

T.C.  
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ŞEHİRİÇİ AKARYAKIT TESİSLERİNDE OLUŞABİLECEK BİR DÖKÜNTÜ  
SENARYOSUNUN YANGIN VE PATLAMA OLARAK ETKİLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Azime Aysu BİBERCİ

151101781

Bölüm: İş Sağlığı ve Güvenliği

Danışman

Prof. Dr. Gönül KUNT KANDEMİR

Dr. Öğretim Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

Temmuz,2019

T.C.  
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ŞEHİRİÇİ AKARYAKIT TESİSLERİNDE OLUŞABİLECEK BİR DÖKÜNTÜ  
SENARYOSUNUN YANGIN VE PATLAMA OLARAK ETKİLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Azime Aysu BİBERCİ

151101781

Bölüm: İş Sağlığı ve Güvenliği

Danışman

Prof. Dr. Gönül KUNT KANDEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

Temmuz,2019

T.C.  
YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı  
çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından  
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 09/09/2019



İmza

Prof. Dr. Gönül KUNT KANDEMİR  
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi  
Jüri Başkanı



İmza

Prof. Dr. Hafiz Hulusi Acar  
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi



İmza

Doç. Dr. Hakan Yavaşoğlu  
İstanbul Teknik Üniversitesi



İmza

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ  
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi



İmza

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CAMBAZ  
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

## Özgünlük Bildirisi

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntıların, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul,04.07.2019

Azime Aysu BİBERCİ

İMZA

## İÇİNDEKİLER

Özgünlük Bildirisi.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	6
ÖN SÖZ .....	7
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 Tanımlar .....	3
2.2 Patlama .....	6
2.2.1. Patlama Çeşitleri .....	7
2.2.2. Ateşleme Kaynakları.....	9
2.2.3. Patlayıcı Ortam Bölge \ Zone.....	11
2.2.4. Benzin İstasyonlarında Bölge Belirlenmesi .....	17
2.2.5. LPG Tanklarında Bölgelerin Belirlenmesi .....	18
2.2.6. Çekici Tankerler İçin Büyük Boşaltma Merkezleri .....	18
2.2.7. Büyük Akaryakıt Kazanları (Tekerlekli) Boşaltma Noktaları .....	20
2.2.8. Asgari Emniyet Mesafeleri .....	20
2.2. Yangın.....	24
2.2.1. Yangının Yayılım Evreleri .....	27
2.2.2. Yangının Gelişim Evreleri .....	27
2.2.3. Yangın Sırasında Meydana Gelen Isı Transfer Türleri.....	30
2.2.4. Akaryakıt Yangın Etkilerinin Tahmini Yöntemi .....	32
2.3. Akaryakıt .....	34

2.3.1. Petrol Ürünleri ve Özellikleri .....	34
2.3.2. Akaryakıtların Genel Özellikleri.....	35
2.3.3. Akaryakıt İstasyonları .....	37
2.3.4. Akaryakıt Depolama Tankları .....	41
2.4. ALOHA Nedir?.....	44
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>45</b>
3.1. ALOHA .....	45
3.2. İstasyon 1 .....	52
3.3. İstasyon 2 .....	52
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>53</b>
4.1. İstasyon 1 .....	53
4.2. İstasyon 2 .....	54
4.3. Kimyasal Veri .....	55
4.3.1. Benzin .....	55
4.3.2. LPG .....	55
4.4. Patlama Modellemeleri .....	56
4.4.1. Senaryo 1 .....	56
4.5.2. Senaryo 2 .....	60
4.5.3. Senaryo 3 .....	63
4.5.4. Senaryo 4 .....	69
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>75</b>
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>83</b>
<b>7. ÖZET.....</b>	<b>86</b>
<b>8. SUMMARY.....</b>	<b>87</b>
<b>9. KAYNAKLAR.....</b>	<b>88</b>
<b>10. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>92</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> Patlama Üçgeni .....	7
<b>Şekil 2:</b> ZON Tanımlanması .....	13
<b>Şekil 3:</b> Benzin İstasyonu Tehlikeli Bölgeleri (TS 12820) .....	17
<b>Şekil 4:</b> Benzin İstasyonunun Tehlikeli Bölgeleri (TS 12820) .....	17
<b>Şekil 5:</b> Parlama Noktası 30 Santigrat Altında Olan Akaryakıtların Depolanması.....	19
<b>Şekil 6:</b> Tekerlekli Akaryakıt Kazanı Boşaltma Noktası, Tehlike Bölgeleri, Doldurma Yok .....	20
<b>Şekil 7:</b> Asgari Emniyet Mesafelerine Bir Örnek.....	24
<b>Şekil 8:</b> Yanma Üçgeni.....	25
<b>Şekil 9:</b> Yangın Evreleri.....	29
<b>Şekil 10:</b> Mart 2019 Döneminde Akaryakıt Satış Miktarlarının Dağıtıcılara Göre Dağılımı.....	40
<b>Şekil 11:</b> İstasyon 1 Akaryakıt Tankı Çizimi .....	53
<b>Şekil 12:</b> İstasyon 2 Tank Çizimleri .....	54
<b>Şekil 13:</b> Senaryo 1, İstasyon 1 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon	59
<b>Şekil 14:</b> Senaryo 1, İstasyon 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon	60
<b>Şekil 15:</b> İstasyon 1, Senaryo 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon Etki Alanı.....	62
<b>Şekil 16:</b> İstasyon 2, Senaryo 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon Etki Alanı.....	63
<b>Şekil 17:</b> Senaryo 3, İstasyon 1 Havuz Yangını Tehdit Alanı .....	66
<b>Şekil 18:</b> Senaryo 3, İstasyon 1, Aşırı basınç Sonucu Patlama Kuvveti .....	66
<b>Şekil 19:</b> Senaryo 3, İstasyon 2 Havuz Yangını Tehdit Alanı .....	68
<b>Şekil 20:</b> Senaryo 3, İstasyon 2, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti.....	69
<b>Şekil 21:</b> Senaryo 4, İstasyon 1, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti.....	72
<b>Şekil 22:</b> Senaryo 4, İstasyon 2, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti.....	74

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Halka Açık Akaryakıt İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 12820).....	21
<b>Tablo 2:</b> Özel Akaryakıt İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 12820) .....	22
<b>Tablo 3:</b> LPG Dolum İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 11939) .....	23
<b>Tablo 4:</b> Senaryo 1, İstasyon 1 Giriş Verileri .....	57
<b>Tablo 5:</b> Senaryo 1, İstasyon 2 Giriş Verileri .....	57
<b>Tablo 6:</b> Senaryo 2, İstasyon 1 Giriş Verileri .....	61
<b>Tablo 7:</b> Senaryo 2, İstasyon 2 Giriş Verileri .....	61
<b>Tablo 8:</b> Senaryo 3, İstasyon 1 Giriş Verileri .....	64
<b>Tablo 9:</b> Senaryo 3, İstasyon 2 Giriş Verileri .....	64
<b>Tablo 10:</b> Senaryo 4, İstasyon 1 Giriş Verileri .....	70
<b>Tablo 11:</b> Senaryo 4, İstasyon 2 Giriş Verileri .....	70
<b>Tablo 12:</b> İstasyon 1 Modelleme Sonuçları .....	78
<b>Tablo 13:</b> İstasyon 2 Modelleme Sonuçları .....	79



## ÖN SÖZ

İstanbul içerisinde konumlandırılmış olan iki farklı akaryakıt istasyonundan yola çıkılarak; akaryakıt istasyonlarının konumları, yerleşim alanlarına yakınlığı, istasyonlarda bulunan depolama üniteleri, tankların mesafeleri, tank tipleri değerlendirilecek ve meteorolojik durumlar göz önünde bulundurularak oluşturulan senaryolar ile patlama modellemesi yapılacaktır. Oluşabilecek kazalar ve kazaların boyutları geçmiş kazalardan örneklerle sunulacaktır.

Çalışılan iki akaryakıt istasyonunun da geniş kapasiteli akaryakıt tankları bulunmaktadır. Her ikisi de yerleşim alanlarının yakınında konumlandırılmıştır. Tank kapasiteleri, tank yerleşim alanları, çevre tehlikeleri göz önünde bulundurularak, ALOHA modelleme programı ile patlama modellemesi yapılmış, oluşabilecek herhangi bir patlama ve yangın sonucunda hayat kayıpları ve zararlar değerlendirilmiştir. Programdan yararlanılarak, çeşitli parametrelerin dahil olduğu tehlikeler tek bir modelleme üzerinde toplanarak değerlendirilmiştir.

Tezin konusunu akaryakıt istasyonlarında yapılacak patlama modellemeleri ve sonuçlarına göre kazaları azaltmak ve oluşabilecek bir patlamada, çalışanların ve tesis çevrenin en az zararı görmesi için riskleri bertaraf etmek oluşturmaktadır. Patlamayı ve ardından gelen etkileri anlamak, önlem alabilmek için önemli bir basamaktır. Bu sebeple, çalışmanın ilk bölümünde; akaryakıt sektörünün gelişimi, yaşanan kazalar ve hayat kayıpları ve ALOHA modelleme programının yapısı anlatılmış, ikinci bölümde; patlama ve yangınla ilgili genel bilgiler, tanımlamalara ve akaryakıt sektörüyle ilgili bilgilere, üçüncü bölümde gereç ve yöntemlere, dördüncü bölümde ise; patlamanın yapısı, çeşitli parametrelerin değerlendirilmesiyle yapılan

alışmalar sonucu bulgulara yer verilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümü tartişma ve altıncı bölümü sonuç kısımları, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve alt yönetmelikleriyle değerlendirilerek ortaya çıkan zararlar tespit edilmiş ve zarar azaltma çalışması yapılacak ve çözümler sunulmuştur.

Yaptığım bu çalışma süresince desteklerinden dolayı danışmanlarım Prof. Dr. Gönül KUNT KANDEMİR ve Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ'ye, ğretim Görevlisi Tolga BARIŐIK'a; tez yazım aşamasında, saha çalışmalarımda bana destek olan Cengiz POLAT'a, Serin Akaryakıt, Serin Petrokimya ve çalışanlarına; tez sürecim boyunca benden desteğini esirgemeyen, bilgi birikimi ve tüm manevi desteğiyle yanımda olan Dr. Kaya PELİT'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında bana sağladıkları destek, verdikleri emek, gösterdikleri hoşgörü ve anlayış ile beni bu günlere getiren Babam Fikret BİBERCİ'ye, Annem Aynur BİBERCİ'ye ve çok kıymetli kardeşim Sena BİBERCİ'ye teşekkür ederim.

## 1. GİRİŞ

Sanayileşme ve sanayileşmenin getirdiği yeni dünya düzeni ile araç kullanımının ve akaryakıt ihtiyacının artması akaryakıt istasyonlarının kullanımını yaygınlaştırmıştır. Artan ihtiyaç sonucu, akaryakıt istasyonlarının da sayısının yükselmesi ile kaza olasılıkları da büyük oranda artmıştır. Akaryakıt ikmal istasyonları, gerek hammadde ve yardımcı maddelerin depolanması ve kullanımı yönünden, gerekse tesisin koşullarından kaynaklanan nedenlerden dolayı en riskli sektörlerden biridir.

Dünyada ve ülkemizde can ve mal kaybına sebep olan birçok akaryakıt istasyonu patlaması olayı mevcuttur. 2015 yılında Gana'nın Akra kentinde 150 kişinin hayatını kaybettiği akaryakıt istasyonu patlamasının sebebinin yan taraftaki diğer yerleşim anından sıçrayan yangın olduğu görülmüştür.<sup>1</sup> 2019 yılının Ocak ayında Meksika'nın Hidalgo şehrinde yaşanan akaryakıt istasyonu patlaması ise boru hattındaki fark edilmeyen çatlaktan sızan petrolün alevlenmesi sonucu oluşmuş olup, yakın çevredeki diğer yaşam alanlarındaki insanlara da zarar vermiş ve yaşam kaybı 66ya yükselmiştir.<sup>2</sup> 2019 yılında Ukrayna'da ise gaz sıkışması sonucu bir patlama yaşanmıştır.<sup>3</sup> Ülkemizde yaşanan kazalara bakıldığında da birçok can ve mal kaybı göze çarpmaktadır. 2018 yılında, Şanlıurfa'da bulunan akaryakıt istasyonunun yanında bulunan istinat duvarının LPG tankının üstüne çökmesiyle, LPG tankında patlama sonucu maddi zarar meydana gelmiştir.<sup>4</sup> 2015 yılında Antalya'da ve 2019 İstanbul'da meydana gelen patlama fark edilmeyen gaz kaçağı sebebiyle gerçekleşmiştir.<sup>5,6</sup> 2011 yılında ise Diyarbakır'da gaz tankının sıkışması sebebiyle yaşanan patlamada 13 kişi yaralanmıştır.<sup>7</sup>

Akaryakıt istasyonları, kazaların meydana gelme frekansları

düşük olsa bile, ölüm oranlarının yüksek olmasıyla dikkat çekmektedir. Yaşanan kazalar sonucu çok sayıda hayat kaybı yaşanmış, patlamanın olduğu bölge ve çevresi ağır hasar görmüş ve birçok bina ve fabrika kullanılamaz duruma gelmiştir. Bu durumun en önemli sebepleri; en başta tesisin patlayıcı madde depolamasına uygun standartlarda kurulmamış olması, ardından insani unsurlar, tesise yakın kurulmuş yaşam alanları ve diğer fabrikalardır.

Yaşanan kazalar göz önünde bulundurulduğunda patlama modellemeleri, kimyasal bir tesisin, bir benzin istasyonunun kurulumunda önemli bir rol oynar. Kaza sonucu oluşabilecek hasarların, kaza olmaması için ya da kazayı en az hasarla atlattmak için neler yapılması gerektiği gibi konularda fiziksel bir veri sunması açısından patlama modelleme sonuçları değerlendirilmesi gereken önemli bir veridir.

Tez çalışmasında, herhangi bir kaçak sonucunda etkilenecek alanların ve patlamanın değerlendirilmesi ile alınması gereken iş güvenliği önlemlerinin incelenmesi ve uygulanabilir düzeyde sunulması amaçlanmıştır. İstanbul içerisinde konumlandırılmış olan iki farklı akaryakıt istasyonundan yola çıkılarak; akaryakıt istasyonlarının konumları, yerleşim alanlarına yakınlığı, istasyonlarda bulunan depolama üniteleri, tankların mesafeleri, tank tipleri değerlendirilmiş ve meteorolojik durumlar göz önünde bulundurularak oluşturulan senaryolar ile patlama modellemesi yapılmıştır. Oluşabilecek kazalar ve kazaların boyutları önceden yaşanmış olan kazalardan oluşturulan senaryolar modellenmiştir.

Modellemeler ALOHA programı ile yapılmış olup, Patlama sonunda etkilenen yaşam alanları Okullar hastaneler haritalar üzerinde gösterilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Tanımlar

**Patlayıcı ortam:** Patlayıcı bir atmosfer, atmosferik koşullar altında, tutuşmanın meydana gelmesinden sonra yanmanın tüm yanmamış karışıma yayıldığı gazlar, buharlar, buğu veya tozlar şeklinde hava ile tehlikeli maddelerin karışımı olarak tanımlanır. Bu patlama riski oluşturur.<sup>8</sup>

**Patlama:** Oksijenle yanabilen malzemenin verdiği reaksiyon sonucu, küçük hacimli bir alana büyük miktarda enerjinin kısa sürede salınımı ile ortaya çıkan kimyasal reaksiyon.<sup>8</sup>

**Detonasyon:** İkincil bir patlamayı başlatan süpersonik bir dalganın sonucu olan detonasyon 1881 yılında Fransız bilim adamları tarafından keşfedilmiştir. Sürtünme, kıvılcım, alev, çarpma veya elektromanyetik radyasyon kullanarak az miktarda yüksek patlayıcıların birincil olarak başlatılmasıyla oluşturulan bu şokun şoku, ikincil bir patlamaya sebep olabilecek kadar güçlüdür.<sup>8</sup>

**Deflegrasyon:** Collins Sözlüğü'ne göre, bir alevin hızla, ancak ses altı hızlarında bir gazın içinden geçtiği yangındır. Deflegrasyon, yakma hızının çevredeki ses hızından daha düşük olduğu bir patlamadır.<sup>8</sup>

**Patlayıcı Gaz Ortamı:** Tutuşma sonrası tüketilmeyen karışım boyunca yayılan yanma maddelerinin atmosferik koşullar altında hava ile

karişımı şeklinde tanımlanır.<sup>8</sup>

**Yanııcı Sıvı:** Ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından tanımlanan nominal eşik sıcaklıklarda veya altında bir parlama noktasına sahip olan, ortam sıcaklıklarında havada kolayca tutuşabilen sıvılardır.<sup>8</sup>

**Yanııcı Gaz Veya Buhar:** Normal atmosferik koşullar altında gaz halinde olan ve hava ile yaptığı karişımlar sonucunda patlayıcı ortam oluşturabilen gazlar ve buharlardır.<sup>8</sup>

**Parlama Noktası:** Uçucu bir maddenin, bir tutuşturma kaynağı yaklaştırıldığında, madde buharının parladığı en dūřük sıcaklık derecesidir.<sup>8</sup>

**Patlayıcı Gaz Ortamının Alev Alma Sıcaklığı:** Normal atmosferik koşullar altında gaz veya buhar halinde olan yanııcı maddelerin, hava ile yaptıkları karişımlar sonucunda alev aldığı en dūřük sıcaklıktır.<sup>8</sup>

**Alt Patlama Limiti:** Yanııcı maddelerin hava ile uygun konsantrasyonda birleşerek patlayabileceği en **alt** sınıra APS (**Alt Patlama Sınırı**) (LEL-LowerExplosion Limit) denir.<sup>8</sup>

**Üst Patlama Limiti:** Yanııcı maddelerin belli bir hacim içerisinde patlama özelliğini sürdürebildiği en **üst** sınıra ÜPS (**Üst Patlama Sınırı**) (UEL- UpperExplosion Limit) denir.<sup>8</sup>

**Isı:** Bir maddenin genişlemesi, erimesi, buharlaşması, sıcaklığının artması gibi bir iş yapmasına sebep olan hareket enerjisinin toplamadır. Isı kalorimetreyle ölçülmektedir.<sup>8</sup>

**Sıcaklık:** Bir maddenin moleküllerinin ortalama hızda sahip olduğu hareket enerjisidir.<sup>8</sup>

**Yanma:** Bir maddenin oksijenle kimyasal reaksiyona girmesi sonucu ortaya alevlerle birlikte duman yayılmasını sağlayan ekzotermik tepkimedir.<sup>6</sup>

**Akut Maruz Kalma Kılavuz Seviyesi (AEGL):** Yaşlı, hasta veya çok genç insanlar gibi hassas bireyler de dahil olmak üzere çoğu insanın, belirli bir süre (uzun bir süre) tehlikeli bir kimyasal maddeye maruz kaldıklarında sağlık etkilerini deneyimleyecekleri konsantrasyonları tahmin etmektedir. Belirli bir maruz kalma süresi için, bir kimyasal madde, her biri belirli bir sağlık etkisi seviyesine karşılık gelen en fazla üç AEGL değerine sahip olabilir.<sup>9</sup>

**Yaşam ve Sağlık İçin Acil Tehlike (IDLH):** Ölüme neden olabilecek veya derhal veya gecikmiş kalıcı olumsuz sağlık etkilerine neden olabilecek veya bu tür bir ortamdan kaçmayı önleyen havadaki kirlenici maddelere maruz kalma.<sup>9</sup>

## 2.2 Patlama

Patlama, oksijenle yanabilen malzemenin verdiği reaksiyon sonucu, küçük hacimli bir alana büyük miktarda enerjinin kısa sürede salınımı ile ortaya çıkan kimyasal reaksiyondur. <sup>10</sup>

Patlayıcı ortamın oluşabilmesi ve tehlikeli sonuçlar yaratması için bir araya gelmesi gereken üç unsurun mevcuttur. Bunlar Şekil 1'de gösterilmiştir ve aşağıdaki gibidir;

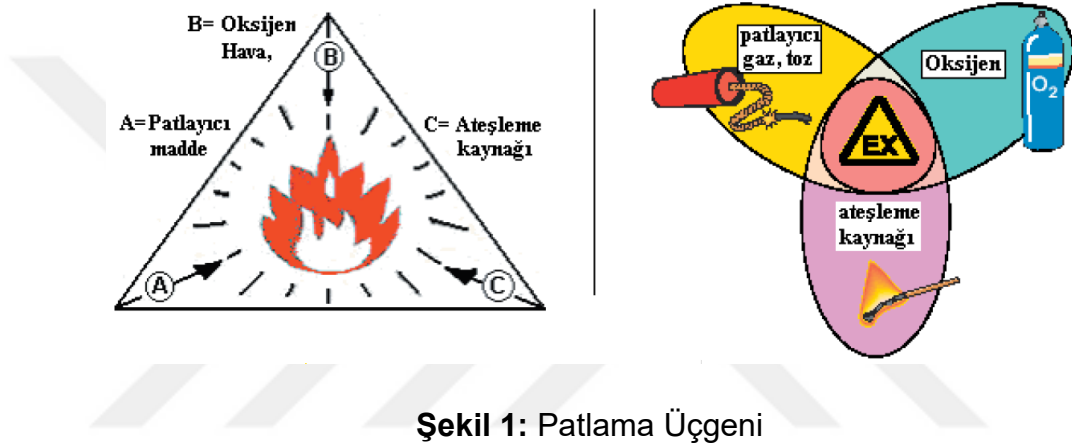
1. Patlayıcı madde <sup>10</sup>
2. Hava (Oksijen) <sup>10</sup>
3. Enerji, patlamayı ateşleyecek bir kıvılcım veya güç kaynağı. <sup>10</sup>

