belirtir. Diğer bileşiklerle karıştırıldıklarında yanabilir veya patlayabilir. Örnek: Amonyum nitrat	
P	Polimerizasyon	

### 3.2. Güvenlik ve Sağlık İşaretleri

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, endüstriyel tesislerde iş sağlığı ve güvenliği yönünden kullanılacak işaretleri belirli bir standarda kavuşturmuştur. Kullanılacak işaretler; yasaklama, uyarma, zorunluluk bildirme, acil durumlar için bilgi verme ve yangınla mücadele malzeme ve sistemlerinin gösterimi için kullanılmaktadır. Bu işaretlerin şekli, rengi, kullanımı, anlamamı ve örnekleri Şekil 3.3'te yer almaktadır.

ŞEKİL VE RENK	KULLANIMI	ANLAMI	ÖRNEKLER		
 Beyaz zemin üzerine kırmızı daire ve çapraz çizgi	<b>YASAKLAMA</b>	<b>YASAKLANAN EYLEMİ YAPMAMALISINIZ. TEHLİKEYE NEDEN OLABİLİR.</b>	 <b>SİGARA İÇİLMEZ</b>	 <b>ASANSÖR KULLANM AK YASAKTIR</b>	 <b>GİRİLMEZ</b>
 Sarı zemin üzerine siyah sembol ve çerçeve	<b>UYARMA</b>	<b>UYARIYA DİKKAT EDİN TEHLİKEYE NEDEN OLABİLİR.</b>	 <b>TEHLİKE</b>	 <b>YANICI MADDE</b>	 <b>AŞINDIRICI MADDE</b>
 Mavi zemin üzerine beyaz sembol	<b>ZORUNLULUK BİLDİRİMİ</b>	<b>BELİRTİLEN KURLA UYMALISINIZ. AKSİ DURUM TEHLİKEYE NEDEN OLABİLİR</b>	 <b>İŞ GÖZLÜĞÜ TAK</b>	 <b>EMNİYET KEMERİ TAK</b>	 <b>İŞ ELDİVENİ KULLAN</b>
 Yeşil zemin üzerine beyaz sembol	<b>ACİL DURUMLAR İÇİN BİLGİ VERME</b>	<b>ACİL DURUMLARDA TEHLİKE VE MALZEME BİLGİSİ</b>	 		
 Kırmızı zemin üzerine beyaz sembol	<b>YANGIN SİSTEMLERİ</b>	<b>YANGINLA MÜCADELE MALZEME VE SİSTEMLERİ</b>	  		

Şekil 3.3. Endüstriyel Tesislerde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Kullanılacak İşaretler[27]



### 3.3. Taşımacılıkta Kullanılan Tehlike Bildirim Kartları

Parlayıcı, Patlayıcı ve zehirli maddelerin nakliyesi insan ve çevre için bir risk teşkil etmektedir. Karayollarında meydana gelen tehlikeli yük kazaları az olmakla beraber, sebep olduğu can ve mal kaybı büyüktür. Karayollarında meydana gelen kazalarda açıkça görülmüştür ki, bunların nakliyesi için üst düzeyde güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Avrupa’da karayollarına ilişkin tehlikeli yük nakliyesi yasası, 30 Eylül 1957 tarihli "ADR" yani; Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması yürürlükte iken, ülkemizde nihayet 06.12.2005 tarihinde “Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşmasına Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanun” yürürlüğe girmiştir

Tehlikeli yük/madde ve cisimler tehlikeli yük sınıflarına ayrılır. Sınıflara ayırma kriteri tehlikenin cinsine göredir. Bu sınıflara özgü tehlike etiketleri düzenlenmiştir. Bunların renkleri ve sembolleri tehlike sınıfını belirtir ve bilgi verir. Sınıfların içinde de bir kademelendirme yapılmıştır. Burada maddenin fiziksel – kimyasal özellikleri dikkate alınır. Bir yükün ana tehlikesinin yanında bir de yan tehlikesi varsa, (ambalajda ya da konteynır da) birkaç tehlike etiketinin kullanılması gerekebilir. Tanker veya üzerinde bir veya birden fazla tank bulunan nakliye birimlerine konan ikaz levhaları, itfaiye ve kurtarma hizmetleri için ek bilgiler içerir. Bu bilgilerin ADR'nin ekinde belirtilen listede mevcut maddeye göre verilmesi şarttır. Çünkü o listede sıralanan maddelere “Maddenin tanımlanması için tanım rakamı” ve “Tehlikenin tanımlanması için bir tehlike numarası” belirlenmiştir[28].



Şekil 3.4. Standart İkaz Levhası Boyutları

Şekil 3.4'te "40" maddenin tanımlama numarası(UN Tehlike Tanımlama Numarası–HIN) olup, yanıcı veya kendi kendine ısınan veya kendi kendine ayrışan bir katı madde olduğunu, "3175" ise madde numarası (UN Tehlikeli Madde – Numarası) olduğunu göstermektedir. UN Tehlikeli Maddeler Acil Eylem Kod Listesi 2005(Dangerous Goods Emergency Action Code List 2005)'te detaylı olarak verilmiştir. DGEACL-2005'te 1066 Azot, 1978 Propan, 1203 Benzin, 1402 Kalsiyumkarbit gibi örnek olarak verilebilir. Aşağıda Şekil 3.5'te tehlikeli madde bildirim kartlarının kara taşıtları üzerine monte edilmesi gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Tehlikeli Madde UN Numaralarının Kara Taşıtları Üzerine Monte Edilmesi[26]

### 3.4. Boruların Renklendirilmesi

Ülkemizde birçok işletmede borular belirli standarda göre renklendirilmemektedir. Bu durum, endüstriyel testler için yürürlükte olan bir standart olmamasından kaynaklanmaktadır. Güvenlik ve Sağlık İşaretleri Yönetmeliği'nde bu konuda kısa bir açıklama yapılmakla birlikte, genel bir uygulama rehberi bulunmamaktadır. Bu amaçla uygulamada genel kabul İngiliz Standardı BS 1710 (BS 4800'e uygun) Standart'ına göre bir renklendirme yapılması önerilmektedir[27].

Tablo 3.6. Akışkanların Taşındığı Borulara Ait İşaretleme Renkleri

AKIŞKAN MADDE	BORU İŞARETLEME RENGİ
Su	Yeşil
Buhar	Gri
Yağlar / Çözücüler	Kahverengi
Gazlar	Sarı
Asitler / Alkaliler	Pembe
Hava	Mavi
Yangın Suyu	Kırmızı

### 3.5. Malzeme Güvenlik Bilgi Formu(MSDS)

Kimyasal maddelerin kullanımı ve depolanması sırasında oluşabilecek işçi sağlığı iş güvenliği risklerini ortadan kaldırmaya yönelik çalışmaların önemli bir parçasını oluşturan ve kullanıcıyı doğru ve yeterli düzeyde bilgilendirmek amacıyla hazırlanan, ilgili kimyasal maddelerin tehlike ve riskleri ile diğer bilgileri içeren dokümanlara Malzeme Güvenlik Bilgi Formu(MSDS) adı verilir.

MSDS, üretici tarafından;

- 1) Her tehlikeli madde, tehlikeli müstahzar veya en az bir tehlikeli madde ihtiva eden müstahzar için ayrı ayrı hazırlanır,
- 2) Teknik gelişmelere ve bilimsel araştırmalara bağlı olarak güncelleştirilir,
- 3) Tehlikeli kimyasalın üretim sonrası ilk teslimatı sırasında veya mümkünse teslimat öncesi,
- 4) İkinci veya takip eden teslimatlarında talep edilmesi halinde, alıcıya ücretsiz olarak yazılı metin halinde verilir veya elektronik ortamda iletilir.

MSDS; piyasaya arz edilen kimyasallar için Türkçe, ihraç edilen kimyasallar için ihraç edilen ülkenin resmi dillerinden birinde hazırlanır.

MSDS'in yeni bilgiler ışığı altında güncelleştirilmesi halinde; güncelleştirilmiş form, güncelleştirme tarihinin 12 ay öncesine kadar geçen sürede, tehlikeli kimyasalın

verildiği kullanıcılar ile depolayana güncelleştirme tarihini takip eden 3 ay içinde iletilir ve formda değişiklik tarihi ve kaçıncı değişiklik olduğu belirtilir.

İthal edilen kimyasalların MSDS, ithalatçısı tarafından üreticisinden temin edilerek Yönetmelik hükümlerine uygun olarak hazırlandıktan sonra, tehlikeli kimyasalın ilk teslimatı sırasında veya mümkünse teslimat öncesi, ikinci veya takip eden teslimatlarında talep edilmesi halinde alıcıya ücretsiz olarak Türkçe yazılı metin halinde verilir veya elektronik ortamda iletilir.

İthal edilen kimyasalların MSDS'leri ithalatçısı tarafından üreticisinden temin edilememesi halinde, ithalatçı ithal ettiği kimyasallar için ilgili Yönetmelik hükümlerine uygun olarak Güvenlik Bilgi Formunu hazırlamakla yükümlüdür.[28]

### **3.5.1. MSDS'lerde bulunması gereken bilgiler**

MSDS'lerde her maddeye özel olarak aşağıdaki bilgiler yer alır.

1. Madde/Mhtasar ve reticinin Kısa Tanımı
2. Kimyasal Bileřimi
3. Kimyasalın Tehlikeleri
4. İlk yardım Bilgileri
5. Yangınla Mücadele Bilgileri
6. Kaza Sonu Yayılmaya Karşı nlemler
7. Kullanım ve Depolama zelikleri
8. Maruziyet Kiřisel Korunma Bilgileri
9. Maddenin Fiziksel ve Kimyasal zellikleri
10. Maddenin Kimyasal Kararlığı ve Reaktivitesi
11. Toksikolojik Bilgi
12. Ekolojik Bilgi
13. Bertaraf Bilgileri
14. Taşımacılık Bilgileri
15. Yasal Mevzuat Bilgileri
16. Diğer Bilgileri

### 3.6. Depolama

Endüstriyel tesislerde parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeler aşağıdaki gibi çeşitli şekillerde depolanmaktadır.

1. Açıkta yerüstü tank depolaması
2. Kapalı bina ve yapılarda depolama
3. Yeraltı tank depolaması
4. Basıncılı kaplarda depolama

Çalışmanın bu kısmında ikinci bölümde bahsedilen parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin endüstriyel tesislerdeki depolanma standartları hakkında bilgi verilecektir.

#### 3.6.1. Yanıcı, parlayıcı sıvıların depolaması

##### 3.6.1.1. Açıkta yerüstü depolama

Parlayıcı sıvıların konulduğu bütün depolar ve boru donatımları, boru bağlantıları statik elektriğe karşı uygun şekilde topraklanacaktır. Depoların parlayıcı sıvılarla doldurulması ve boşaltılmasında araç ile depo arasında topraklama hattı bağlantısı yapılarak statik elektriğe karşı tedbirler alınacaktır. Lastik tekerlek üzerinde hareket eden tankerler, yüklü oldukları statik elektrikten tamamı ile arınmadıkça dolun yerlerine sokulmamalıdır[29].

Tablo 3.7’de verilen açıkta kurulu yerüstü tankları ile asgari emniyet mesafeler tank dış cidarından ölçülen en kısa mesafesidir. Tank tesis sahasında dökülen sıvıların kolayca biriktirileceği havuzlama sistemi yapılır. Tankların tamamı yağmur, drenaj ve kanalizasyon sisteminden ayrı olarak bir kanal sistemi ile uygun bir eğimle bu havuz sistemine bağlanır.

Tablo 3.7. Açıkta Kurulu Yerüstü Tankları İle İlgili Asgari Emniyet Mesafeleri[30]

Tank hacmi (litre)	Komşu arsa sınırına, ana trafik yollarına veya demiryollarına uzaklıkları (metre)	Tesise ait idari binalara uzaklıkları (metre)	Tankların birbirine uzaklığı (metre)
≤1.000	1,5	1,5	-
1001-3.000	3,0	1,5	1
3.001-45.000	5,0	1,5	1
45.001-115.000	7,0	1,5	1,5
115.001-190.000	10,0	3,0	Birbirine komşu olan tankların çaplarının toplamının ¼ ü
190.001-375.000	15,0	5,0	
375.001-1.900.000	25,0	7,5	
1.900.001-3.750.000	30,0	10,0	
3.750.001-7.550.000	40,0	15,0	
7.550.001-11.375.000	50,0	17,5	
≥ 11.375.001	55,0	20,0	

### 3.6.1.2. Kapalı bina ve yapılarda depolama

Yanıcı ve parlayıcı sıvıların depolandığı depo binaları en az 120 dakika yangına dayanıklı şekilde yapılır. Sınıf I sıvılarının depolandığı binaların bodrum katının bulunmaması gerekir. Sınıf II sıvılar, bodrum katta depolanamazlar. Sınıf IIIA ve Sınıf IIIB sıvılar bodrum katta depolanacaklar ise, depolanacak miktar 40.000 litreyi geçemez. Sınıf IA sıvıları 100 litre orijinal kabında, Sınıf IB, Sınıf IC, Sınıf II ve Sınıf IIIA sıvıları toplam 500 litre orijinal kabında, Sınıf IB, Sınıf IC ve Sınıf IIIA sıvılar toplam 2500 litre taşınabilir tanklarda, yangına en az 90 dakika dayanıklı duvar veya döşemeler ile ayrılan ve tali derecede işlemler yürütülen binalarda, depolama odasında veya 200 °C'de 10 dakika yangına dayanıklı dolap içerisinde depolanabilir[30].

Tablo 3.8. Yanıcı ve Parlayıcı Sıvıların Depo Binası İçinde Depolanması[30]

Yanıcı ve parlayıcı sıvı sınıfı	Orijinal depolama kaplarında toplam miktar	Taşınabilir depolama tanklarında toplam miktar
	Toplam tank hacmi (litre)	Toplam tank hacmi (litre)
IA	2.500	-
IB	5.000	2.500
IC	10.000	5.000
II	30.000	40.000
IIIA	10.000	150.000
IIIB	200.000	300.000

### 3.6.1.3. Yeraltı tank depolaması

Yeraltına tamamen, üzerindeki toprak tabakası en az 60 cm olan ve ayrıca üstü en az 10 cm'lik bir beton tabakası ile örtülen tankı ifade eder. Yer altı tankı üzerinde araç trafiği olacak veya olma ihtimali var ise, üzerinden geçecek araçların vereceği zararını önlemek üzere, tankın üzerinin en az 60 cm kalınlığında sıkıştırılmış dolgu malzemesi ile ve dolgunun üzerinde 15 cm kalınlığında demir takviyeli beton plaka ile kapatılması şarttır. Beton plaka kullanıldığında, plakanın yatay düzlemde her yönde, tankın oluşturduğu alanın kenarlarından en az 50 cm taşması gerekir. Beton plak ile üzeri kapatılmayan tankların üzerinden araç geçişini önlemek üzere, tankın gömülü olduğu alanın etrafı en az 180 cm yüksekliğinde tel örgü ile çevrilir[30].

Tablo 3.9. Yeraltı Tankları İle İlgili Asgari Emniyet Mesafeleri[30]

Tank hacmi (litre)	Yeraltı tanklarının komşu arsa sınırına, ana trafik yollarına veya demiryollarına uzaklıkları (metre)	Tankların birbirine uzaklığı (metre)
≤500	0	0
500-3.000	3,0	1
3.001-10.000	5,0	1
10.001-50.000	7,5	1
50.001-120.000	10,0	1,5
120.001-250.000	15,0	Birbirine komşu olan tankların çaplarının toplamının ¼ ü
250.001-600.000	15,0	
600.001-1.200.000	15,0	
1.200.001-5.000.000	15,0	
≥5.000.001	15,0	
Mesafeler tank dışı cidarından ölçülen en kısa mesafedir.		

### 3.6.2. LPG depolama(basınçlı kaplarda)

#### 3.6.2.1. LPG tüplerinin depolaması

Depolanacak binalar, müstakil ve tek katlı olası, döşemesinin, tavanın ve duvarlarının yangına en az 120 dakika dayanıklı malzeme ile yapılması, çatısında hafif malzemeler kullanılması, depo kapılarının yangına karşı en az 90 dakika dayanıklı malzemedan yapılması, dış duvarlarında ve çatısında, her 3 m<sup>3</sup> depo hacmi için en az 0,2 m<sup>2</sup>'lik kırılmaz cam veya benzeri hafif kaplanmış bir boşluk bırakılması gerekmektedir. LPG'nin gaz fazıyla doğrudan temas halinde olması için, tüplerin emniyet valfleri LPG sıvı g-faz seviyesinden yukarı olacak konumda, yana yatırılmış veya baş aşağı durumda olmaksızın dik olarak depolanması gerekir. Depolarda ısıtma ve aydınlatma amacı ile açık alevli cihazlar kullanılamaz. Bina dışındaki özel tüp depolarının bulunduğu güvenlik sahası, tel çit veya duvar ile çevrilir ve üzerine ikaz levhaları konulur. Bina dışında LPG'nin tüplere doldurulmuş halde depolandığı mahallin emniyet şeridinin, asgari emniyet şeridi, asgari emniyet uzaklıkları aşağıda Tablo 3.10'da verilmiştir[31].

Tablo 3.10. LPG Tüplerinin Bina Dışında Depolanmasında Asgari Emniyet Uzaklıkları

Depolanan toplam LPG miktarı (kg)	Bina, bina grupları ve komşu arsa sınırı (m)	Cadde, kaldırım, okul, cami, hastane ve kamuya açık diğer yerlere (m)
0-1250	0	3
1251-2700	3	6
2701-4500	6	12
≥4501	8	15

#### 3.6.2.2. LPG'nin dökme olarak depolaması

Dökme LPG depolama taş veya beton bir zemin üzerine oturtulmuş olarak ve yanmaz yapıda ayaklar üzerine tesis edilir. Dökme depolama tankları, fuel oil, benzin ve motorin gibi diğer bir yanıcı sıvı depolanan tanklar ile aynı havuzlama duvarı ile



çevrilmiş bir mahalde tesis edilemez ve bu duvarlardan en az 3 m uzaklıkta kurulur. Dökme LPG tanklarının asgari emniyet mesafeleri aşağıda Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Dökme LPG tankları Asgari Emniyet Uzaklıkları[31]

Beher tankın su hacmi (m <sup>3</sup> )	Yeraltı tankları (m)	Yerüstü tankları (m)	Tankların birbirinden uzaklığı (m)
< 0,5	3	3	0
0,5-3,0	3	3	1
3,1-10,0	5	7,5	1
10,1-50,0	7,5	10	1
50,1-120,0	10	15	1,5
120,1-250	15	23	Birbirine komşu tankların çapları toplamının ¼’ü kadar
250,1-600,0	15	38	
600,1-1200	15	61	
1200,1-5000	15	91	
>5000	15	122	

### 3.6.2.3. LPG depolama tesisleri

Ülkemizde LPG depolama tesislerinin kurulumu TS 1446 “Sıvılaştırılmış Petrol Gazları(LPG)-Depolama Kuralları Standart”ına göre kurulmaktadır. LPG depolama tesisindeki tanklara ait emniyet mesafeleri aşağıdaki Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. LPG Depolama Tankları Asgari Emniyet Mesafeleri[32]

Tank Su Kapasitesi	En yakın tanka, binalara veya bina gruplarına, komşu arsa sınırına, ana trafik yollarına veya demir yollarına, olan en az mesafe, (m)		Tanklar arasındaki mesafe En az, (m)
	Örtülü Tanklar veya Yeraltı Tankları	Yerüstü Tankları	
< 0,5	3	3	0
0,5-3,0	3	3	1
3,1-10,0	5	7,5	1
10,1-50,0	7,5	10	1
50,1-120,0	10	15	1,5
120,1-250,0	15	25	Birbirine komşu tankların çapları toplamının ¼’ü kadar
250,1-600,0	15	35	
600,1-1200	15	40	
1200,1-5000	15	50	
>5000	15	80	

Ayrıca, dünyada LPG depolama tesislerinin kurulmasında yaygın olarak kullanılan API 2510 Standardına göre; gruplaştırılmış tanklar arasındaki minimum mesafe 1,5m yada en büyük küre tankın yarıçapı kadar, yada silindirikse  $\frac{3}{4}$ 'ü kadar, tank hacminin; 7,57-113,56 m<sup>3</sup> aralığında kapasiteler için yaklaşık 15m, 113,5-265 m<sup>3</sup> aralığında 23m, 265-340m<sup>3</sup> aralığında 30,5m, 340-454m<sup>3</sup> aralığında 38 m, 454 m<sup>3</sup>'ten yüksek kapasiteler için 61 m asgari mesafe konulmuştur[33].