Patlayıcı maddelerin formları gaz, katı veya sıvı olabilir. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), akaryakıt istasyonlarında en yaygın kullarımdaki gaz olmakla birlikte, bu gazın ateşleyiciler yardımıyla hava ile uygun orandaki karışımı sonucu patlama riski oluşturur. Hava ile gazın karışımının üst ve alt patlama sınırları mevcuttur. LEL değeri (LEL= lowerexplosive limit), alt patlama sınırır ve tedbirlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Gazların patlama kabiliyetlerini (tehlike derecesini) belirler. UEL (UEL= upperexplosive limit) ise, gazların üst patlama sınırırır. <sup>10</sup>

Benzin, cam suyu, motorin, antifriz gibi sıvılar, yaygın olarak akaryakıt istasyonlarında kullanılır. Bu yanıcı sıvılar, sıvı halde iken patlayıcı ortam riski barındırmazlar. Oksijenle uygun oranda karıştıklarında tehlike oluştururlar. Oksijenle yapacakları bu karışım için de buharlaşarak gaz



formuna dönmeleri gerekir. Sıvıların buharlaşarak gaz formuna dönmeleri ortam sıcaklığı ile ilişkilidir. Sıvı buharının, patlayabilecek miktarda olduğu en düşük sıcaklık PARLAMA NOKTASI (FLASH POINT)'dir. Sıvıların tehlike derecesini belirleyen FLASH POINT ortamın ısısına bağlı olarak kendiliğinden meydana gelen buharların patlayıcı kıvama gelmesi olayıdır.<sup>10</sup>



### 2.2.1. Patlama Çeşitleri

Kaynayan Sıvı, Genleşen Buhar Bulutu Patlaması (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion = BLEVE): Sıvılaştıran gaz tanklarında basınç altında patlayıcı ortam oluşmasıyla meydana gelen patlama türleridir. Sıvının kaynama noktasının üstünde olduğu ve basınç altında tutulduğu durumlarda meydana gelir. Patlamanın ardından, tank içerisindeki yüksek basınç, atmosfer basıncına doğru ani bir düşüş gerçekleştirir. Tankın dışında başlamış olan yangının ardından tankın içerisindeki sıcaklığın hızlı bir şekilde yükselmesiyle, sıvı halden gaz hale geçiş hızlanır. Tankın iç basıncının ani yükselmesi, sıcaklığın artışına bağlıdır. Bu noktada, tank tahliye vanaları

önemli bir rol oynar. Oluşan basıncı dengeleyecek güce sahip olmadıklarında ya da dengelenemeyecek kadar yüksek basınç oluşumunda tank patlar ve hasarlar, basınç dalgaları veya tank parçalarının fırlaması gibi sebeplerle meydana gelir. Termal radyasyon ortama yayılır. BLEVE, basınçlı kapların mekanik etkiler veya korozyon gibi sebeplerle zarar görmesi, tankın içerisinde oluşan aşırı basınç veya dışarıda oluşan yangın gibi sebeplere gerçekleşebilir.<sup>11</sup>

Sınırlandırılmamış Buhar Bulutu Patlaması (Unconfined Vapor Cloud Explosion = UVCE):Yanıcı bir sıvı ya da gaz buhar bulutunun salınması ve hava ile uygun oranda karışımı sonucu, hava sıcaklığı, rüzgarşiddeti ve yönü, bulutların yoğunluğu, çevresel etkiler ve ortamda bulunan engellerin mevcut durumu, konumlarına bağlı olarak ateşleyiciler sebebiyle meydana gelen patlamalardır. Ateşlendiklerinde, alev hızı artarak yüksek hızlara ulaşabilir ve yüksek bir basınç oluşumuna sebebiyet verir. Koşullara bağlı olarak geniş alanlara yayılarak etkisini gösterebildiği gibi, ortam koşulları ve kimyasal tipine göre maksimum basıncı çok yüksek olabilir.<sup>11</sup>

Fiziksel Patlama: Tahliye vanaları veya iç basıncı yükseldiğinde tahliye edebilecek sistemlerin bulunmadığı basınçlı kaplarda depolanan maddelerin, çevresel etkenler sebebiyle basınç yüksemesi yaşadıkları durumlarda, yüksek ısının açığa çıktığı, gürültü ve basıncın dışarı yayılmasına sebep olan patlamalardır. Fiziksel patlamalar sonucu, insan sağlığına zarar veren, çevreye zararlı gazlar ortaya çıkar ve bu gazlar hızlı bir yayılım gerçekleştirirler.<sup>11</sup>

## 2.2.2. Ateşleme Kaynakları

**Elektrik ark ve kıvılcımı:** Elettostatik yüklü parçaların deşarj olduğu durumlarda, şalterlerin kapanıp açılması, kabloların ezilmesi sonucu kopmaları, kısa devre durumunda ortaya çıkan dengeleme akımları gibi olaylar sonucu ark ve kıvılcım ortaya çıkması. <sup>10</sup>

**Sıcak yüzeyler:** Mekanik aletler çalıştıklarında ortaya çıkan statik ısılar. <sup>10</sup>

**Mekanik sürtünme ile çıkan kıvılcım:** Çelik yapıların yüzeylerinde, rüzgar gibi çevresel etkiler sonucu meydana gelen sürtünmeler. <sup>10</sup>

**Statik elektriklenme:** Yanıcı tozların ve akaryakıtlar gibi yanıcı sıvıların doldurma / boşaltma anlarında meydana gelen elektriklenmeler. <sup>10</sup>

**Açık alev sıcak gaz ve akkor haldeki parçacıklar (hot particles);** Kaynak yapılırken ortaya fırlayan parçacıklar. <sup>10</sup>

**Adiyabatik basınç, şok dalgası:** Düşük basınçlarda çalışan, tüp şeklindeki çeşitli aletler. <sup>10</sup>

**Yıldırım düşmesi ve elektrikli hava şartları:** Çok yüksek enerji içeren yıldırım, düştüğü alanda patlamayı ateşleyebildiği gibi, mekanik olarak

tahribata da yol açar. Elektrikle yüklü bulutlar da metal yüzeylerde elektrostatik olarak yükleme yapar (influenz olayı).<sup>10</sup>

**Parazit akım, katodik koruma:** Topraklama noktaları arasında gerilim farkı yaratan parazit akımları, katodik koruma uygulanan ekipmanlarda oluşur. Bu gerilim farkı da ark çıkmasına sebebiyet verebilir.<sup>10</sup>

**Ultrasonik ses dalgaları:** Mekanik dalgalar 20 kHz üzerine çıktıklarında enerji birikmesine ve ardından ısınmaya sebep olabilirler.<sup>10</sup>

**Radyo dalgaları:** Radyo dalgalarının dalga boyu 10km ile 1m arasında olduğunda, ısınmalara sebep olabilmektedir.<sup>10</sup>

**Mikro dalgalar:** 1m ile 1mm arasında dalga boyuna sahip elektro manyetik dalgalar ısınmalara sebep olabilmektedir.<sup>10</sup>

**Kızıl ötesi ışık (IR):** 1 mm ile 770nm arasında dalga boyuna sahip elektro manyetik dalgalar ısınmalara sebep olabilmektedir.<sup>10</sup>

**Görünür ışık:** 770nm ile 390nm arasında dalga boyuna sahip elektro manyetik dalgalar ısınmalara sebep olabilmektedir.<sup>10</sup>

**Ultra viole ışınları:** 390 ile 10 nm arasında dalga boyuna sahip elektro manyetik dalgalar ısınmalara sebep olabilmektedir.<sup>10</sup>

**Röntgen ve gama ışınları:** 10nm'nin altında dalga boyuna sahip elektro manyetik dalgalar ısınmalara sebep olabilmektedir. <sup>10</sup>

### 2.2.3. Patlayıcı Ortam Bölge \ Zone

1976 senesinde Avrupa topluluğu konseyi üye ülkeler, potansiyel patlayıcı ortamlarda elektriksel teçhizatın uygun kullanımına dair ilk yönergeyi (76/11/EEC) imzalamışlardır. Bu yönerge ile birlikte, patlamaya karşı korumalı elektriksel teçhizatların Avrupa birliği içinde serbest ticareti için ön hazırlıkları oluşturulmuştur. 1994 senesinde 94/9/EC yönergesi ile tam uyum yakalanmıştır. <sup>10</sup>

Ardından, 16.12.1999 tarihli olarak ve 99/92/EC sayılı ATEX 137 olarak adlandırılan Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi yayınlamış ve bu direktif ülkemizde "Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik" olarak hayata geçmiştir. Bölge'lerin (Zone) tarifleri genel olarak ATEX 137'de, yapılmaktadır. Aşağıda bölgeler açıklanmakta ve Şekil 2'de örneklenebilmektedir. <sup>10,13</sup>

**ZON 0:** Patlayıcı gazların uygun orandaki hava ile yaptıkları karışımının uzun süreli veya devamlı bulunduğu bölgelerdir. Standart çalışma koşullarında patlayıcı ortama sebep olma ihtimali yüksek olan veya patlayıcı ortam oluşturan, patlayıcı ortam oluştuğunda uzun süreli etki gösteren alanlar ZON 0 kapsamındadır. Reaksiyon kapları, buharlaştırıcı kaplar gibi patlayıcı işleyen kapların iç alanları ve patlayıcı madde ihtiva eden aparatların içi gibi alanlar bu grupta bulunur. <sup>10,13</sup>

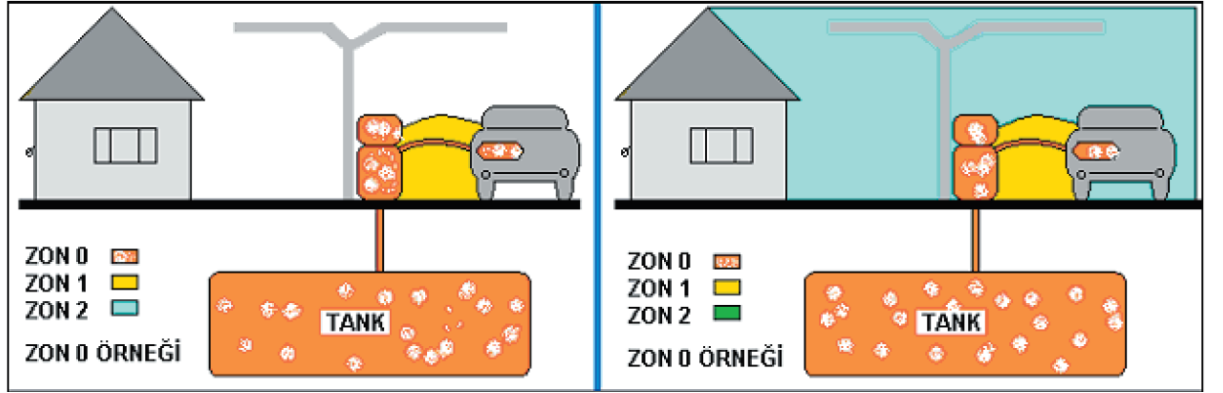
ZON 0 da a- seviyesindeki kendinden emniyetli sistemler kullanılabilir. <sup>10,13</sup>

ZON 1: Patlayıcı gazların uygun orandaki hava ile yaptıkları karışımının çalışma esnasında bulunabileceği bölgelerdir. Standart çalışma koşullarında, patlayıcı ortama sebep olabilecek durumların oluşma ihtimali hiç olmayan veya az olan, arıza oluşması durumunda veya normal olmayan çalışma ortamında, tesadüfi olarak patlayıcı ortam oluşturan alanlar bu grupta bulunur. ZON 1'de patlayıcı ortamın kısa süreli olarak oluştuğu alanlar bulunmaktadır. Zon 0'ın yakın alanları, pompa istasyonları gibi alanlar bu grupta yer almaktadır. Patlayıcı ortamların %95'inden daha fazlası bu grupta yer almaktadır. <sup>10, 13</sup>

Ex sertifikalı aletlerin tamamı bu ZON 1'de kullanılabilir. <sup>10</sup>

ZON 2: Patlayıcı gazların uygun orandaki hava ile yaptıkları karışımının çalışma esnasında bulunmadığı bölgelerdir. ZON 2'de patlayıcı ortamın çok kısa süreli olarak oluştuğu alanlar bulunmaktadır. Bu grupta Petrol boru hatları vardır. <sup>10,13</sup>

ZON 2'de kullanılacak ekipmanların ex-sertifikaları mevcut olmalıdır ancak diğer kategorilerde olduğu gibi sıkı şartlara bağlanmamışlardır. "Ex-n" koruma tipli aletlerin ZON 2 de kullanılması uygun olur. <sup>10,13</sup>



**Şekil 2: ZON Tanımlanması**

Akaryakıt istasyonları patlayıcı ortam oluşabilen alanlar olmalarına rağmen, belli alanlarda sürekli patlayıcı ortamın varlığının yanı sıra, belirlenen güvenlik mesafelerindeki bölgeler tehlikesiz bölge olarak standartlara geçmiştir. Türk standartları enstitüsü TS EN 60079-10-1 standardına göre, mekanik ve elektrik tesisatların projelendirilmesi, işletilmesi, tesisi, bakım ve onarımında ve gerekli cihazların seçilmesinde patlayıcı alanların dikkate alınmasına gerek olmayan bölgeler tehlikesiz bölge olarak belirlenmiştir. Ex-korumalı tipteki elektrik aletlerinin tesisin her alanında kullanılması gibi bir zorunluluk bulunmamaktadır. <sup>10</sup>

Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelikte patlayıcı ortamın oluşabileceği tüm alanlardaki koruyucu sistemler ve ekipmanlar, belirli kategorilere uygun seçilmelidir. Buna göre;

- ZON 0: Kategori 1 malzemeler,
- ZON 1: Kategori 1 veya 2 malzemeler,
- ZON 2: Kategori 1, 2 veya 3 malzemeler

## Kategori 1 Malzemeler;

Kategori M1; yüksek koruma özelliğine sahip, imalatçı tarafından belirlenmiş işletme parametrelerine uygun çalışan ve gerek duyulduğu takdirde ek olarak özel koruma araçları ile donatılmış malzemeleri kapsar.<sup>12</sup>

Madenlerin grizu ve yanıcı toz tehlikesi barındıran yer üstü alanlarında ve kullanılması hedeflenen malzemeler bu kategoride yer almaktadır.<sup>12</sup>

Patlayıcı ortamın mevcut olduğu az görülen olaylarla karşılaşıldığında bile çalışır durumda kalması gereken M1 kategorisindeki malzemeler, aşağıda belirtilen koruma araçlarını ihtiva etmelidir:

- Arıza yapan koruma aracına yedek ikincil bir koruma aracı bulunmalı ve gerekli güvenlik seviyesi sağlanmalıdır veya,

- Bağımsız gerçekleşen iki farklı arıza durumunda güvenlik seviyesi gerekli olan düzeyde tutulmalıdır.<sup>12</sup>

Kategori M2, yüksek koruma özelliğine sahip, imalatçı tarafından belirlenmiş işletme parametrelerine uygun çalışan malzemeleri kapsar.<sup>12</sup>



Madenlerin grizu ve yanıcı toz tehlikesi barındıran yer üstü alanlarında ve kullanılması hedeflen malzemeler bu kategoride yer almaktadır.<sup>12</sup>

Patlayıcı ortam gerçekleşmesi durumunda, enerji kesimini sağlayan malzemelerdir.<sup>12</sup>

Kategori M2 malzemeler, değişen ortam şartları, ağır çalışma şartları ve standart çalışma şartlarından kaynaklı olarak gerçekleşen durumlarda gerekli olan güvenlik seviyesini sağlar.<sup>12</sup>

#### Kategori 2 Malzemeler

a) Kategori 1; yüksek koruma özelliğine sahip, imalatçı tarafından belirlenmiş işletme parametrelerine uygun çalışan malzemeleri kapsar.<sup>12</sup>

Bu kategorideki malzemeler, sis veya buhar, gaz ve hava veya toz/hava'nın uygun karışımı sonucu ortaya çıkan patlayıcı ortamların sürekli olduğu ortamlarda kullanılır.<sup>12</sup>

Bu kategorideki malzemeler, malzeme ile alakalı istisnai olaylarda dahi gerekli güvenlik seviyesini sağlamalıdır. Bu malzemeler aşağıda belirtilen koruma araçlarını ihtiva etmelidir:

- Arıza yapan koruma aracına yedek ikincil bir koruma aracı bulunmalı ve gerekli güvenlik seviyesi sağlanmalıdır veya

- Bağımsız gerçekleşen iki farklı arıza durumunda güvenlik seviyesi gerekli olan düzeyde tutulmalıdır. <sup>12</sup>

b) Kategori 2, yüksek koruma özelliğine sahip, imalatçı tarafından belirlenmiş işletme parametrelerine uygun çalışan malzemeleri kapsar. <sup>12</sup>

Bu kategorideki malzemeler, sis veya buhar, gaz ve hava veya toz/hava'nın uygun karışımı sonucu ortaya çıkan patlayıcı ortamların nadir olarak görüldüğü ortamlarda kullanılır. Bu kategorideki malzemeler, standart olarak dikkate değer malzeme arızalarında veya malzeme ile alakalı sıklıkla görülen bozulmalarda olaylarda dahi gerekli güvenlik seviyesini sağlamalıdır. <sup>12</sup>

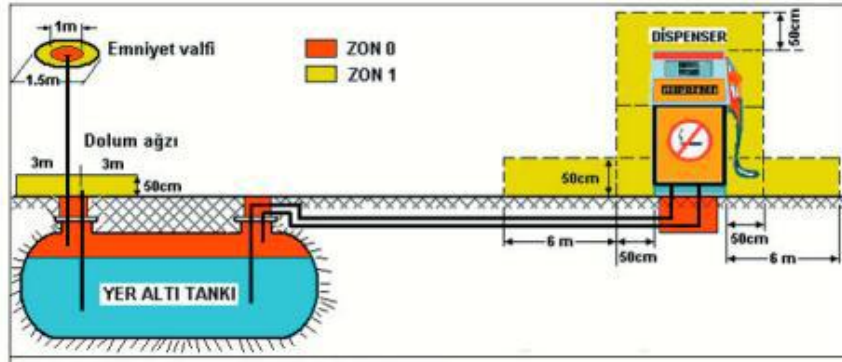
c) Kategori 3, standart koruma özelliğine sahip, imalatçı tarafından belirlenmiş işletme parametrelerine uygun çalışan malzemeleri kapsar. <sup>12</sup>

Bu kategorideki malzemeler, sis veya buhar, gaz ve hava veya toz/hava'nın uygun karışımı sonucu ortaya çıkan patlayıcı ortamların kısa zamanlı ve seyrek olarak görüldüğü ortamlarda kullanılır. <sup>12</sup>

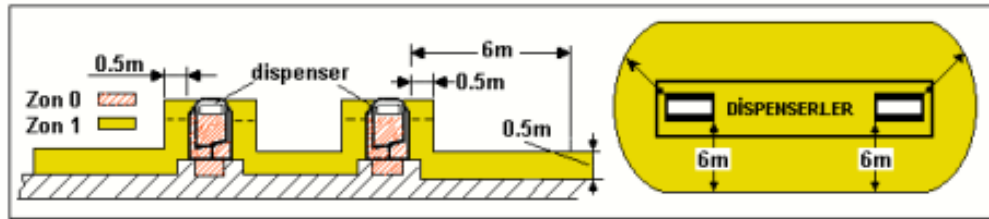
Bu kategorideki malzemeler, standart çalışma anlarında gerekli güvenlik seviyesini sağlamalıdır. <sup>12</sup>

#### 2.2.4. Benzin İstasyonlarında Bölge Belirlenmesi

Türk Standartları Enstitüsü, TS12820'de akaryakıt istasyonlarının tehlikeli bölgelerini tanımlamıştır. Şekil 3 ve 4te görüleceği gibi, ZON 0 olarak belirlenen bölge, dispenser etrafında bulunan çukurluklar ile benzin tankının içi, blöf vanasının 1m çaplı küre içi ve dolun ağzında bulunan çukurluklardır. ZON 1 bölgesi, dispenserin zeminden 50cm yüksekliği ile 6 m etrafı ve blöf vanasının 1.5 metre çaplı küre içidir.<sup>10</sup>



Şekil 3: Benzin İstasyonu Tehlikeli Bölgeleri (TS 12820)



Şekil 4: Benzin İstasyonunun Tehlikeli Bölgeleri (TS 12820)

### 2.2.5. LPG Tanklarında Bölgelerin Belirlenmesi

Amerikan NFPA /ANSI 58-1998'den uyarlanan Türk Standartları Enstitüsü'nün TS 11939 standardında sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) istasyonlarıyla alakalı kurallar verilmiştir.<sup>15</sup> LPG tank depolarının katodik koruma altında bulunması istenmekte ve gaz detektörleri ve alarm teçhizatı da talep edilmektedir. LPG dispanserlerinin yanına zeminden 12-20 cm yükseklikte gaz algılayıcıların bulunması gerekmektedir. Bu gaz algılayıcıların, tehlike durumunda alarm vermesi istendiği gibi, elektriği de kesmesi istenmektedir. Acil durdurma butonlarının, istasyonun belli yerlerinde bulunması şarttır.<sup>10</sup>

DİSPENSER: ZON 0, yatay yüzeyde 45 cm ve dikey yüzeyde 12 cm etrafıdır. ZON 1 ise, yatay yüzeyde 6 metre etrafı ve tepe noktasından 1 metre yüksekliğidir.<sup>10</sup>

TANK: ZON 0, tankın iç bölgesidir. ZON 1 ise, emniyet valfının çevresi ve dolum ağızıdır. Yer üstü ve yer atı tanklarının yanında pompalar bulunmaktadır. Bu motorlar, LPG bağlantılarını geçirmektedir. Bağlantı yerlerinde sıvı LPG sızma ihtimali vardır. Bu sebeple, LPG pompası tehlikeli ZON 1' de bulunmaktadır. LPG pompasının exproof olma zorunluluğu vardır. Tel çitler ile tank ve pompa çevresi kapatılmaktadır.<sup>10</sup>

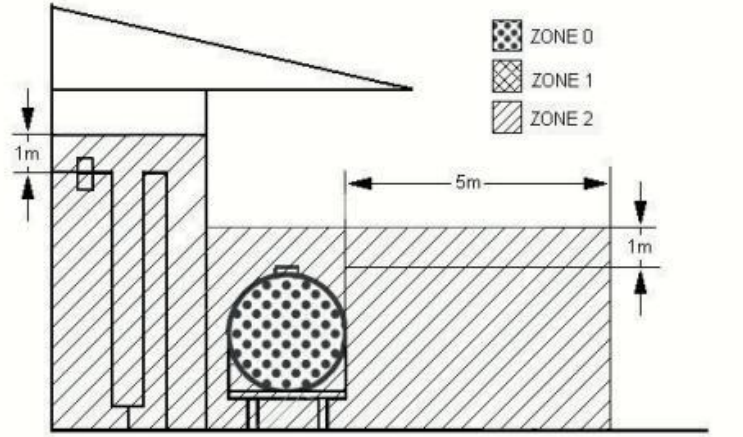
### 2.2.6. Çekici Tankerler İçin Büyük Boşaltma Merkezleri

a) Yağ (Fuiloil) veya Mazotun Üstten Doldurulduğu Yerler

Taşıma araçlarından tankerlere fuel oil ve mazot dolumu yukarıdan aşağıya doğru yapılmaktadır. Bu şekilde uygulamanın sonucu olarak yere mazot dökülme riski mevcuttur. Tankın altındaki çukur anlar ve tank içi ZON 1 olarak tanımlanır. Tankerden uzatılmış olan dolum ağzının 1 metre kadar etrafı ZON 2 olarak tanımlanır.<sup>10</sup>

b)Parlama Noktası <300 C Olan Akar Yakıtların (Benzin) Alttan Doldurulması (buhar geri kazanım düzenekli)

Şekil 5'te verilmiş olan alttan doldurulmalı tankın alt kısmında çukur bulunmamaktadır. ZON 0; tankın içi, ZON 2; tankın etrafıdır. ZON 1 olarak belirlenmiş bölge bulunmamaktadır.<sup>10</sup>

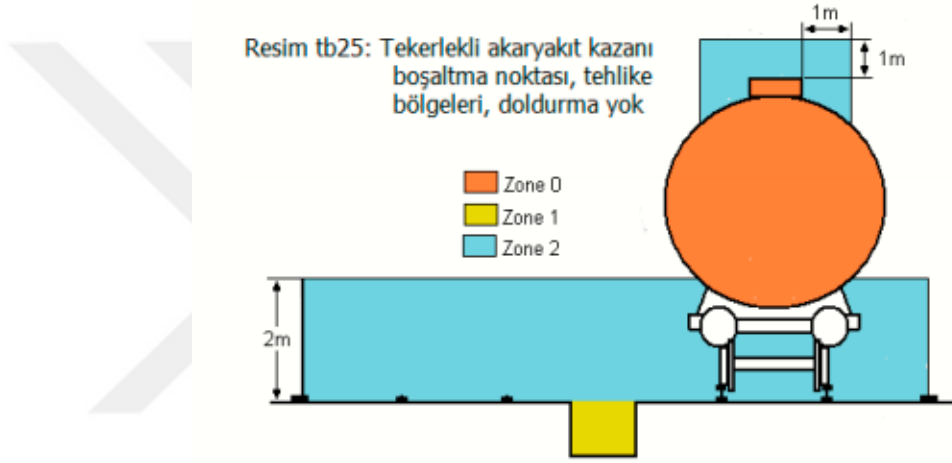


Resim tb24: Parlama noktası 30<sup>0</sup>C altında olan akar yakıtların depolanması

**Şekil 5:** Parlama Noktası 30 Santigrat Altında Olan Akaryakıtların Depolanması

### 2.2.7. Büyük Akaryakıt Kazanları (Tekerlekli) Boşaltma Noktaları

Doldurma yapılmayan bu sistemlerde, belli bir yere çekilmek suretiyle, içinde bulunan akaryakıtın boşaltıldığı noktalardır. Şekil 6da hesaplanmış ZON'lar gösterilmiştir.<sup>10</sup>



**Şekil 6:** Tekerlekli Akaryakıt Kazanı Boşaltma Noktası, Tehlike Bölgeleri, Doldurma Yok

### 2.2.8. Asgari Emniyet Mesafeleri

Emniyet mesafeleri, patlayıcı ortam ihtiva eden tesislerden hangi uzaklıklarda elektrikli ekipmanlarda özel önlem alınmasına gerek olmadığını gösterir. Emniyet mesafeleri, Türk Standartları Enstitüsünün TS 12820 standardında belirtilmiştir. Tablo 1, TS 12820'ye göre halka açık akaryakıt istasyonlarında uyulması gereken asgari emniyet mesafelerini

göstermektedir.<sup>14</sup>

**Tablo 1:** Halka Açık Akaryakıt İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 12820)

Ölçüler (m)	Yer altı tankı	Pompa Dispenser	Tank havalandırma borusu	Tank dolum ağızı
İdari Bina, tesis içi	15	4	6	10
Komşu arsa sınırı	10	10	10	10
Kara yolu (Şehir içi)	6	6	6	10
Kara yolu (şehirler arası)	25	6	6	10
Hastane okul (Arsa sınırı)	50	50	50	50
Umuma açık yerler*	6	10	20	30

\* Otel, Motel, lokanta, kafeterya, çay salonu, kuaför gibi halka açık yerler (iş yerleri)

Umuma açık akaryakıt istasyonları ile özel akaryakıt istasyonları TS 12820'de ayrı ayrı belirtilmiştir. Aralarında, fazla bir fark bulunmamakla birlikte, yer üstü tanklara özel benzin istasyonlarında müsaade edilmektedir. Tablo 2'de TS 12820ye göre özel akaryakıt istasyonlarında uyulması gereken asgari emniyet mesafeleri verilmiştir.<sup>14</sup>

**Tablo 2: Özel Akaryakıt İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 12820)**

Ölçüler (m)	Yer üstü tankı	Yer altı tankı	Pompa Dispenser	Tank havalandırma borusu	Tank dolum ağzı
İdari Bina, tesis içi	15	4	6	6	10
Komşu arsa sınırı	30	10	10	10	10
Kara yolu (Şehir içi)	10	6	6	6	10
Kara yolu (şehirler arası)	50	25	6	6	10
Hastane okul (Arsa sınırı)	50	50	50	50	50
Umuma açık yerler*	30	6	30	20	30

\* Otel, Motel, lokanta, kafeterya, çay salonu, kuaför gibi halka açık yerler (iş yerleri)

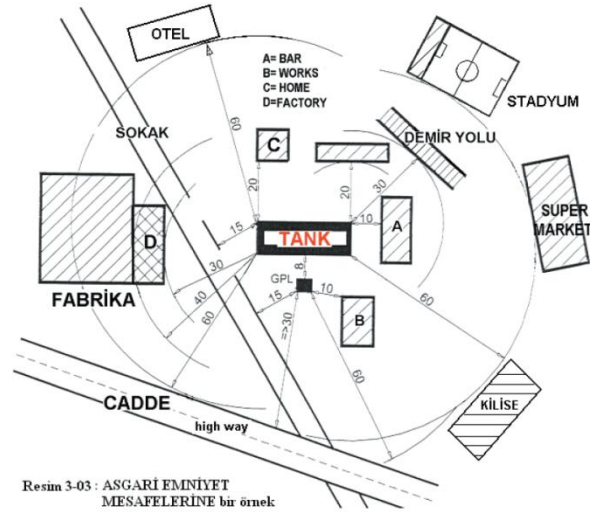
Tank hacmi ayrımını akaryakıt istasyonlarında görmememize rağmen, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) istasyonlarında tank hacmine göre asgari emniyet mesafeleri değişkenlik göstermektedir. Tablo 3'te TS 11939a göre LPG dolum istasyonlarında uyulması gereken asgari emniyet mesafeleri gösterilmiştir. <sup>14,15</sup>



**Tablo 3:** LPG Dolum İstasyonlarında Uyulması Gereken Asgari Emniyet Mesafeleri (TS 11939)

	LPG Tankı, Yer altı		LPG Tankı, Yer üstü		LPG Dispenseri
	3 – 10m <sup>3</sup>	10 – 40m <sup>3</sup>	3 – 10m <sup>3</sup>	10 – 40m <sup>3</sup>	
Tank hacmi	3 – 10m <sup>3</sup>	10 – 40m <sup>3</sup>	3 – 10m <sup>3</sup>	10 – 40m <sup>3</sup>	
Bina	5	10	7.5	15	5
Komşu arsa sınırı	5	10	7.5	15	5
Yol, kara veya demir yolu	5	10	7.5	15	5
Önemli bina: Okul, hastane	40	40	50	50	50

Aşağıda, Şekil 7’de, yerleşim anları ve asgari emniyet mesafelerine örnek verilmiştir.<sup>10</sup>



**Şekil 7: Asgari Emniyet Mesafelerine Bir Örnek**

## 2.2. Yangın

Bir binada yangının gelişmesine yol açan üç bileşen vardır: oksijen, yanıcı madde (yakıt) ve enerji (ısı). Genellikle hem yanıcı maddelere hem de oksijene erişim vardır. Üçüncü faktör olan enerji, bir alevin, bir kıvılcımın veya bir sigaranın vb. Dikkatsiz kullanılmasından kaynaklanabilir. Bir yanma işlemini önlemek için, yangın üçgeninin üç bileşenli bölümlerinden en az birinin elimine edilmesi gerekir.<sup>16</sup>

Ateş, ısı enerjisini yangına maruz kalan odaya atıldığından daha hızlı yayarsa, odadaki sıcaklık hızla artacaktır. Yeterli miktarda ısı enerjisi biriktiğinde bir alevlenme meydana gelir. Ateş daha sonra büyüme aşamasından tamamen gelişmiş bir ateş haline gelir. Bu gerçekleştiğinde, yangın bölgedeki tüm yanıcı yüzeylere yayılır. Bir parlama perspektifinden en

önemli faktör malzemelerin ısı salınımını kontrol etmektir.<sup>14</sup>

Yanmanın başlaması için yanıcı madde ile birlikte oksijenin (genelde hava) ve tutuşmayı sağlayacak bir enerji kaynağının varlığı gerekmektedir. Bu üç bileşen, yanıcı – oksijen – ısı, şekil 8de gösterildiği gibi “yanma üçgeni” olarak adlandırılmaktadır.<sup>16</sup>



**Şekil 8:** Yanma Üçgeni

1. Yanıcı Madde: Yangının üç bileşeninden biri olan yanıcı maddeler üç farklı fazda bulunabilir ve bu fazlar katı, sıvı gaz fazıdır. Yanıcı maddeler arasında, ısıtma yağı, motor yağı ve bitkisel yağ gibi, madde tarafından üretilen toz, elyaf, duman, buğu veya buhar, bunun yanı sıra kereste ürünleri, plastikler ve kuru otlar bulunur. sıcaklık ve basınçtaki değişiklikler yanıcı veya yanıcı maddelerin özelliklerini etkileyebilir. Yanıcı maddeler çalışma alanlarında mümkün olduğunca en düşük miktarda tutulmalıdır. Yanıcı sıvılar arasında benzin, etanol, metil alkol, boya incelticiler, gazyağı, aseton ve dizel bulunur. Yanıcı gazlarda ise hem dolu hem de boş gaz tüpleri yanıcı gaz kategorisindedir. Çok az miktarda yanıcı sıvı buharı bile tutuşabilir ve ciddi yaralanmalara ve hasara neden olabilir,

özellikle buharlar iyi havalandırılmamış odalarda veya kapalı kaplarda biriktiğinde patlayabilir. <sup>16</sup>

2. Oksijen: Kokusuz ve renksiz bir gaz olan oksijen, yanma olayının bileşenlerinden, yanmayı gerçekleştirir. Standart koşullarda havanın %21 Oksijenden oluşur. Diğer bileşenleri ise, %78 Azot ve %1 diğer gazlardır. Yanmanın meydana gelebilmesi için, ortamda oksijen mutlaka bulunmalıdır ve en düşük oksijen oranı %13 olmalı, görünür alev için ise oksijen oranı %15 olmalıdır. Yangının şiddeti, oksijen miktarı ile doğru orantılıdır. <sup>16</sup>

3. Isı: Yangının ilk ateşlenmesinden bir ısı kaynağı sorumludur ve ayrıca yangını korumak ve yayılmasını sağlamak için de gereklidir. Isı, yakındaki yakıtın kurutulması, ön ısıtılması ve çevresindeki havanın ısıtılması yoluyla yangının yayılmasını sağlar. <sup>16</sup>

Yayılan ısı ile yanma tepkimesinin Şiddeti doğru orantılıdır. Yanmanın yayılma hızı 10 cm/s"yi geçerse bu yanma olayı "patlama" olarak isimlendirilmektedir. İçin için yanma terimi, ısının hissedildiği ancak alevin görünmediği durumlara verilen isimdir. Oksitlenmede ise sıcaklık hissedilmez ancak madde yavaş yavaş oksijenle tepkimeye girer. <sup>16</sup>

1 kg malzemenin yanması ile ortaya çıkan ısı miktarı yanma ısısıdır. Birimi kcal/kg.dır. Alev, gaz fazında oksitlenme tepkimesidir. Ateş ise yanmanın sonucunda görünür kısımdır. Tutuşma, maddenin kendiliğinden tutuşup yanacak düzeye gelmesidir. Isı, buhar ve gaz, yangının ilk safhalarında tutuşma gerçekleşmesi için yeterli değildir. Kıvılcım veya yanmış parçalar, tutuşma derecesine gelinceye kadar ısı iletkenliği ile malzemenin

ısını artırır ve Ateş parlaması meydana gelmesini sağlar. Yanma, malzemeler arası geçişi, iletkenlik, ısı, sıcak gaz akımının teması ve uçan yanar haldeki parçalar ile sağlamaktadır. Yangında ısı, 1200°C'ye kadar yükselebilir. Bu bilgi yapılan gerçek yangın tecrübelerinden elde edilmiştir.<sup>16</sup>

### 2.2.1. Yangının Yayılım Evreleri

Bir yangının çıktığı nokta sınırları dar olan bir alandır. Yanmada açığa çıkan enerji ve bu ısının yükselmesi doğru orantılı yükselmekle birlikte, sonuçta yanma hızı gittikçe artmaktadır. Bu sırada yanıcı malzemeler ısının etkisiyle birlikte, kimyasal olarak ayrışarak çevreye yanıcı gazlar vermektedirler.<sup>16</sup>

Yangın sıçrama anı, kapalı bir hacimde ısının 6500C'yi bulduğu zaman, yangın bir saniyeden daha az bir zamanda bütün hacmi kaplamasıdır.<sup>16</sup>

### 2.2.2. Yangının Gelişim Evreleri

Tutuşma evresi (başlangıç evresi): Tutuşma evresi, yangının başladığı kısımdır. Bu noktada yangın, can ve mal kaybı açısından fazla riskli değildir. Bu evrede yanmanın büyüme hızı yavaştır ve belli bir bölgede gelişmektedir. Tutuşma evresinde yapılan doğru müdahaleler yangının büyümesini önleyecektir. Başlangıç evresi, iki evrede incelenir;

a. Hazırlık Evresi; Yanmanın başlangıcından önce geçen süredir. Bazı katı cisimlerde için için yanma dediğimiz yanmanın gerçekleşmesi, hazırlık evresi için örnek olarak verilebilir. Hazırlık evresi, yanıcı maddelerin özelliğine veya ortam ve çevre özelliklerine göre süresel olarak değişkenlik gösterebilmektedir. <sup>16</sup>

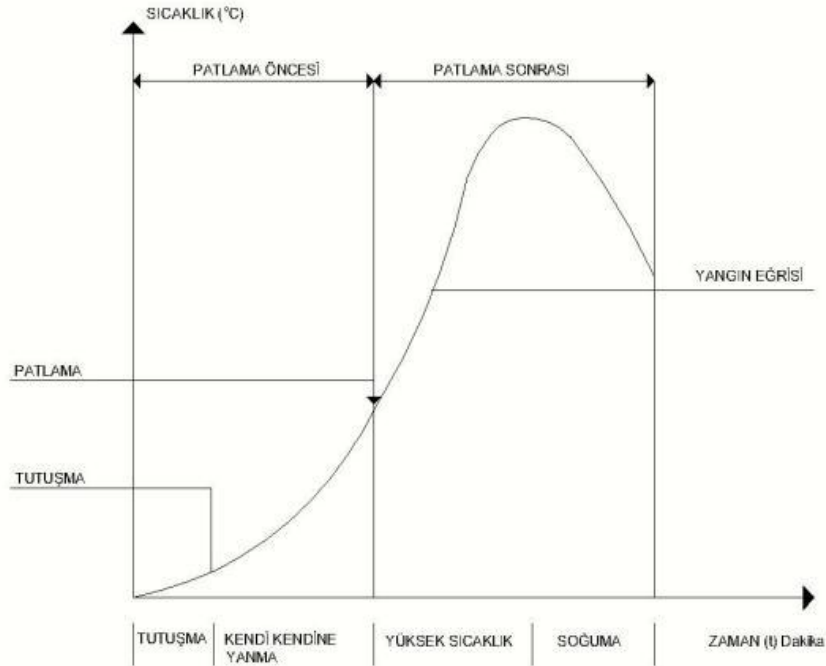
b. Alev Evresi; Alevin ilk görüldüğü an ile başlayan evredir. Alevlerin büyümesini sağlayan şey, hava ile beslenmedir. Yanan maddeden çıkan ısı, önce diğer cisimlere iletilir. Diğer aşamalarda yayılma, ışınım ile sağlanır. Bu evrede, ateşin kendiliğinden sönmesinde, cisimler arasındaki mesafe miktarı veya mevcut hava miktarı önemli rol oynar. Gazlardan, yarım yanmış olup sıcaklıktan dolayı yüksekte dolaştıklarından, uygun sıcaklık / oksijen oranını yakaladıklarında kısa süreli olarak Alev Dili (Flame-over) şeklinde yanarlar. <sup>16</sup>

c. Kendi kendine yanma evresi: Bu evrede, diğer materyaller ortam sıcaklığının artmasıyla oksidasyona uğramakta ve ısının daha da yükselmesiyle kendi kendine yanma başlamaktadır. Bir anda tüm materyaller tutuşmaktadır. Bu evre için genelde “ani parlama” adı kullanılmaktadır. “Tutuşabilir malzemeli bir yangının bir bölümü çevreleyen tüm yüzeye ani geçididir” tanımlaması ani parlamadır. Bu evre, gelişme evresidir. <sup>16</sup>

d. Yüksek sıcaklık evresi: Yanan malzemelerden tam yanmamış gazlar yangın esnasında ortaya çıkar. Uygun oksijen oranı ve uygun sıcaklıkta, yanmamış bu gazlardan kaynaklı patlamalar meydana gelir. Bu evrede patlamayla birlikte ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınç ciddi zararlara neden olmaktadır. <sup>16</sup>

e. Sönme evresi: Sıcaklığın yavaşça düştüğü bu evrede, sıcaklık düşüşü yanıcı maddelerin azalmasına bağlıdır. Alevler, kısalarak zamanla kaybolmaktadır. Ancak bu sıcaklık düşmesi çok yavaş olduğundan yangının zararları bu evrede de devam etmektedir. <sup>16</sup>

Yangın evrelerinin sıcaklık – zaman ilişkisi Şekil 9'da gösterilmiştir. <sup>16</sup>



**Şekil 9:** Yangın Evreleri

Yangın türünün bilinmesi, akaryakıt tesislerinde yangına karşı güvenlik önlemlerinin alınması açısından önem bir rol oynamaktadır. "Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik" e göre yangınlar,

yanma biçiminin dışında, yanıcı madde çeşitlerine göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır. <sup>16,17</sup>

1)A sınıfı yangınlar: Kömür, odun, ot, kâğıt, plastik ve doküman gibi katı yanıcı maddeler yangını,

2) B sınıfı yangınlar: Benzol, benzin, laklar, makine yağları, katran, yağlı boyalar ve asfalt gibi sıvı yanıcı maddeler yangını,

3) C sınıfı yangınlar: Propan, metan, asetilen, bütan, LPG, hidrojen ve havagazı gibi gaz yanıcı maddeler yangını,

4) D sınıfı yangınlar: Sodyum, Lityum, alüminyum, potasyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddeler gibi metaller yangını. <sup>16,17</sup>

### 2.2.3. Yangın Sırasında Meydana Gelen Isı Transfer Türleri

Ekzotermik bir tepkime olan yanma olayı esnasında sürekli olarak bir ısı üretimi gerçekleşmektedir. Yanmanın devam ettiği sürede sırayla bölgedeki diğer maddeler de tutuşma sıcaklığına ulaşmakta ve yanmaya başlamaktadır. <sup>16</sup>

Yangın sırasında ısı yayılımı taşınım, ışınım ve iletim olmak üzere üç değişik şekilde gerçekleşmektedir; <sup>16</sup>



### Taşınım (Konveksiyon):

Taşınım, ısı enerjisinin bir yerden başka bir yere aktarımıdır. Sıcaklık farkından dolayı, ortamda akışkan hareketi ile ısı enerjisinin bir ortamdan diğer bir ortama sıcaklık farkından dolayı transferi sağlanır. Doğal taşınım, sıcaklık değişiminden dolayı yoğunluğunun değişmesi ile oluşan hareket sonucu, zorlanmış taşınım ise, hareketin pompa veya fanla sağlanması sonucu gerçekleşen taşınımlardır.<sup>16</sup>

Yangının yayılmasında en etkin ısı transferi mekanizması taşınım ile yayılmadır. Enerjinin yaklaşık olarak %80'i bu şekilde yayılmaktadır. Yangın durumunda sıcak gazlar genellikle tavana doğru yükselmekte ve birikimi tavan bölgesinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle tavana yakın kısımlar daha sıcaktır. Taşınım olayının verimi aşağıdakilere bağlıdır:

- Akışkanın dinamik viskozitesi,
- Akışkanın sıcaklığı,
- Sıcak yüzeye temas eden akışkan tabakanın hareket hızı.<sup>16</sup>