NFPA 30 da ise yanıcı patlayıcı sıvıların depolanması hakkında benzer kurallar ayrıca tanımlanmaktadır. Kapasitelere yerleşim alanlarına göre asgari mesafeler karşılaştırıldığında, 2,8-45,4m<sup>3</sup> aralığında 4,6m, 45,4-113,5 m<sup>3</sup> aralığında 6m, 113,5-189m<sup>3</sup> aralığında 10m, 189-378,5m<sup>3</sup> aralığında 15m, 378,5-1900m<sup>3</sup> aralığında 23m, 1900-3785m<sup>3</sup> aralığında 30,5 m olarak açıklanmaktadır[34].

### 3.6.3. Asetilen tüplerinin depolaması

Tüplerin paslanmaz ve sert havaya karşı korunaklı, çok iyi havalandırılmış bir sahada depolanmalıdır. Tüp depoları yanmayan türden malzemelerden yapılmalı, hafif çatılı, kapıları dışarı doğru açılır olmalıdır. Attan ve üstten havalandırma kanalları bulunmalıdır. Deponun üst kısmı gazın kaçacağı şekilde meyilli yapılmalıdır. Statik elektriklenmeye sebebiyet verecek her türlü koşul ortadan kaldırılmalıdır. Tüm donanım kıvılcım çıkarmaz patlama-korumalı (explosion-proof) olmalıdır. Depolama esnasında tüp sıcaklığının -40 °C'nin altına inmeyecek, 45 °C'nin üstüne çıkmayacak şekilde önlem alınmalıdır. Asetilen tüpleri, oksijen gibi oksitleyici tüplerden uzak depolanmalıdır. Depolanan tüpler, devrilmeyecek ve yuvarlanmayacak şekilde tutulmalıdır. Tüp valfleri sıkıca kapatılmalı ve koruyucu kapakları yerinde olmalıdır. Dolu ve boş tüpler ayrı ayrı depolanmalı ve ilk önce eski stok kullanılacak şekilde dolu tüpler ayarlamalıdır[22].

### 3.6.4. LNG depolama

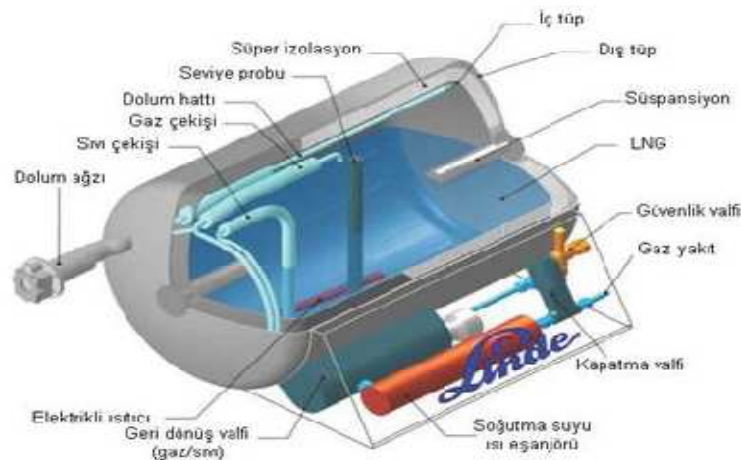
Ülkemizde LNG depolaması ile ilgili herhangi bir mevzuat bulunmamakla birlikte, Doğal gaz LNG depolanmasında uluslararası standart olarak kabul gören NFPA 59A "Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural

Gas(LNG)” kullanılmaktadır. LNG depolama tesisleri aşağıdaki Tablo 3.13’e uygun emniyet mesafeleri esas alınarak yapılmaktadır.

Tablo 3.13. LNG Tanklarına Ait Asgari Mesafeler[35]

Tank Su Kapasitesi		Tank Drenaj Sisteminin Kenarından, Binalara ve Mülk Hatlarına Olan Asgari Uzaklık		Depolama Tankları Arasındaki Asgari Uzaklık	
m <sup>3</sup>	Gal	m	Ft	M	Ft
<0,5	<125	0	0	0	0
0,5-1,9	125-500	3	10	1	3
1,9-7,6	501-2.000	4,6	15	1,5	5
7,6-56,8	2.001-15.000	7,6	25	1,5	5
56,8-114	15.001-30.000	15	50	1,5	5
114-265	30.001-70.000	23	75		
>265	>70.000	Tank çapının 0,7 katı, ama en az 30 m (100 ft)		Birbirine yakın tankların çaplarının toplamının ¼’ü { en az 1,5 m(5 ft) }	

Aşağıdaki Şekil 3.6’da görülen LNG tankı incelendiğinde; iç içe geçmiş iki tüpten oluştuğu ve aralarında izolasyon malzemesinin bulunduğu görülmektedir. -162°C sıcaklıktaki LNG’nin sıvı halde depolandığı, iç içe geçmiş iki tanktan oluşan kriyojenik bir tanktır. İçteki amacıyla, tüm tanklarda perlit malzemesi kullanılmakta ve vakum yöntemi uygulanmaktadır paslanmaz tank LNG depolanmakta kullanılırken, dıştaki çelik tank izolasyon amaçlıdır. Tankın dış ortamla ilişkisini minimize etmek ve verimi maksimize etmektir.



Şekil 3.6. LNG Tankı ve İç Yapısı[17]

## **BÖLÜM 4. ALAN ÇALIŞMASI OLARAK SEÇİLEN KOCAELİ-KÖRFEZ İLÇESİNDE BULUNAN TESİSLERİN RİSK MODELLEMESİ**

Bu bölümde; alan çalışması olarak belirlenen Kocaeli'nin Körfez ilçesinde bulunan endüstriyel tesisler hakkında genel bilgiler verilecek, bu tesisler ile çevresinde konuşlanan yerleşim yerlerinin tesislere ne kadar yakın olduğu, tesislerin içinden geçen demiryolu hattının bölgeyi sabotaja açık savunmasız bıraktığı göz önüne alınarak, afet senaryoları yapılacak ve olası endüstriyel kaza anında tesislerin çevresindeki yerleşim yerlerine olan etkileri; risk modellemesinin yapılıp, yangın mühendisliğinde kullanılan matematiksel formüllerle ve Amsterdam itfaiyesince de kullanılan TNO Effects simülasyon programı ile simüle edilecektir. TNO Effects programı Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanılmakta ve hemen hemen bütün Avrupa ülkeleri tarafından kabul görmektedir.

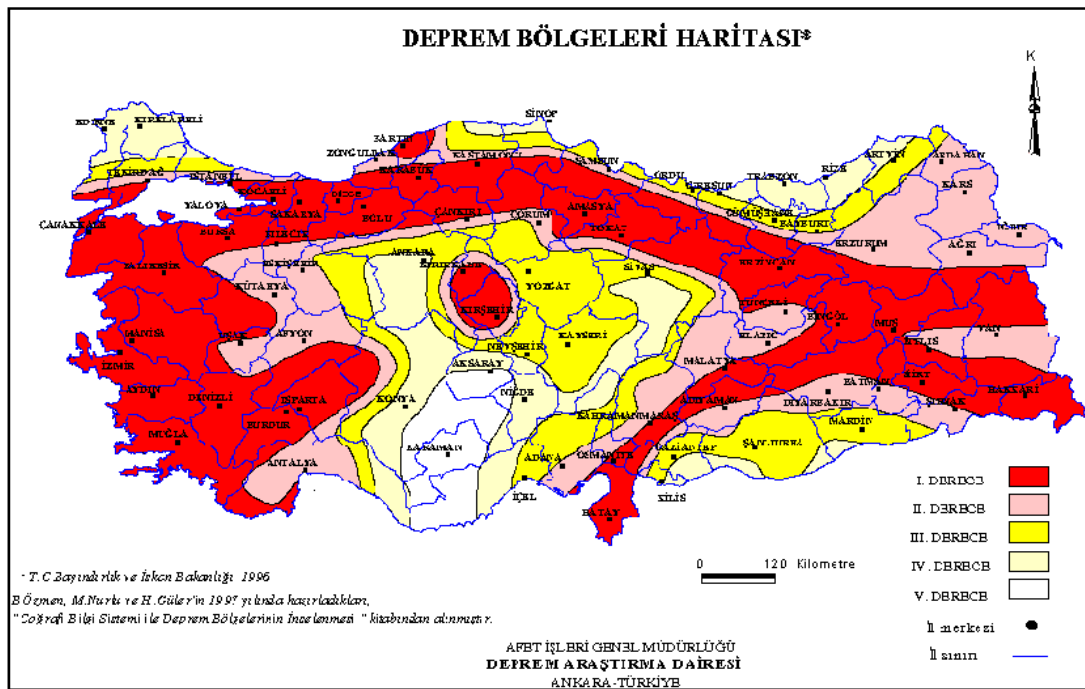
### **4.1. Bölge Tanıtımı**

Kocaeli coğrafi konumu, İstanbul gibi ticaret ve sanayi metropolüne yakınlığı, deniz, kara ve demiryolu ulaşım olanakları ve birçok avantajı nedeniyle özellikle 1960'lardan sonra hızla sanayileşen bir kent haline gelmiştir. Kocaeli, Gayri Safi Yurt İçi Hasılda ülke genelinde birinci durumdadır. GSYİH içinde ise sanayi sektörünün payı %75 civarındadır. Kocaeli imalat sanayi içindeki sektörel dağılıma bakıldığında %33'lük payla kimya sanayi birinci sırada, %20 payla makine sanayi ikinci, %18 payla ana metal sanayi üçüncü sırada yer almaktadır[36].

Alan çalışmasının yapıldığı Kocaeli'nin 12 ilçesinden biri olan Körfez'de ise; ülkemizin en büyük (11 milyon ton/yıl) üretim kapasiteli petrol rafinerisinin ve çevresinde konuşlanan 40'a yakın LPG depolama, tüp-tanker dolum, akaryakıt depolama ve dolum, amonyak üretim ve depolama tesisleri ve bu tesislere ait limanlar faaliyet göstermektedir. Körfez, bünyesinde bulundurduğu sanayi ve liman

işletmelerinin gerek sektörel faaliyetleri gerekse de büyüklükleri açısından ülkemizin en önemli sanayi kentlerinden biridir.

Körfez’de endüstrinin gelişimi ile birlikte artan nüfuza paralel olarak hızlı bir kentleşme dinamiği oluşmuş, bu durum kentin hızlıca büyümesine ve yerleşim alanlarının gelişi güzel artmasına neden olmuştur. Hızlı kentleşme ile birlikte zamanında yapılamayan şehir planlamaları nedeniyle yerleşim yerleri ile parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeleri depolayan endüstriyel tesisler arasında bırakılması gereken Sağlık Koruma Bandı ihmal edilmiştir. Ayrıca Şekil 4.1’de görüldüğü gibi Körfez’in 1. Derece Deprem Bölgesinde kalması nedeniyle 1999 Marmara Depremi'nin neden olduğu Tüpraş yangını bölge halkı için büyük bir risk oluşturmuştur.



Şekil 4.1. Türkiye Deprem Haritası[37]

Körfez rafineri bölgesi 1960'lı yıllarda Şekil 4.2’de görülen demiryolunun alt kısmında yerleşim merkezine uzak ve izole edilmiş bir halde kurulmuştur. Ancak rafinerinin etrafında herhangi bir Sağlık Koruma Bandı oluşturulmaması ve bu anlamda herhangi bir zorlayıcı yasal mevzuat bulunmaması nedeniyle, yukarıda belirtilen işletmelerin demiryolunun üst bölümüne kurulması engellenememiş ve

parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı özellik arz eden tesisler rafineri çevresine kurulmuştur. Bu riskli durumu engellemek için, Askeri ve Yasak Bölgeler Kanuna istinaden Bakanlar Kurulunun 6/1/1992 tarihli kararı ile Tüpraş etrafında 200 metrelik Güvenlik Bandı oluşturulmuştur. 200 metrelik güvenlik bandı içerisinde mevcut tesislerin çalışmasına izin verilmiş, ancak yeni kurulacak olan yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı tesislerin inşasına izin verilmemiştir. Rafinerinin korunması için oluşturulan 200 metrelik Güvenlik Bandı yine Bakanlar Kurulunun 16.5.2008 tarihli kararı ile kaldırılmıştır. Diğer taraftan depolama tesisleri ile yerleşim yerleri arasında da herhangi bir Sağlık Koruma Bandı bırakılmaması ve bölgeye konut yapma ruhsatı verilmesi sonucunda bu çarpık yapılaşma ortaya çıkarmıştır. Bölgeye bakıldığında yerleşim yerleri ile tehlikeli endüstriyel tesisler hemen hemen bitişik durumdadır. Nitekim 2002 yılında Akçagaz patlaması sonucu yerleşim yerleri büyük tehlike atlattır. Ayrıca yerleşim yerleri ile tesislerin yan yana konuşlanmış olması, tesislerin güvenliği için bir risk oluşturduğu da bilinmektedir. Olası bir afet durumunda; tesislere müdahale edilmesi zor, çevre sakinlerinin korunması ve bölge halkının tahliye edilmesinde bazı engeller çıkabilmektedir.



Şekil 4.2. Körfez Rafineri Bölgesi, Çevresindeki Dolum Tesisleri ve Yerleşim Alanlarına Ait Uydur Görüntüsü

## 4.2. Yangının Matematiksel Modellemesi

Parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolandığı endüstriyel tesislerde çıkabilecek yangınlarda; yangının alev boyu, eğimi ve yanma hızı, alev yüzeyinin yaydığı radyant ısı gücü, atmosferik ortamın absorpsiyon özellikleri, ısıya maruz kalan elemanların alacağı radyant ısı gücü ve bu ısı gücünün yaratacağı sıcaklık, ısıya maruz kalan elemanlarında tutuşma sıcaklığının aşılıp aşılmadığının kontrolü, yanma sonucu çıkan CO<sub>2</sub> ve CO miktarının tespiti, gibi yangın karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

### 4.2.1. Yangının alev boyu, eğimi yanma hızı

Açık kontrolsüz yangınlarda yakıt-oksijen karışımı yanma verimini yüksek tutacak bir oranda değildir. Yanma verimi düştükçe duman partikülleri, CO<sub>2</sub>, ve/veya CO gazı yanma işleminin sonucu olarak artış gösterir. Bu tür yangınlarda alev parlak olup, yaydığı radyant ısı enerjisi yüksek verimli yanmada ortaya çıkan radyant ısı enerjisine oranla çok daha yüksektir. Alev yüksekliği 'H', yakıtın ısı gücü 'Q' ile yanma yüzey çapının 'D' bir fonksiyonudur. Açık havuz yangınlarında H/D oranı püsküren(jet) alev yangınlarına göre çok daha düşüktür. Bu oranın hesabında açık havuz yangınları Denklem (4.1)'de verilen ifadenin kullanılması uygundur[38].

$$\frac{H}{D} = 3,7Q^{*2/5} - 1,02 \quad (4.1)$$

Burada 'Q\*' parametresi, aşağıda Denklem (4.2)'de verilen yakıtın ısı gücüne 'Q' ya bağlı Froude kat sayısıdır.

$$Q^* = \frac{Q/D^{5/2}}{1110} \quad (4.2)$$

Yakıtın ısı gücü 'Q' ise Denklem (4.3)'ten hesaplanabilir. Burada 'm' birim yüzden birim zamanda yanma nedeniyle oluşan kütle kaybı, 'ΔH' birim kütlenin yanmasıyla açığa çıkan net ısı enerjisi, 'A' ise havuz yangınının saçılma yüzey alanını ifade etmektedir[33].

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta H \cdot A \quad (4.3)$$

Birim yüzeyden birim zamanda oluşan kütle kaybı ' $\dot{m}$ ' aşağıda Denklem (4.4)'de verilmektedir.

$$\dot{m} = \frac{\dot{q} - \dot{q}_{rr}}{\Delta H_g} \quad (4.4)$$

Burada ' $\dot{q}_f$ '; birim yakıt yüzeyine ilettiği toplam ısı güç, ' $\dot{q}_{rr}$ '; yüzey yanması nedeniyle birim yakıt yüzeyinden kaybedilen radyant ısı güçtür. ' $\Delta H_g$ ' ise birim kütlenin gaz fazına geçmesi için gerekli ısı enerjisi olup, Denklem (4.5)'de maddenin mol ağırlığı ' $M$ ' cinsinden ifade edilmiştir.

$$\Delta H_g = -3.72 \times 10^{-6} M^2 + 0.0042M + 0.164 \quad (4.5)$$

H/D oranı alternatif olarak Denklem (4.6) kullanılarak ta hesaplanabilir[39].

$$H / D = 55 \left( m / \rho_a \sqrt{gD} \right)^{0.67} u^{*-0.21} \quad (4.6)$$

Denklem (4.6)'da ' $u^*$ ' boyutsuz hakim rüzgar yönü olup Denklem (4.7)'den elde edilebilir. Burada ' $u_w$ '; hakim rüzgar hızını, ' $\rho_a$ '; oda sıcaklığında havanın yoğunluğunu, ' $\rho_v$ '; yakıtın kaynama sıcaklığında buhar yoğunluğunu ve ' $g$ '; yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

$$u^* = u_w / \left( \frac{gmD}{\rho_v} \right)^{1/3} \quad (4.7)$$

Denklem (4.8)'de verilen yanma hızı ' $\dot{y}$ ' yangına müdahale etme süresinin tahmini bakımından önemli bir parametredir.

$$\dot{y} = \dot{y}_{\max} \left( 1 - e^{-k_m D} \right) \quad (4.8)$$



$$\dot{y}_{\max} = 1.27 \times 10^{-6} \frac{\Delta H}{\Delta H_g} \quad (4.9)$$

Denklem (4.9)'da ' $\dot{y}_{\max}$ '; sonsuz çaplı havuz yangını yanma hızı ve ' $k_m$ '; absorpsiyon katsayısı olarak tanımlanmaktadır[39].