### Işınım (Radyasyon):

Isının taşınımı, ışınım olayında elektromanyetik dalgalar (ya da fotonlar) ile gerçekleşir. Işınımın, ısı enerjisini içinden nakledilebileceği bir ortama ihtiyaç duymamaktadır.<sup>16</sup>

İletim (Kondüksiyon):

Isı iletimi; katı fazlı, sıvı fazlı veya gaz fazlı bir ortam içerisinde direkt fiziki temas ile ortaya çıkar. Yangın durumunda, moleküllerin kinetik enerjisi yüksek olan bölgeden düşük olan bölgeye doğru iletilmektedir. <sup>16</sup>

#### 2.2.4. Akaryakıt Yangın Etkilerinin Tahmini Yöntemi

Yakıt tankı yangınlarının, kaza, deprem ya da sabotaj sonucu oluşacak tehdit iki kategoride ele alınabilir. <sup>16</sup>

1. Isı transferi ile civardaki tanklara veya yerleşim alanlarına yangının sıçraması

2. Kimyasal bileşenlerin yanma sonucu ortaya çıkmasıyla toksik özelliklerinin, insan sağlığı üzerindeki etkileri

Açık alanda hidrokarbon bileşiklerinin yanma özellikleri ve yaydıkları ısı enerjisi oluşmaktadır. Açık alan yangınları;

- Havuz yangınları
- Jet alevleri
- Alev topları <sup>16</sup>

Havuz yangınları sıvı yakıt depolama tanklarında ya da basınçlı küresel LPG gaz tanklarında rastlanabilen kaza ile saçılmış ya da belli bir yüzeye yayılmış yakıtın tutuşması ile oluşan yangınlardır. Havuz yangınlarında birim yüzeye radyasyon yolu ile iletilen ısı gücün belirlenmesi çok önemlidir. Bu tür yangınların yakın çevresinde yarattığı riskleri tahmin etmek için aşağıdaki yangın karakteristikleri belirlenmelidir.<sup>16</sup>

1. Yangın alev boyu, eğimi ve yanma hızı
2. Alev yüzeyinin yaydığı radyant ısı, radyant ısı güç ve atmosferik ortamın absorpsiyon özellikleri
3. Isıya maruz kalan elemanların alacağı radyant ısı güç ve bu ısı gücün yaratacağı sıcaklık
4. Isıya maruz kalan elemanlarında tutuşma sıcaklığının aşılıp aşılmadığının kontrolü, tutuşma sıcaklığı aşılıyorsa tutuşma süresi
5. Yanma sonucu atmosferik ortamdaki zararlı gaz miktarı (CO<sub>2</sub> ve CO kütle dönüşüm miktarları)
6. CO<sub>2</sub> ve CO gazlarının insan sağlığı üzerindeki etkisi

Yukarıda verilen hususların petrol ürünleri depolama tesislerinde meydana gelecek bir yangında civar yerleşim birimlerinde insan hayatına oluşturacağı tehdidi ifade etmektedir.<sup>16</sup>

## 2.3. Akaryakıt

### 2.3.1. Petrol Ürünleri ve Özellikleri

Petrol endüstrisi, petrol sanayi veya petrol ve doğal gaz endüstrisi, küresel olarak petrol ve petrol ürünlerinin aranması, çıkarılması, rafine edilmesi, taşınması ve pazarlanması süreçlerini kapsayan terimdir.<sup>18</sup>

Petrol, toprakta sıvı, gaz veya katı halde meydana gelen karmaşık hidrokarbon karışımıdır.<sup>18</sup>

Petrol ürünlerinin hemen hemen hepsi petrol rafinerilerinde damıtılmış petrolden oluşmaktadır. Rafineriler ham petrolün kalitesine ve ihtiyaca göre petrol ürünleri üretirler.<sup>18</sup>

Sektörün en büyük hacme sahip ürünleri arasında mazot ve benzin bulunmaktadır. Petrol türevleri, otomobillerde kullanılan yakıtlar, dizel yakıt, ham petrol gibi birçok maddeden oluşmaktadır. Otomobillerde kullanılan benzin, petrol ürünlerinden biridir.<sup>18</sup>

Akaryakıt türleri, ham petrolün rafine edilmesi ve kimyasal dönüşümleri ile elde edilen petrol ürünleridir. Akaryakıt istasyonlarında bulunan başlıca türleri normal, süper ve kurşunsuz benzin, motorin ve LPG'dir.<sup>18</sup>

### 2.3.2. Akaryakıtların Genel Özellikleri

Günlük yaşantımızın türlü alanlarında kullandığımız benzin, mazot, gaz yağı vb. ürünler yeraltından çıkarılır ve ham petrolün dağıtımından elde edilir. Yanıcı ve akıcı olduklarından genel olarak akaryakıt adını alırlar.<sup>18</sup>

Yakıtlar, potansiyel enerjiyi formlarda depolayan herhangi bir malzemedir, oksijende yakıldığında ısı enerjisini serbest bırakır. Yakıtın kalorifik değeri, bir birim kütle veya yakıt hacmi tamamen yandığında açığa çıkan toplam ısı miktarıdır.<sup>18</sup>

Bir birim kütle / hacim yakıt tamamen yakıldığında ve yanma ürünleri oda sıcaklığına (15 ° C veya 60 ° F) soğutulduğunda üretilen toplam ısı miktarında daha yüksek veya brüt kalorifik değer (HCV).<sup>18</sup>

Düşük veya net kalorifik değer (LCV), yakıtın birim kütlesi (hacmi) tamamen yandığında ve ürünlerin kaçmasına izin verildiğinde üretilen ısıdır.<sup>18</sup>

$$LCV = HCV - \text{Suyun gizli ısı}$$

Doğal veya birincil yakıtlar odun, turba, kömür, doğal gaz, petrol gibi doğada bulunur.<sup>19</sup>

Yapay veya ikincil yakıtlar, birincil yakıtlardan kömür, kömür gazı, kok, gazyağı, mazot, benzin vb.<sup>19</sup>

Yakıtların sınıflandırılması

Katı yakıtlar

Sıvı yakıtlar

Gaz Yakıtlar

Akaryakıtların genel özellikleri:

1. Akaryakıtlar suya göre daha hafiftirler.
2. Akaryakıtlar önce buhar haline gelmeli ve sonrada hava ile karışmalıdırlar.
3. Sıvı haldeki akaryakıtlar yanmazlar.<sup>19</sup>
4. Akaryakıtlar yanıcı olabilmek için çıkardıkları buhar havadan ağırdır. Bu nedenle buldukları yerin alçak noktasına çökerler. Bil hassa rüzgârsız sakın havalarda çevredeki hendek ve çukurlarda, kuyularda biriken akaryakıt buharları tehlikeli durumlar oluştururlar.<sup>19</sup>
5. Akaryakıt buharı teneffüs edilirse zararlıdır. Baş dönmesi baygınlık ve ölümlere neden olabilir.<sup>19</sup>
6. Tam dolu olan akaryakıt tanklarının veya varillerin içlerinde ayrıca bir buhar ve havahacmi bulunamayacağı için patlamalarına ve yanmalarına teorik olarak imkân yoktur.<sup>19</sup>
7. Bunun yanında boş varil ve tanklar içlerinde buhar ve hava hamcı bulunabileceği için daima tehlike yaratabilirler. Bu sebeple boş sarnıçlı kamyonlara, boş tank ve varillere ateş ile yaklaşılması doğru değildir.<sup>19</sup>

### 2.3.3. Akaryakıt İstasyonları

Benzin, yakıt nafta, gaz yağı, jet yakıtı, motorin (dizel), fueloil, biyodizel ve biyoyakıt (etanollü benzin) akaryakıt grubu altında toplanmaktadır. Akaryakıt istasyonları ise esas itibariyle karayolunda seyreden araçların akaryakıt, yağ, basınçlı hava gibi ihtiyaçlarının sağlandığı ve taşıtlarla ilgili bazı basit teçhizat parçaları ile hizmetlerin verildiği yerlerdir.

19

TS 12820'ye göre akaryakıt istasyonları; akaryakıtların depolandığı ve sabit olarak tesis edildiği, cihaz, donanım ve teçhizatla motorlu kara ve deniz taşıtlarının yakıt depolarına veya yakıt kaplarına doldurulduğu ve/veya isteğe bağlı olarak oto lastiği, akümülatör ve bazı diğer ihtiyaçlarla ilgili satış ve servis hizmetlerinin verildiği yer olarak tanımlanmaktadır. İçerisinde akaryakıtla birlikte LPG de satılan akaryakıt istasyonları ayrıca TS 11939'a, sıkıştırılmış doğalgaz (CNG) veya sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) satılan akaryakıt istasyonları ise ayrıca ilgili mevzuata uygun olmalıdır.<sup>18,19</sup>

#### Benzin

İçten yanmalı motorların keşfi yaklaşık olarak 1870'li yıllara rastlamaktadır. Benzin, bu yıllardan itibaren arabalarda kullanılmakta, ancak ilk dolum istasyonunun açılması 1905'i bulmaktadır. 1905'te Missouri de açılan ilk istasyonu takiben 1907'de Washington'da 2. İstasyon da açılmıştır.

18 20

Dünya çapında yaygın bir kullanıma sahiptir. Türkiye’de Mart 2019 itibarıyla benzin ve türevleri aylık 185.246 ton civarında satılmakta ve motorinden sonra gelmektedir. Benzin satışlarında Shell Türkiye pazarının büyük bir kısmını elinde tutmaktadır. Mart 2019 Döneminde Akaryakıt Satış Miktarlarının Dağıtıcılara Göre Dağılımı Şekli 10’da gösterilmiştir.<sup>20</sup>

Yakıtlar, dolum sırasında havaya karışabilir ya da dökülmüş sıvıdan buharlaşabilir. Ek olarak, yakıt depolama tanklarından sızarak yer altı sularını kirletebilir. Egzozdan çıkarak doğrudan havaya karışan bileşenler su, toprak ya da bitki örtüsü üzerine yerleşebilir ya da yağmur yağdığında bu yüzeylere yağarak kirlenmeye yol açabilir.<sup>18,20</sup>

### Motorin

Motorin, dizel motorlarda çalışan yakıtlara verilen isimdir. Ham petrolden elde edilmektedir. Dizel araçlar, 1880’lerde Alman mucit Rudolph Diesel tarafından döneme hakim buharlı makinalara alternatif olarak üretilmiş, 1894’te patenti alınmıştır. 1898’de bir sergide fıstık yağı ile gösterimi yapılan bu motorların arabalarda kullanımı 1936’yı bulmaktadır ancak bu dönemden sonra dizel arabalar ve motorin giderek popülerleşmiştir.<sup>18,20</sup>

Türkiye’de Mart 2019 itibarıyla istasyonlarda en çok satılan yakıt motorindir. Aylık yaklaşık 1.908.814 ton motorin satılmaktadır ve bu pazarın en büyük dağıtıcı firması Petrol Ofisi’dir. Mart 2019 Döneminde Akaryakıt Satış Miktarlarının Dağıtıcılara Göre Dağılımı Şekli 10’da gösterilmiştir.<sup>18,20</sup>



Benzin de olduğu gibi motorin de dolum sırasında havaya karışabilir ya da dökülmüş sıvıdan buharlaşabilir. Yakıt depolama tanklarından sızarak yer altı sularını kirletebilir. Egzozdan çıkarak doğrudan havaya karışan bileşenler su, toprak ya da bitki örtüsü üzerine yerleşebilir ya da yağmur yağdığıında bu yüzeylere yağarak kirlenmeye yol açabilir. Korunmak için çift katmanlı ve sızıntı detektörlü tanklar kullanılmalıdır. Yakıt bileşenleri, petrol sondajı, rafine işlemleri ve taşıma sırasında da çevreye salınabilir.<sup>18,20</sup>

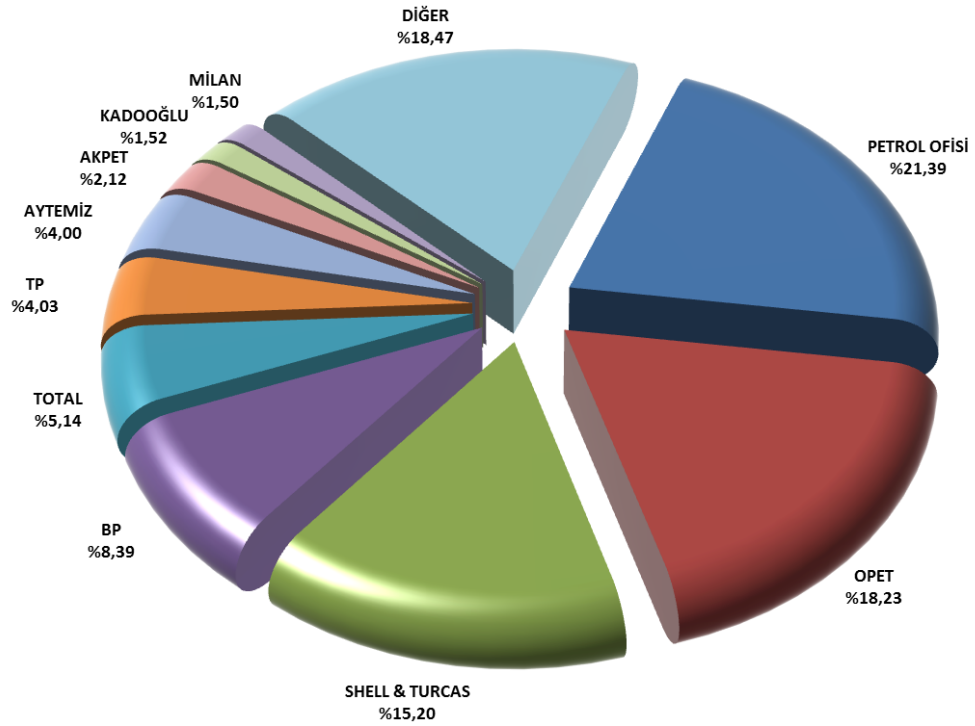
## LPG

LPG, doğalgaz ve petrolün, propan ve bütan karışımı olan bir yan üründür. LPG'nin motor yakıtı olarak kullanılmasına ilişkin deneyler 1910 civarında başlamıştır, 1950'li yıllarda geleneksel araçların alternatif yakıtlarla çalışan araçlara dönüştürülmesi popüler olmuştur. O dönemde Milwaukee'de yaklaşık 300 taksilik bir filo LPG ile çalıştırılıyordu. Dünya çapında yaklaşık 15 milyon araçta kullanılmaktadır. Avrupa'da kişisel araç kullanımında tercih edilen lider alternatif yakıttır, 2001 yılında Avrupa'da tüketilen LPG miktarı 30,783 milyon ton iken bunun 4925 milyon tonu (%16) otomotiv sektöründe kullanılmıştır.<sup>18,20</sup>

Kore, Japonya, Avustralya, Türkiye ve Polonya birlikte dünyadaki LPG tüketiminin yarıdan fazlasını oluşturmaktadır. Polonya'da %16'dan fazla, Kore, Bulgaristan, Türkiye ve Litvanya'da %10'un üzerinde araç LPG ile çalışmaktadır.<sup>20</sup>

LPG, hem sıvı hem de buhar halinde renksiz ve kokusuz bir yakıttır. Buhar halinde hafifçe toksiktir ancak zehirli değildir. Atmosferik

basınç ve sıcaklıkta havadan 1,5 – 2 kat ağırdır. Dolayısıyla borulardan ya da kaptan sızma durumunda yere yakın bir havuz oluşturur. Bu ateşleme kaynağının yakın olması nedeniyle oldukça risklidir. Bu açılarda ele alındığında güvenli en zararlıya doğru yapılan sıralamada dizel en güvenli, LPG en zararlı olarak kabul edilir. LPG buharı son derece yanıcıdır, %2-10 arasında hava ile karıştığında kolayca tutuşup patlayabilir.<sup>18,20</sup>



**Şekil 10:** Mart 2019 Döneminde Akaryakıt Satış Miktarlarının Dağıtıcılara Göre Dağılımı

### 2.3.4.Akaryakıt Depolama Tankları

Depolama tanklarında yangının önlenmesi ve yangının çıkması halinde de çevre tanklara sirayetini engelleyecek bir takım tasarım kuralları muhtelif standart ve yönetmeliklerce ortaya konulmaktadır. Genel olarak incelendiğinde, bu standart ve yönetmeliklerin beş ana başlık altında uyulması gerekli kuralları belirledikleri anlaşılmaktadır.<sup>18</sup>

1. Tank yerleşim kuralları
  2. Tank sahalarında yangın güvenlik önlemleri
  3. Tankların, boru hatlarının, pompa ve kompresörlerin, basınç regülatörlerinin mühendislik tasarım kuralları
  4. Elektrik ve elektrostatik tehlike önlemleri
  5. Tank inşası ve tankların operasyonu esnasında uyulması gereken kurallar
- 18

İlk iki başlıkta alınan önlemler yangın çıktıktan sonra, çevreye ve insan sağlığına vereceği zararı minimize etmeyi amaçlamaktadır. Diğer üç başlıkta ise yangının ilk planda çıkmasını engelleyici yöndedir.<sup>18</sup>

Yakıt tanklarının grup yerleşimi halinde, grup içindeki tank kapasitesini ve grubun toplam kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu suretle 6 ayrı kategori önerilmekte, yerleşim sınırlarına ve ateşleme kaynaklarına olması gereken minimum mesafeler yangın duvarlarının mevcut olup olmamasını da değerlendirerek belirlenmektedir. Hem yerleşim alanının depolama tesisine yaratacağı yangın riskini, hem de depolama tesisinin yerleşim alanında yaratacağı zararlı kararında sadece bölgenin yerleşim alanlarının ve ulaşım akslarının konumlarının değil, topoğrafik ve meteorolojik verilerden, arazi eğiminin ve rüzgar koşullarının da değerlendirilmesi

gerektiğinin altını çizmektedir. Gruplaştırılmış tanklar arasında minimum mesafe olarak 1,5 metre ya da en büyük küre tankın yarıçapı kadar, ya da tank silindirikse çapının  $\frac{3}{4}$ " kadar bir mesafenin en büyüğü alınarak yerleşim planı yapılmaktadır. <sup>18</sup>

Türkiye"deki yönetmelikte yerüstü yanıcı sıvı depolama tanklarında söndürücü olarak hafif köpük, karbondioksit, kuru toz yasa su kullanılması önerilmektedir. Komşu tanklarda ise radyasyon ve taşınım yolu ile ısınmayı engelleyecek yağmurlama sistemlerinin kurulması tavsiye edilmektedir. <sup>18</sup>

Depolama tanklarında olası bir yangının yarattığı zararlı etmenlerin incelenmesi, coğrafik alanın, koşulların sabit kabul edildiği, 200x200 metre alanında hücrelere bölünmesiyle incelenmektedir. Tanklarda buhar genleşmesi sonucu patlamanın ya da LPG tanklarında parlama yangınlarının yaratacağı yanma, patlama ve parça tesiri etkilerini göz önüne almakta, yanma ürünü sonucunda oluşan zehirli gaz tesiri değerlendirilmektedir. Ayrıca incelenen etkilerin değerlendirilmesi yönetmeliklerde belirtilen mesafe ve diğer tanımsal büyüklüklere dayandırıldığı, analiz girdilerinden anlaşılmaktadır. <sup>18</sup>

Servis istasyonları kurulurken "Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik" ve bu yönetmelikte yer almayan hususlar hakkında TS 12820 Standardı hükümlerine uyulur. <sup>14,17</sup>

Yönetmelikte,

1. Tankların betonarme havuz içerisine yerleştirilmesi gerektiği, tank başına 45.000 litreyi geçmemek şartı ile bir istasyonda 250.000 litre akaryakıt depolanabileceği belirtilmektedir. <sup>14,17</sup>

2. Akaryakıt servis istasyonunun tamamı, merkezi ve gelişmiş bir topraklama sistemine bağlanmalı, topraklama hattından bir seyyar uç, dolum ağzı muhafazası içine alınarak boşaltım yapan tankerlerin topraklanmasında kullanılmalıdır. <sup>14,17</sup>

3. Tankerler dolum işlemine başlamadan önce statik yükten arındırılmalı, doldurma ve boşaltma esnasında tank ile tanker arasında statik elektrik yükü dengesini sağlayacak bağlantı yapılmalı ve tanker topraklanmalıdır. <sup>14,17</sup>

4. Bütün elektrik tesisatı ve elektrikli cihazlar, tesis edildikleri yerler için uygun olmalı ve ana panolara kaçak akım koruma rölesi konulmalıdır. <sup>14,17</sup>

5. Bir koruma bölgesi, dışarısı ile irtibat noktası olmayan bir zemin, duvar, çatı veya diğer yapının ötesine geçmemelidir. <sup>14,17</sup>

6. Yakıt hortumu ve tabancasının bir parçası olan bütün elektrik tesisatı ve elektrikli cihazlar Bölge 0'da kullanım için uygun olmalıdır. <sup>14,17</sup>

7. İstasyonda, en az 1 adet 6 kg'lık kuru kimyevi tozlu, ilave olarak istasyon içerisinde farklı yerlerde ve doldurma ağzına 7 m'den yakın ve 25 m'den uzak olmayacak şekilde, asgari 89 B söndürme etkisi olan en az 2 adet 50 kg'lık kuru kimyevi tozlu tekerlekli yangın söndürme cihazı olması şarttır. <sup>14,17</sup>

#### **2.4. ALOHA Nedir?**

ALOHA veri derlemeleri, kaynak gücü modelleri ve havadan kaynaklanan kimyasallarla ilişkili tehlikeyi tahmin etmek için modeller içerir. Bunlar, Bernoulli denklemleri (sıvı döküntü), LEAKR (gaz kaçağı), EPA buharlaşma algoritması, DEGADIS (havadan ağır gazların yayılımı), GAUSS (havadan hafif gazların yayılımı), BST (buhar bulutu patlaması) modelleridir. Programda bulunan bu algoritmalar ile veri girişi yapıldığında uçucu ve yanıcı kimyasalların yanlışlıkla kısa süreli salınmasıyla oluşabilecek tehlikelerin boyutları belirlenmekte, kimyasalların salınımı ve uçuculuk hızı tahmin edilerek tehdit bölgelerinin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Kimyasal bir maddenin bir tank veya gaz boru hattından salınma ve atmosfere giriş hızını, rüzgar hızı ve hava şartlarına bağlı olarak yanıcı ve zehirli bulutların dağılımını, buhar bulutu patlamalarını ve yangınlarla oluşan termal reaksiyon risklerini tanımlayan ALOHA programı geniş bir kimyasal altyapıya sahiptir.<sup>21</sup>

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada ulusal ve uluslararası yayınlar ve mevzuatlar incelenerek literatür çalışması yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada ALOHA programı ile şehir içi akaryakıt tesislerinde oluşabilecek bir döküntü senaryosunun yangın ve patlama etkilerinin hesaplanması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler yapılırken binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik, çalışanların patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması hakkındaki yönetmelik, muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılan teçhizat ve koruyucu sistemler ile ilgili yönetmelik, TS 12820 Akaryakıt istasyonları-emniyet gerekleri standardı ve TS 11939 sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) İkmal istasyonu Karayolu taşıtları için emniyet kuralları göz önünde bulundurulmuştur.