Alev eğimi ' $\theta$ ' ise boyutsuz hakim rüzgar hızının, ' $u^*$ ', bir fonksiyonu olarak Denklem (4.10)'da hesaplanmaktadır[40].

$$\cos \theta = \begin{cases} 1 & u^* \leq 1 \\ 1/\sqrt{u^*} & u^* \geq 1 \end{cases} \quad (4.10)$$

#### 4.2.2. Yangının radyant ısı etkisi

Alev merkezinden ' $x$ ' mesafesindeki bir nesnenin birim yüzeyine nakledilen radyant ısı güç ' $\dot{q}''$ ', alev birim yüzeyinden yayılan birim ısı güç ' $E_f$ ', ortamdaki nem oranına bağlı iletim kat sayısı ' $\tau$ ' ve geometrik görüş faktörüne, ' $F$ ' bağlı olarak Denklem (4.11)'de hesaplanmaktadır[39].

$$\dot{q}'' = \tau \cdot E_f \cdot F \quad (4.11)$$

Alev birim yüzeyinden yayılan radyant ısı güç,  $E_f$  siyah cisim ışınımından birim yüzeye nakledilen radyant güç olan Denklem (4.12)'de verilen bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$E_f = \varepsilon [\sigma (T_f^4 - T_a^4)] \quad (4.12)$$

Burada, ' $\varepsilon$ '; emisyon katsayısı, ' $\sigma$ '; Stefan-Boltzman katsayısı, ' $T_f$ '; alev sıcaklığı, ' $T_a$ '; ortam sıcaklığı, olarak tanımlanmaktadır. Yüksek verimli hidrokarbon yangınlarında emisyon kat sayısı ' $\varepsilon$ ' birimken, düşük verimli hidrokarbon yangınlarında bu kat sayısı, duman partikülleri, karbondioksit ve su içeren yanma bileşikleri nedeniyle, 0,5 düzeyinin altına düşmekte ve radyant ısı gücün azalmasına

sebeptir. Emisyon katsayısı ‘ $\varepsilon$ ’ Denklem (4.13)’de verilen ve farklı yanma türleri için farklı olan absorpsiyon katsayısına ‘ $k_m$ ’ [40] ve ‘ $x$ ’ mesafesine bağlı olarak hesaplanmaktadır[39].

$$\varepsilon = 1 - e^{-k_m \cdot x} \quad (4.13)$$

‘ $F$ ’ geometrik görüş faktörü alev geometrisinin silindirik bir forma sahip varsayımından hareketle hesaplanmaktadır. Geometrik görüş faktörü denklem (14) kullanılarak, Denklem (4.15) ve (4.16)’da verilen düşey ve yatay geometrik görüş faktörlerinin, ‘ $F_v$ ’, ‘ $F_h$ ’, vektörel toplamından hesaplanmaktadır.

$$F = \sqrt{(F_v)^2 + (F_h)^2} \quad (4.14)$$

$$\pi F_v = \frac{a \cos \theta}{b - a \sin \theta} x \frac{a^2 + (b+1)^2 - 2b(1 + \sin \theta)}{\sqrt{AB}} x \tan^{-1} \sqrt{\frac{A}{B} \left( \frac{b-1}{b+1} \right)^{1/2}} + \frac{\cos \theta}{\sqrt{C}}$$

$$x \left[ \tan^{-1} \frac{ab - (b^2 - 1) \sin \theta}{\sqrt{b^2 - 1} \sqrt{C}} + \tan^{-1} \frac{(b^2 - 1) \sin \theta}{\sqrt{b^2 - 1} \sqrt{C}} \right] - \frac{a \cos \theta}{b - a \sin \theta} \tan^{-1} \sqrt{\left( \frac{b-1}{b+1} \right)} \quad (4.15)$$

$$F_h = \tan^{-1} \sqrt{\frac{b-1}{b+1}} - \frac{a^2 + (b+1)^2 - 2(b+1 + ab \sin \theta)}{\sqrt{AB}} x \tan^{-1} \sqrt{\frac{A}{B} \left( \frac{b-1}{b+1} \right)^{1/2}} + \frac{\sin \theta}{\sqrt{C}}$$

$$x \left[ \tan^{-1} \frac{ab - (b^2 - 1) \sin \theta}{\sqrt{b^2 - 1} \sqrt{C}} + \tan^{-1} \frac{(b^2 - 1) \sin \theta}{\sqrt{b^2 - 1} \sqrt{C}} \right] \quad (4.16)$$

Denklem (4.15) ve (4.16)’da verilen ‘ $\theta$ ’; alevin yüzey normali ile yaptığı açısı,  $a$ ,  $b$ ,  $A$ ,  $B$  ve  $C$  ise aşağıdaki Denklemlerden(4.17, 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21) yardımı ile hesaplanan katsayılarıdır.

$$a = H/D \quad (4.17)$$

$$b = x/D \quad (4.18)$$

$$A = a^2 + (b+1)^2 - 2(b+1) \sin \theta \quad (4.19)$$

$$B = a^2 + (b-1)^2 - 2(b-1) \sin\theta \quad (4.20)$$

$$C = 1 + (b^2 - 1) \cos^2\theta \quad (4.21)$$

Atmosferik ortamdaki su ve karbondioksit muhtevasına bağlı ‘ $\tau$ ’ iletim katsayısı ortam bileşenlerinin belli dalga boylarındaki elektromanyetik radyasyonu absorbe edilme özelliklerine göre belirlenmelidir. Su buharı için kuvvetli absorpsiyon dalga boyu bantları 1,8 $\mu\text{m}$ , 2,7 $\mu\text{m}$  ve 6,27 $\mu\text{m}$ , karbondioksit için ise 2,7 $\mu\text{m}$  ve 4,3 $\mu\text{m}$  olduğu bilinmektedir. Teoride temel alınan siyah cisim ışınımının % 81’inin 5,5 $\mu\text{m}$  dalga boyundan küçük olduğu göz önüne alınır, su buharı için 1,8 $\mu\text{m}$ , 2,7 $\mu\text{m}$ , karbondioksit için 4,3 $\mu\text{m}$  dalgaboyu bandına uygun Denklem (4.22) kullanılarak iletim katsayısı hesaplanabilir[39].

$$\tau = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad (4.22)$$

‘ $\alpha_w$ ’; su buharı absorpsiyon katsayısı, ‘ $\alpha_c$ ’; karbondioksit absorpsiyon katsayısı olup, Denklem (4.23) ve (4.24) bağıntılarından hesaplanabilir. Bu denklemlerde ‘ $\epsilon_w$ ’; su buharı emisyon katsayısı, ‘ $\epsilon_c$ ’; karbondioksit emisyon katsayısı, ‘ $T_f$ ’; alev sıcaklığı(K) ve ‘ $T_a$ ’; ortam sıcaklığını(K) ifade etmektedir.

$$\alpha_w = \epsilon_w (T_a / T_f)^{0,45} \quad (4.23)$$

$$\alpha_c = \epsilon_c (T_a / T_f)^{0,65} \quad (4.24)$$

‘ $\epsilon_w$ ’ ve ‘ $\epsilon_c$ ’; katsayıları atmosferik nem oranına bağlı olarak literatürde verilmektedir[39].

#### 4.2.3. Yanma sonucu CO<sub>2</sub> ve CO miktarının tespiti

Verimsiz yanma sonucu ortaya çıkan katı karbon partikülleri, kurum olarak bilinen ve duman katmanının içinde yer alan oluşumlardır. Karbon partiküllerinin oksidasyonu halinde, zehirleyici olarak bilinen karbondioksit ve karbonmonoksit gazı açığa çıkar[32].

Muhtelif maddeler için birim kütle için yanması ile açığa çıkan ısı enerjisi ' $\Delta H$ ' ile yanma sonrası birim kütle  $\text{CO}_2$  ve  $\text{CO}$  açığa çıkması için gerekli ısı enerjileri ' $\Delta H_{\text{CO}_2}$ ', ' $\Delta H_{\text{CO}}$ ', kalorimetre deneyleri sonucunda belirlenmektedir. Bu değerlerden birim kütle yakıtın yanması ile ortaya çıkacak  $\text{CO}_2$  ve  $\text{CO}$  kütle oranı, ' $\Psi_{\text{CO}_2}$ ', ' $\Psi_{\text{CO}}$ ' (stokiyometrik verim) bağıntılarından elde edilmektedir.

$$\Delta H_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta H}{\Psi_{\text{CO}_2}} \quad (4.25)$$

$$\Delta H_{\text{CO}} = \frac{\Delta H - \Delta H_{\text{CO}_2} \cdot \Psi_{\text{CO}_2}}{\Psi_{\text{CO}}} \quad (4.26)$$

Gerçek kütle oranı, ' $y_j$ ' ürün kütle verim oranı ' $\eta_j$ ' nispetinde azaltılmış ' $\Psi$ ' değerinden Denklem (4.27) yardımı ile belirlenmektedir[41].

$$y_j = \eta_j \Psi_l \quad (4.27)$$

Yangın veya patlamanın etki alanı yukarıdaki matematiksel formüller kullanılarak hesaplanabilmektedir. Ancak bu çalışmada Kocaeli Büyükşehir Belediyesi itfaiyesinde lisanslı sürümü bulunan TNO Effects simülasyon programı kullanılmıştır.

### 4.3. Tehlikeli Madde Kaza Senaryoları

İşletme içerisinde depolanan maddeler hangi senaryoların olabileceğini belirlemektedir. Bu çalışmada parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeleri depolama, dolum ve üretiminde olabilecek senaryolar iki bölüme ayrılmıştır. Afet senaryoları ve iş halinde olabilecek normal senaryolar.

#### 4.3.1. Afet senaryoları

LPG depolamalarında kullanılan silindirik-küre tanklar ve akaryakıt depolamalarında kullanılan silindirik tanklar; Türk/Avrupa/ABD Standartlarına uygun

konstrüksiyonların yapıldığı için, bu tankların normal şartlar altında patlaması veya herhangi bir şekilde tahrip olması mümkün görülmemektedir. Ancak işletme içerisinde olabilecek bir yangın veya iş kazasının büyümesi sonucu afet senaryosu oluşturabilir. Örnek olarak iş kazası sonucu çıkabilecek bir yangına zamanında veya yetersiz müdahale sonucu yangının büyüüp yakınında bulunan tankları ısıtıp, yangın çıkmasına veya patlamasına neden olabilir. Ayrıca işyerinden kaynaklanmayan, dışarıdan olabilecek senaryolar da vardır. Bunlar deprem, sabotaj halinde oluşabilecek senaryolardır. Afet senaryoları her işletme içerisinde bulunan parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelere bakılarak belirlenir. Bu çalışmada senaryolar bir veya iki senaryo ile sınırlandırılmıştır.

#### **4.3.2. İş halinde olabilecek senaryolar**

İş halinde olabilecek senaryolar iki bölüme ayrılır. Birinci bölümdeki senaryoların etkileri işletme içerisinde kalır ve çevreye hiçbir etkisi olmaz veya çok az miktarda çevrenin etkilenmesine neden olur. Bu senaryoların genişlememesi için, tesiste çıkabilecek yangını bünyesinde oluşturduğu Acil Müdahale Ekiplerinin kendi imkanlarıyla müdahale edip, büyük bir afete dönüşmesini önlemesi gerekmektedir.

İkinci bölüm senaryoları ise çevreye zarar verebilecek işletmede çıkan iş kazalarıdır. Bu kazaların çevreye vereceği zarar; kazanın büyüklüğüne, işletme tarafından alınmış önlemlere ve Acil Müdahale Ekibinin organize bir şekilde müdahalesine bağlıdır.

#### **4.4. Kaza ve Etkileri**

LPG depolamalarında kullanılan küre tankların ani bir şekilde patlaması sonucu açığa çıkan yüksek ısı, ateş topu ve basınç artışı bu senaryolardan çıkabilecek en büyük tehlikeli olanıdır. Tankta basınçla sıvı haline getirilmiş LPG'nin çevredeki yangından dolayı ısı artışı sonucu hacmi genişler, artan basınçla birlikte emniyet valfi açılır ve LPG atmosfere atılmaya başlanır, böylece tank içerisinde basınç biraz azalmış olsa da, ortamda tutuşturucu kaynak olduğu için emniyet valfinden atılan LPG'de tutuşur, ısının artmasıyla tank içerisindeki LPG kaynamaya başlar, oluşan

yüksek sıcaklığında etkisiyle tank cidarı aşırı derecede ısınır ve patlayarak yırtılması sonucu oluşan BLEVE patlamasıyla çıkan gaz direk yanar ve bu yangın sonucu ısı ve basınç artar. Isı etki alanı basınç artış alanından büyük olduğu için basınç artışı genelde ihmal edilir. Kaza sonucu ortaya çıkan etkileri aşağıdaki Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kazaların İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkileri

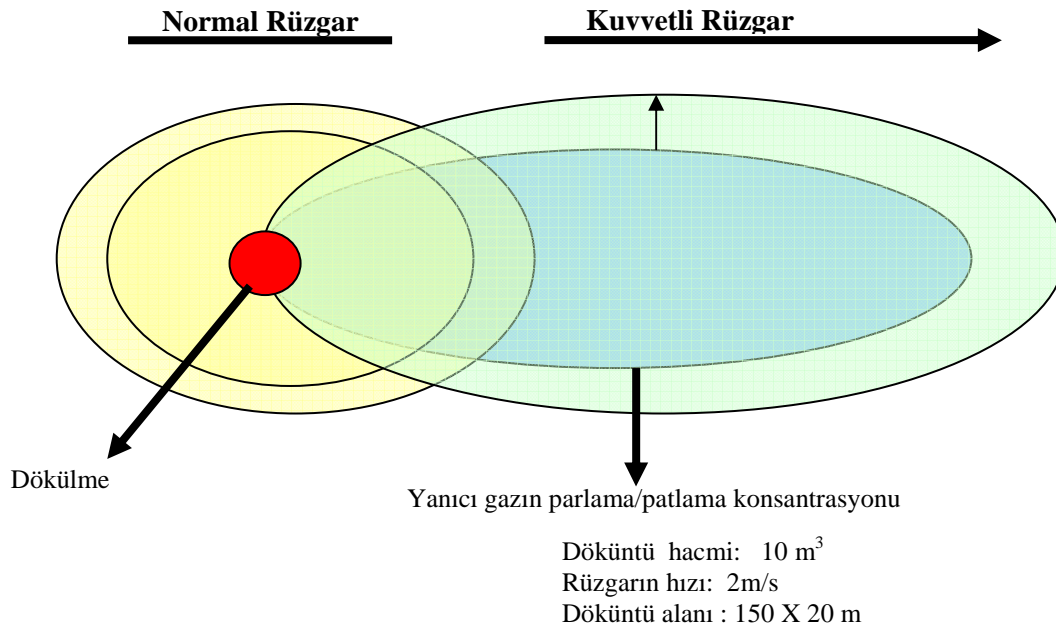
Kaza	Etki
Yangın	Isı artışı sonucu yanık yaralanması, çevrede bulunan başka maddelerin ısı ile tutuşması
Fiziksel patlama (yangınsız)	Basınç artışı ve parça fırlatması sonucu yaralanma, Çevrede bulunan başka tankların veya konstrüksiyonların çökmesi sonucu diğer kazaların oluşması,
Yangın sonucu fiziksel patlama ( BLEVE)	Yangın nedeni ile yanık yaralanması ve basınç artması sonucu yaralanma, Çevrede bulunan başka depoların veya konstrüksiyonların çökmesi sonucu diğer kazaların ve yangınların meydana gelmesi,
Zehirli madde kaçağı	Zehirlenme, Çevrenin tahrip olması, Zehirli maddelerin yayılması,
Aşındırıcı sıvı maddeler akımı	Kimyevi yanık yaralanması, Aşındırıcı (asit - bazların çevreye yayılması)

#### 4.4.1. Yangın sonucu meydana gelen ısı ve etkileri

Yüksek ısı insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Oluşan zarar ısının yüksekliğine göre değişir. Isı insanlarda yanık yarasına ve hatta yangın derecesine göre ölüme neden olabilir. Çevreye verilen zararlar ise çevrenin yangın sonucu tahrip olması, çevrede bulunan depoların ısınıp yanması ve/veya patlaması olarak söylenebilir. Yangın sonrası oluşan ısı ve etkisi Tablo 4.2.’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Yangın Sonucu Oluşan Isı ve Etkisi[42]

Yangın sonucu oluşan ısı (kW/m <sup>2</sup> )	Etki
3	Koruyucu elbiselerle itfaiye elemanlarının uzun süre kalabileceği mesafe
10	Koruyucu elbiselerle itfaiye elemanlarının çok kısa kalabileceği alan
15	2 nci ve 3 ncü derece yanık yarası tehlikesi
25	Kısa bir süre içerisinde ölüm tehlikesi



Şekil 4.3. Yanıcı ve Patlayıcı Maddeler Döküntüsü ve Etki Alanları

Yanıcı sıvıların dökülme halinde buharlaşarak havaya karıştığı ve parlama konsantrasyonuna ulaştığı an, çevrede bulunan bir ateş kaynağı yanıcı gaz bulutunu parlatır ve patlama oluşturur. Oluşan patlama sonucu hem ısı artışı hemde basınç artışı meydana gelir.

#### 4.4.2. Patlama sonucu basınç artışı

Patlama sonucu oluşan basınç artışı insan sağlığına ve çevreye önemli zararlar vermektedir. Aşağıdaki Tablo 4.3.'de patlama sonucu basınç artışının insan sağlığına ve çevreye etkisi görülmektedir.

Tablo 4.3. Patlama Sonucu Basınç Artışının İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkisi[42]

Basınç (bar)	İnsan Sağlığına Etkisi	Basınç (bar)	Çevreye Etkisi (Konstrüksiyonlara)
0.02	Kısa süreli sağırlık	0.03	Camların kırılması
0.1	Denge bozukluğu ve düşme	0.17	Duvarlarda çatlama ve kırılma
0.3	Kulak zarlarının tahribi	0.4	Beton ve tuğla duvarlarda ciddi hasar
1	Ciğerlerin zarar görmesi	0,5	Tank ve kamyonları devrilebilir
2	Yüksek oranda ölüm tehlikesi	1	Bütün konstrüksiyonların yıkılması

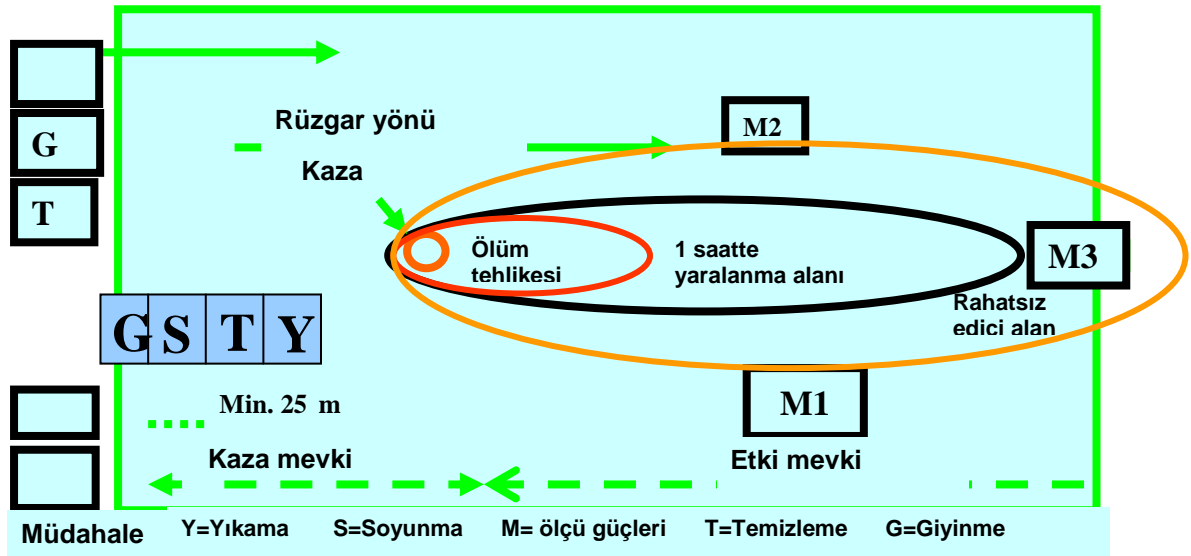
#### 4.4.3. Zehirlenme

Endüstriyel kazalarda zehirli maddeler dökülüp buharlaşarak, ortamdaki havaya karışır ve böylece insan sağlığına ve çevreye zarar verirler. Her zehirli maddenin kendine özel bir zehirlenme konsantrasyonu bulunmaktadır. Genelde kazalar sonucu çevre ve insan sağlığına zehirlenme etkilerini belirlerken, insanların aldığı doz (konsantrasyon \* zaman) göz önüne alınarak kaza simülasyonları hazırlanmaktadır. Bu çalışmada yapılan simülasyonlarda insanın etki alanında kaldığı zamanın, genelde bir saat olduğu kabul edilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 4.4'de zehirli madde dökülmesinde etki ve müdahale alanı şematik olarak gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde kaza alanı rüzgar yönüne bağlı olarak üç bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm ilkyardım ekiplerinin müdahale edebileceği alandır. İkinci bölüm ise kazaya müdahale edilen alandır. Bu alanda dökülen kimyasalların konsantrasyonları yüksek olduğu için müdahale ekiplerinin dökülen kimyasallara göre kendilerini koruması gerekmektedir. Üçüncü alan ise dökülen



kimyasalların çevreye etki alanıdır. Bu alanda kendi arasında üçe ayrılır. Birinci bölümde konsantrasyonun yüksek olması nedeniyle insanların aniden ölümüne sebep olabilir. İkinci bölüm ise bir saat içerisinde insanların zehirlenmesine neden olabilir. Üçüncü bölüm ise koku ve baş ağrısı yönünde insanların rahatsız olabileceği alandır.