#### 3.1. ALOHA

ALOHA, Çevre Koruma Ajansı Acil Durum Yönetimi Ofisi (EPA) ile işbirliği içinde Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) içinde bir bölüm olan Acil Müdahale Bölümü 1 (ERD) tarafından geliştirilmiştir ve desteklenmektedir. Birincil amacı, acil durum personeli personeline kimyasal dökülmelerle ilgili bazı yaygın tehlikelerin mekansal kapsamı tahminlerini sağlamaktır.<sup>21</sup>

ALOHA, uçucu ve yanıcı kimyasalların kısa süreli yanlışlıkla salınmasıyla ilişkili bazı tehlikelerin uzamsal boyutlarını tahmin etmektedir. ALOHA özellikle toksik kimyasal buharların solunması, kimyasal yangınlardan kaynaklanan termal radyasyon ve buhar dalgası

patlamalarından kaynaklanan basınç dalgasının etkileri ile ilgili insan sağlığı tehlikelerini ele almaktadır. <sup>21</sup>

100 ila 10.000 metre aralığında tipik tehdit bölgeleriyle, nakliye kazalarına tipik bir ölçekte kimyasal dökülmelerle ilişkili tehdit mesafelerine yakın bir üst sınır sağlamak için tasarlanmıştır. Kapsamlı bir kimyasal özellik verileri kitaplığı ve bir kimyasalın çevreden salındığı ve buharlaşma hızını değerlendiren modeller ile ALOHA, kaynak kuvvet modellerini havadaki tehlikelerin mekansal kapsamını tahmin etmek için hava dağılım modellerine bağlar. <sup>21</sup>

Zehirli buharlara, yanıcı bir atmosfere, buhar bulutu patlamasından kaynaklanan aşırı basınç veya bir yangından kaynaklanan termal radyasyona maruz kalma olasılığının bulunduğu bölge grafiksel olarak tehdit bölgeleri olarak gösterilir. Tehdit bölgeleri, yer seviyesinde maruz kalmanın, serbest bırakılmanın başlamasından bir süre sonra, kullanıcı tarafından belirtilen endişe düzeyini aştığı alanı temsil eder. Tehdit bölgesindeki tüm noktalar, serbest bırakılmayı takip eden bir zamanda endişe seviyesini aşan geçici bir maruziyet yaşar; zaman içinde öngörülen tepe maruziyetinin bir kaydıdır. <sup>21</sup>

Bir kimyasal maddenin havadan yayılma hızı, toksik veya yanıcı bir bulutun büyüklüğu ve süresi için çok önemlidir. ALOHA, bir kimyasalın hapsolmadan salındığı ve atmosfere girme hızını tahmin etmek için çeşitli modeller kullanır; bunlara kaynak gücü modelleri denir. ALOHA ile, dört genel kimyasal salım sınıfı veya kaynağı için kaynak gücünü tahmin edilebilir:



1.Doğrudan. Tek bir noktadan havaya anlık veya sürekli kimyasal buhar yayılması. Yükseltilmiş bir serbest bırakmaya izin veren tek seçenek budur. Doğrudan bir kaynak seçeneği, havaya giren kimyasal buhar miktarını uzayda bir noktadan doğrudan belirlenmesini sağlar. <sup>21</sup>

2. Su birikintisi. Kaynamış olmayan veya kaynamış bir sıvı içeren sabit alanlı bir su birikintisi. Su birikintisi seçeneği kullanılarak, uçucu kimyasalların buharlaşmasını sabit alandaki bir su birikintisinden modellenenbilir. Üç farkı sıcaklık değerlendirilir;

2.1 Kaynamayan su birikintisinden buharlaşma; Ortalama su birikintisi sıcaklığı ortam kaynama noktasının altında olduğunda, 3 ALOHA buharlaşma oranını tahmin etmek için Brighton (Brighton 1985) tarafından bir model kullanır. Model, su birikintisinin yüzeyine temas eden hava tabakasının, su birikintisindeki sıvıyla dengede buharları tuttuğunu varsaymaktadır. Türbülanslı bir hava akımı havuz yüzeyinden geçerken, buhar molekülleri bu buhar tabakasının tepesinden pasif bir şekilde yayılır ve aşağı doğru yönlendirilir. <sup>21</sup>

2.2 Kaynayan su birikintisinden buharlaşma; ALOHA, su birikintisi sıcaklığının üst sınırını ortam kaynama noktasına sınırlar. Kaynamış su birikintileri, çevrelerinden kaynaması için yeterli termal enerjiyi emebilir, ancak bir su birikintisinin kaynama noktasını aşması son derece nadirdir. Hesaplanan su birikintisi sıcaklığının kaynamaya yaklaştığı veya kesin olarak, Brighton'ın kaynamayan su birikintisi modelinin üst sınırını aştığı durumlarda, ALOHA kaynar su birikintisi modeline geçer. Model, kaynama noktasına sabitlenmiş sabit durumlu bir sıcaklık varsayımına dayanmaktadır. <sup>211</sup>

2.3 Birikinti enerji dengesi; Buharlaşıcı kütle akısının büyüklüğü, uzamsal olarak homojen olduğu varsayılan su birikintisinin sıcaklığına bağlıdır. Su birikintisi sıcaklığı, ALOHA'da kabul edilen altı enerji kaynağının büyüklüğüne ve işaretiyle ilgili olarak zamanla artabilir veya azalabilir. <sup>21</sup>

3. Tank. Zemin seviyesinde silindirik veya küresel bir tank, tek bir delik veya sızıntı yapan vana. Tank, bir sıvı, basınçlı gaz veya basınç altında sıvılaştırılmış gaz içerebilir. Tank içerikleri doğrudan atmosfere kaçabilir veya önce bir yayılma buharlaşma havuzu oluşturur. ALOHA, bir tankın patlaması sonucu havaya salınan madde miktarını tahmin edebilir. ALOHA, basınçlı gazlar, ortam basıncındaki sıvılar, soğutma ile sıvılaştırılmış gazlar ve basınç altında sıvılaştırılmış gazlar içeren tankları işlemektedir. <sup>21</sup>

3.1 Tankın iç Sıcaklığı; Serbest bırakma sırasındaki sıcaklık değişimlerini hesaba katmak için, ALOHA, sızan sıvının yarattığı boşluğu doldurmak için, bu tankın içindeki sıvı buharlaşma nedeniyle sıvı içeriği ile temas halinde olan tank duvarları boyunca termal iletimi ve buharlaşmalı soğutmaya dikkate alır. <sup>21</sup>

3.2 Tankın İç Basıncı; Tankların keşfedilmediği varsayılır ve başlangıçta, baş boşlukta kendi buharlarıyla termodinamik dengede olan tek bir bileşen bulunur. Sıvı içeren tanklar için iç basınç, depo sıcaklığı tarafından tanımlanır ve sıvının buhar basıncına eşit olarak ayarlanır. <sup>21</sup>

3.3 Tanktan Etkili Faz; Basınçlı gaz içeren tanklar veya kaynama noktalarının altında depolanan sıvılar için, atık su fazı, kopma konumundan kolayca belirlenir. Bununla birlikte, aşırı ısıtılmış sıvılar içeren tanklar için, boşaltma fazının belirlenmesi, yırtılma baş boşluğunda meydana geldiğinde karmaşık olabilir. Bir yırtılma normal kaynama noktasının üzerinde

depolanan bir sıvının bulunduğu bir tankın üst boşluğuna girdiğinde veya kesiştiğinde, sıvının hızlı bir şekilde buharlaşmasına neden olacak şekilde basınç hızlı bir şekilde serbest bırakılır. Bu işlem sıvı boyunca kabarcık oluşumu ile sonuçlanabilir (homojen çekirdeklenme). Gaz kabarcıkları, sıvının yükselip çıkabileceğinden daha hızlı üretilirse, sıvının hacmi şişebilir ve depoyu doldurabilir. Kafa boşluğundaki yırtılma daha sonra büyük bir salınımla sonuçlanan 2 fazlı bir gaz ve sıvı karışımı salınabilir. Çoğu durumda, ALOHA kaynama noktasının üzerinde depolanan bir sıvı içeren bir tankın baş boşluğundaki herhangi bir kopmanın, tankı düzgün bir kabarcıklı 2-faz karışımı ile doldurması için şişeceğini varsayar.<sup>21</sup>

3.4 Ortam kaynama noktasının altında depolanan sıvı; ALOHA, sıvının tanktan salınımını, su birikintisinin oluşumunu ve su birikintisinden buharlaşma oranını hesaplar. Sıvı seviyesi deliğin veya borunun tabanının altına düştüğünde, ALOHA sıvının üzerindeki kafa boşluğundan daha fazla gaz salınmasını ihmal eder. Aynı hesaplama yöntemleri, tank duvarındaki bir delik ve kısa bir boru için kullanılır.<sup>21</sup>

3.5 İki fazlı bir karışım veya kaynama noktası üstünde olan sıvı; ALOHA, aşırı ısıtılmış bir sıvı olan bir atık ya da aşırı ısıtılmış bir sıvının flaş kaynatılmasından kaynaklanan 2 fazlı bir karışım içeren salma senaryoları için Homojen Yok Deneme Modelini kullanır (Fauske 1985, Fauske ve Epstein 1987)<sup>21</sup>

3.6 Delik Ve Kısa Boru İle Gaz Duyurusu; ALOHA iki koşulda bir gaz tahliyesini öngörmektedir: tank bir basınçlı gaz içerir veya basınç altında sıvılaştırılmış klor veya amonyak içeren kafa boşluğunda küçük bir sızıntı vardır. ALOHA, kullanıcının seçtiği rüptür tipinden bağımsız olarak delikler ve borular için aynı kaynak gücü tahminlerini üreten tek bir model kullanır.

ALOHA, salınım hızını, kaynama noktalarının altında depolanan sıvıları içeren tankların baş boşluğundaki önemsiz olarak dikkate alır. ALOHA, gazların deliklerden ve kısa borulardan salınım hızını tahmin etmek için Environment Canada (Belore ve Buist 1986) için geliştirilen bir bilgisayar modeli olan LEAKR'da bulunan algoritmaları kullanır. Tankın atmosferik basınca oranından, delik genişliğinin tank uzunluğuna oranı ve sonik akış için kritik basınç oranı (bir eşik basınç oranı değeri), ALOHA ilk önce gaz akışının süpersonik (boğularak) veya subsonik (kaplanmamış) olacağını belirler ). Eğer basınç farkı yeterince büyükse, ALOHA modelleri basınç akışın ses altı olduğu noktaya düşene kadar süpersonik olarak akar. O andan itibaren, ALOHA, tank basıncının atmosferik basınca düştüğünü öngörene kadar ses altı serbest bırakma hızı hesaplar. <sup>21</sup>

4. Gaz boru hattı; Çok büyük bir hazneye bağlı veya herhangi bir depolama kabına bağlı olmayan, gaz içeren basınçlı bir boru. Sadece boru kopuklarından salınan saf gaz ALOHA tarafından kabul edilir. ALOHA'nın gaz boru hattı algoritması, Wilson (Wilson, Alberta. Kirlilik Kontrol Bölümü. Ve Alberta Üniversitesi. Makine Mühendisliği Bölümü. 1981, Wilson ve diğerleri 1979) tarafından Bell (Bell 1978) tarafından geliştirilen bir model üzerinde yapılan değişikliklere dayanmaktadır. Ölçümler, hareketli duvarlara boru çeperleri içinden ısı transferinin, son 200 delik çapı hariç, boru boyunca neredeyse izotermal bir durum sağladığını göstermektedir. Deliğin 200 çapının içinde, borunun ucuna yakın büyük hızlanma nedeniyle akışın adyabatik olduğu varsayılmaktadır. Gaz boru hattı tahliye algoritması, farklı zamanlarda bir dizi gaz tahliye oranını hesaplar. Diğer kaynak rutinlerinde olduğu gibi, zaman aralığının uzunluğu, her zaman adımında eşit miktarda kütlenin salınacağı şekilde değişir. <sup>21</sup>

ALOHA, herhangi bir kaynağın süresini bir saat ile sınırlandırır ve ALOHA'da izin verilen en kısa kaynak süresi bir dakikadır (anlık serbest bırakma). Çoğu durumda, kaynak gücü serbest bırakma süresi boyunca

sürekli değişir. ALOHA, bir dizi çok kısa kararlı durum bültenleri ile sürekli değişken sürümlere yaklaşıır. Zamana göre değişen sürümleri modellemek için 150 adede kadar zaman adımı kullanılır.<sup>21</sup>

ALOHA, iki modelleme kullanmaktadır. Birincisi Gauss modellemesi, ikincisi Ağır gaz modellemesi.

ALOHA, Gauss modelini kullanarak, hava kadar kütleli olan gazların atmosferde nasıl dağılacığını tahmin etmek için kullanır. Bu tür nötr yüzer gazlar hava ile yaklaşık aynı yoğunluğa sahiptir. Bu modele göre, rüzgar ve atmosferik türbülans, serbest bırakılan bir gazın moleküllerini havada hareket ettiren kuvvetlerdir; bu nedenle, dışarı çıkan bir bulutun rüzgarı üflenirken, "türbülanslı karışım", çapraz rüzgar ve yukarı yönde yayılmasına neden olur.<sup>21</sup>

Gauss modeline göre, hareketli kirletici bir bulutun herhangi bir çapraz rüzgar dilimindeki gaz konsantrasyonunun grafiği, merkezde yüksek (konsantrasyonun en yüksek olduğu yerde) ve yanlarda (konsantrasyonun düşük olduğu) daha düşük bir çan şeklindeki eğriye benzer. Serbest bırakma noktasında, kirletici gaz konsantrasyonu çok yüksektir ve gaz çapraz rüzgar ve yukarı yönlerinde çok fazla yayılmamıştır, bu nedenle kaynağa yakın bir bulutun çapraz rüzgar dilimindeki bir konsantrasyon grafiği, başağa benzer. Kirletici bulut uzaklaştıkça yayılır ve yayılır ve "çan şekli" genişler ve düzleşir.

Havadan daha ağır olan bir gaz salındığında, başlangıçta nötr olarak yüzen bir gazdan çok farklı davranır.<sup>21</sup>

Ağır gaz ilk önce “okecek” ya da okecektir, ünkü çevresindeki havadan daha ağırdır. Gaz bulutu aşağı doğru hareket ederken yerçekimi yayılmasını sağlar; bu, buharın bir kısmının serbest bırakma noktasından yukarıya doğru hareket etmesine neden olabilir. Bulut daha fazla seyreltike ve yoğunluğu havanınkine yaklaŐtıka, rüzgar daha da azalır, nötr bir kaldırma gazı gibi davranmaya başlar. Bu, çevresindeki havadaki ağır gaz konsantrasyonu yaklaşık yüzde 1'in altına düştüğünde gerçekleşir. Birçok küçük sürüm için, bu ilk birkaç metrede (metre) gerçekleŐecektir. Büyük sürümler için, bu durum çok daha rüzgarlı olabilir.<sup>21</sup>

### **3.2. İstasyon 1**

Bu tez çalıŐmasının yapıldığı istasyonda, LPG, Motorin ve Benzin'in perakende satıŐı mevcuttur. 20.000 lt tank kapasiteli bu akaryakıt istasyonunda, tanklar yer altında konumlandırılmıştır. Yakınında yerleşim alanları ve restoranlar mevcuttur.

### **3.3. İstasyon 2**

Bu tez çalıŐmasının yapıldığı istasyonda, LPG, Motorin ve Benzin'in perakende satıŐı mevcuttur. 50.000 lt tank kapasiteli bu akaryakıt istasyonunda, tanklar yer altında yer almaktadır. Yakınında yerleşim alanları mevcuttur.

## 4. BULGULAR

### 4.1. İstasyon 1

İstasyon 1 firmasına ait bulgular aşağıdaki gibidir;

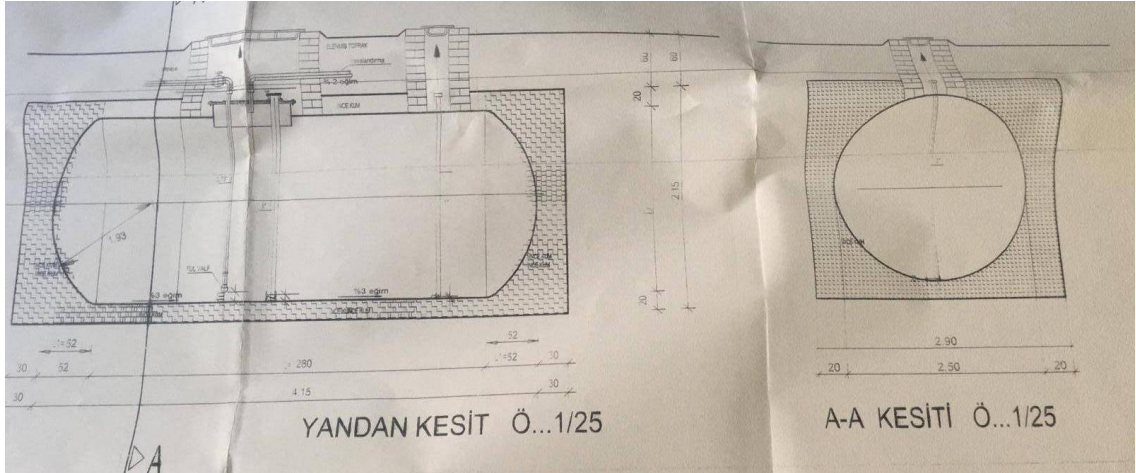
Yer Bilgileri;

Lokasyon; SULTANGAZİ, TÜRKİYE

Saat Başına Bina Çevresi Hava Değişimi; 0.82 (korumasız, tek katlı)

Zaman: 21 Haziran 2019, 23:00

- 20.000 lt yer altı tanklar mevcuttur.
- 26 m ve 110 m yakınlarında yerleşim alanı bulunmaktadır.
- İşlek bir ana cadde ara cadde arasında bulunmaktadır.



Şekil 11: İstasyon 1 Akaryakıt Tankı Çizimi

## 4.2. İstasyon 2

İstasyon 2 firmasına ait bulgular aşağıdaki gibidir;

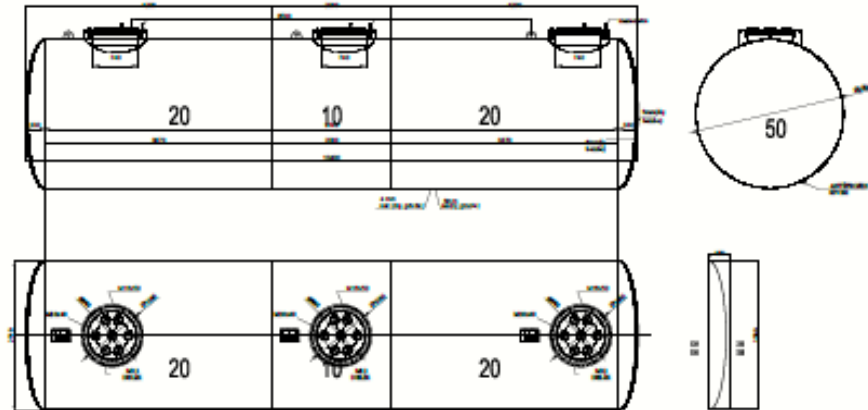
Yer Bilgileri;

Lokasyon; KAĞITHANE, TÜRKİYE

Saat Başına Bina Çevresi Hava Değişimi; 0.82 (korumasız, tek katlı)

Zaman: 21 Haziran 2019, 23:00

- 50.000 lt yer altı tanklar mevcuttur.
- 100 m yakınlarında otel bulunmaktadır.
- 42 m yakınında restoran bulunmaktadır.
- 60 m yakınında BP Benzin istasyonu bulunmaktadır.
- İşlek bir ana cadde üzerinde konumlandırılmış olup, yerleşim alanlarına çok yakındır.