Şekil 4.4. Zehirli Madde Dökülmesinde Etki ve Müdahale Alanı

#### 4.5. Kaza Senaryoları

Kaza senaryosu oluştururken, alan çalışmasının yapıldığı bölgedeki bütün parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolayan tesislerde inceleme yapılarak; tesislerde depolanan maddeler, toplam depolama kapasiteleri, depolama tanklarının hacimleri, çalışan personel sayısı, depolama tanklarının en yakın yerleşim yerine olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tesislerde olabilecek kaza senaryoları belirlenmiştir. Teorik olarak belirlenen senaryolar TNO Effects Simülasyon programı ile simüle edilmiştir.

Senaryo simülasyon hazırlanırken işletmelerin depolama özellikleri, depolanan maddenin cinsi ve depolanan maddenin miktarı dikkate alınmaktadır. İşletmenin aldığı önlemler senaryo simülasyonuna dahil edilmemiştir. Ancak bu önlemler senaryo değerlendirilmesinde göz önüne alınır ve ona göre riskler belirlenir.

#### 4.6. Bölge Risk Değerlendirilmesi

Kocaeli İli Körfez İlçesinde bulunan petrol rafinerisinin çevresinde konuşlanan parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddeler depolama, dolum ve taşımalarını yapan birçok işletme bulunmaktadır. Bu tesislerin faaliyet ağırlığı LPG ve bütan gaz depolama, dolum ve taşıma üzerine olup, ayrıca azımsanmayacak sayıda akaryakıt depolama ve dolum tesisleri bulunmaktadır. Bölgede bulunan depolama ve dolum yapan işletmeler genelde ham maddelerini rafineriden almaktadırlar. Bunun yanında bölgeye gemilerle de sıvı ve gaz halinde getirilen maddeler boru hatları ile bölgedeki tesislere iletilmektedir. Rafinerinin batısında ve rafineriyle bitişik durumda amonyak, üre ve kompoze gübre üretim tesisi faaliyet göstermektedir. Diğer taraftan bölge tehlikeli maddelerin yoğun bir şekilde depolama faaliyetinin yanında, madeni yağ depolama tesisi, kömür eleme ve paketleme tesisi, özellikle basınçlı kap imalatının yapıldığı çelik konstrüksiyon tesisleri ve katı maddelerin gemilere yükleme ve boşaltmasının yapıldığı liman işletmeciliği de bulunmaktadır.

##### 4.6.1. Rafineri ( TÜPRAŞ)

Türkiye petrol ürünleri tüketiminin yaklaşık % 40'ının gerçekleştiği tüketim merkezinin odağında yer alan İzmit Rafinerisi, Ana ürünler olarak, LPG, nafta, benzin, jet yakıtı, gazyağı, motorin, kalorifer yakıtı, fuel oil ve asfalttan oluşan 10,5 milyon ton/yıl petrol ürünü üretmektedir. İzmit Rafinerisi, üretime 1961 yılında 1 milyon ton/yıl ham petrol işleme kapasitesi ile başlamış ve yıllar boyunca gerçekleştirilen önemli kapasite artırımları ve yatırımlar sonucunda 1982'de kapasitesini 11,5 milyon ton/yıla ulaştırmıştır. Rafineride yaklaşık 1,2 milyon m<sup>3</sup> kapasiteli ham petrol tankları, 30 bin m<sup>3</sup> kapasiteli LPG tankları, 130 bin m<sup>3</sup> kapasiteli motorin tankları, 110 bin m<sup>3</sup> kapasiteli benzin tankları, 80 bin m<sup>3</sup> kapasiteli Jet yakıtı tankları, 180 bin m<sup>3</sup> kapasiteli fuel oil tankları, 260 bin m<sup>3</sup> kapasiteli asfalt tankları ve 2,3 bin m<sup>3</sup> kapasiteli solvent tankları bulunmakta, depolama tankları içerisinde bulunan en büyük tankın ise 135 bin m<sup>3</sup> kapasiteli ham petrol tankıdır[43].

#### 4.6.2. LPG depolama, dolun ve dağıtım tesisleri

Bölgede LPG depolama, tüp ve tanker dolunu yapan 17 tesis faaliyet göstermektedir. LPG depolama tesislerde 40'a yakın küre tankta ve 60 adet silindirik tankta yaklaşık 140 bin m<sup>3</sup> depolama kapasitesi bulunmaktadır[43]. Tesisler LPG'yi genelde yakınlarında bulunan rafineriden boru hatları ile temin etmekte veya dünya enerji piyasasında daha uygun koşullarla satın alınarak gemilerle limanlara getirilmekte ve buradan da boru hatları ile tesislere iletilmektedir. LPG, depolama tesislerinde genelde 5000, 4000, 3500, 3100 ve 2000 m<sup>3</sup>'lük kapasiteli küre tanklarında, 180, 150 ve 115 m<sup>3</sup>'lük silindirik yerüstü tanklarında ve nadiren de 500 ve 3500 m<sup>3</sup>'lük silindirik yeraltı tanklarında depolama yapılmaktadır. LPG daha sonra tanker dolun tesislerinde 20 m<sup>3</sup> kapasiteli LPG tankerlerine dolun yapılarak otogaz istasyonlarına ve dökme gaz kullanan bayilerine gönderilmekte, ayrıca tüp dolun tesislerinde ise çeşitli boyutlardaki LPG tüplerine dolun yapılarak müşterilerine sunulmaktadır.

#### 4.6.3. Akaryakıt depolama ve dolun tesisleri

Bölgede akaryakıt depolama ve dolunu yapan 6 büyük tesis faaliyet göstermektedir. Akaryakıt depolama tesislerinde 105'e yakın tankta yaklaşık 136 bin m<sup>3</sup> depolama kapasitesi bulunmaktadır. Bu tesislerde yakınlarında bulunan rafineriden mazot, benzin, fuel oil, jet yakıtı gibi mamulleri satın alarak veya yurtdışından daha uygun fiyatlarla temin ettikleri ürünleri gemilerle getirerek depolarında stoklamakta ve tankerlere dolun yaparak bayilerine dağıtım yapmaktadırlar.

#### 4.6.4. Amonyak üretim ve depolama tesisi (İGSAŞ)

Temeli 1974 yılında atılan, 1977 yılında bitirilen ve aynı yıl amonyak ve üre üretimi kompoze gübre üreten tesiste, yıllık 396 bin ton amonyak, 561 bin ton üre ve 118 bin ton kompoze gübre üretim kapasitesi bulunmaktadır. İlk kuruluşunda rafineride elde edilen nafta kullanılarak amonyak üretilirken, günümüzde doğalgaz kullanılarak amonyak elde edilmektedir. Üretilen amonyak tesiste inşa edilen çift cidarlı 5 bin m<sup>3</sup> kapasiteli tanklarda soğutularak sıvı amonyak halinde depolanmaktadır.



Şekil 4.5. Amonyak Depolama Tankları(İGSAŞ)

#### 4.6.5. Diğer faaliyetler

Bölgede parlayıcı, patlayıcı ve zehirli madde depolama tesislerinin yanında çelik konstrüksiyon imalatı yapan işyerleri, LPG dolum tesislerine tank ve ekipman üreten işyerleri, kömür depolama, eleme ve paketleme tesisi, madeni yağ depolama ve dolum tesisi de faaliyet göstermektedirler.

### 4.7. Bölgede Olası Kaza Senaryoları ve Modellemeleri

#### 4.7.1. LPG depolama ve dolum tesisleri

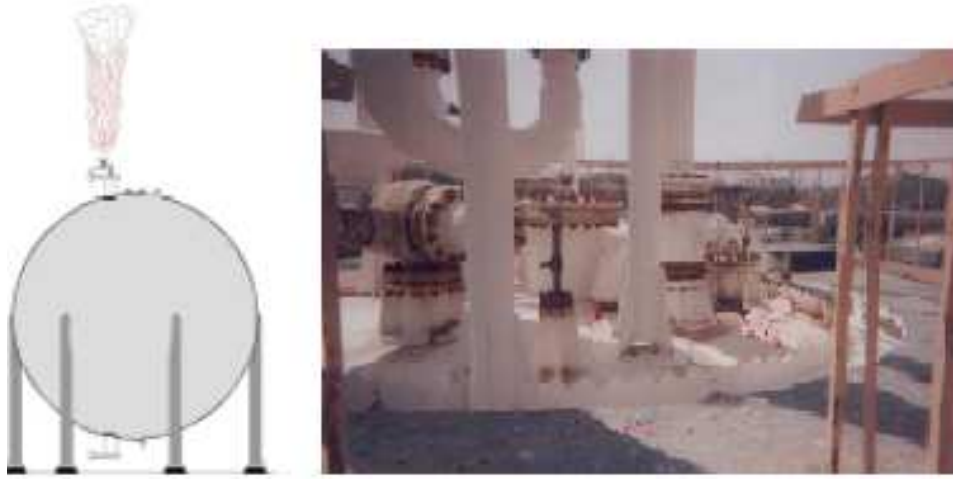
Bölgede bulunan LPG depolama, tanker ve tüp dolum tesislerinin faaliyetlerinin aynı olması nedeniyle kaza senaryolarının da aynı olması söz konusu olduğundan her işletmenin senaryoları ayrı ayrı yapılmamıştır. Bu çalışmada bölgedeki en büyük LPG depolama tesisinde olası kaza senaryoları belirlenerek modellemesi yapılmıştır. LPG yüksek basınç altında depolandığı için proseste kaçaklar oluşabilmektedir. Depolama ve dolum tesislerinde aşağıda belirtilen tiplerde kaçak oluşmaktadır.

- LPG iletim hatları ve ekipmanları üzerindeki kaçaklar
- Vana ve tesisat ek yerleri, conta ve kaçakları

- Tesisat üzerindeki yıpranma ve korozyon nedenli kaçaqlar
- İşletme hataları-aşırı dolum, örnek alma işlem hataları vb.

#### 4.7.1.1. LPG depolama tanklarında tipik yangın türleri

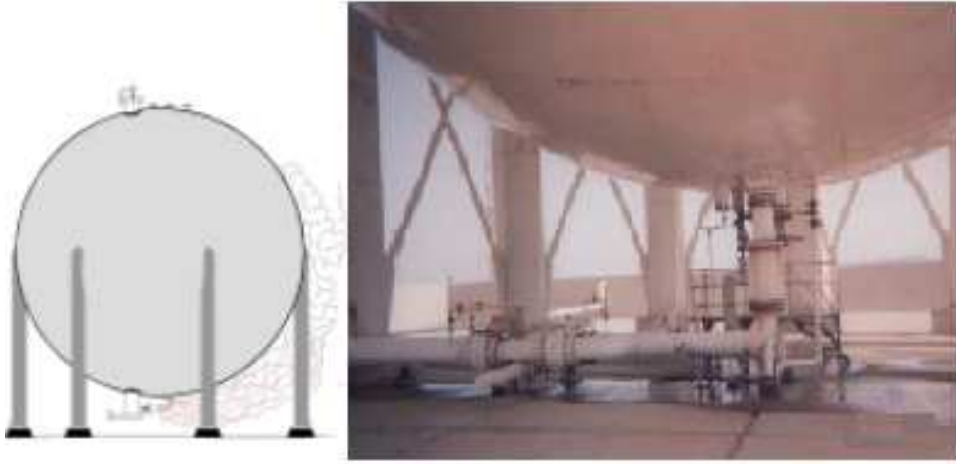
LPG depolama tesislerinde genelde iki tip yangın oluşmaktadır. Bunlar Püsküren veya Düşük Basıncılı Yangın ve BLEVE patlama yangınıdır. Düşük basınçlı yangın üç şekilde oluşmaktadır. Bu yangın tipleri aşağıda Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Püsküren veya Düşük Basıncılı Tank Üstü Yangını[44]

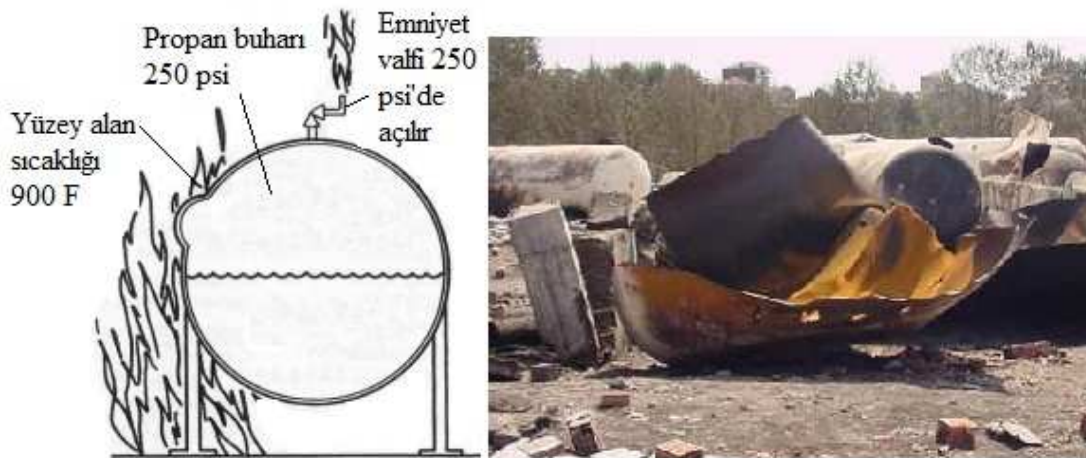


Şekil 4.7. Püsküren veya Düşük Basıncılı Tank Havuzu Yangını[44]



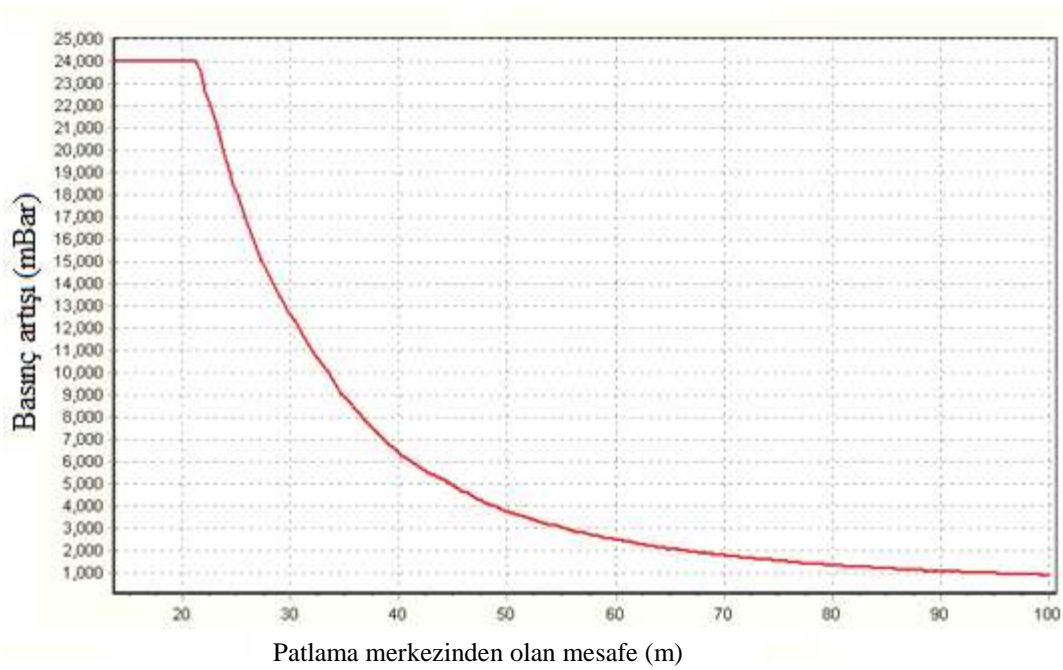
Şekil 4.8. Püsküren Tank Altı Yangını[44]

Tankta basınçla sıvı haline getirilmiş LPG'nin çevresindeki yangından dolayı ısı artışı sonucu hacmi genişler, artan basınçla birlikte emniyet valfi açılır ve LPG atmosfere atılmaya başlanır, böylece tank içerisinde basınç biraz azalmış olsa da, ortamda tutuşturucu kaynak olduğu için emniyet valfinden atılan LPG'de tutuşur, ısının artmasıyla tank içerisindeki LPG kaynamaya başlar, ısınmada etkisiyle tank cidarı sıcaklığı aşırı derecede artar ve en zayıf noktadan patlayarak yırtılması sonucu tank içindeki LPG buharı ani bir şekilde patlar. Oluşan patlamaya BLEVE patlaması denir. Patlamanın etkisiyle tankın yırtılan kısmı belli bir uzaklığa fırlamaktadır. Özellikle silindirik tanklarda yırtılmalar genellikle tank merkezine yakın olmakta ve patlamanın etkisiyle kopan uç kısım raket etkisiyle uzak mesafelere fırlayabilmektedir.



Şekil 4.9. Tank Bütünselliğini Bozan BLEVE Patlaması(Akçagaz Yangını)

LPG küre tankının patlamasıyla ısı yayılımı yanında çevredeki diğer yapılara ve insanlara zarar verebilecek ölçüde bir basınç artışı da meydana gelmektedir. Bu basınç artışı kürenin hacmine ve kürenin kritik patlama noktasına bağlıdır. LPG dolu 5000m<sup>3</sup>'lük bir küre patladığı zaman çevredeki basınç artışı aşağıdaki Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi 100 m'lik bir alanda bulunan yapılara ve konstrüksiyonlara 1 bar'lık bir basınç etkisi oluşturur. Bu basınç; patlama sonucu basınç artışının insan sağlığına ve çevreye etkisinin gösterildiği Tablo 4.3'de görüldüğü gibi, bütün konstrüksiyonların yıkılmasına ve ciğerlerin zarar görmesine neden olur.



Şekil 4.10. Küre Patlaması Sonucu Çevredeki Basınç Etkisi

#### 4.7.1.2. LPG depolama ve dolun tesis bilgileri

Olası kaza senaryosu ve modellemesi yapılacak LPG depolama, tanker ve tüp dolun tesisinde 4 adet 5 bin m<sup>3</sup>, 2 adet 4 bin m<sup>3</sup>, 2 adet 3,5 bin m<sup>3</sup>, 1 adet 2 bin m<sup>3</sup> ve 4 adet 115 m<sup>3</sup> LPG depolama tankı olup toplam depolama kapasitesi; 37.460 m<sup>3</sup>tür. Tesisin en yakın yerleşim yerine olan uzaklığı; 400 metredir.

#### 4.7.1.3. Afet senaryosu ve modellemesi

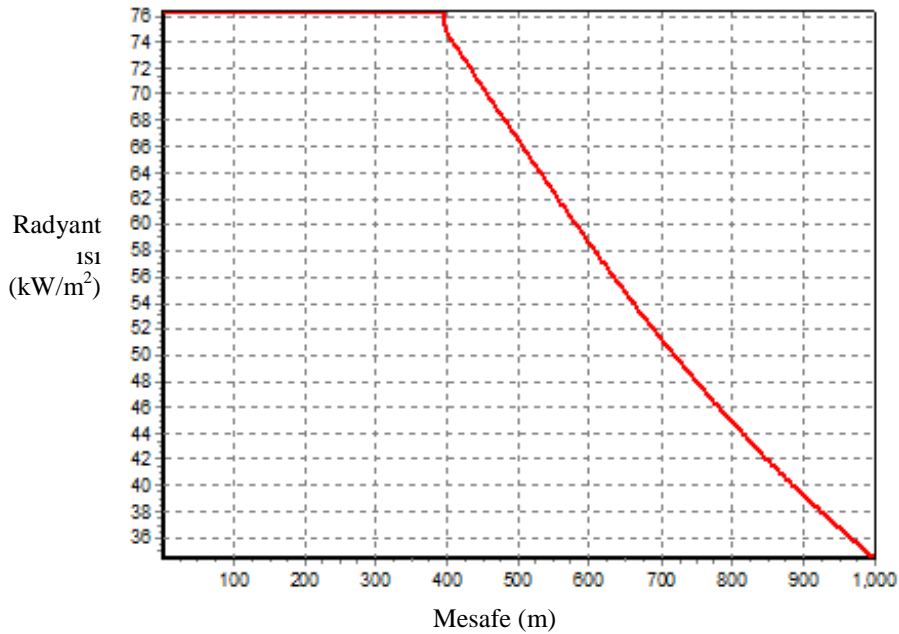
LPG/Propan depolama, tanker ve tüp dolun ve dağıtım faaliyetleri yapılan işletme içerisinde 4 ana tehlike bölümü belirlenmiştir. Bunlardan birincisi LPG depolama tank alanı ve LPG küre tanklarının alt ve çevresinde çıkabilecek yangın ve yangının genişlemesi sonucu BLEVE tehlikesi. İkincisi LPG tankeri dolunu sırasında LPG kaçağı oluşması ve tutuşturucu kaynağı ile teması sonucu çıkabilecek bir yangın sonrası BLEVE tehlikesi. Üçüncü tehlike bölgesi tüp dolun bölgesi ve son olarak dördüncü tehlike bölgesi ise sahilden ve rafineriden gelen boru LPG boru hatları olarak belirlenmiştir.

**1) LPG depolama tank alanı:** Tankların yapımı standartlara uygun yapıldığı için normal şartlar altında yıkılıp, tahrip olmaları imkansızdır. Kürelere bağlı olan boru hatları, pompalar ve diğer ekipmanlar; dedektör ve sprinklerler sistemleriyle korunduğu için çıkabilecek yangınların genişlemesini önlemektedir. Bu önlemler çıkabilecek yangınlarda tankların ısınıp BLEVE oluşmasını engellemektedir. Küre tanklar sadece olabilecek bir deprem, sabotaj veya uçak düşmesi sonucu ancak BLEVE oluşumu senaryosu belirlenmiş ve TNO Effects simülasyon programında modelleme yapılarak etki alanları hesaplanmıştır. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-I ve Ek-II'de verilmiştir. Aşağıda Tablo 4.4'de çeşitli hacimlerdeki LPG tanklarının BLEVE patlaması sonucu etkileri gösterilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde hacim itibarıyla etki alanı en büyük olan 5000 m<sup>3</sup>'lük LPG küre tankının BLEVE patlaması detaylı olarak ele alınmıştır.

Tablo 4.4. Çeşitli Tanklara Ait BLEVE Afet Senaryoları

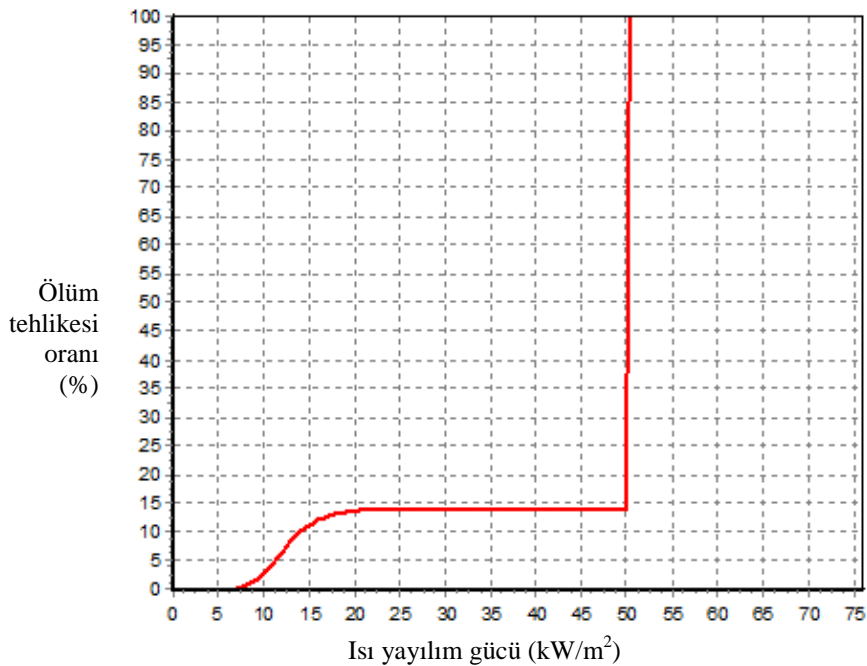
No	Tank hacmi (m <sup>3</sup> )	Max. alev alanı	15 (kW/m <sup>2</sup> )	10 (kW/m <sup>2</sup> )	3 (kW/m <sup>2</sup> )	% 1 ölüm tehlikesi
1	5000	420	150	310	650	1000
2	4000	170	-	65	220	550
3	3500	160	-	50	200	530
4	3100	155	-	50	200	520
5	2000	130	-	25	160	420
6	115	110	-	0	125	350





Şekil 4.11. 5000 m<sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

5000 m<sup>3</sup>'lük LPG küre tankının patlaması sonucu yukarıdaki Şekil 4.11'de görüldüğü gibi 400 m'lik mesafede(tesisın yerleşim alanına olan uzaklık) 76 kW/m<sup>2</sup>'lik radyant ısı etkisi oluştuğu görülmektedir. Patlamada 393,92 m yarıçapında/yükseğinde, 39,658 s süre ile yanan ve 1478,8 °C sıcaklığında alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-I). 76 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısı Şekil 4.12'de görüldüğü gibi 10 s içerisinde insanların ölümüne neden olmaktadır(Bkz. Ek-II).



Şekil 4.12. 5000 m<sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Isı Yayılım Gücünün Ölüm Tehlikesine Oranı

5000 m<sup>3</sup>'lük LPG küre tankının patlaması sonucu oluşacak alev topunun etki alanı Şekil 4.13'te harita üzerine applike edilmiştir.

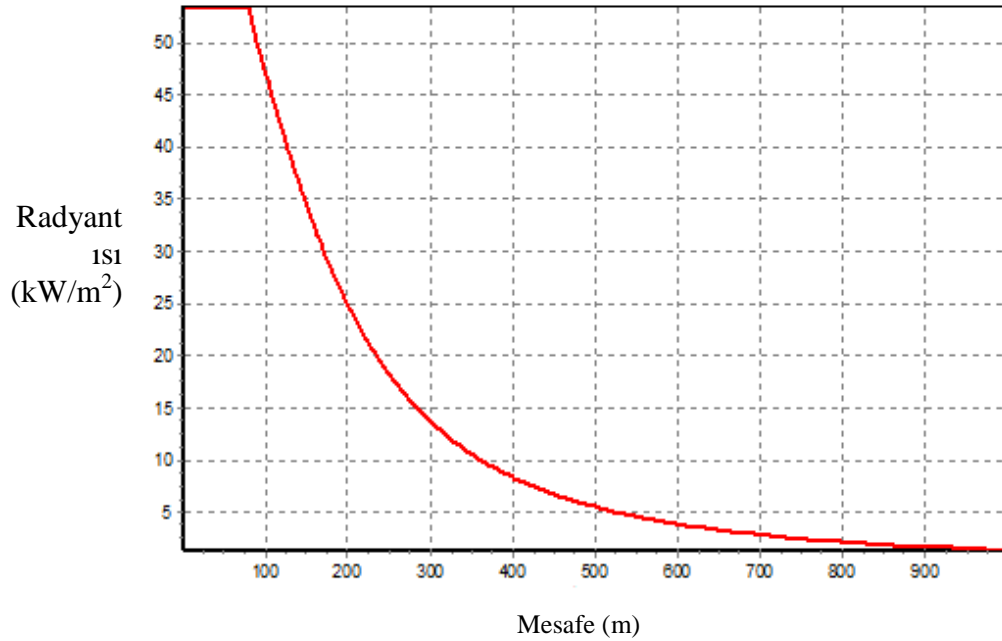


Şekil 4.13. 5000 m<sup>3</sup> LPG Tankının Patlaması Etki Mesafesinin Harita Üzerinde Görünümü

2) **LPG tanker dolum alanı:** LPG dolum bölgesinde 6 dolum platformu olup, platformlar dedektör ve spriklerlerle korunurlu ve aynı zamanda platformların etrafında köpük atıcı toplarda bulunmaktadır. LPG tanker dolum alanında 20 tonluk tankerin BLEVE oluşumu senaryosu belirlenmiş ve TNO Effects simülasyon programında modelleme yapılarak etki alanları hesaplanmıştır. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-III'te verilmiştir.

Tablo 4.5. LPG-Tanker Patlaması Senaryosu Modellemesi

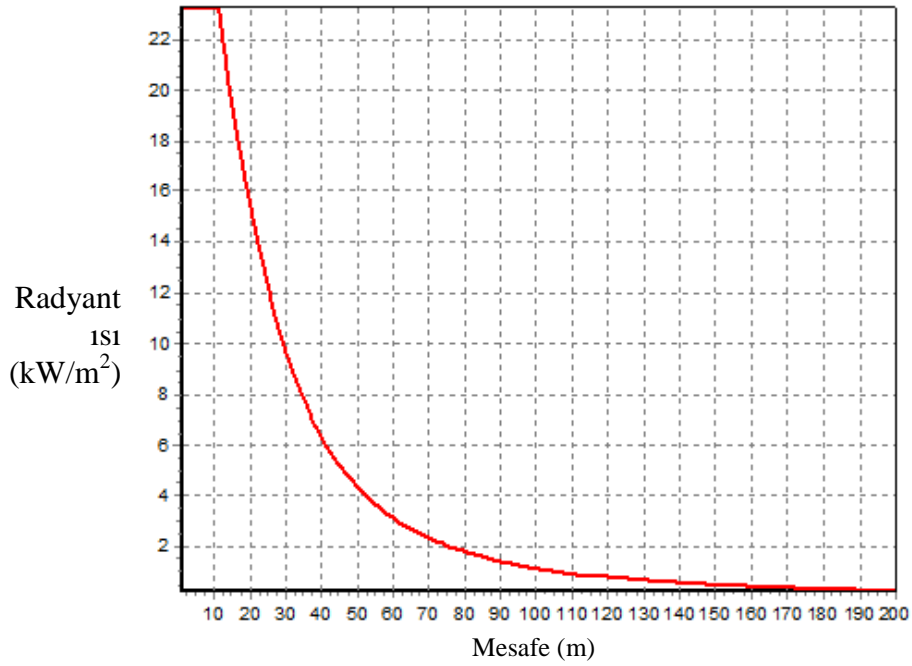
Senaryo	Alev çapı (m)	15 kW/m <sup>2</sup>	10 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	1% olum tehlikeli
20 Tonluk Tanker patlaması	80	280	350	600	210



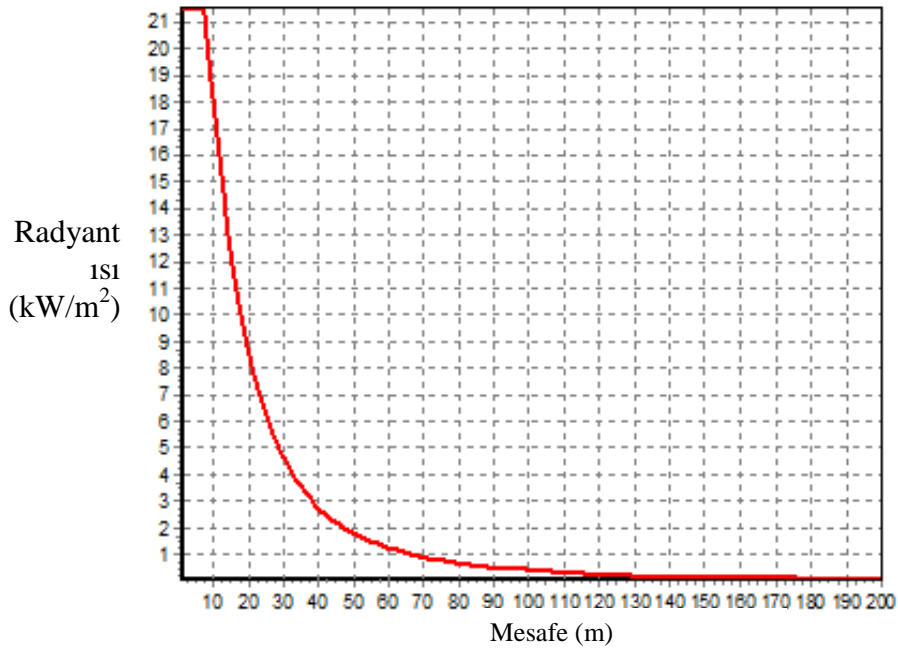
Şekil 4.14. 20.Ton'luk LPG Tankerinin Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

Ortalama bir LPG tankerinin kritik patlama noktası 20 bar'dır. Şekil 4.14'de 500 m'lik mesafeye 5 kW'lık ısı etkisi olduğu görülmektedir. Patlamada 157 m çapında ve 10,7 s süre ile yanan alev topu oluşmaktadır. Oluşan alev topunun maksimum ısı gücü 103 kW ve alev topu yüksekliği 236 m dir(Bkz. Ek-III).

**3) Tüp dolum bölümü:** Tüp dolum bölgesi standartlarına uygun bölgelere ayrılmış ve aynı zamanda giriş kontrolü (statik elektriğe karşı) ve sıcaklık, detektör ve sprinklerler gibi üç ayrı şekilde otomatik olarak koruma sistemine sahiptir. Tüp dolum bölümünde 45 ve 12 kg'lık tüpün BLEVE oluşumu senaryosu belirlenmiş ve TNO Effects simülasyon programında modelleme yapılarak etki alanları hesaplanmıştır. Modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-IV ve Ek-V'te verilmiştir. 45 kg tüpün patlamasıyla 11 m yarıçapında 2,29 s süre ile yanan alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-IV). Şekil 4.15'de 45 Kg tüpün patlaması ile oluşan radyant ısının mesafeye göre değişimi görülmektedir. 12 kg tüpün patlamasıyla ise 7,2 m yarıçapında 1,63 s süre ile yanan alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-V). Şekil 4.16'da 12 Kg tüpün patlaması ile oluşan radyant ısının mesafeye göre değişimi görülmektedir.



Şekil 4.15. 45 kg'lık Tüpün Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi



Şekil 4.16. 12 Kg Tüpün Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

#### 4.7.2. Akaryakıt depolama ve dolum tesisleri

Bölgede akaryakıt depolanması faaliyetine bakıldığında rafineriyle birlikte toplam 7 tesisin akaryakıt depolama, dolum ve taşıma işlemleri yaptığı görülmüştür. Bölgede bulunan akaryakıt depolama ve dolum tesislerinin faaliyetlerinin aynı olması

nedeniyle kaza senaryolarının da aynı olması söz konusu olduğundan her işletmenin senaryoları ayrı ayrı yapılmamıştır. Bu bölümde bölgedeki en büyük akaryakıt depolama tesisinde olası kaza senaryoları belirlenerek modelleme yapılmıştır.

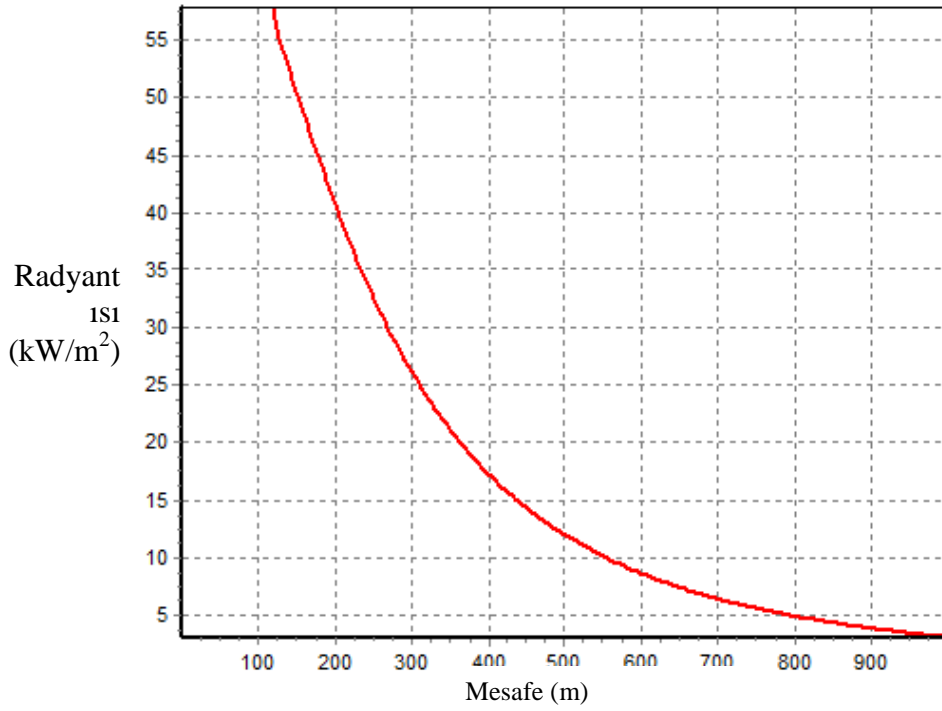
#### 4.7.2.1. Akaryakıt depolama ve dolun tesis bilgileri

Olası kaza senaryosu ve modelleme yapılacak akaryakıt depolama ve tanker dolun tesisinde 1 adet 6,5 bin m<sup>3</sup>, 2 adet 3,5 bin m<sup>3</sup>, 4 adet 2,5 bin m<sup>3</sup>, 4 adet 1,6 bin m<sup>3</sup> ve 6 adet 650 m<sup>3</sup> depolama tankı olup, toplam depolama kapasitesi; 33.800 m<sup>3</sup>tür. Tesisin en yakın yerleşim yerine olan uzaklığı yaklaşık 100 metredir.

#### 4.7.2.2. Afet senaryosu ve modellemesi

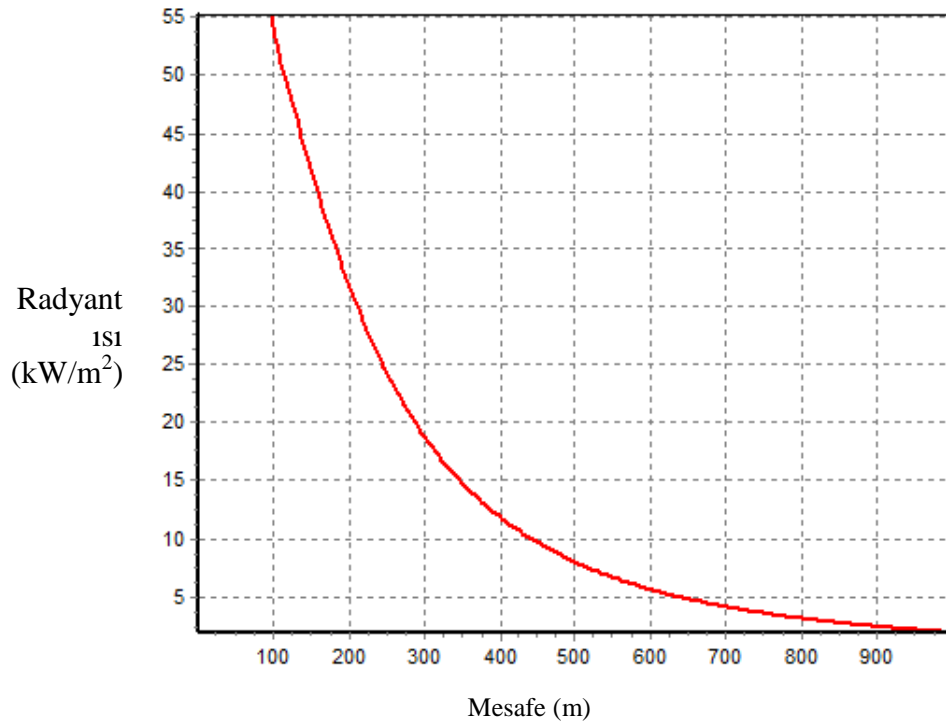
Akaryakıt depolama tesislerinde en çok görülen yangın türü depolama sırasında havuz yangınlarının çıkabilmesidir. Havuz yangınlarında birim yüzeye radyasyon yolu ile iletilen ısı gücün belirlenmesi ve yanma sonucu oluşan CO<sub>2</sub> oranının tespit edilmesi; bu tür yangınların çevresinde yarattığı riskleri tahmin etmemiz için çok önemlidir. Kaza senaryosu yapılan tesisteki tanklarda benzin, motorin ve fuel oil depolanmaktadır. Benzinin parlama noktası diğer yakıtlara göre çok daha düşük olduğundan yangın riski çok daha yüksektir. Bu nedenle kaza modellemesi yapılacak tesisteki benzin tankları için TNO Effects simülasyon programıyla modelleme yapılarak etki alanları hesaplanmıştır.