**Şekil 12:** İstasyon 2 Tank Çizimleri



### 4.3. Kimyasal Veri

#### 4.3.1. Benzin

Kimyasal Adı: N-Hekzan

CAS Numarası: 110-54-3

Molekül Ağırlığı 86.18 g/mol

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-1 (60 dk): N/A

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-2 (60 dk): 2900 ppm

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-3 (60 dk): 8600 ppm

Yaşam ve sağlık için acil tehlike: 1100 ppm

Alt Patlama Limiti (LEL): 12000 ppm

Üst Patlama Limiti (UEL): 72000 ppm

Kaynama Sıcaklığı: 68.7° C

Ortam Sıcaklığındaki Buhar Basıncı: 0.048 atm

Ortam Doyma Konsantrasyonu: 48,170 ppm veya 4.82% <sup>21</sup>

#### 4.3.2. LPG

Kimyasal Adı: Butan

CAS Numarası: 106-97-8

Molekül Ağırlığı 58.12 g/mol

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-1 (60 dk): 5500 ppm

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-2 (60 dk): 17000 ppm

Akut maruziyet kılavuz seviyeleri-3 (60 dk): 17000 ppm

Alt Patlama Limiti (LEL): 16000 ppm

Üst Patlama Limiti (UEL): 84000 ppm

Kaynama Sıcaklığı: -0.6° C

Ortam Sıcaklığındaki Buhar Basıncı: 0.88 atm

Ortam Doyma Konsantrasyonu: 880,500 ppm veya 88.1%<sup>21</sup>

#### **4.4. Patlama Modellemeleri**

Bu bölümde her iki akaryakıt istasyonu için ayrı ayrı 4 senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolarda, LPG dolum istasyonu ve akaryakıt dolum istasyonlarında oluşabilecek toksik bir buhar bulutu, buhar bulutu için yanıcı bir alan ve oluşabilecek patlamalar ayrı ayrı ele alınmıştır.

##### **4.4.1. Senaryo 1**

İlk durumda, benzin tankının dibinde bulunan 10 cm. dairesel bir açıklıktan kaçak olduğu varsayılmaktadır. Tank, %85 doluluk oranına sahiptir. Tanktan gölet oluşturacak şekilde sızıntı oluşmuştur ve ilk anda yangın durumu mevcut değildir. Ardından, tank sızıntısı sonucu sızan madden yanmaya başlar. Tüm bu durumlarda rüzgar yönünde yayılan toksik etkiler, buhar bulutu patlamaları ve buhar bulutu patlamasından kaynaklanan aşırı basınç simule edilmiştir. Programa giriş değerleri İstasyon 1 için, tablo 4'te, İstasyon 2 için tablo 5'de verilmiştir.

**Tablo 4:** Senaryo 1, İstasyon 1 Giriş Verileri

<b>Parametre</b>	<b>Değer / Birim</b>
Gaz	N- Hekzan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Tank çapı	1.750 m
Tank Yüksekliği	3.80 m
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	30 °C
Nem Oranı	% 50
Tank Doluluk Oranı	%85
Sızıntı Türü	Tankın altından 10 cm yuvarlak yarık

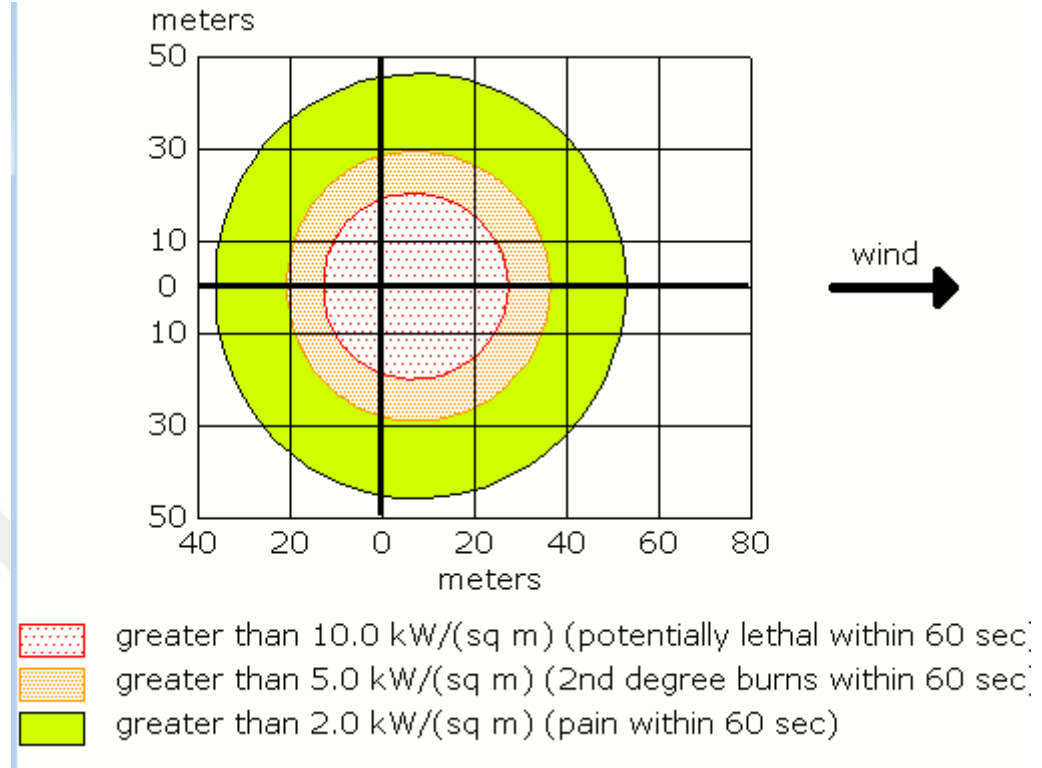
**Tablo 5:** Senaryo 1, İstasyon 2 Giriş Verileri

<b>Parametre</b>	<b>Değer / Birim</b>
Gaz	N- Hekzan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Tank çapı	2.510 m
Tank Yüksekliği	10.400 m
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	25 °C
Nem Oranı	% 50
Tank Doluluk Oranı	%85
Sızıntı Türü	Tankın altından 10 cm yuvarlak yarık

## İstasyon 1:

Şekil 13'te benzinin yanmaya başlaması sonucu oluşacak yanıcı alan mesafelerine yer verilmiştir. Gaussian modeli kullanılmıştır. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 28m, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 37m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek sarı alan 59m olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar ile ilk 5 dk içerisinde havadaki konsantrasyonun patlama sınırı üstüne (%60 LEL) çıktığı görülmektedir.

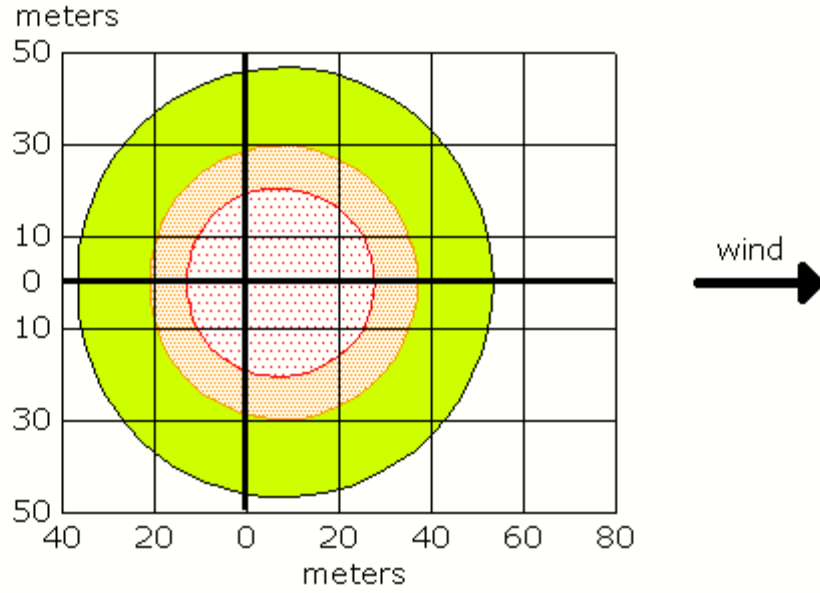
Herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın tanktan dökülen benzin sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlar için Gaussian modeli kullanılmıştır. 60 dk için akut maruz kalma kılavuz seviyesi (AEGL) 3000ppm'dir. Dış alan konsantrasyonunun ilk 5 dk içerisinde akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2'ye ulaştığı ve 10. Dk'dan itibaren yaklaşık 15dk süresince 5000ppm'lerde seyrettiği sonucuna ulaşılmıştır. İç konsantrasyon ise, ilk 25 dk içerisinde akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2'ye ulaşmaktadır. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun geri dönüşümsüz veya başka ciddi, uzun süreli ters sağlık yaşayabileceği tahmin edilmektedir.<sup>9</sup>






**Şekil 13:** Senaryo 1, İstasyon 1 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon

İstasyon 2:

Şekil 14'te ise benzinin yanmaya başlaması sonucu oluşacak yanıcı alan mesafelerine yer verilmiştir. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 28m, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 37m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek sarı alan 54m olarak belirlenmiştir.



-  greater than 10.0 kW/(sq m) (potentially lethal within 60 sec)
-  greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
-  greater than 2.0 kW/(sq m) (pain within 60 sec)

**Şekil 14:** Senaryo 1, İstasyon 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon

#### 4.5.2. Senaryo 2

İkinci durumda, 10 cm. bir açıklıktan kaçak olduğu varsayılmaktadır. Pompadan gölet oluşturacak şekilde 1.5 m yarıçaplı sızıntı oluşmuştur. İlk anda yangın durumu söz konusu değildir. İkinci durumda, tank sızıntısı sonucu sızan madde havuz yangını oluşturmuştur. Tüm bu durumlarda rüzgar yönünde yayılan toksik etkiler ve basınç sonucu zararlar simule edilmiştir. Programa giriş değerleri İstasyon 1 için, tablo 6'da, İstasyon 2 için tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 6:** Senaryo 2, İstasyon 1 Giriş Verileri

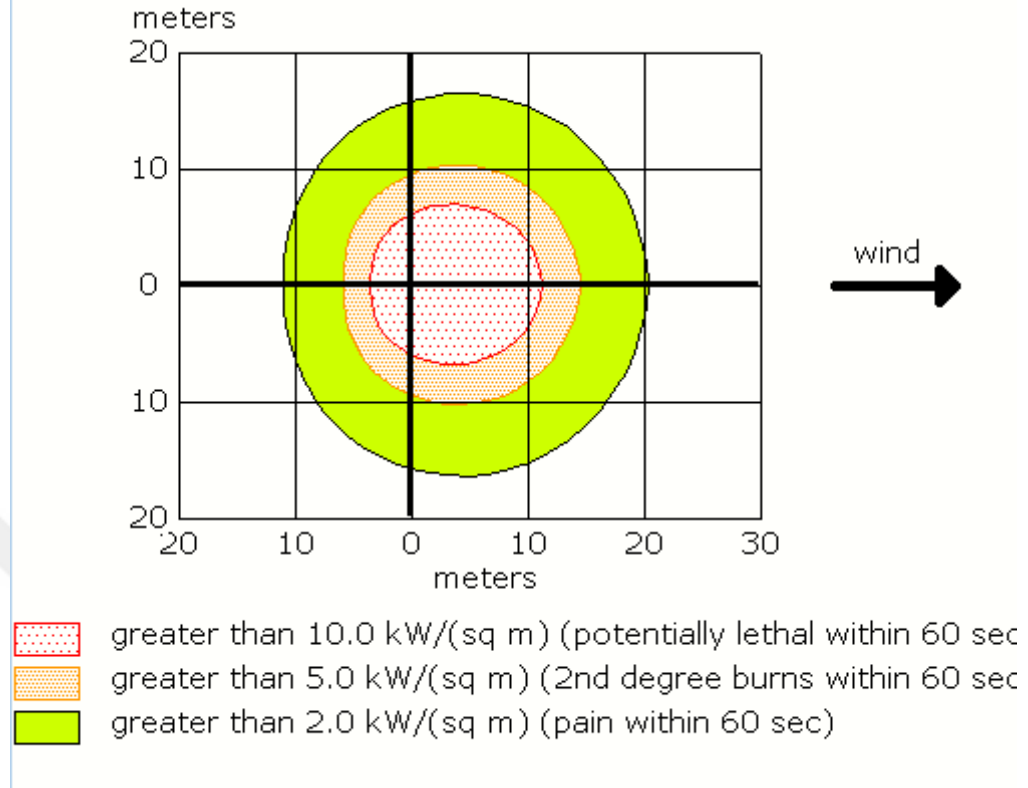
<b>Parametre</b>	<b>Değer / Birim</b>
Gaz	N- Hekzan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	30 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Sızıntı sonucu 1.5 m yarıçaplı havuz

**Tablo 7:** Senaryo 2, İstasyon 2 Giriş Verileri

<b>Parametre</b>	<b>Değer / Birim</b>
Gaz	N- Hekzan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	25 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Sızıntı sonucu 1.5 m yarıçaplı havuz

İstasyon 1:

Şekil 15’de benzinin yanmaya başlaması sonucu oluşacak yanıcı alan mesafelerine yer verilmiştir. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 11m, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 15m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek sarı alan 20m olarak belirlenmiştir.



**Şekil 15:** İstasyon 1, Senaryo 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon Etki Alanı

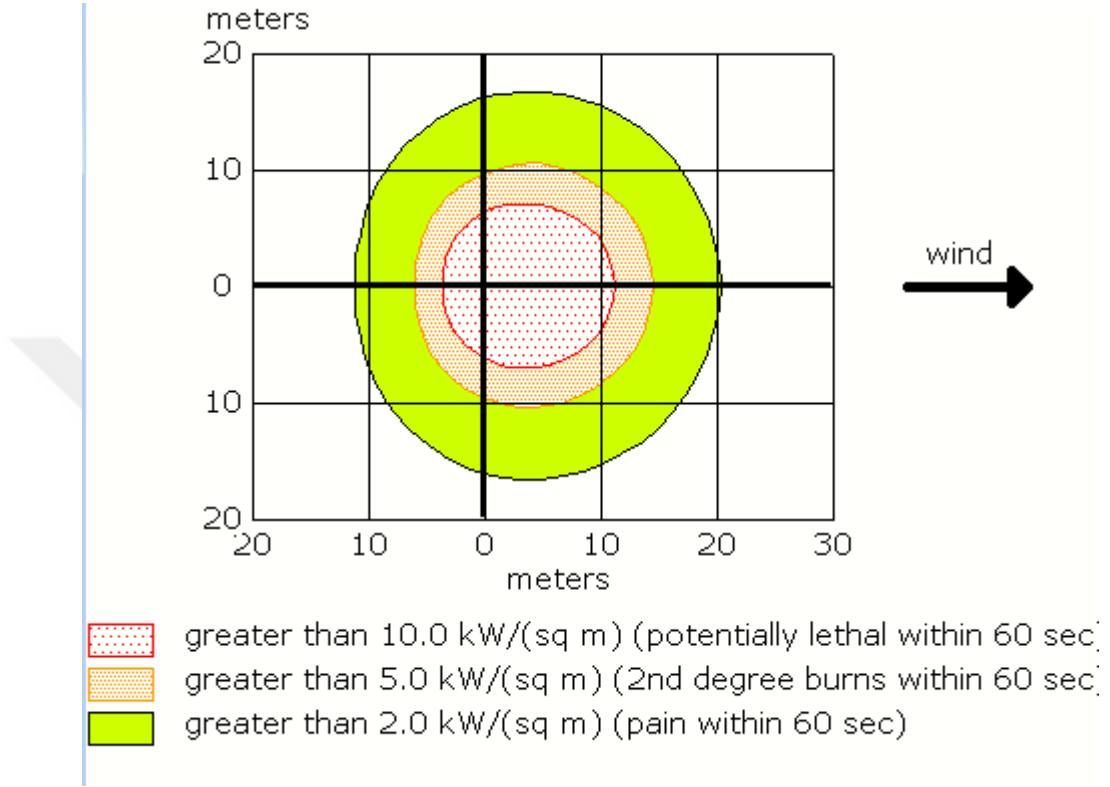
İstasyon 2:

İstasyon 2 için, herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın dökülen benzin sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlar için, Gaussian modeli kullanılmıştır. Kırmızı ve turuncu alanlar 10m'den daha kısa mesafede yer almaktadır.

Şekil 16'da, benzinin yanmaya başlaması sonucu oluşacak yanıcı alan mesafelerine yer verilmiştir. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 11m, 2. Derece yanıklara sebep



olabilecek turuncu alan 15m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek sarı alan 20m olarak belirlenmiştir.



**Şekil 16:** İstasyon 2, Senaryo 2 Havuz Yangını Sonucu Termal Radyasyon Etki Alanı

#### 4.5.3. Senaryo 3

LPG tankına dolum yapılırken kaçak sonucu tankerden boşalma senaryosu ele alınmıştır. Kaçak oluşmuştur ve ilk anda yangın durumu mevcut değildir. Ardından, kaçan madde yanmaya başlar ve jet yangın gerçekleştiği varsayılır. En son BLEVE patlaması yaşanır. Tüm bu durumlarda rüzgar yönünde yayılan toksik etkiler, buhar bulutu patlamaları ve buhar bulutu patlamasından kaynaklanan aşırı basınç simule edilmiştir. Programa giriş değerleri İstasyon 1 için, tablo 8'de, İstasyon 2 için tablo 9'da

verilmiştir.

**Tablo 8:** Senaryo 3, İstasyon 1 Giriş Verileri

Parametre	Değer / Birim
Gaz	Propan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	30 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Doğrudan Kaynak

**Tablo 9:** Senaryo 3, İstasyon 2 Giriş Verileri

Parametre	Değer / Birim
Gaz	Propan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	25 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Doğrudan Kaynak

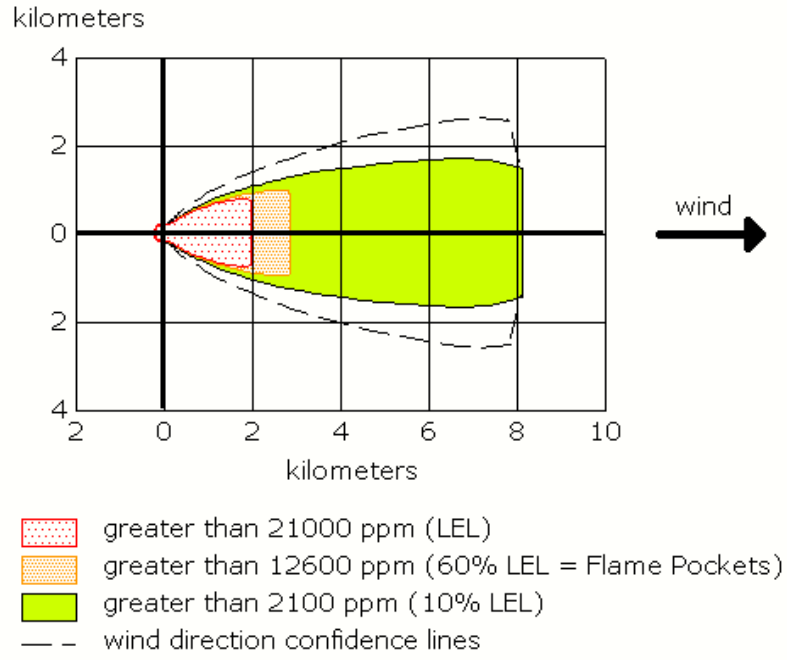
İstasyon 1:

Herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın LPG'nin kaynaktan kaçak sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlara yer verilmiştir. Ağır Gaz modeli kullanılmıştır. 60dk için, akut maruz kalma kılavuz seviyeleri

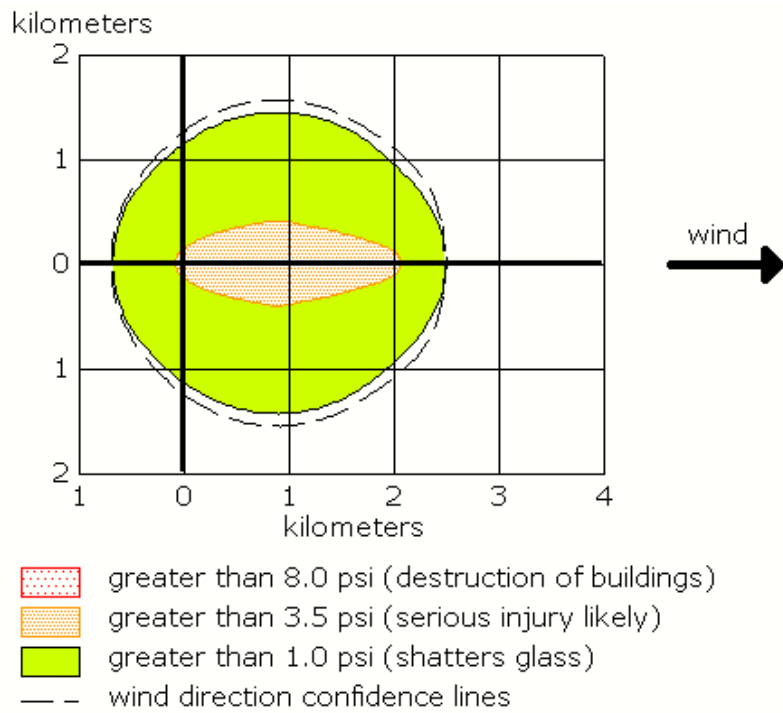
(AEGL), AEGL – 3 için, 696m, AEGL – 2 için, 1.1 km, AEGL – 1 için, 2.4 km olarak görülmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 1 durumunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun kayda değer rahatsızlık, tahriş veya bazı asemptomatik etkiler yaşanmaktadır. Ancak, etkiler etkisizleştirici değildir ve maruz kalmanın sona ermesi üzerine geçici ve geri dönüşümlüdür. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun geri dönüşümsüz veya başka ciddi, uzun süreli ters sağlık yaşayabileceği tahmin edilmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda ise, duyarlı kişiler de dahil olmak üzere genel popülasyonun yaşamı tehdit edici sağlık etkilerini yaşayabileceği, ölümlerle sonuçlanabileceği tahmin edilmektedir.<sup>9</sup>

Şekil 17'de LPG yangını sonucu oluşacak yanıcı alan tehdit mesafelerine yer verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 2.0km, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 2.9km ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek yeşil alan 8.1km olarak belirlenmiştir.

Şekil 18'de aşırı basınç sonucu patlama kuvveti sonuçları verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Herhangi bir patlama sonucunda, 60sn için, öldürücü etkiye sahip, binaları yıkabilecek güçte patlamanın olduğu basınç miktarı aşılmamıştır. 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 12.1km ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçte patlamanın olduğu yeşil alan 2.5km olarak belirlenmiştir.