1) **6500 m<sup>3</sup> kapasiteli benzin tankının patlaması:** TNO Effects simülasyon programında 6500 m<sup>3</sup> benzin tankının patlama modellemesi yapılarak mesafeye göre radyant ısı aşağıdaki Şekil-31'de gösterilmiştir. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-VI'da verilmiştir. Şekil 4.17'de 100 m'lik mesafede(tesisın yerleşim yerine olan uzaklığı) 55 kW/m<sup>2</sup> üzerinde radyant ısı oluştuğu görülmektedir. Bu miktarda oluşacak bir ısı güc canlıların ölümüne neden olmaktadır. Ayrıca aşağıdaki Şekil 4.17 incelendiğinde; kısa bir süre içerisinde ölüm tehlikesinin meydana geldiği 25 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısının 300 metre mesafeye kadar ulaştığı görülmektedir. Patlamada 118,78 m yarıçapında/yüksekliğinde, 15,198 s süre ile yanan ve 943,43 °C sıcaklığında alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-VI).



Şekil 4.17. 6500 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

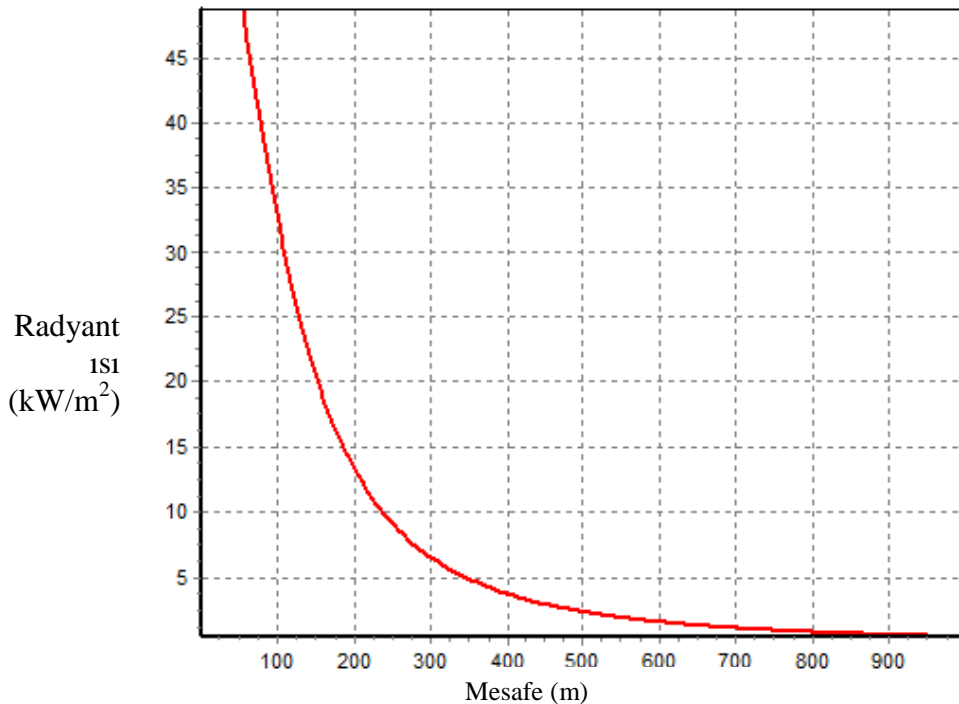
2) **3500 m<sup>3</sup> kapasiteli benzin tankının patlaması:** TNO Effects simülasyon programında 3500 m<sup>3</sup> benzin tankının patlama modellemesi yapılarak mesafeye göre radyant ısı aşağıdaki Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. 3500 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

TNO Effects simülasyon programında 3500 m<sup>3</sup> benzin tankının patlama modellemesi yapılarak mesafeye göre radyant ısı yukarıdaki Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-VII'de verilmiştir. Şekil 4.18'de 100 m'lik mesafede(tesisın yerleşim yerine olan uzaklığı) 55 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısı oluştuğu görülmektedir. Bu miktarda oluşacak bir ısı güç canlıların ölümüne neden olmaktadır. Ayrıca yukarıdaki Şekil 4.18 incelendiğinde; kısa bir süre içerisinde ölüm tehlikesinin meydana geldiği 25 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısının 250 metre mesafeye kadar ulaştığı görülmektedir. Patlamada 97,133m yarıçapında/ yüksekliğinde ve 12,939 s süre ile yanan alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-VII).

**3) 650 m<sup>3</sup> kapasiteli benzin tankının patlaması:** TNO Effects simülasyon programında 650 m<sup>3</sup> benzin tankının patlama modellemesi yapılarak mesafeye göre radyant ısı aşağıdaki Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları ve sonuçları Ek-VIII'de verilmiştir. Şekil 4.19'da 100 m'lik mesafede(tesisın yerleşim yerine olan uzaklığı) 32 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısı oluştuğu görülmektedir. Bu miktarda oluşacak bir ısı güç canlıların ölümüne neden olmaktadır. Ayrıca aşağıdaki Şekil 4.19 incelendiğinde; kısa bir süre içerisinde ölüm tehlikesinin meydana geldiği 25 kW/m<sup>2</sup> lik radyant ısının 125 metre mesafeye kadar ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.19. 650 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması ile Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi

Patlamada 56,2 m yarıçapında/yüksekliğinde ve 8,35 s süre ile yanan alev topu oluşmaktadır(Bkz. Ek-VIII).

Akaryakıt depolama tesisinde bulunan benzin tanklarının her birinin TNO Effects simülasyon programı yardımıyla modellenmesi yapılarak etki alanları aşağıdaki Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Benzin Tankı Patlaması Senaryo Sonuçları

Tank Hacmi (m <sup>3</sup> )	100 m. mesafede bulunan yerleşim yerine olan radyant ısı etkisi (kW/m <sup>2</sup> )	25 kW/m <sup>2</sup> radyant ısının etkileyebileceği mesafe (m)
6.500 m <sup>3</sup> 'lük Tank	55 >>	300
3.500 m <sup>3</sup> 'lük Tank	55	250
2.500 m <sup>3</sup> 'lük Tank	50	225
1.600 m <sup>3</sup> 'lük Tank	44	175
650 m <sup>3</sup> 'lük Tank	32	125

#### 4.7.3. Amonyak depolama tesisi senaryoları ve modellemeleri

İGSAŞ içerisinde bulunan ve proseslerde kullanılan birçok tehlikeli madde vardır. Bu maddelerin başında amonyak olup, işletme içerisinde bulunan 2 adet 5.000 m<sup>3</sup> depolama tankında soğutulmuş sıvı halinde depolanmaktadır. İgşaş tesisinde Amonyak üzerine dört ayrı senaryo çalışması hazırlanmış ve TNO Effects simülasyon programında modelleme yapılarak etki alanları hesaplanmıştır. Ayrıca modellemeye ilişkin parametre dataları Ek-IX, Ek-X, Ek-XI ve Ek-XII'de verilmiştir.

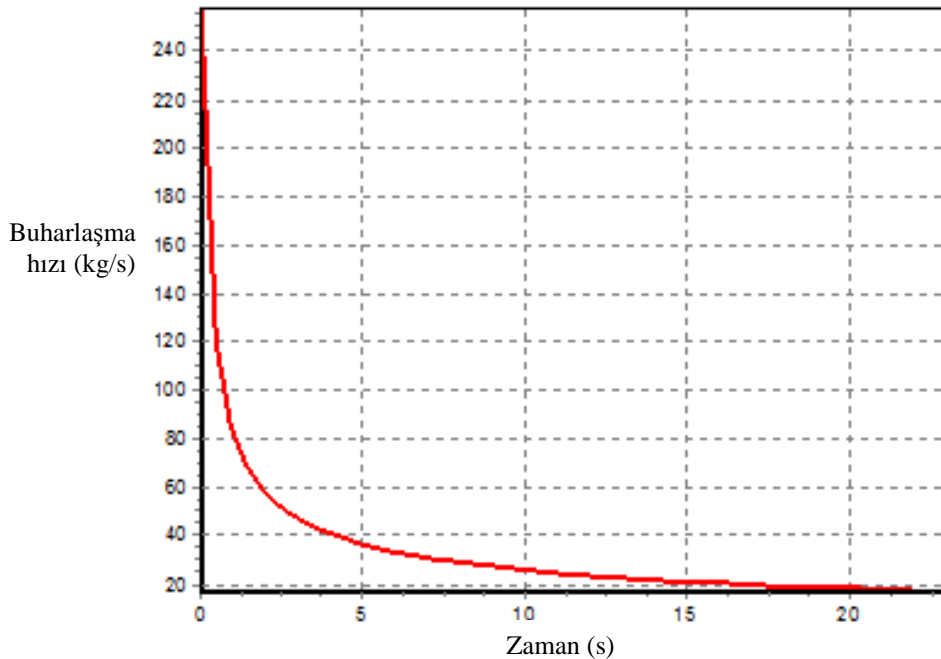


Tablo 4.7. Amonyak Tesisi(İGSAŞ) İçerisinde Olabilecek Senaryolar

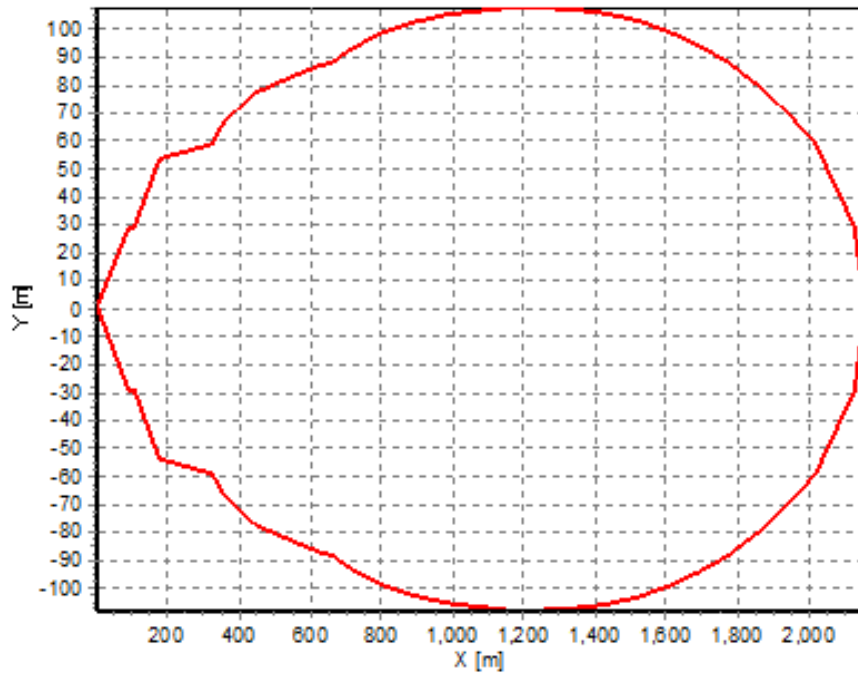
Senaryo	Dökülen amonyağın yayıldığı alan (m <sup>2</sup> )	Buharlaşma hızı (kg/s)	% 10 ölüm tehlikesi bulunan etki mesafesi (m)
Afet(tankın yırtılması) senaryosu	12000	32	2179
Dolum anında deniz suyu üzerine akıntı	10	0.033	38
Dolum anında zemin üzerine akıntı	150	0.3	663
Boru patlaması	400 (maksimum Kg)	0.2	130

#### 4.7.3.1. Olası afet senaryosu modellemesi

Bu senaryo; olası bir deprem, sabotaj veya uçak düşmesi sonucu meydana gelebilecek bir kazada, tesiste bulunan 5000 m<sup>3</sup>'lük tankın çökmesiyle sıvı amonyağın 12000 m<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmasıyla birlikte buharlaşarak, rüzgarında etkisiyle çevreye dağılmasıdır. Şekil 4.20'de afet sonucu dökülen amonyağın zamanın fonksiyonu olarak buharlaşma hızını, Şekil 4.21'de ise dökülen amonyağın rüzgarın 2 m/s etkisi altında ve 400 mg/m<sup>3</sup> sınır konsantrasyonundaki etki mesafesinde zehirlenme alanını gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Dökülen Amonyakın Zamanın Fonksiyonu Olarak Buharlaşma Hızı

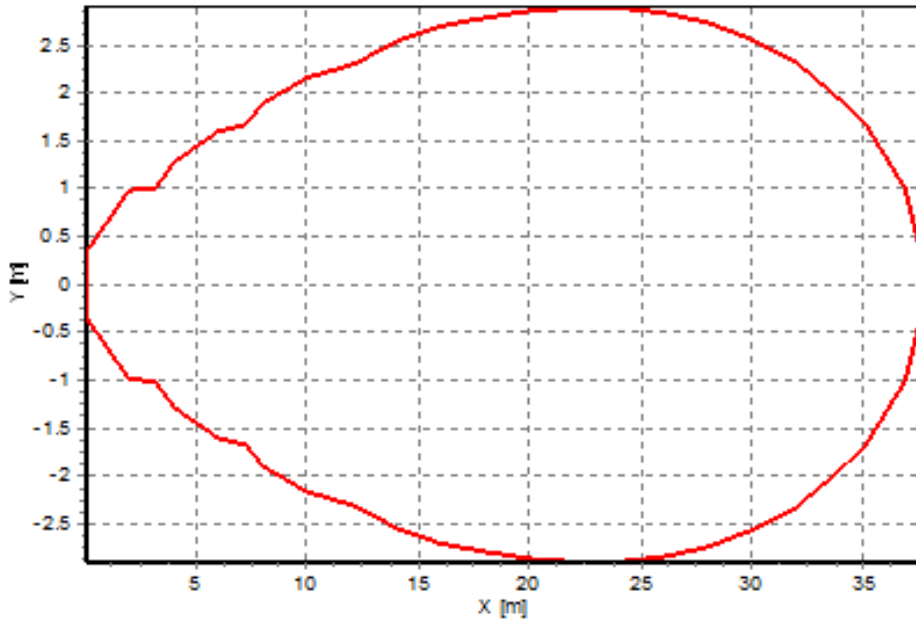


Şekil 4.21. Dökülen Amonyagın Etki Mesafesi

Buna göre; Şekil 4.21’de  $12000 \text{ m}^2$ ’lik bir alana yayılarak  $32 \text{ kg/s}$  hızla buharlaşıp  $2 \text{ m/s}$  rüzgar hızıyla ve  $400 \text{ mg/m}^3$  zehirlenme konsantrasyonunda amonyağın zehirlenme etkisi göstereceği alan yaklaşık  $395.230 \text{ m}^2$ ’lik bir alandır. Bölgede 1 saat kalan kişilerin % 10 ölüm tehlikesi  $2.197 \text{ m}$  olarak bulunmuştur(Bkz. Ek-IX).

#### 4.7.3.2. Dolum anında deniz suyu üzerine akıntı senaryo modellemesi

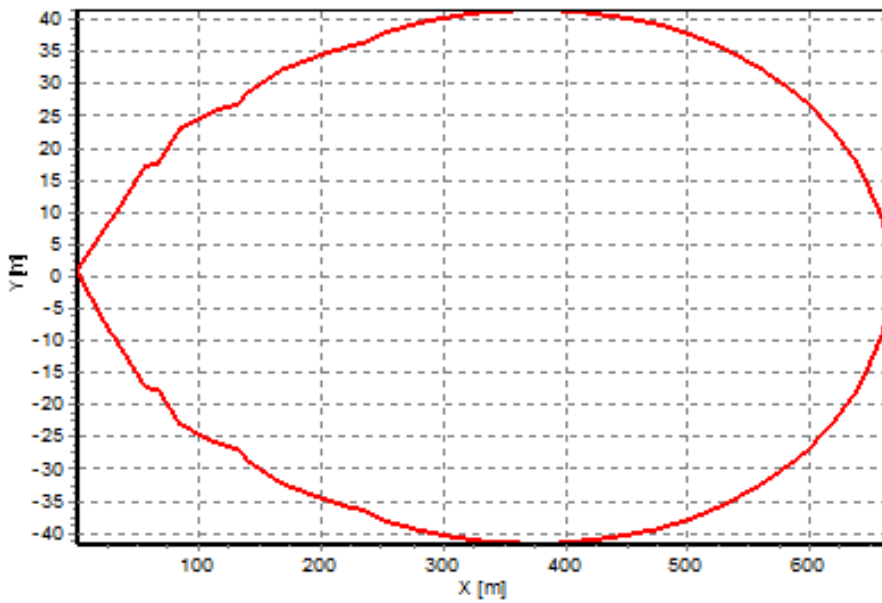
Bu senaryoda gemiden tanklara dolum anında  $2 \text{ m}^3$  amonyağın denize dökülmesi sonucu amonyağın zehirleyici etki mesafesinin ve alanın hesaplandığı modelleme yapılmıştır. Denize dökülen  $2 \text{ m}^3$  miktarında amonyak su üzerinde ortalama  $10 \text{ m}^2$ ’lik bir alana yayılır ve yaklaşık  $0.033 \text{ kg/s}$  hızla buharlaşarak, rüzgarında etkisi ile çevreye yayılıp zehirlenme etkisi gösterir. Şekil 4.22’de görüldüğü gibi etki mesafesi  $38 \text{ m}$  olup, etki alanı da  $1.634 \text{ m}^2$ ’dir(Bkz. Ek-X).



Şekil 4.22. Dolum Anında Su Üzerine Dökülen Amonyakın Etki Mesafesi

#### 4.7.3.3. Dolum anında zemine akıntı modellemesi

1 m<sup>3</sup> amonyak 150 m<sup>2</sup> alana akıp göl haline geldikten sonra buharlaşması ve rüzgarla yayılması sonucunda amonyağın zehirleyici etki mesafesinin ve alanın hesaplandığı modelleme yapılmıştır.



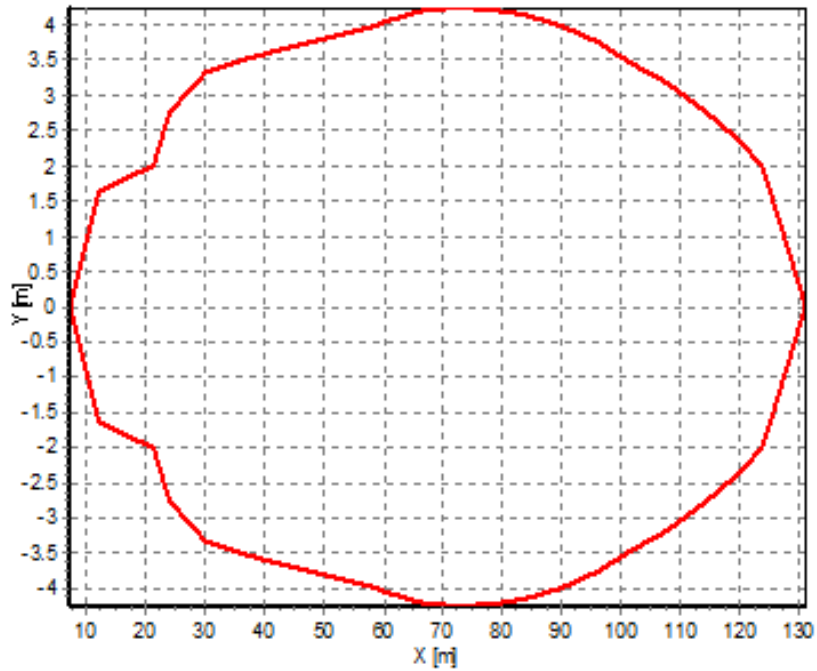
Şekil 4.23. Dolum Anında Zemine Akıntı

Şekil 4.23'de tankerden  $1\text{m}^3$ 'lük amonyağın  $3\text{kg/s}$  debide zemine dökülmesi sonucunda ortalama  $0.3\text{kg/s}$  buharlaşma hızında zehirlenme etki mesafesini ve alanını göstermektedir. Buna göre zehirlenme etki mesafesi  $663\text{ m}$  olup,  $41.422\text{ m}^2$  alanı etkileyeceği görülmüştür(Bkz. Ek-XI).

#### 4.7.3.4. Boru patlaması halinde akıntı modellenmesi

İşletme içerisinde bulunan amonyak borularının herhangi birinin patlaması ile amonyağın buharlaşarak havaya karışması sonucu oluşacak etki alanı; borunun bulunduğu yere bağlı olup, boruların açık alanda olmasına ve sızıntının büyüklüğüne göre değişmektedir.

Bu modellemede işletmede açık alanda bulunan ve prosese amonyak taşıyan boruların bir tanesinin patlaması ile maksimum  $400\text{ kg}$  amonyağın ortalama  $0.2\text{ kg/s}$  buharlaşma hızında zehirlenme etki alanı oluşturmaktadır. Şekil 4.24'te bakıldığında  $134\text{ m}$ 'ye kadar zehirlenme etkisi olduğu ve  $19.324\text{ m}^2$  alanı etkileyeceği görülmektedir(Bkz. Ek-XII).



Şekil 4.24. Boru Patlaması Halinde Dökülmenin Etkisi

## BÖLÜM 5. SONUÇ DEĞERLENDİRMESİ VE ÖNERİLER MODELLEMESİ

### 5.1. Patlayıcı Maddelerin Depolanması

LPG depolama tesisleri kurulurken gerek ülkemizde kullanılan yasal zorunluluklar ve gerekse dünya genelinde kullanılan standartlarda yer alan komşu arsa sınırı, ana trafik yollarına veya demiryollarına olan emniyet mesafeleri (Bkz: Bölüm 3) ile TNO Effects Simülasyon programıyla hesaplanan(Bkz: Bölüm 4) endüstriyel kaza sonucu oluşan etki mesafeleri Tablo 5.1’de verilmiştir. Tablo 5.1 incelendiğinde standartlara göre konulan asgari emniyet mesafelerinin; kaza sonucu oluşan etki mesafesine kıyasla çok daha düşük olduğu görülmektedir. Tankerler ile ilgili mevzuatta herhangi asgari emniyet mesafesi uygulanmadığından ilgili satırlar boş bırakılmıştır. Ayrıca çalışmada ele alınan LPG depolama tesisinin yerleşim yerine olan uzaklığının 400 metre mesafede olması riskin ne derece büyük olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.1. Patlayıcı Maddeler İçin Mevzuattaki Asgari Emniyet Mesafeleri ile TNO Programıyla Hesaplanan Etki Mesafeleri

Tank Tipi/Hacmi (m <sup>3</sup> )	Emniyet Mesafeleri (m)					
	PAR PAT	TYKY	TS 1446	API 2510	NFPA 30	TNO Effects
5.000m <sup>3</sup> /Küre Tank	40	91	50	61	30,5	1.000
4.000 m <sup>3</sup> /Küre Tank	30	91	50	61	30,5	550
3.500 m <sup>3</sup> /Küre Tank	30	91	50	61	30,5	530
2.000/ m <sup>3</sup> Küre Tank	30	91	35	23	23	480
115 m <sup>3</sup> / Silindirik Tank	15	15	15	23	10	350
20 m <sup>3</sup> / Silindirik Tanker	-	-	-	-	-	210

## 5.2. Parlayıcı Maddelerin Depolanması

Alan çalışmasında benzinin parlayıcı madde olması nedeniyle, bölgede bulunan çeşitli hacimlerdeki benzin tankları ele alınarak hesaplama yapılmıştır. Endüstriyel kaza sonucu oluşan etki mesafeleri ile mevzuatta bulunan komşu arsa sınırı, ana trafik yollarına veya demiryollarına olan emniyet mesafeleri Tablo 5.2’de karşılaştırılmıştır. Tablo 5.2 incelendiğinde çeşitli hacimlerdeki benzin tankları için bırakılan asgari emniyet mesafelerinin; kaza sonucu oluşan etki mesafelerine oranla çok daha küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışmada ele alınan akaryakıt depolama tesisinin yerleşim yerine olan uzaklığının 100 metre mesafede olması riskin ne derece büyük olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.2. Parlayıcı Maddeler İçin Mevzuattaki Asgari Emniyet Mesafeleri ile TNO Programıyla Hesaplanan Etki Mesafeleri

Tank Tipi/Hacmi (m <sup>3</sup> )	Emniyet Mesafeleri (m)				
	PAR PAT	TYKY	API 2510	NFPA 30	TNO Effects
6.500 m <sup>3</sup> /Silindirik Tank	40	40	61	30,5	300
3.500 m <sup>3</sup> /Silindirik Tank	30	30	61	30,5	250
2.500 m <sup>3</sup> /Silindirik Tank	30	30	61	30,5	225
1.600 m <sup>3</sup> /Silindirik Tank	30	25	23	23	175
650 m <sup>3</sup> / Silindirik Tank	25	25	23	10	125

## 5.3. Zehirli Maddelerin Depolanması

Zehirleyici maddelerin büyük hacimli tanklarda depolanması esnasında konulması gereken asgari emniyet mesafesine yönelik herhangi bir mevzuat bulunmamaktadır. Alan çalışması sırasında Amonyak depolama tanklarının en yakın yerleşim yerine olan uzaklığının yaklaşık 500 metre olduğu görülmüştür. Bu mesafe Amonyak tesisinde oluşabilecek kaza senaryolarında hesaplanan etki mesafeleri ile Tablo 5.3’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.3. Amonyak İle ilgili Hesaplanan Etki Mesafeleri ve Yerleşim Yerine Olan Mesafe

Senaryo	Dökülen amonyağın yayıldığı alan (m <sup>2</sup> )	%10 ölüm tehlikesi bulunan etki mesafesi (m)	Yerleşim yerine olan mesafe
Afet(tankın yırtılması)senaryosu	12000	2179	500
Dolum anında deniz suyu üzerine akıntı	10	38	500
Dolum anında zemin üzerine akıntı	150	663	500
Boru patlaması	400 (maksimum Kg)	134	500

Tablo 5.3 incelendiğinde; amonyak tankının yırtılması/çökmesi sonucu oluşacak afet durumunda 2179 metre mesafeye kadar, amonyağın dolum anında zemine akması ile 663 metre mesafeye kadar zehirleme etkisinin olacağı, dolayısıyla 500 metre mesafede bulunan yerleşim yerlerinin risk altında olduğu görülmektedir.

#### 5.4. Domino Etki Değerlendirilmesi

Önemli miktarlarda tehlikeli maddelerin üretildiği, depolandığı veya işleme tabi tutulduğu tesislerin bulunduğu büyük sanayi alanları, bir kazanın yakınındaki tesislerde zincirleme olarak büyük kazalara yol açabilme tehlikesini taşımaktadırlar. Bu kaza zincirlerine domino etkileri denilmektedir. Domino etkisi, bir kazanın sonuçlarının diğer kazalar ile artarak büyük bir kazaya yol açması olarak da tanımlanmaktadır[45].

Bölgede çıkacak bir akaryakıt veya LPG tankı yangınında civar tanklara sirayeti beklenmelidir. Bu nedenle Domino etkilerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli araçlar geliştirilmektedir. Örneğin Hollanda'da bu konuda bir araç geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu aracın yapısı su şekildedir:

1. Öncelikle Seveso II Yönerge kapsamına giren müesseseler, belirli mesafeler (örneğin 500 ila 1000 m'lik mesafeler) temel alınarak belirlenir.

2. Müesseselerin bir listesi hazırlanır ve bunları birbirileri ile aralarındaki mesafeler ve bünyelerinde buldukları tehlikeli maddeler hakkındaki bilgiler bir çizelge halinde hazırlanır.
3. Bu çizelgede mevcut olan müesseseler ve buldukları kimyasalların herhangi bir kombinasyonu için bir risk hesaplaması yapılır ve böylece her durumda, müesseseler arasında bir domino etkisinin oluşup oluşmayacağı belirlenir.
4. Belirlenen her müessese çifti kaydedilir ve raporlanır.

Bu yöntemdeki gerekli hesaplamalar genellikle bir bilgisayar programı geliştirilerek ve kullanılarak yapılabilmektedir[46].

Çalışmamızda kullanılan TNO Effecks programı sadece bir senaryoyu hesaplayabildiğinden, domino etkisiyle oluşacak etki alanı hesaplaması yapılmamıştır. Ancak parlayıcı ve patlayıcı madde depolama tanklarının herhangi birinde meydana gelebilecek bir yangının civar tanklara veya tesislere sirayet etme olasılığı yapılan hesaplamalar ile ortaya konulmuştur.

### **5.5. Yangınla Birlikte Oluşan Zehirli Gazlarının İnsan Sağlığına Etkisi**

Bölgede depolanan parlayıcı ve patlayıcı maddeler hidrokarbon olduğunda, yangın ile birlikte Karbonmonoksit ve Karbondioksit açığa çıkmaktadır. Karbonmonoksit kanda hemoglobine bağlanarak karboksihemoglobini 'COHb' oluşturur. Karboksihemoglobin kanda CO solumaya bağlı olarak birikir. Düşük dozlarda toksik bir narkotik etki yaratırken, dozun artması ile dokuların oksijen ile beslenmesi engellenir ve özellikle beyin dokuları için gerekli oksijen taşımadığından, hareketsizlik ve güçsüzlük hissini takiben beyin ölümü yaşanır. Bu tür bir zehirlenmenin en olumsuz yönü, belli bir doza erişinceye kadar etkisinin fark edilmemesi ve sonrasında güçsüzlük nedeniyle ortamdaki uzaklaşmanın mümkün olamamasıdır. Kanda %30 COHb sağlıklı bir kişinin güçsüz konuma düşmesi için yeterlidir[47].

Karbondioksit zehirleyici olan bir gaz değildir. Ancak nefes alma hızını artırıcı, dolayısıyla ortamdaki diğer toksik gazların bünyeye alınmasını hızlandırıcı bir etkisi



vardır. Karbondioksit konsantrasyonu %3 seviyesini bulduğu zaman solunum güçlüğü, %5-6 seviyesini bulduğunda 30 ile 60 dakika içinde bilinç kaybı, %7 ve üzeri seviyelerde birkaç dakika içinde kendinden geçme gerçekleşmektedir[47].

Yerleşim yerlerinin tesislere çok yakın olması nedeniyle, tanklarda çıkabilecek bir yangında, mücadele stratejisinin yangının söndürülmesi üzerine değil, yayılma ve toksik emisyonu asgari seviyelerde sınırlamak ve çevre tesislere sirayetini engellemek(depolama tanklarının soğutulması, su duvarı oluşturulması vb önlemler olarak) kaydıyla, yakıtın tükenerek yanması üzerine olmalıdır.

## 5.6. Öneriler

### 5.6.1. Etki alanında kalan yerleşim yerlerinin kaldırılması ve güvenlik bandı oluşturulması

Bu çalışma sonucunda parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolandığı bölgenin hemen bitişiğinde ve yaklaşık 7,5km<sup>2</sup> alanda bulunan iki mahallenin risk altında olduğu görülmektedir. Bu yerleşim bölgesinin can ve mal güvenliği bakımından uygun başka bir bölgeye taşınması gerekli görülmektedir. Etki alanı içinde kalan yerleşim yerleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki Tablo 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Etki Alanında Kalan Yerleşim Yerlerine Ait İstatistik Bilgiler[48]

Mahalle	Konut sayısı	İşyeri sayısı	İnşaat sayısı	Bina sayısı
Barbaros	1342	499	18	487
Güney	4338	1160	230	1633
Toplam	5780	1659	248	2120

Tablo 5.4 incelendiğinde; taşınması gereken yerleşim yerlerinde oldukça yapılaşma olduğu ve bu nedenle bölgenin taşınması işleminin oldukça maliyetli olduğu görülmektedir. Yapılan kaba bir hesaplama bölgedeki konut fiyatlarının; ortalama 60-120 bin TL arasında, işyeri fiyatlarının; ortalama 100-150 bin TL arasında ve inşaat halinde olan yapı bedellerinin de ortalama 50-80 bin TL arasında olduğu

öngörülerek, yapılan hesaplamayla konutlar için; 550 milyon TL, işyerleri için; 220 milyon TL ve inşaatı devam eden yapılar için 16 milyon TL olmak üzere, toplamda 786 milyon TL'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Yerleşim bölgesinin kaldırılması ilk bakışta maliyetli bir çalışma olduğu görülse de ileride oluşabilecek bir afet durumunda çok daha büyük bedeller ödenmesinin önüne geçecektir.

Ayrıca mevcut durumda bölge kontrolsüz ve sabotaja karşı açık bir durumdadır. Parlayıcı ve patlayıcı madde depolama tesisleri ile rafineri arasından geçen demiryolu hattı; bölgenin kontrolünü zorlaştırmakta sabotaj riskini artırmaktadır. Bölgede yapılan incelemede demiryolu hat güzergahının değiştirilmesi gerek ekonomik ve gerekse alan bakımından imkansız olduğu görülmüştür. Burada yapılabilecek en iyi çalışma demiryolu hattının tünel içine alınması veya hattın her iki tarafına duvar örülmesidir.

### **5.6.2. Bölgenin organize sanayi bölgesine dönüştürülmesi**

Bölgedeki ana ve tali yollar, liman ve iskeleler, LPG ve akaryakıt borularının geçtiği güzergahlar, demiryolu menfezi, enerji hatları gibi ortak kullanım alanlarının çevreden gelebilecek risklere karşı korunaksız olması nedeniyle; parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolama faaliyeti dışındakilerin kendi ilgili alanlarına taşınması, bölgeye giriş ve çıkışları düzenli hale gelmesi, bölgenin güvenliği için ortak güvenlik biriminin oluşturulması, özel eğitilmiş yangın ekiplerinin kurulması, ortak acil durum planlarının hazırlanması, acil durum araç ve gereçleri ile insan gücü sınırlı olan tesislerde; büyük kaza anında komşu tesisler arası karşılıklı yardımlaşma olanaklarının sağlanması, ortak su kaynağı oluşturulması, tesislerin sahip olduğu yangınla mücadele donanımlarının ortak kullanımının sağlanması için bölgenin sınırlarının belirginleştirilerek enerji organize sanayi bölgesine dönüşmesi gerekmektedir.

### **5.6.3. Yeni yapılacak depolama tanklarının yeraltına inşa edilmesi**

Bölgedeki parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolama kapasitesinin artırılmaması alınabilecek önlemlerin başında gelmektedir. Ancak bölgenin imar

planlarında sanayi depolama alanı olması ve bu konuda herhangi bir yasal engel bulunmaması nedeniyle kapasite artışının önüne geçilmesi olanaksızdır. Bu kapsamda oluşabilecek bir yangında domino etkilerinin ortadan kaldırılması için bölgede yapılacak tankların yeraltı tankı olarak dizayn edilmesi gerekmektedir.

#### **5.6.4. Acil durum planları**

Geçmişte yaşanan kazalardan ve doğal afetlerden alınan derslerden faydalanılarak entegre bir tehlike yönetimi yaklaşımı sergilenmesi ve acil durum planlamasının daha iyi bir şekilde yapılması gerektiğinin bilincine varılması teknolojik kazaların sayısını ve etkilerini azaltacak, bazı doğal afetlerin etkisini de hafifletecektir [49]. Acil durum planlarının hazırlamasındaki amaç, tesis içinde veya dışında etkilenebilecek herkesin korunmasını sağlamak ve kazaların mülk ve çevre üzerindeki hasarlarını en aza indirmek amacıyla kazaların engellemesi ve kontrol edilmesidir[50].

Acil durum planlarının etkili olması için, işletmeci, yerel merciler ve acil durum hizmeti veren kurumlar arasında yakın bir işbirliği olması gerekir. Acil durum planları, öngörülen en önemli kazalara müdahale edecek şekilde hazırlanmalıdır. Ancak ayrıntılı planlar, olasılığı en yüksek olaylar üzerine odaklanmalıdır. Bir acil durum planında, aşındırıcı, toksik, ekotoksik, yanıcı veya kanserojen maddeler, kaçak ekzotermik tepkimeler, toz patlamaları ve yangınlar gibi dikkate alınacak birçok durum bulunmaktadır. Birçok çeşitli olayın sonuçları, insan sağlık ve güvenliği ile çevre de dikkate alınarak değerlendirilmelidir[50]. Acil durum planları ayrıca, düzenli olarak gözden geçirilmeli, revize edilmeli ve güncellenmelidir.

#### **5.6.5. Denetim ve kontroller**

Parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolama tesislerinin gerek ilk kurulumu aşamasında (Çevresel Etki Değerlendirmesi(ÇED), Yer Seçimi ve Tesis Kurma İzni, inşaat ruhsatı aşamasında) ve gerekse GSM Ruhsatı aşamasında yetkililerce mevzuata uygunlukları yönünden kontrol edilmesi, bu tesislerin faaliyetleri sırasında endüstriyel kazalara karşı hazırlıklı olmaları bakımından sürekli denetim yapılması

ve eksiklikleri tespit edilen tesislerin eksiklikleri giderilinceye kadar faaliyetlerinin durdurulması gerekmektedir.

#### **5.6.6. Mevzuatın yeniden düzenlenmesi**

Yapılan hesaplamalar ve karşılaştırmalar; parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici maddelerin depolama tesislerinin dizaynında kullanılan zorunlu emniyet mesafelerinin yetersiz olduğunu göstermiştir. Bu tür tesislerin kurulması sırasında İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik gereği oluşturulan Sağlık Koruma Bandı ülkemizde yürürlükte olan tüzük, yönetmelik ve standartlar esas alınarak belirlenmektedir. Oysaki bu çalışmada da görüldüğü gibi tür tesisler için bırakılacak Sağlık Koruma Mesafesi çevre ve toplum sağlığı, can ve mal güvenliği açısından oldukça yetersizdir. Bu kapsamda yasal düzenlemeler yapılarak asgari emniyet mesafelerinin hesaplanan etki mesafelerine uygun hale getirilmeli ve parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolayan tesislerin kurulacağı alanlar belirlenirken endüstriyel kaza senaryoları dikkate alınarak yerleşim yerleri ile tesisler arasında yapılaşmayı önleyecek tampon bölge oluşturulmalıdır.