**Şekil 17:** Senaryo 3, İstasyon 1 Havuz Yangını Tehdit Alanı



**Şekil 18:** Senaryo 3, İstasyon 1, Aşırı basınç Sonucu Patlama Kuvveti

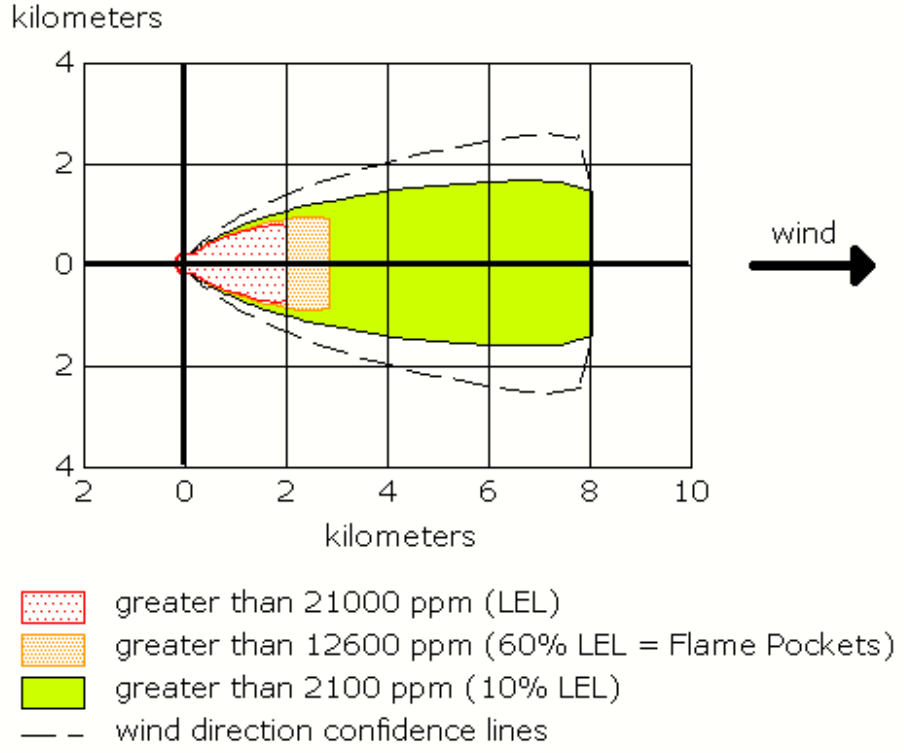
## İstasyon 2:

Herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın LPG'nin kaynaktan kaçak sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlara yer verilmiştir. Ağır Gaz modeli kullanılmıştır. 60dk için, akut maruz kalma kılavuz seviyeleri (AEGL), AEGL – 3 için, 798m, AEGL – 2 için, 1.3 km, AEGL – 1 için, 2.6 km olarak görülmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 1 durumunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun kayda değer rahatsızlık, tahriş veya bazı asemptomatik etkiler yaşanmaktadır. Ancak, etkiler etkisizleştirici değildir ve maruz kalmanın sona ermesi üzerine geçici ve geri dönüşümlüdür. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun geri dönüşümsüz veya başka ciddi, uzun süreli ters sağlık yaşayabileceği tahmin edilmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda ise, duyarlı kişiler de dahil olmak üzere genel popülasyonun yaşamı tehdit edici sağlık etkilerini yaşayabileceği, ölümle sonuçlanabileceği tahmin edilmektedir.<sup>9</sup>

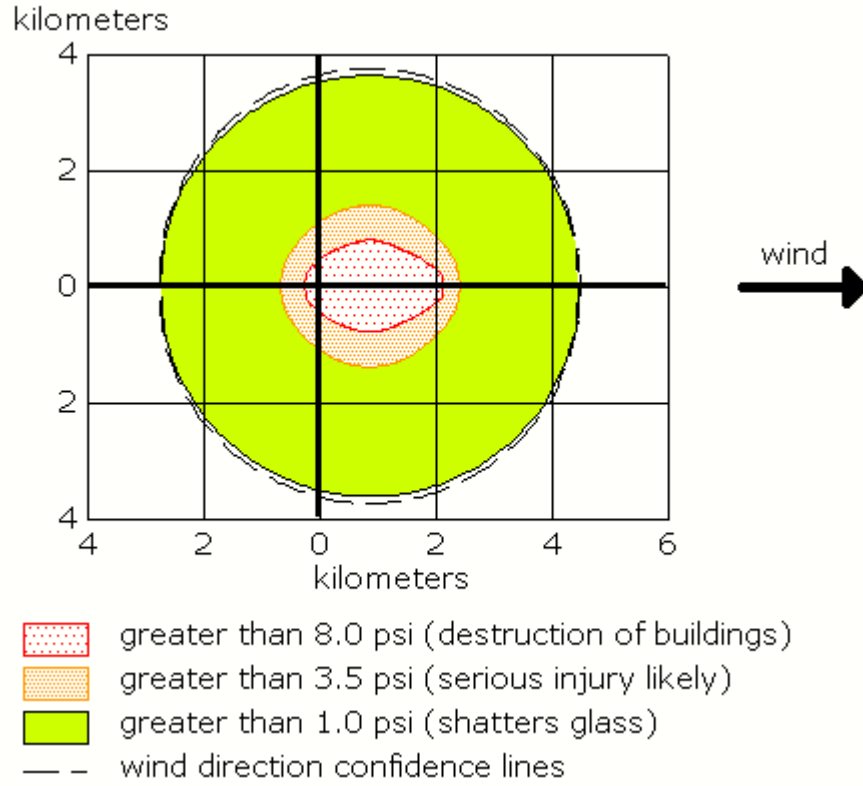
Şekil 19'da LPG yangını sonucu oluşacak yanıcı alan tehdit mesafelerine yer verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Yanıcı alandan etkilenen alanlar; 60sn için, öldürücü etkiye sahip kırmızı alan, 2.0km, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 2.9km ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek yeşil alan 8.1km olarak belirlenmiştir.

Şekil 20'de aşırı basınç sonucu patlama kuvveti sonuçları verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Herhangi bir patlama sonucunda, 60sn için, öldürücü etkiye sahip, binaları yıkabilecek güçte patlamanın olduğu kırmızı alan, 2.2km, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 2.5km

ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçte patlamanın olduğu yeşil alan 4.5km olarak belirlenmiştir.



**Şekil 19:** Senaryo 3, İstasyon 2 Havuz Yangını Tehdit Alanı



**Şekil 20:** Senaryo 3, İstasyon 2, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti

#### 4.5.4. Senaryo 4

LPG pompasında 10cm. bir kaçak olduğu varsayılmaktadır. Kaçak oluşmuştur ve ilk anda yangın durumu mevcut değildir. Ardından, madde yanmaya başlar ve en son, patlamanın gerçekleştiği varsayılır. Tüm bu durumlarda rüzgar yönünde yayılan toksik etkiler, buhar bulutu patlamaları ve buhar bulutu patlamasından kaynaklanan aşırı basınç simule edilmiştir. Programa giriş değerleri İstasyon 1 için, tablo 10'da, İstasyon 2 için tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 10:** Senaryo 4, İstasyon 1 Giriş Verileri

Parametre	Değer / Birim
Gaz	Propan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	30 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Pompadan Kaçak

**Tablo 11:** Senaryo 4, İstasyon 2 Giriş Verileri

Parametre	Değer / Birim
Gaz	Propan
Tank Tipi	Yatay Silindirik
Rüzgar Hızı, Yönü	5m / s, Kuzey Doğu
Ortam Sıcaklığı	25 °C
Nem Oranı	% 50
Sızıntı Türü	Pompadan Kaçak

İstasyon 1.

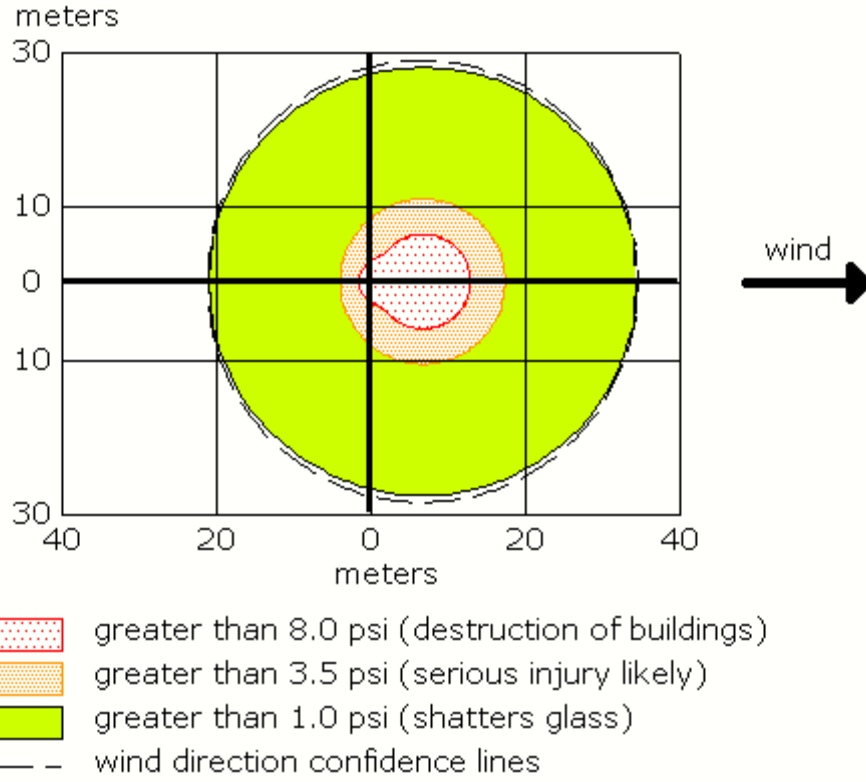
Herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın LPG'nin kaynaktan kaçak sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlar sonucu 60dk için, akut maruz kalma kılavuz seviyeleri (AEGL), AEGL – 3, AEGL – 2 ve AEGL – 1 için, 10m'den kısa mesafeler olarak görülmektedir. Gaussian modeli kullanılmıştır. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 1 durumunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun kayda değer rahatsızlık, tahriş veya bazı asemptomatik etkiler yaşanmaktadır. Ancak, etkiler etkisizleştirici değildir ve maruz kalmanın sona ermesi üzerine geçici ve geri



dönüşümlüdür. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun geri dönüşümsüz veya başka ciddi, uzun süreli ters sağlık yaşayabileceği tahmin edilmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda ise, duyarlı kişiler de dahil olmak üzere genel popülasyonun yaşamı tehdit edici sağlık etkilerini yaşayabileceği, ölümlerle sonuçlanabileceği tahmin edilmektedir.<sup>9</sup> Dış ortamda maksimum konsantrasyonun 264ppm'e ulaştığını görülmektedir.

LPG yangını sonucu oluşacak yanıcı alan tehdit mesafeleri 60dk için, kırmızı, turuncu ve yeşil alanlar 10m'den az mesafede yer almaktadır. Gaussian modeli kullanılmıştır. Yanıcı alanda maksimum konsantrasyonun 520 ppm'e ulaştığını görülmektedir.

Şekil 21'de aşırı basınç sonucu patlama kuvveti sonuçları verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Herhangi bir patlama sonucunda, 60sn için, öldürücü etkiye sahip, binaları yıkabilecek güçte patlamanın olduğu kırmızı alan, 13 m, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 18m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçte patlamanın olduğu sarı alan 35m olarak belirlenmiştir.



**Şekil 21:** Senaryo 4, İstasyon 1, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti

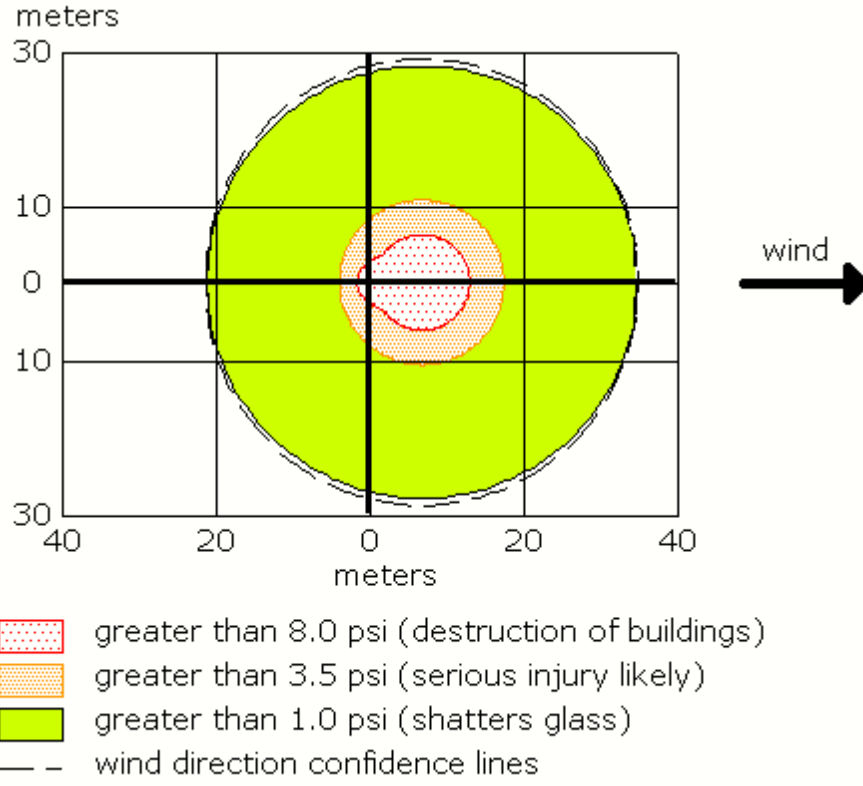
İstasyon 2.

Herhangi bir yangın ya da patlama durumu olmaksızın LPG'nin kaynaktan kaçak sonucunda ortaya çıkan toksik bulutlar sonucu 60dk için, akut maruz kalma kılavuz seviyeleri (AEGL), AEGL – 3, AEGL – 2 ve AEGL – 1 için, 10m'den kısa mesafeler olarak görülmektedir. Gaussian modeli kullanılmıştır. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 1 durumunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun kayda değer rahatsızlık, tahriş veya bazı asemptomatik etkiler yaşanmaktadır. Ancak, etkiler etkisizleştirici değildir ve maruz kalmanın sona ermesi üzerine geçici ve geri dönüşümlüdür. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda, duyarlı bireyler de dahil olmak üzere genel popülasyonun geri dönüşümsüz

veya başka ciddi, uzun süreli ters sağlık yaşayabileceği tahmin edilmektedir. Akut maruz kalma kılavuz seviyesi 2 konsantrasyonunda ise, duyarlı kişiler de dahil olmak üzere genel popülasyonun yaşamı tehdit edici sağlık etkilerini yaşayabileceği, ölümlle sonuçlanabileceği tahmin edilmektedir.<sup>9</sup>

LPG yangını sonucu oluşacak yanıcı alan tehdit mesafeleri 60dk için, kırmızı, turuncu ve yeşil alanlar 10m'den az mesafede yer almaktadır. Gaussian modeli kullanılmıştır.

şekil 22'de aşırı basınç sonucu patlama kuvveti sonuçları verilmiştir. Ağır gaz modeli kullanılmıştır. Herhangi bir patlama sonucunda, 60sn için, öldürücü etkiye sahip, binaları yıkabilecek güçte patlamanın olduğu kırmızı alan, 13 m, 2. Derece yanıklara sebep olabilecek turuncu alan 18m ve ciddi acıya sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçte patlamanın olduğu sarı alan 35m olarak belirlenmiştir.



**Şekil 22:** Senaryo 4, İstasyon 2, Aşırı Basınç Sonucu Patlama Kuvveti

## 5. TARTIŞMA

Petrol çok düşük sıcaklıklarda bile yüksek derecede yanıcı buharlar yayar. Benzinin yanıcılığı nedeniyle benzin istasyonları ciddi yangın ve patlama riski taşırlar. Benzin buharı havadan ağırdır; bu sebeple oyuklar, drenajlar, çukurlar gibi alt seviyelerde toplanır. Ateşleme kaynaklarından herhangi biri patlamayı kolayca gerçekleştirebilir.

Kimyasal salınım sadece patlama alanında bulunanların, çevredeki yaşam alanında bulunanların değil hava şartlarına göre çevrede yaşayan insanların sağlık problemleri yaşamasına sebebiyet verir. Patlama, yangın ve kimyasal salınım gibi bütün bu risklerin temelinde uygunsuz yerleşimler yatmaktadır.

Akaryakıt istasyonlarının yerleşim alanlarına yakın konumlandırılması, herhangi bir sızıntı ve patlama durumunda ciddi yaşam kayıplarına sebebiyet vermektedir. Diğer akaryakıt istasyonları ile uygun ve yeterli mesafe bulunacak şekilde konumlandırılmaması art arda patlamalar riskini arttırmaktadır.

Yapılan literatür çalışmaları, akaryakıt patlamalarıyla ilgili dünyada yapılmış birçok çalışma mevcut olduğunu göstermektedir.

2006 yılında Chang ve Lin, son 40 yılda depolama ünitelerinde yaşanan 242 kazayı incelemiş, kazaların %85'inin yangın ve patlama olduğunu ve kazaların %47'sinin petrokimya endüstrisinde yaşandığını

belirtmişlerdir. Çalışmayı, balık kılıcı yöntemi ile yapmış olup, en sık kaza yaşanan petrokimya endüstrisi seçilmiş, depolama ünitelerinde patlama olayları ele alınmış, sebepleri değerlendirilmiştir. Araştırmada, kazaların sebepleri incelenerek yaşanabilecek kazaların ihtimalleri değerlendirilmiştir.<sup>22</sup>

2012 yılında, LPG tanklarında, ALOHA programı kullanarak yangın ve patlama modellemesi yapan Açıkgöz, BLEVE ve jet yangını olayları sonucunda ne kadar mesafenin ne ölçüde etkilendiğini değerlendirmiştir. LPG tankının boyutu, doluluk miktarı, hava sıcaklığı ve rüzgar yönü, hızı gibi parametreler değerlendirilmiş, alınması gereken güvenlik önlemleri sunulmuştur.<sup>23</sup>

Yavuz 2016 yılında yayınlanan “Petrokimya Sektörü Likit Petrol Gazı Depolama Ünitesinde Patlama Olayının Değerlendirilmesi” isimli uzmanlık tezinde, Hata Ağacı Analizi (HAA) ile bir rafinerinin depolama ünitesinde bulunan LPG (Likit Petrol Gazı) tankında oluşabilecek bir patlamanın risk değerlendirmesini yapmıştır. Değerlendirmeyi yaparken, birçok ara ve ana neden değerlendirilmiş olup, yaşanabilecek patlamaların önlenmesi için çözümler sunulmuştur.<sup>24</sup>

Zhang ve diğerleri, 2015, akaryakıt ve patlamayı temel alan, Hata Ağacı Analizi ve Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemini kullanarak risk analizi çalışmaları yapmışlardır. İki yöntemin farklı altyapılarını kullanarak oluşturulan risk değerlendirmesi ile yangın ve patlama riskini oluşturan faktörler değerlendirilmiş, etkin yangın söndürme sistemi ve yangın ve patlama güvenliğinin gelişmesi için bilgiler sunmuşlardır.<sup>25</sup>

Landucci ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılan

çalışmada, yangın güvenliği ele alınmıştır. LPG tanklarındaki kaplamaların et kalınlıkları ve kullanılan malzemelerin türünün yangın durumlarında patlamayı geciktirici özellikleri değerlendirilmiş, deneysel olarak incelemeler yapılmıştır.<sup>26</sup>

2008 yılında, Bubbico ve Marchini, Likit Petrol Gazı'nın (LPG) taşıma tankerinden, depolama tankına transfer edilirken meydana gelen havuz yangınından sonra, tankın patlaması ile meydana gelen alev topunu incelemişlerdir. Çıkan sonuçlar değerlendirilerek, risk değerlendirmesi çalışması yapılmış olup, kazadan sonra ortaya çıkan zararlar da değerlendirilmiştir.<sup>27</sup>

Shi ve diğerleri 2014 yılında, tank yangınlarının hayati, çevresel ve ekonomik kayıplara yol açtığını tespit etmişler ve tank kazalarının büyük bir yüzdesinin petrokimya endüstrisinde meydana geldiğinden bahsetmişlerdir. Oluşabilecek küçük hasarların bile ciddi sonuçlar doğurabileceğini vurgulamışlardır. Hata Ağacı Analizi yöntemi ile, modelleme yaparak, yangın ve patlamaya sebebiyet verebilecek durumların analizi yapılmıştır. Olayların gerçekleşme ihtimalleri ve frekansları değerlendirilmiştir.<sup>28</sup>

2000 yılında, Shebeko ve arkadaşları basınç, kütle, sıcaklık gibi parametreleri değerlendirerek oluşabilecek LPG yangınlarını modellemişlerdir. Modellemeler sonucunda, yangınlarına karşı korunma amaçlı çeşitli yöntemlerin teorik ve deneysel incelemeleri yapılmıştır.<sup>29</sup>

Varta ve Krocova, 2016 yılında yayınladıkları makalede, ALOHA programı ile LPG istasyonunun yangın ve patlama modellemesini

yapmışlar, yaşam alanlarında vereceği zararı değerlendirmişlerdir.<sup>30</sup>

Bu çalışmada, EPA ALOHA modelleme programı ile ortaya çıkan tehlikeli bölgeler değerlendirilmiş ve akaryakıt istasyonlarının konumlandırılmaları tartışılmıştır. Patlama modellemeleri ve sonuçlar, çalışanların patlayıcı ortamlardan korunması hakkındaki yönetmelik, binaların yangından korunması hakkındaki yönetmelik ve TS12820 akaryakıt istasyonları emniyet gerekleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kazaları azaltmak ve oluşabilecek bir patlamada çalışanların ve tesis çevresinin en az zararı görmesi için risklerin bertaraf edilmesi için güvenli ve riskli alanlar belirlenmiştir.