Ayrıca parlayıcı, patlayıcı ve zehirleyici madde depolayan kuruluşlarda büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve muhtemel kazaların, insanlara ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi için yüksek seviyede bir koruma temin eden, Seveso II Direktifi'nin ülkemizdeki karşılığı olan Büyük Endüstriyel Kaza Tehlikelerinin Kontrolü Yönetmeliği'nin taslak çalışmasının tamamlanarak biran önce yürürlüğe girmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] KADIOĞLU, M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği ve Afet Yönetimi Uyg-Ar Merkezi, İstanbul, 2008.
- [2] ÖZKILIÇ, Ö., İş Sağlığı, Güvenliği ve Çevresel Etki Risk Değerlendirmesi MESS, İstanbul, 2007.
- [3] KÜÇÜK, S., Endüstriyel Tesislerde Tehlikeli Kimyasal Yönetiminin İlkeleri, Arme İstisnai Eğitim ve Danışmanlık Hiz.Ltd.Şti., İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, Adana, 2007.
- [4] ARIKAN, E., Türkiye’de Büyük Endüstriyel Kaza Tehlikelerinin Yönetimi ve İlgili İşletmeler İçin Güvenlik Raporu Sorumluluğu, Ankara, 2006.
- [5] BERBER, H. Hidrokarbonlar, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2009.
- [6] TS EN ISO 2719 Determination of Flash Point - Pensky-Martens Closed Cup Method, Brussels, 2002.
- [7] ERGÜNEŞ, E., Endüstride Kimyasal Madde Kullanımı Yangın Riskleri, <http://www.aliens.com/>, 2009.
- [8] TS 12820 / Akaryakıt İstasyonları - Emniyet Gereklere, Ankara, 2006.
- [9] ‘Tanımlar, Madde 4,’ Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, 2001.
- [10] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr>
- [11] <http://www.2itu.edu.tr/kutuphane>
- [12] <http://www.istanbul.edu.tr/kutuphane>
- [13] TMMOB Yayınları, Doğalgaz El Kitabı, 2006
- [14] <http://www.botas.gov.tr/images/main/arz2009T.jpg>

- [15] <http://www.aygazdg.com.tr/>
- [16] <http://www.botas.gov.tr/>
- [17] KARABEKTAŞ, M.,ERGEN, G.,‘Taşıtlarda Doğalgaz Kullanım Teknolojileri’, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2009.
- [18] TS 2178 / Petrol Ürünleri - Yakıtlar (Sınıf F) - Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) – Özellikler, Ankara, 2009.
- [19] Güvenlik Bilgi Formu, Mogaz Petrol Gazları A.Ş., İstanbul, 2003.
- [20] <http://www.obited.gazi.edu.tr/kutuphane> ‘Benzin’
- [21] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyak>
- [22] Güvenlik Bilgi Formu, Habaş Sınai ve Tıbbi Gazlar İhtihsal Endüstrisi A.Ş., İstanbul, 2009.
- [23] Güvenlik Bilgi Formu, Merck KGaA, Almanya, 2003.
- [24] ‘Ek – IV- Tehlikeli Madde ve Müstahzarların Etiketlenmesinde Kullanılacak Tehlikeli Sembol ve İşaretleri’, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, 2001.
- [25] NFPA 704 / Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response, USA, 2007.
- [26] GÖK, Y.,‘Tehlikeli Maddelerin Kodlanması’, İşimiz Yangınla Mücadele, 2008.
- [27] KÜÇÜK, S., Endüstriyel Tesislerde Tehlikeli Kimyasal Yönetiminin İlkeleri, ‘Boru Renkleri’, Arme İstisnai Eğitim ve Danışmanlık Hiz.Ltd.Şti., İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, Adana, 2007.
- [28] ‘Üretici ve İthalatçının Bilgi ve Beyan Verme Yükümlülüğü, Madde 8’, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, 2001.
- [29] Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşmasına Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanun, 2005.

- [30] Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük, 1973.
- [31] TÜYAK Teknik Kitaplar Dizisi, 'Türkiye'de Binalardan Yangından Korunması Yönetmeliği', İstanbul, 2009.
- [32] TS 1446 / Sıvılaştırılmış Petrol Gazları(LPG)-Depolama Kuralları, Ankara, 1998.
- [33] ÖVEN, V.A., Kocaeli-Körfez İlçesi Petrol Ürünleri Depolama Tesislerinin Yangın Güvenliği, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi, Kocaeli, 2005.
- [34] NFPA 30 / Flammable and Combustible Liquids Code, USA, 2003.
- [35] NFPA 59A / Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas(LNG), 2007.
- [36] ALBAYRAK TARAS, Ş., Sanayi Kazaları ve Risk Yönetimi, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi APK Daire Başkanlığı, 2005.
- [37] <http://www.deprem.gov.tr/>
- [38] MCCAFFREY, B., SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering-Flame Height, NFPA, Quincy-Massachusetts, Section2/Chapter 1, 1-8,, 1995.
- [39] MUDAN, K. S. and CROSE P.A., SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering-Fire Hazard Calculations For Large Open Hydrocarbon Fires, NFPA, Quincy-Massachusetts, Section3/Chapter 11, 197-240,, 1995.
- [40] British Standard BS476, Method for Determination of the Fire Resistance of Elements of Construction, Part20,, 1987.
- [41] TEWARSON, A., SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering-Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires, NFPA, Quincy-Massachusetts, Section3/Chapter 4,53-124, 1995.
- [42] MALKOÇ, N. and GRET N., Voor Informatie over Ongevallen en Brandweer Gevaarlijke Materialen Specialisten Alerts, Brandweer Amsterdam-Amstelland, 2008.
- [43] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ruhsat ve Denetim Şube Müdürlüğü, 2009.

- [44] ATAYLAR, T., LPG Depolarında Yangın Riski ve Yangın Güvenliğinin Sağlanması, II. Yangın Sempozyumu ve Sergisi, Karina Tasarım Danışmanlık Eğitim Hiz.Ltd.Şti., 2003.
- [45] Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa’da Yakın Tarihlerde Yaşanan Doğal Felaketlerin ve Teknolojik Kazaların Etkilerinin İncelenmesi, Çevre Sorunları Raporu No 35, ISBN 92-9167-764-7, Kopenhag, pp. 39-47, 2003.
- [46] BOTTELBERGHS, P.H., Risk Analysis and Safety Policy Developments in The Netherlands, Journal of Hazardous Materials 71 (2000), Published by Elsevier Ltd., 59–84, 2000.
- [47] DAVID A.P., SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering-Toxicity Assessment of Combustion Products, NFPA, Quincy-Massachusetts, Section2/Chapter 8,85-146, 1995.
- [48] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Numarataj Birimi verileri, 2009.
- [49] Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa’nın Çevre Sorunları: Üçüncü Değerlendirme Raporu Özeti, ISBN 92-9167-573-3, Kopenhag, pp. 38-61, 2003.
- [50] RAMSAY C.G., Protecting your business: from emergency planning to crisis management, Journal of Hazardous Materials 65 (1999), Published by Elsevier Ltd., 131–149, 1999.



## EKLER

EK-I: 5000 m<sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

### INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
Case description..... : Session 1  
Chemical name..... : Propane  
Total mass in vessel..... : 2.6E6 kg  
Initial temperature in vessel..... : 5 °C  
Burst pressure vessel..... : 30 Bar  
Ambient temperature..... : 20 °C  
Ambient relative humidity..... : 70 %  
Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
Distance from centre of vessel (Xd)..... : 1000 m  
Exposure duration to heat radiation..... : 30 s  
Take protective effects of clothing into account?..... : No  
X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m  
Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m  
Calculate all contours for..... : Physical effects  
Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

### RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 34.437 kW/m<sup>2</sup>  
Heat emission from fire surface..... : 533.79 kW/m<sup>2</sup>  
Duration of the fireball..... : 39.658 s  
Radius of the fireball..... : 393.92 m  
Height bottom of the fire ball..... : 393.92 m  
View factor..... : 9.5746 %  
Atmospheric transmissivity..... : 67.38 %  
Flame temperature..... : 1478.8 °C

EK-II: 5000 m<sup>3</sup> Küre Tankın Patlaması İle Oluşacak Isı Yayılm Gücünün Ölüm Tehlikesine Oranı Parametreleri

Model.....	: Heat radiation; consequences to Individuals (169)
Heat radiation level at X.....	: 76 kW/m <sup>2</sup>
Exposure duration to heat radiation.....	: 10 s
Take effects of clothing into account?.....	: Yes
<b>RESULTS:</b>	
Nr. of first degree burn injuries at X.....	: 100 %
Nr. of second degree burn injuries at X.....	: 100 %
Nr. of lethalties due to heat radiation at X.....	: 100 %

EK-III: 20 Ton'luk LPG Tankerinin Patlaması İle Oluşan Radyant Isının Mesafeye Göre Değişim Parametreleri

Project : Standard project	
----- START OF SESSION 1(mSMDynamicBLEVE) -----	
INPUT	
Model.....	: Dynamic BLEVE model (210)
Version.....	: 6.04
Reference.....	:
Case description.....	: Session 1
Chemical name.....	: Propane
Ambient temperature.....	: 9 °C
Ambient relative humidity.....	: 83 %
Total mass in vessel.....	: 20000 kg
Burst pressure of the vessel.....	: 20 Bar
Distance from centre of vessel.....	: 100 m
Max. distance in graphs.....	: 1000 m
X-coordinate of release.....	: 0 m
Y-coordinate of release.....	: 0 m
Take protective effects of clothing into account?.....	: No
Percentage of mortality for contour calculations.....	: 1 %
<b>RESULTS</b>	
Duration of the Fire Ball.....	: 10.703 s
Max Diameter of the Fire Ball.....	: 157.44 m
Max Height of the Fire Ball.....	: 236.15 m
Max Viewfactor of the Fire Ball.....	: 38.258 %
Max Atmospheric Transmittance.....	: 77.21 %
Max Surface Emissive Power of the Fire Ball.....	: 400 kW/m <sup>2</sup>
Max Heat Radiation.....	: 103.22 kW/m <sup>2</sup>
Heat Radiation Dose.....	: 1941.7 s*(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup>
Percentage Fatality 1st Degree Burns.....	: 100 %
Percentage Fatality 2nd Degree Burns.....	: 99.408 %
Percentage Fatality 3rd Degree Burns.....	: 94.306 %

## EK-IV: 45 kg Tüpün Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
Case description..... : Session 1  
Chemical name..... : Propane  
Total mass in vessel..... : 45 kg  
Initial temperature in vessel..... : 15 °C  
Burst pressure vessel..... : 10 Bar  
Ambient temperature..... : 15 °C  
Ambient relative humidity..... : 70 %  
Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
Distance from centre of vessel (Xd)..... : 1000 m  
Exposure duration to heat radiation..... : 20 s  
Take protective effects of clothing into account?..... : No  
X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 5746 m  
Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 9118 m  
Calculate all contours for..... : Physical effects  
Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 0.0092186 kW/m<sup>2</sup>  
Heat emission from fire surface..... : 139.47 kW/m<sup>2</sup>  
Duration of the fireball..... : 2.2923 s  
Radius of the fireball..... : 11.164 m  
Height bottom of the fire ball..... : 11.164 m  
View factor..... : 0.012458 %  
Atmospheric transmissivity..... : 53.055 %  
Flame temperature..... : 980.04 °C

EK-V: 12 kg Tüpün Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

#### INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
 Case description..... : Session 1  
 Chemical name..... : Propane  
 Total mass in vessel..... : 12 kg  
 Initial temperature in vessel..... : 15 °C  
 Burst pressure vessel..... : 10 Bar  
 Ambient temperature..... : 15 °C  
 Ambient relative humidity..... : 70 %  
 Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
 Distance from centre of vessel (Xd)..... : 200 m  
 Exposure duration to heat radiation..... : 20 s  
 Take protective effects of clothing into account?..... : No  
 X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m  
 Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m  
 Calculate all contours for..... : Physical effects  
 Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
 Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
 Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

#### RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 0.10588 kW/m<sup>2</sup>  
 Heat emission from fire surface..... : 123.83 kW/m<sup>2</sup>  
 Duration of the fireball..... : 1.6256 s  
 Radius of the fireball..... : 7.2657 m  
 Height bottom of the fire ball..... : 7.2657 m  
 View factor..... : 0.13128 %  
 Atmospheric transmissivity..... : 65.129 %  
 Flame temperature..... : 943.43 °C

EK-VI: 6500 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi  
Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
Case description..... : Session 1  
Chemical name..... : Gasoline  
Total mass in vessel..... : 65000 kg  
Initial temperature in vessel..... : 5 °C  
Burst pressure vessel..... : 30 Bar  
Ambient temperature..... : 15 °C  
Ambient relative humidity..... : 70 %  
Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
Distance from centre of vessel (Xd)..... : 1000 m  
Exposure duration to heat radiation..... : 20 s  
Take protective effects of clothing into account?..... : No  
X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 5553 m  
Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 9309 m  
Calculate all contours for..... : Physical effects  
Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 3.2587 kW/m<sup>2</sup>  
Heat emission from fire surface..... : 379.65 kW/m<sup>2</sup>  
Duration of the fireball..... : 15.198 s  
Radius of the fireball..... : 118.78 m  
Height bottom of the fire ball..... : 118.78 m  
View factor..... : 1.3355 %  
Atmospheric transmissivity..... : 64.27 %  
Flame temperature..... : 1335.8 °C  
Atmospheric transmissivity..... : 65.129 %  
Flame temperature..... : 943.43 °C

EK-VII: 3500 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi  
Parametreleri

project

----- START OF SESSION 1 -----

INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
Case description..... : Session 1  
Chemical name..... : Gasoline  
Total mass in vessel..... : 35000 kg  
Initial temperature in vessel..... : 5 °C  
Burst pressure vessel..... : 30 Bar  
Ambient temperature..... : 15 °C  
Ambient relative humidity..... : 70 %  
Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
Distance from centre of vessel (Xd)..... : 1000 m  
Exposure duration to heat radiation..... : 20 s  
Take protective effects of clothing into account?..... : No  
X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 5553 m  
Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 9309 m  
Calculate all contours for..... : Physical effects  
Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 2.0717 kW/m<sup>2</sup>  
Heat emission from fire surface..... : 359.08 kW/m<sup>2</sup>  
Duration of the fireball..... : 12.939 s  
Radius of the fireball..... : 97.133 m  
Height bottom of the fire ball..... : 97.133 m  
View factor..... : 0.90917 %  
Atmospheric transmissivity..... : 63.458 %  
Flame temperature..... : 1313.6 °C

EK-VIII: 650 m<sup>3</sup> Benzin Tankının Patlaması İle Oluşacak Radyant Isının Mesafeye Göre Değişimi  
Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

INPUT

Model..... : BLEVE (136)  
Case description..... : Session 1  
Chemical name..... : Gasoline  
Total mass in vessel..... : 6500 kg  
Initial temperature in vessel..... : 5 °C  
Burst pressure vessel..... : 30 Bar  
Ambient temperature..... : 15 °C  
Ambient relative humidity..... : 70 %  
Amount of CO2 in atmosphere..... : 0.03 %  
Distance from centre of vessel (Xd)..... : 1000 m  
Exposure duration to heat radiation..... : 20 s  
Take protective effects of clothing into account?..... : No  
X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 5553 m  
Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 9309 m  
Calculate all contours for..... : Physical effects  
Heat radiation level (lowest) for first contour plot..... : 1 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level for second contour plot..... : 3 kW/m<sup>2</sup>  
Heat radiation level (highest) for third contour plot..... : 10 kW/m<sup>2</sup>

RESULTS

Heat radiation at Xd..... : 0.58849 kW/m<sup>2</sup>  
Heat emission from fire surface..... : 308.59 kW/m<sup>2</sup>  
Duration of the fireball..... : 8.3521 s  
Radius of the fireball..... : 56.201 m  
Height bottom of the fire ball..... : 56.201 m  
View factor..... : 0.31191 %  
Atmospheric transmissivity..... : 61.14 %  
Flame temperature..... : 1254.7 °C

EK-IX: 5000 m<sup>3</sup> lük Amonyak Tankının Olası Afet Senaryosu Modellemesi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

#### INPUT

Model..... : Neutral gas; continuous release;  
concentration contour (110)

Case description..... : Session 1

Chemical name..... : Ammonia

Mass flow rate of the source..... : 32 kg/s

Length source in wind direction..... : 0 m

Source width..... : 0 m

Length source in z-direction..... : 0 m

Height leak above ground level..... : 0 m

Pasquill stability class..... : D (Neutral)

Wind speed at 10 m height..... : 2 m/s

Roughness length description..... : Habitated land

Concentration averaging time..... : 900 s

Height (Zd)..... : 0 m

Predefined concentration..... : User defined

Threshold concentration..... : 400 mg/m<sup>3</sup>

X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Predefined wind direction..... : User defined

Wind comes from (West = 180 degrees)..... : 180 deg

#### RESULTS

Maximum distance to threshold..... : 2197 m

Maximum width of vapour cloud..... : 238 m

Actual area of the vapour cloud..... : 39.523 ha



EK-X: Dolum Anında Su Üzerine Dökülen Amonyakın Etki Mesafesi (Akıntı)

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

#### INPUT

Model..... : Neutral gas; continuous release;  
concentration

contour (110)

Case description..... : Session 1

Chemical name..... : Ammonia

Mass flow rate of the source..... : 0.033 kg/s

Length source in wind direction..... : 0 m

Source width..... : 0 m

Length source in z-direction..... : 0 m

Height leak above ground level..... : 0 m

Pasquill stability class..... : D (Neutral)

Wind speed at 10 m height..... : 2 m/s

Roughness length description..... : Habitated land

Concentration averaging time..... : 900 s

Height (Zd)..... : 0 m

Predefined concentration..... : User defined

Threshold concentration..... : 400 mg/m<sup>3</sup>

X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Predefined wind direction..... : User defined

Wind comes from (West = 180 degrees)..... : 180 deg

#### RESULTS

Maximum distance to threshold..... : 38 m

Maximum width of vapour cloud..... : 6 m

Actual area of the vapour cloud..... : 0.01634 ha

EK-XI: Dolum Halinde Zemine Akıntı (Alan 150 m<sup>2</sup>) Modellemesi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

## INPUT

Model..... : Neutral gas; continuous release;  
concentration

contour (110)

Case description..... : Session 1

Chemical name..... : Ammonia

Mass flow rate of the source..... : 3 kg/s

Length source in wind direction..... : 0 m

Source width..... : 0 m

Length source in z-direction..... : 0 m

Height leak above ground level..... : 1 m

Pasquill stability class..... : D (Neutral)

Wind speed at 10 m height..... : 2 m/s

Roughness length description..... : Flat land

Concentration averaging time..... : 900 s

Height (Zd)..... : 0 m

Predefined concentration..... : User defined

Threshold concentration..... : 400 mg/m<sup>3</sup>

X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Predefined wind direction..... : User defined

Wind comes from (West = 180 degrees)..... : 180 deg

## RESULTS

Maximum distance to threshold..... : 663 m

Maximum width of vapour cloud..... : 83 m

Actual area of the vapour cloud..... : 4.1422 ha

## EK-XII: Boru Patlaması Halinde Akıntı Modellemesi Parametreleri

Project : Standard project

----- START OF SESSION 1 -----

## INPUT

Model..... : Neutral gas; continuous release;  
concentration

contour (110)

Case description..... : Session 1

Chemical name..... : Ammonia

Mass flow rate of the source..... : 0.2 kg/s

Length source in wind direction..... : 0 m

Source width..... : 0 m

Length source in z-direction..... : 0 m

Height leak above ground level..... : 1 m

Pasquill stability class..... : D (Neutral)

Wind speed at 10 m height..... : 2 m/s

Roughness length description..... : Flat land

Concentration averaging time..... : 900 s

Height (Zd)..... : 0 m

Predefined concentration..... : User defined

Threshold concentration..... : 400 mg/m<sup>3</sup>

X-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Y-coordinate of release (for mapping purposes)..... : 0 m

Predefined wind direction..... : User defined

Wind comes from (West = 180 degrees)..... : 180 deg

## RESULTS

Maximum distance to threshold..... : 134 m

Maximum width of vapour cloud..... : 20 m

Actual area of the vapour cloud..... : 0.19324 ha

## ÖZGEÇMİŞ

Yüksel Demircan, 10.11.1979'da Erzurum'da doğdu. İlköğretimi Erzurum'da orta öğrenimini Kocaeli'nde tamamladı. 2000 yılında başladığı Erzurum Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2003 yılında birincilik derecesi ile bitirdi. 2003 yılında yapılan Üniversiteler Arası Yalıtım Yarışmasında yaptığı proje ile ilk beş proje arasına kalmayı başardı. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi, Makina Mühendisliği Enerji Bölümünde yüksek lisansa başladı. 2005 Nisan ayından itibaren Kocaeli Büyükşehir Belediyesinde Makina Mühendisi olarak çalışmaktadır.