Tablo 12: İstasyon 1 Modelleme Sonuçları

Senaryo 1 Havuz Yangını		Senaryo 2 Havuz Yangını		Senaryo 3 Havuz Yangını		Senaryo 3 Aşırı Basınç		Senaryo 4 Aşırı Basınç	
Konsantrasyon	Mesafe	Konsantrasyon	Mesafe	Konsantrasyon	Mesafe	Basınç	Mesafe	Basınç	Mesafe
10.0 kW/sq m	28m	10.0 kW/sq m	11m	2100 ppm	2.0km	8.0 psi	Aşılmadı	8.0 psi	13m
5.0 kW/sq m	37m	5.0 kW/sq m	15m	12600 ppm	2.9km	3.5 psi	2.1 km	3.5 psi	18m
2.0 kW/sq m	59m	2.0 kW/sq m	20m	21000 ppm	8.1km	2.5 psi	2.5 km	2.5 psi	35m



Tablo 13: İstasyon 2 Modelleme Sonuçları

Senaryo 1 Havuz Yangını		Senaryo 2 Havuz Yangını		Senaryo 3 Havuz Yangını		Senaryo 3 Aşırı Basınç		Senaryo 4 Aşırı Basınç	
Konsantrasyon	Mesafe	Konsantrasyon	Mesafe	Konsantrasyon	Mesafe	Basınç	Mesafe	Basınç	Mesafe
10.0 kW/sq m	28m	10.0 kW/sq m	11m	2100 ppm	2.0km	8.0 psi	2.2km	8.0 psi	13m
5.0 kW/sq m	37m	5.0 kW/sq m	15m	12600 ppm	2.9km	3.5 psi	2.5km	3.5 psi	18m
2.0 kW/sq m	54m	2.0 kW/sq m	20m	2100 ppm	8.1km	2.5 psi	4.5km	2.5 psi	35m

Senaryo 1'de havuz yangını sonucu oluşacak termal radyasyon İstasyon 1 için, maksimum 83.1 kW/sq m seviyesine, istasyon 2 için 86.6 kW/sq m seviyesine çıkmaktadır. İstasyon 1 ve 2 için mesafeler aynıdır. Her iki akaryakıt istasyonunda da en çok etkilenenler, çalışanlar olacaktır. Ancak, İstasyon 2'nin yaşam alanlarına yakınlığı sebebiyle, çalışanlarla beraber, istasyonun arkasında konumlandırılmış evler ve yan tarafında bulunan restoran olacaktır. Rüzgarın yön değiştirmesiyle birlikte, istasyon 2'nin yanında bulunan diğer akaryakıt istasyonunun yangından etkilenme ihtimali çok yüksektir. Her iki istasyon için 10.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip kırmızı bölge 28m'lik bir mesafede ilk 60sn içinde öldürücü etkiye sahiptir. 5.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip turuncu bölge, 37m'lik bir mesafede 2. Derece yanıklara sebebiyet vermektedir. En son, 2.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip 59m'lik sarı bölgede ise 60 sn içerisinde ağrı ortaya çıkar.<sup>9</sup>

Senaryo 2'de havuz yangını sonucu oluşacak termal radyasyon İstasyon 1 için, maksimum 37.2 kW/sq m seviyesine, istasyon 2 için 38.9 kW/sq m seviyesine çıkmaktadır. İstasyon 1 ve 2 için mesafeler aynıdır. Her iki akaryakıt istasyonunda da en çok etkilenenler, çalışanlar olacaktır. Her iki istasyon için 10.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip kırmızı bölge 11m'lik

bir mesafede ilk 60sn içinde öldürücü etkiye sahiptir. 5.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip turuncu bölge, 15m'lik bir mesafede 2. Derece yanıklara sebebiyet vermektedir. En son, 2.0 kW/sq m'lik termal radyasyona sahip 20m'lik sarı bölgede ise 60 sn içerisinde ağırtaya çıkar.<sup>9</sup>

Senaryo 3'te havuz yangını sonucu oluşacak termal radyasyon İstasyon 1 için, maksimum 186,000ppm seviyesine, istasyon 2 için 188,000ppm seviyesine çıkmaktadır. İstasyon 1 ve 2 için mesafeler aynıdır. Her iki akaryakıt istasyonunda da çok geniş bir alan etkilenmektedir. İstasyon 2 için, rüzgar yön değiştirdiğinde, yandaki istasyona sıçraması ile yaşanacak patlama ve yangınlar daha da büyüyecektir. Bu yangın sonucu oluşabilecek patlamalar ise, rüzgar yönünden bağımsız olarak yandaki benzin istasyonuna sıçrayacak ve çevrede bulunan yerleşim alanları, camiiler, atölyeler gibi alanları yıkıcı bir etkiye sahip olacaktır. Her iki istasyon için 2100ppm'lik kırmızı bölge 2km'lik bir mesafede alt patlama limitine ulaşan konsantrasyona sahiptir. 12600ppm'lik turuncu bölge, 2.9km'lik bir mesafede %10 LEL değerine sahiptir. En son, 21000ppm'lik termal radyasyona sahip 8.1km'lik sarı bölge ise %10'luk LEL değerine sahiptir. Patlama riski ve alanının çok geniş olduğu görülmektedir.<sup>9</sup>

Senaryo 3'te aşırı basınç sonucu patlama mesafeleri ve değerlerine bakıldığında istasyon 1 için maksimum basınç, 6.33 psi olarak ölçülmüştür. Bu miktardaki basınç, ufak evlerin hemen hemen yıkılmasına sebebiyet vermektedir.<sup>11</sup> İstasyon 2 için ise maksimum basınç, 29.0psi değerini aşmaktadır. Bu da %1 - %99 akciğer iç kanaması sonucu ölümlere sebep olur.<sup>11</sup> İstasyon 1 aşırı basınç sonucu patlama mesafelerine baktığımızda, 8.0 psi basınç miktarı aşılmamış olmasına rağmen, 3.5psi basınç 2.1 km'li bir alana yayılmaktadır. Bu miktardaki basınç, ciddi yaralanmalara sebebiyet vermektedir.<sup>11</sup> 2.5psi'lik basınç ise 2.5km'lik bir mesafede etki etmektedir. Bu miktardaki basınç ise, prefabrik, çelik binaların

tamamen yıkılmasına sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçtedir.<sup>11</sup> İstasyon 2 için, 8.0psi basınç aşılmıştır. Bu miktardaki basınç mesafesi 2.2km olarak ölçülmüştür. 2.2 km'lik bir alanda, Binaların tamamen yıkılması beklenebilir. <sup>11</sup> 3.5psi'lık basıncın sonuçlara bakıldığında, 2.5km'lik bir alanın etkilendiği görülmektedir. Bu basınç miktarında, ciddi yaralanmalar beklenebilir. <sup>11</sup> 2.5psi'lık basınç mesafesi ise, 4.5km olarak ölçülmüştür. Bu basınç miktarında, prefabrik, çelik binaların tamamen yıkılması, camların parçalanması beklenebilir.<sup>11</sup>

Senaryo 4 için, aşırı basınç sonucu patlama mesafeleri ve değerlerine bakıldığında her iki istasyon için maksimum basınç, 29.0 psi'ın üzerinde ölçülmüştür. Bu da %1 - %99 akciğer iç kanaması sonucu ölümlere sebep olur.<sup>11</sup> İstasyon 1 ve istasyon 2 aşırı basınç sonucu patlama mesafelerine baktığımızda,8.0 psi basınç miktardaki basınç mesafesi 213m olarak ölçülmüştür. Bu basınç gücüne sahip alanda, binaların tamamen yıkılması beklenebilir.<sup>11</sup> 3.5psi basınç 18m'lik bir alana yayılmaktadır. Bu miktardaki basınç, ciddi yaralanmalara sebebiyet vermektedir.<sup>11</sup> 2.5psi'lık basınç ise 35m'lik bir mesafede etki etmektedir. Bu miktardaki basınç ise, prefabrik, çelik binaların tamamen yıkılmasına sebebiyet verebilecek, camları parçalayabilecek güçtedir.<sup>11</sup>

Binaların yangından korunması hakkındaki yönetmeliğe baktığımızda, akaryakıt tanklarının topluma açık yerler, hastane, okul arsa sınırları gibi insanların bulunduğu alanlara bulundurulabilecek en yakın mesafeleri verilmiştir. Ancak akaryakıt tanklarının mesafelerine baktığımızda, 25m, 50m gibi mesafeler belirlendiği görülmektedir. Analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında ise, bu mesafelerin yeterli olmadığı, herhangi bir kaçak, dolum sırasında yaşanacak bir kaza sonucunda çok ciddi hasara yol açacağı açıkça görülmektedir. LPG tanklarında patlama olması durumunda, çevredeki çok geniş bir alandaki binaların yıkılması, insanların yaralanmaları, cam

parçacıkları gibi, patlamanın etkisiyle yayılan parçaların şarapnel etkisiyle hayat kaybına yol açacağı görülmektedir. Patlama olması dışında, yangından etkilenen alanlara bakıldığında ise, yönetmelikte belirlenen mesafeler yeterli olsa da, uygulamada, iki akaryakıt istasyonunun yan yana olduğu, çok yakınlarda yerleşim alanları olduğu açıkça görülmektedir. Yeterli koruma önlemleri alınmadığı takdirde, yaşabilecek bir kazada ciddi hayat kayıpları, ekonomik kayıplar olacaktır.



## 6. SONUÇ

Bir döküntü veya sızıntı halinde meydana gelen patlamalar, benzin istasyonlarında sık rastlanabilen ve karşılaşıldığında ciddi can ve mal kayıplarına neden olan maliyeti yüksek iş kazalarıdır. Tedbir eksikliği, maliyetten kaçınmalar sonucu yaşanan kazaların maliyetlerinin yanı sıra can kaybı sonuçları yıkıcı olmaktadır.

Akaryakıt istasyonlarının yerleşim alanlarına yakın konumlandırılması, herhangi bir sızıntı ve patlama durumunda ciddi yaşam kayıplarına sebebiyet vermektedir. Diğer akaryakıt istasyonları ile uygun ve yeterli mesafe bulunacak şekilde konumlandırılmaması art arda patlamalar riskini arttırmaktadır. Bu sebeple maliyetler ve ulaşım kolaylığı düşünülürken yaşanabilecek bir kazada oluşabilecek can ve mal kayıpları göz önünde bulundurulmalıdır.

Patlama modellemesi, akaryakıt istasyonu kurulum sürecinde bir yol gösterici olmaktadır. İstasyonun konumlandırılması öncesinde modelleme yapılarak, etkilenecek alanlar belirlenmeli ve benzin istasyonlarının konumlandırıldığı yerlerde patlama riskleri değerlendirilerek tehlikeli bölgeden uzakta yaşam alanları kurulmalıdır.

Sistem, sürekli izlenebilir olmalıdır. Sıcaklık kontrolleri, tank seviye ölçümleri, basınç takibi yapılabilecek sistemler kurulmalı ve bu sistemlerin çalışır durumda tutulması sağlanmalıdır. Ateşleme kaynakları, yangın ve patlamalara sebebiyet verdiği için, topraklamalar yapılmalı, düzenli kontroller sağlanmalıdır.

Ekipman seçimi için, Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik dahilinde hazırlanan patlamadan korunma dokümanı hususları da göz önünde bulundurularak saha içerisinde kullanılan ekipmanın exproof olması sağlanmalıdır.

Sızma durumunda hayat kurtarıcı olabilecek kesme ve tahliye sistemlerinin devreye gireceğinden emin olmak için kontrolleri sıklıkla yaptırılmalı, varsa arızalar hızlıca giderilmelidir. Ayrıca pompa ve tank gibi ekipmanların düzenli kontrolleri sağlanmalıdır.

Patlama modellemesi sonucu ve hesaplanan patlama güçleriyle birlikte, akaryakıt istasyonlarının kurulumu, zemin durumu yangın ve patlamaya dayanabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Patlamaya karşı dayanıklı malzemeler seçilmeli ve gerekirse patlamanın etkisini azaltacak paneller gibi önlemler alınmalıdır.

Akaryakıt istasyonları kurulmadan önce, mutlaka risk değerlendirmesi yapılmalı ve bu risk değerlendirmesindeki fiziki sonuçlar modelleme programlarıyla elde edilmelidir. Hesaplamaların zorluğu göz önünde bulundurulduğunda, modelleme programları kullanmak, faydalı olacaktır.

Bir diğer önemli nokta ise acil durum planıdır. Patlama gerçekleşikten sonra, patlamanın sebepleri çok net anlaşılamayabilmektedir. Bu sebeple olabilecek tüm senaryolar modellenerek, sonuçlarına göre acil durum planları hazırlanmalı, düzenli olarak revizyonu sağlanmalı ve hiçbir değişim atlanmamalıdır.

En önemli noktalardan biri de personel eğitimleridir. Personel, tüm senaryolara hazırlıklı olmalıdır. Olabilecek bir kaçakta, sonuçlar yangın ve patlamaya varmadan önce personelin yapması gerekenler, tüm çalışanlara anlatılmalı, acil durum prosedürleri hakkında bilgilendirilmeli ve gerekirse yıllık eğitim periyodu beklenmeden sıklıkla yenilenmelidir.

Patlama modellemesi ile, güvenli bölgeleri, anlık konsantrasyonları hesaplayabiliriz. Bu da bize güvenli bölgeler, sığınaklar ve kaçış alanları için gerekli bilgiyi sağlamaktadır.

Öncelikli olan kazaya sebebiyet vermeyecek önlemler olmasına rağmen, kaza sonrası doğru hareket, doğru planlama ve doğru kaçış, birçok hayat kurtarmaktadır. Bu sebeple, azaltıcı önlemler için, yapılan modellemeler patlayıcı kimyasalların bulunduğu alanlarda ciddi bir önem arz eder.

Yeni kurulacak akaryakıt istasyonları için, kaçak ve patlamalara karşı koruyucu paneller, uyarı sistemleri gibi önlemlerin yanı sıra, konumlandırılan alan da yerleşim alanlarından uzak mesafelerde seçilmelidir.

## 7. ÖZET

### ŞEHİRİÇİ AKARYAKIT TESİSLERİNDE OLUŞABİLECEK BİR DÖKÜNTÜ SENARYOSUNUN YANGIN VE PATLAMA OLARAK ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülkemizde ve dünyada yaşanan büyük kazalar ve terör saldırılarının ardından, patlama ve patlamanın oluşturduğu etkiler sonucu birçok ulusal ve uluslararası örgüt, sistematik yaklaşımlar ortaya koyma ihtiyacı hissetmiştir.

Proses güvenliğinde, yangın ve patlamaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması, merkezi bir sorundur. Çoğu zaman yanıcı / patlayıcı maddelerin hapsedilememesi, kaza sonucu meydana gelen olaylar zincirindeki ilk bağlantıdır. Bir sonraki adım, yanıcı bulutların oluşumu ve tutuşmasıdır, bu da patlamalara ve yangınlara yol açar, bu da süreç kaybına, proses tesislerine ve hatta daha uzak bina yapılarına zarar verebilir.

Benzin istasyonlarındaki kazalar ciddi yaşam kayıplarına sebebiyet verdiği için alınacak önlemler titizlikle belirlenmelidir. Bu önlemler belirlenirken patlama modellemesi, akaryakıt istasyonu kurulum sürecinde bir yol gösterici görevi görmektedir. Yapılan modelleme sonucunda yaşanacak herhangi bir kazada etkilenecek alanlar belirlenerek istasyon konumlandırmaları yaşam alanları Okullar hastaneler gibi önem arz eden alanları etkileyecek mesafelerden uzağa konumlandırılmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** Patlama, EPA ALOHA, Modelleme



## **8.SUMMARY**

### **EVALUATION OF THE EFFECTS OF FIRE AND EXPLOSION OF A SPILL SCENARIO THAT MAY OCCUR IN URBAN FUEL FACILITIES**

Following the major accidents and terrorist attacks in our country and in the world, as a result of the explosion and the effects of the explosion, many national and international organizations felt the need to put forward systematic approaches.

In process safety, the prevention and reduction of fire and explosions is a central issue. Often, the inability to trap flammable / explosive substances is the first link in the chain of accidental events. The next step is the formation and ignition of flammable clouds, which leads to explosions and fires, which can damage process loss, process facilities and even farther building structures.

Since accidents at gas stations lead to serious life losses, the precautions to be taken should be carefully determined. When determining these measures, explosion modeling serves as a guide in the installation process of the fuel station. As a result of the modeling, the areas that will be affected in any accident will be determined and station positioning should be located away from the distances that will affect the important areas such as schools and hospitals.

**Keywords:** Explosion, EPA ALOHA, Modeling

## 9. KAYNAKLAR

1. Anadolu Ajansı, [“https://www.ntv.com.tr/dunya/ganada-benzin-istasyonunda-patlama-150-olu,wUOH5grdOU-RdAQXR-FAqw”](https://www.ntv.com.tr/dunya/ganada-benzin-istasyonunda-patlama-150-olu,wUOH5grdOU-RdAQXR-FAqw), 3 Temmuz, 2019
2. Anadolu Ajansı, <http://www.milliyet.com.tr/dunya/meksikada-boru-hattindaki-patlama-olu-sayisi-114-oldu-2818119>, 3 Temmuz, 2019
3. İhlas Haber Ajansı, <https://www.ihb.com.tr/haber-ukraynada-benzin-istasyonunda-siddetli-patlama-772738/>, 3 Temmuz, 2019
4. Doğan Haber Ajansı, <https://www.cnnturk.com/video/turkiye/sanliurfada-bir-akaryakit-istasyonunda-patlama>, 3 Temmuz, 2019
5. Anadolu Ajansı, <https://www.ntv.com.tr/turkiye/alanyada-akaryakit-istasyonunda-patlama,czs3ucx2iUuKwaGjZd9uDA>, 3 Temmuz, 2019
6. Doğan Haber Ajansı, <https://www.sabah.com.tr/yasam/2019/01/03/istanbul-bakirkoyde-akaryakit-istasyonundaki-patlama-ani-kamerada>, 3 Temmuz, 2019
7. Doğan Haber Ajansı, <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/diyarbakirda-benzin-istasyonunda-patlama-169707703> 3 Temmuz, 2019
8. TEZCAN E. Patlama ve Patlamadan Korunma Dokümanı. Mühendis ve Makine 2009. Cilt:50 (Sayı:592): 24 – 29.

9. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration, NOAA, <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/acute-exposure-guideline-levels-aegls.html>, 2 Ağustos, 2019

10. Sarı M. K. Patlayıcı Ortamlar ve Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları Hakkında Genel Bilgi, TMMOB

11. KEPEKLİ, T.A., İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı Patlamadan Korunma ve ATEX ders notları (BASILMAMIŞ)

12. Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat Ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik (2014/34/Ab). Ankara: Bakanlık. 2016. Resmi Gazete Sayısı:29758

13. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik. Ankara: Bakanlık. 2013. Resmi Gazete Sayısı:28633

14. TS12820, Akaryakıt İstasyonları Emniyet Gereklere, TSE

15. TS11939, Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG)- İkmal İstasyonu – Karayolu Taşıtları İçin Emniyet Kuralları, TSE

16. Kaya O., Yüksek Binalarda Yangın ve Yangın Güvenlik Önlemlerinin Modellenerek İncelenmesi, 2019.

17. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi:19.12.2007 Resmi Gazete Sayısı:26735

18. Yıldırım S., Akaryakıt İstasyonlarında İş Güvenliği Üzerine Bir Araştırma, 2015.
19. Chennu V. R., Characteristics and Properties of Fuels, 2017.
20. Petrol Piyasası Yıllık Sektör Rapor Listesi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2018
21. ALOHA (Areal Locations Of Hazardous Atmospheres), Department Of Commerce • National Oceanic AND Atmospheric Administration (Noaa), Seattle, Washington, November 2013
22. Chang, J.I, Lin, C.C. A study of storage tank accidents, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19(1); 51-59, 2006.
23. Açıkgöz V. LPG depolama tanklarında yangın ve patlama durumlarının modellenmesi, Yüksek lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
24. Yavuz İ. Petrokimya Sektörü Likit Petrol Gazı Depolama Ünitesinde Patlama Olayının Değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016
25. Zhang, M, Song, W, Chen, Z, Wang, J. Risk assessment for fire and explosion accidents of steel oil tanks using improved AHP based on FTA, Wiley Online Library, 2015.
26. Landucci, G., Molag, M. ve Cozzani, V., "Modelling the Performance of Coated LPG Tanks Engulfed in Fires", Journal of Hazardous Materials, 2009
27. Bubbico, R. ve Marchini, M., "Assessment of an Explosive LPG Release Accident:A Case Study", Journal of Hazardous Materials, 2008

28. Shi, L, Shuai, J, Xu, K. Fuzzy fault tree assessment based on improved AHP for fire and explosion accidents for steel oil storage tanks, *Journal of Hazardous Materials*, 278; 529-538, 2014.
29. Shebeko, Y.N., Bolodian, I.A., Filippov, V.N., Navzenya, V.Y., Kostyuhin, A.K., Tokarev, P.M. ve Zamishevski, E.D., “ A Study of the Behaviour of a Protected Vessel Containing LPG During Pool Fire Engulfment”, *Journal of Hazardous Materials*, A77: 43-56., 2000
30. Varta o., Krocova S., *The Location Of Lpg Filling Stations And Potential Risks Of Incidents*, 2016

## 10. ÖZGEÇMİŞ

**Adı:** Azime Aysu

**Soyadı:** BİBERCİ

**Doğum Yeri ve Tarihi:** İSTANBUL / 31.03.1990

**Eğitimi:**

Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans 2014

Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü 2013

İhsan Mermerci Yabancı Dil Ağırlıklı Eğitim Programı 2008

**Yabancı Dili:** İngilizce

**İş Deneyimleri:**

**07.2018 – Halen:** Büyükşehir OSGB

**09.2017- 07.2018:** Tepe İSG OSGB

**12.2016 – 07.2017:** Akademi İSG OSGB

**03.2016 – 12.2016:** Ezel OSG